



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICOMECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTION EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TEMA:

**SISTEMA SCADA PARA MEDICIÓN DE TENSIÓN Y PUENTES CON
SISTEMAS EMBEBIDOS PARA: LABORATORIO DE CONTROL DE LA
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA**

AUTOR:

Eduardo Pincay Stracuzzi

TUTOR:

Ing. Eduardo Zambrano Robayo

Guayaquil, Ecuador

2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Eduardo Pincay Stracuzzi**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **INGENIERO EN ELÉCTRICOMECAÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**.

Guayaquil, Mayo de 2014

DIRECTOR

Ing. Eduardo Zambrano Robayo

REVISADO POR

Ing. Héctor Cedeño Abad

Ing. Carlos Romero Rosero

RESPONSABLE ACADEMICO

Ing. Armando Heras Sánchez



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICOMECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Eduardo Pincay Stracuzzi**

DECLARO QUE: El Trabajo de Titulación “**Sistema Scada para medición de tensión y puentes con sistemas embebidos para: Laboratorio de control de la Facultad de Educación Técnica**” previa a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctricomecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, Mayo de 2014

EL AUTOR

Eduardo Pincay Stracuzzi



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICOMECÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Eduardo Pincay Stracuzzi

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Sistema Scada para medición de tensión y puentes con sistemas embebidos para: Laboratorio de control de la Facultad de Educación Técnica**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Mayo de 2014

EL AUTOR

Eduardo Pincay Stracuzzi

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer profundamente a Dios por la vida y por la oportunidad de alcanzar las metas trazadas en ella. Por ser el pilar fundamental en mi existencia y por permitirme vivir este momento de suma trascendencia para mí y para mi familia.

A la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y a cada uno de los docentes que durante estos años me han impartido los conocimientos y experiencias que con seguridad me ayudarán a emprender mi inmediata carrera profesional.

Eduardo Pincay Stracuzzi

DEDICATORIA

De todo corazón dedico este trabajo a mi familia y especialmente a mis padres, quienes me han brindado todo su apoyo de manera incondicional especialmente en aquellos momentos de dificultad.

A las nuevas generaciones que oportunamente le darán el uso correspondiente a este proyecto, para su beneficio y el de nuestra sociedad.

Eduardo Pincay Stracuzzi

INDICE GENERAL

RESUMEN	
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1 Diseño del Proyecto.....	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Especificos.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
CAPITULO 2 Marco Teórico.....	4
2.1. Mediciones Electrónicas.....	4
2.1.1. La Medición Virtual.....	4
2.2. Equipos de medición en la Industria.....	5
2.3. Puentes de Wheatstone.....	5
2.3.1. Características.....	6
2.3.2. Otras variantes del Puente de Wheatstone.....	7
2.4. Las Galgas Extensiométricas.....	7
2.4.1. Galgas Férrreas.....	8
2.4.2. Galgas Semiconductoras.....	9
2.4.3. Particularidades de las Galgas Extensiométricas.....	10
2.4.4. Desventajas y Limitaciones de las Galgas Extensiométricas.....	11
2.4.5. Aplicaciones de las Galgas Extensiométricas.....	12
2.5. Los Termopares.....	13
2.5.1. Características de los Termopares.....	13
2.6. Los RTDs.....	16
2.6.1. Ventajas de los RTDs.....	16
2.6.2. Desventajas de los RTDs.....	17
2.6.3. Operación de los RTDs.....	17
2.7. Sistemas SCADA.....	18
2.7.1. Características del Software SCADA.....	20
2.7.2. Esquema Básico de un SCADA.....	20
2.7.3. Dispositivos de un Sistema SCADA.....	21
2.8. LabView.....	22
2.8.1. Características del LabView.....	24
2.8.2. Software LabView.....	25
2.9. Sistemas Embebidos.....	27
2.9.1. Particularidades de los Sistemas Embebidos.....	28
2.9.2. Evolución de los Sistemas Embebidos.....	29

2.9.3. Sistemas en Tiempo Real (STR).....	29
2.9.3.1. Elementos de un STR.....	29
2.9.4. Sistemas Embebidos CompactRIO.....	31
2.9.4.1. Diseño de Sistemas Embebidos CompactRIO.....	31
2.9.4.2. CompactRIO 9074.....	36
2.9.4.2.1. Aplicaciones y Tecnologías.....	36
2.9.4.3. Módulo NI9219 de 24bits.....	40
2.9.4.3.1. Características del Módulo.....	42
2.10. Adquisición de Datos y Análisis.....	49
2.10.1. Sensores.....	50
2.10.2. Señales.....	51
2.10.3. Acondicionamiento de Señales.....	51
2.10.4. DAQ Hardware.....	53
2.11. Control y Monitoreo de Datos.....	54
2.11.1. Control Automático.....	54
2.11.2. Medición y Control Automático.....	55
CAPITULO 3 Instalación de un Sistema de Medición y	
Monitoreo de Tensión y Puente.....	60
3.1. Instalación y Calibración del Software en el Equipo.....	60
3.1.1. Interface CompactRIO - PC.....	60
3.1.2. Instalación y Calibración del Sistema Operativo en el	
CompactRIO.....	61
3.2. Elaboración de los Programas SCADA.....	63
3.2.1. Interface CompactRIO - PC.....	63
3.2.2. PID de Temperatura con Control de Cruce por Cero.....	66
3.2.2.1. Control PID.....	67
3.2.3. Control de Torque de Motor mediante Variable de Peso.....	69
3.2.4. Comunicación Vía Wireless.....	70
3.2.4.1. Programación en Red.....	75
3.3. Montaje y Configuración del Equipo y Sensores.....	77
3.3.1. PID de Temperatura.....	77
3.3.2. Control de Torque de Motor mediante Variable de Peso.....	77
3.3.3. Diseño de la Placa para Acondicionamiento de Señales.....	78
3.4. Mantenimiento y Seguridad de los Equipos.....	78
CAPITULO 4 Manual y Guía de Práctica.....	79
4.1. Elaboración de Guía de Prácticas.....	79
4.1.1. Práctica 1. PID de Temperatura.....	79
4.1.2. Práctica 2. Control de Torque de Motor.....	84
4.1.3. Práctica 3. Comunicación Vía Wireless.....	87

CAPITULO 5 Conclusiones y Recomendaciones..... 91
5.1. Conclusiones..... 91
5.2. Recomendaciones..... 92

CAPITULO 6 Bibliografía..... 93

ANEXO 1..... 94

ANEXO 2..... 96

GLOSARIO..... 97

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1. Puentes de Wheasthone
- Figura 1.2. Esquema de un Sistema SCADA
- Figura 1.3. Programa LabView en Ejecución
- Figura 1.4. Módulos E/S de la Serie C
- Figura 1.5. Arquitectura del Software CompactRIO
- Figura 1.6. Conexión en Panel Frontal CompactRIO 9074
- Figura 1.7. Módulo NI9219 (entrada analógica)
- Figura 1.8. Conexión Panel Frontal Universal (24 bits) Modulo NI9219
- Figura 1.9. Adquisición de Datos
- Figura 1.10. Sistema de Control de Temperatura
- Figura 1.11. Error dinámico y retraso durante un cambio senoidal
- Figura 1.12. Configuración CompactRIO-PC (paso 1)
- Figura 1.13. Configuración CompactRIO-PC (paso 2)
- Figura 1.14. Instalación del Sistema Operativo en el CompactRIO (paso 1)
- Figura 1.15. Instalación del Sistema Operativo en el CompactRIO (paso 2)
- Figura 1.16. Instalación del Sistema Operativo en el CompactRIO (paso 3)
- Figura 1.17. Interface CompactRIO (paso 1)
- Figura 1.18. Interface CompactRIO (paso 2)
- Figura 1.19. Interface CompactRIO (paso 3)

Figura 1.20. Interface CompactRIO (paso 4)

Figura 1.21. Interface CompactRIO (paso 5)

Figura 1.22. Interface CompactRIO (paso 6)

Figura 1.23. Cruce por Cero (verdad)

Figura 1.24. Cruce por Cero (falso)

Figura 1.25. PID Panel Frontal

Figura 1.26. PID Diagrama de Bloques (WhileLoop 1)

Figura 1.27. PID Diagrama de Bloques (WhileLoop 2)

Figura 1.28. Panel Frontal de Control de Torque

Figura 1.29. Control de Torque Diagrama de Bloques (WhileLoop 1)

Figura 1.30. Control de Torque Diagrama de Bloques (WhileLoop 2)

Figura 1.31. Configuración Wireless-PC (paso 1)

Figura 1.32. Configuración Wireless-PC (paso 2)

Figura 1.33. Configuración Wireless-PC (paso 3)

Figura 1.34. Configuración Wireless-PC (paso 4)

Figura 1.35. Configuración Wireless-PC (paso 5)

Figura 1.36. Configuración Wireless-PC (paso 6)

Figura 1.37. Configuración Wireless-PC (paso 7)

Figura 1.38. Configuración Wireless-PC (paso 8)

Figura 1.39. Configuración Wireless-PC (paso 9)

Figura 1.40. PID en Red Panel Frontal

Figura 1.41. PID en Red Diagrama de Bloques

Figura 1.42. Control de Torque de Motor Panel Frontal en Red

Figura 1.43. Control de Troque de Motor Diagrama de Bloques en Red

Figura 1.44. Diagrama de Acondicionamiento de Señales

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Vibración CompactRIO 9074

Tabla 1.2. Cable Ethernet conexiones de cables

Tabla 1.3. Condiciones Ambientales

Tabla 1.4. Compatibilidad y Requerimientos Modulo 9219

Tabla 1.5. Nivel de Vibración Modulo NI9219

Tabla 1.6. Características de Entradas NI9219

Tabla 1.7. Rango de Entradas de Nodos NI9219

Tabla 1.8. Tiempo de Conversión NI9219

Tabla 1.9. Precisión Modulo NI9219

Tabla 1.10. Estabilidad Modulo NI9219

Tabla 1.11. Nivel de Excitación de medio puente y puente completo

Tabla 1.12. Tiempo de Conversión Modo NI9219

Tabla 1.13. Nivel de Excitación un cuarto de puente

Tabla 1.14. Requisitos de Alimentación

Tabla 1.15. Medio Ambiente

Tabla 1.16. Fenómenos y Transductores Excitantes

Tabla 1.17. Materiales y Herramientas (practica 1)

Tabla 1.18. Materiales y Herramientas (practica 2)

Tabla 1.19. Materiales y Herramientas (practica 3)

RESUMEN

El presente trabajo se desglosa en cuatro capítulos principales, y un quinto en donde se detalla las conclusiones y recomendaciones. En el primer capítulo, se enuncia el planteamiento del problema, los antecedentes del mismo y la justificación del proyecto, así también la importancia de utilizar recursos de instrumentación virtual para realizar monitoreo y análisis de las señales de tensión y puentes.

El capítulo dos, es el marco teórico acerca de procedimientos embebidos de tensión y puente que permitirán al estudiante conocer, manipular, monitorear procesos industriales basados en puentes de Wheatstone, utilizando equipos de instrumentación tales como termopares, celdas de carga, galgas extensiométricas, RTDs, y demás sensores.

El tercer capítulo detalla la instalación de un sistema de medición y monitoreo de tensión y puente implementando interface con el dispositivo CompactRIO, que es un controlador embebido para uso en la industria, con un desempeño de control en tiempo real, y detalla la programación en LabVIEW, el cual es un lenguaje y entorno gráfico para la programación.

El capítulo cuatro, enumera tres prácticas para que sean desarrolladas por cátedráticos y alumnos y con ello observen los beneficios que el sistema expuesto en este proyecto ofrece.

Palabras claves: LabView, SCADA, Instrumentación virtual, CompactRio, programación.

ABSTRACT

This paper is broken down into four main chapters, and a fifth one with the conclusions and recommendations. The first chapter, the problem statement, and the background to the project justification are stated, so the importance of using virtual instrumentation resources for monitoring and analyzing signals voltage and bridges.

The second chapter is a theoretical framework on embedded voltage and bridge procedures that will enable the student to understand, manipulate, and monitor Wheatstone bridge -based industrial processes, using instrumentation equipment such as thermocouples, load cells, strain gauges, RTDs, and other sensors.

The third chapter details the installation of a system for measuring and monitoring voltage and deploying Interface Bridge with CompactRIO device, which is an embedded controller for use in the industry with a performance of real-time control and programming in LabView details, which is a language and environment for graphical programming.

Chapter four, lists three practices to be developed by faculty and students and thereby observe the benefits that the system set out in this project offers.

Keywords: LabView, SCADA, virtual instrumentation, CompactRIO, programming.

INTRODUCCIÓN

La Carrera de Ingeniería en Electricomecánica de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo cuenta con un laboratorio de control donde se encuentran equipos automatizados y pequeñas plantas de procesos con los que los estudiantes realizan sus prácticas de control y automatización.

Debido al adelanto acelerado de la tecnología de los diferentes procesos de automatización y control, se debe estar atento a la evolución de hardware y software en la supervisión y monitoreo de variables en los diversos procesos que tiene la industria y otras organizaciones que utilizan la tecnología de la información, que son un complemento muy útil en la formación académica de todos los estudiantes y en donde el catedrático podrá tener una gran gama de posibilidades de pruebas e impulsar al estudiante a crear nuevos diseños.

El presente proyecto tiene como objetivo principal el Desarrollo de un Sistema SCADA para la medición de tensión y puentes con sistemas embebidos para el Laboratorio de Control de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Para esto se determinó el software y hardware a utilizar para poder monitorear, adquirir y analizar los datos necesarios en el desarrollo e implementación del sistema SCADA.

Las personas que intervienen en el desarrollo de tesis son:

- Sr. Eduardo Pincay Stracuzzi (Tesisista).
- Ing. Eduardo Zambrano Robayo (Tutor).

CAPÍTULO 1

Diseño del Proyecto

1.1. Planteamiento de Problema

La Carrera de Ingeniería de Eléctrico-mecánica cuenta con un laboratorio no actualizado, es fundamental contar con los recursos de hardware y software para el control, monitoreo y automatización de procesos. Hoy en día se puede simular de forma virtual, ciertos procesos que tienen variables y que pueden ser controlados y monitoreados. Es competencia del ingeniero eléctrico-mecánico, el diseño de procesos y ejecución de supervisión automatizada de procesos industriales utilizando recursos virtuales.

1.2. Justificación

Se justifica estudiar los sistemas SCADA para poner en práctica el control de temperatura y torque de un motor mediante conexiones inalámbricas con el software LabView y el CompactRÍO, que es una nueva tecnología con diseño embebido, que además consta de un chasis muy resistente a condiciones ambientales severas y con módulos reconfigurables e intercambiables que permiten adquirir señales analógicas y digitales directamente, ya que estos tienen la propiedad de acondicionar la señal para que pueda ser leída y procesada por el chasis.

La programación de este equipo se la puede realizar en modo Scan y en modo FPGA, dependiendo de la velocidad que necesitemos. Los programas que se desarrollaron fueron un control PID de temperatura que nos va a permitir mantener una temperatura constante sin que le afecte las condiciones ambientales del exterior. También se diseñó un control de torque de un motor que se activara mediante una variable externa que va a ser una galga extensiométrica que dependiendo del peso que esté en ella, el torque del motor

va a aumentar y lo más importante que concierne a estas prácticas, son el control y monitoreo inalámbrico de los equipos el cual lo hemos realizado creando librerías de variables para ser leídas y procesadas de diferentes PC que tengan conexión wireless. Estas prácticas nos permitirán tener un mayor conocimiento acerca de lo que es un control PID, el funcionamiento de la galgas extensiométricas, la creación de librerías y variables en LabVIEW y la adquisición de datos mediante equipos de tecnología de punta.

1.3. Objetivos

Los objetivos planteados para este proyecto de investigación son los siguientes:

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de supervisión y control (SCADA) para medir variables de Tensión, temperatura utilizando Sistemas embebidos y simulador LabView.

1.3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar las características del hardware para monitorear y analizar las señales de Tensión y Puentes.
- ✓ Determinar las características del Software para obtener los datos de señales y para el monitoreo.
- ✓ Implementar el equipo y desarrollar un software capaz de obtener y monitorearlos datos de Tensión y Puentes.
- ✓ Desarrollar guías prácticas para la medición y monitoreo de Tensión y Puentes con sistemas embebidos para el laboratorio.

1.4. Hipótesis

Es posible potenciar, las competencias del aprendizaje en control de procesos mediante la utilización del software LabView y el dispositivo CompactRÍO, que

es una nueva tecnología con diseño embebido. La guía de prácticas permitirá realizar diseños bajo programación en diagramas de bloques, lo cual permite simular el control de variables que interviene en un proceso industria.

CAPITULO 2

Marco Teórico

2.1. Mediciones Electrónicas

En lo relacionado a las mediciones es necesario el uso de la Instrumentación electrónica, principalmente analógica, la misma que es utilizada en el diseño y manejo de dichos aparatos.

A partir de variables físicas y químicas se realiza el control de los procesos para lo cual se emplean diversos equipos y métodos electrónicos, lo que en sí constituye la instrumentación electrónica.

2.1.1. La medición Virtual

Dentro de la nueva era de la instrumentación encontramos a la instrumentación virtual. Cuyo concepto básicamente es el reemplazar y adicionar elementos de "hardware" por otros "software", para lo cual regularmente se utiliza un computador, el mismo que ejecuta un programa específico, Este programa aplicativo se comunica con los dispositivos periféricos para configurarlos y luego obtener las respectivas mediciones.

Las ventajas de esta instrumentación es, que es capaz de automatizar la toma de medidas, procesamiento de la información obtenida, visualización y toma de decisiones remotamente, etc. Según el autor de un trabajo de titulación denominado “Desarrollo de un sistema SCADA para la medición de Tensión y

puentes con sistemas embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la facultad de Mecánica” (Ante & Tayupanda, 2010), indican que, existen algunos programas especializados en este campo, pero hay dos que son versátiles a nivel educativo e industrial.

- ✓ LabVIEW y
- ✓ Agilent-VEE (antes HP-VEE).

Y algunos buses de comunicación populares son GPIB, RS-232, USB, etc.

2.2. Equipos de medición en la Industria

Como su nombre lo sugiere la Instrumentación industrial son todos aquellos dispositivos que dentro de un procedimiento son utilizados para medir, controlar o registrar variables con el objetivo de optimizar los recursos utilizados en éste.

La instrumentación en general ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual, ya que en todos los casos le ha permitido al hombre tomar una acción de control perfectamente programada basada en las mediciones del ambiente transformadas en datos precisos capaces de ser procesados para automatizar los procedimientos, lo que traducido a nuestro época actual significa ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo.

Adicionalmente la instrumentación ha permitido avances significativos en nuestro tiempo moderno con casos comprobados como, la exploración del espacio exterior, el envío de satélites artificiales, transportación más veloz, etc

2.3. Puentes de WHEATSTONE

Según información (Alvarez, 2012) señala que fue inventado en el año 1.832 por Samuel Hunter Christie y mejorado y masificado en 1.843 por Sir Charles Wheatstone, se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente. Estos están formados por cuatro

resistencias que forman un circuito cerrado, siendo una de ellas la resistencia bajo medida.

2.3.1 Características

En la figura vemos que, R_x es la resistencia cuyo valor queremos determinar, R_1 , R_2 y R_3 son resistencias de valores conocidos, además la resistencia R_2 es ajustable. Si la relación de las dos resistencias del brazo conocido (R_1/R_2) es igual a la relación de las dos del brazo desconocido (R_x/R_3), el voltaje entre los dos puntos medios será nulo y por tanto no circulará corriente alguna entre esos dos puntos C y B.

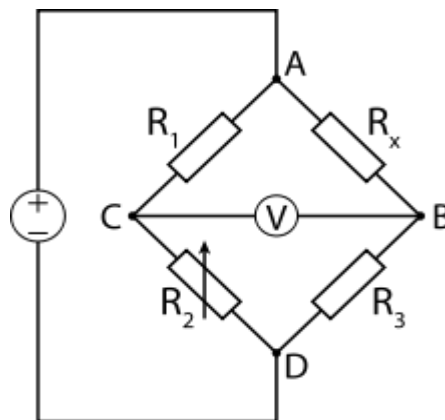


Fig. 1.1. Puentes de WHEATSTONE

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

Para efectuar la medida lo que se hace es variar la resistencia R_2 hasta alcanzar el punto de equilibrio. La detección de corriente nula se puede hacer con gran precisión mediante el voltímetro V.

La dirección de la corriente, en caso de desequilibrio, indica si R_2 es demasiado alta o demasiado baja. El valor de la F.E.M. del generador es indiferente y no afecta a la medida.

Cuando el puente está construido de forma que R_3 es igual a R_2 , R_x es igual a R_1 en condición de equilibrio. (Corriente nula por el galvanómetro).

Asimismo, en condición de equilibrio siempre se cumple que:

$$R_x = \frac{R_1 \times R_3}{R_2}$$

Si los valores de R_1 , R_2 y R_3 se conocen con mucha precisión, el valor de R_x puede ser determinado igualmente con precisión. Pequeños cambios en el valor de R_x romperá el equilibrio y serán claramente detectados por la indicación del galvanómetro.

De forma alternativa, si los valores de R_1 , R_2 y R_3 son conocidos y R_2 no es ajustable, la corriente que fluye a través del galvanómetro puede ser utilizada para calcular el valor de R_x siendo este procedimiento más rápido que el ajustar a cero la corriente a través del medidor.

2.3.2. Otras variantes del Puente de WHEATSTONE

Las variantes del puente de Wheatstone se pueden utilizar para la medida de impedancias, capacidades e inductancias. La disposición en puente también es ampliamente utilizada en instrumentación electrónica. Para ello, se sustituyen una o más resistencias por sensores, que al variar su resistencia dan lugar a una salida proporcional a la variación. A la salida del puente Figura 1, donde está el galvanómetro suele colocarse un amplificador.

2.4. Las Galgas Extensiométricas

Una galga extensiométrica es un sensor basado en el efecto piezorresistivo, para medir la deformación, presión, carga, torque, posición, entre otras cosas.

Un esfuerzo que deforma a la galga producirá una variación en su resistencia eléctrica, esta variación puede ser por el cambio de longitud, el cambio originado en la sección o en la resistividad.

Los materiales que suelen utilizarse para fabricar galgas hilos muy pequeños de aleaciones metálicas, como por ejemplo (Níquel 60% y Cobre 40%), nicrom o elementos semiconductores como por ejemplo el silicio y el germanio. Las galgas se pueden clasificar en dos tipos: las metálicas y las semiconductoras.

2.4.1. Galgas Férrreas

Las galgas férrreas, conocidas también como metálicas, se establecen por una base muy delgada y fina, a la cual se le adhiere un hilo muy fino metálico, puede ser bobinado o plegable. Según (Ante & Tayupanda, 2010), indican que, estas galgas tienen como preeminencia un bajo coeficiente de temperatura, ya que se compensa la depreciación de la movilidad de los electrones al acrecentar la temperatura con el aumento de su concentración.

Las principales aleaciones que usan las galgas metálicas son:

- ✓ Cobre y hierro
- ✓ Platina y silicialista
- ✓ Constantán
- ✓ Nicrom o karma
- ✓ Isoelastic
- ✓ Aleación de platino
- ✓ Aleaciones de níquel-cromo
- ✓ Nitróxido de titán

Algunos de los materiales usados en el soporte de las galgas metálicas pueden ser:

- ✓ Poliamida
- ✓ Epoxy
- ✓ Fibra de vidrio reforzada con epoxy
- ✓ EL principio de medida de las galgas metálicas se basa en tres premisas:
- ✓ EL valor de la resistencia de un conductor es función de sus características geométricas (efecto enunciado por Lord Kelvin).
- ✓ A todo aumento de longitud corresponde una disminución de sección (efecto de Poisson)
- ✓ La variación de resistividad es proporcional a la variación relativa de volumen (efecto enunciado por Bridgman).

Por lo anteriormente expuesto, algunas características deseables que debe tener el material conductor de la galga son:

- ✓ Durabilidad con respecto a su fatiga para mediciones dinámicas
- ✓ Sensibilidad a la deformación lineal en el rango elástico para exactitud y repetición de la prueba.
- ✓ Alta resistividad para reducir el tamaño de la galga.
- ✓ Baja histéresis para repetición y exactitud en la prueba.
- ✓ Alta sensibilidad a la deformación para producir la máxima señal eléctrica ante una deformación experimentada.

2.4.2. Galgas Semiconductoras

(Ogata, 2003) Indica que, las galgas semiconductoras hay un elemento semiconductor en vez del hilo metálico, su gran diferencia respecto a las demás galgas, es su tamaño, ya que su tamaño es más reducido. La potencia máxima disipable en galgas semiconductoras es de unos 250Mw. Las galgas semiconductoras son capaces de soportar una alta resistencia su fatiga de vida es más larga.

Los elementos más abundantes para fabricar estas galgas son:

- Silicio
- Germanio
- Vidrio Fenolico

Según (Ante & Tayupanda, 2010), comentan que los perjuicios de los semiconductores, son:

- Sensibilidad a la temperatura
- Baja maleabilidad, lo que permiten poca deformación

2.4.3. Particularidades de las Galgas Extensiométricas

Las siguientes son ciertas características de las galgas extensiométrica:

1. **Longitud:** constituye el área activa o longitud de grilla sensible al esfuerzo
2. **Concentración del esfuerzo:** Para determinar un óptimo resultado de la medición es imprescindible determinar la longitud de la galga y el lugar preciso de la pieza sobre el cual actuar. Es decir en el lugar donde dicha pieza sufre mayor esfuerzo o deformación
3. **Resistencia de la galga:** Es el valor de la tolerancia nominal de la galga la que se facilita cuando el sensor no registra deformación, es decir cuando no está realizando ningún trabajo
4. **Sensibilidad transversal:** Las galgas operan en una dirección determinada, pero en el caso de deformaciones transversales, se puede presentar una variación de resistencia minúscula que en la mayoría de los casos suele ser menor del 1%.
5. **Material de la lámina:** Destaca el material con el que está hecho el hilo conductor o el material semiconductor.
6. **Material de la base:** (Ante & Tayupanda, 2010) señalan que, es el material del que se construyó la base no conductora de la galga.

7. **Linealidad, histéresis y deriva:** La linealidad histéresis y deriva dependen de diversos factores, como son el nivel de deformaciones alcanzado, el material soporte de la banda y la calidad y los materiales del pegado.
8. **Disipación de calor:** Un aspecto importante al utilizar galgas extensiométrica es la disipación de calor, ya que es un elemento resistivo, formará parte de un circuito eléctrico y por tanto pasará una corriente eléctrica. Por tanto hay que tomar muy en cuenta que la potencia de consumo debido al paso de la corriente eléctrica, y que disipa en forma de calor, sea menor que la potencia que la banda es capaz de transmitir al material sobre el que se ha pegado, para evitar el sobrecalentamiento de la galga.
9. **Comportamiento a la fatiga:** Como todos los materiales, las galgas tienen una vida limitada por la fatiga. Los estándares son capaces de aguantar unos 105 ciclos.

2.4.4. Desventajas y Limitaciones de las Galgas Extensiométricas

(Ante & Tayupanda, 2010) Indican, las ventajas siguientes:

- ✓ Cuerpo pequeño
- ✓ Logran alimentarse con corriente alterna o continua
- ✓ Poseen una excelente respuesta en frecuencia
- ✓ Alcanzan utilizarse para medidas estáticas y dinámicas
- ✓ Compensación de temperatura relativamente fácil
- ✓ No son influidas por los campos magnéticos

Desventajas

- ✓ Señal de salida débil
- ✓ Pequeño movimiento de la galga
- ✓ Alta sensibilidad a las vibraciones

- ✓ Estabilidad dudosa a lo largo del tiempo (el envejecimiento de los adhesivos puede afectar a su funcionamiento).
- ✓ Para umbrales pequeños la técnica de construcción es cara

Limitaciones

- ✓ El esfuerzo aplicado no debe llevar a la galga fuera del margen elástico
- ✓ Se necesita una buena adhesión al objeto, para que la medida de la deformación sea correcta.
- ✓ Un incremento en la temperatura tiene como consecuencia una variación de la resistencia aún sin aplicar ningún esfuerzo.
- ✓ Coeficiente de dilatación de la galga parecido al del soporte para evitar tensiones
- ✓ mecánicas.
- ✓ Auto calentamiento de la galga por la disipación de potencia de alimentación.

2.4.5. Aplicaciones de las Galgas Extensiométricas

Las galgas pueden tener dos aplicaciones, la primera consiste en que a causa de la variable que se pretende encontrar, la variable de deformación es intermedia; Y la otra, es que cuando en una superficie se desea conocer el estado tensional, suponen la medida directa de la deformación.

Existen diferentes criterios para los cuales se pueden analizar las aplicaciones de las galgas estos pueden ser el tipo de trabajo, el margen de medida o los comportamientos dinámicos.

El tipo de trabajo: se debe a acciones como la tracción y la compresión, son usadas para medidas de peso, de línea o las de uso general; y acciones como la fatiga y el impacto usadas para ensayos dinámicos.

El margen de medida: se divide en microcélulas de carga para alta precisión y el margen amplio para el uso general.

El comportamiento dinámico: se le atribuye a la fatiga y a las altas velocidades, usadas para sistemas sometidos a fatiga y la vibración y ensayos dinámicos, respectivamente.

2.5. Termopares

Un termopar es un transductor formado por la fusión de dos metales distintos que produce una diferencia de potencial muy bajo, que es función de la diferencia de temperatura entre uno de los extremos denominado "punto caliente" o unión caliente o de medida y el otro denominado "punto frío" o unión fría o de referencia.

En Instrumentación industrial, los termopares son ampliamente usados como sensores de temperatura. Son económicos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un grado Celsius son difíciles de obtener.

Cuando se juntan varios termopares en serie se denominan termopila. Y ambos son bastante usados en aplicaciones de calefacción a gas.

2.5.1. Características de Termopares

Tipo K (Cromo (Ni-Cr) Chromel / Aluminio (aleación de Ni -Al) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, económicos y en una variedad de sondas.

Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.372^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox.

Posee buena resistencia a la oxidación.

Tipo E (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

Tipo J (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760°C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a $+750^\circ\text{C}$ y una sensibilidad de $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Es afectado por la corrosión.

Tipo N (Nicrosil (Ni-Cr-Si)/Nisil (Ni-Si)): es muy usado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300°C).

Tipo B (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800°C . Los tipos B presentan el mismo resultado a 0°C y 42°C debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de 50°C .

Tipo R (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300°C . Su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio quitan su atractivo.

Tipo S (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300°C , pero su baja sensibilidad ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) y su elevado precio lo

convierten en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro (1064,43° C).

Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.

Leyes

Los estudios realizados sobre el comportamiento de termopares han permitido establecer tres leyes fundamentales:

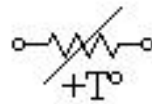
- 1) **Ley del circuito homogéneo.** En un conductor metálico homogéneo no puede sostenerse
- 2) la circulación de una corriente eléctrica por la aplicación exclusiva de calor.
- 3) **Ley de los metales intermedios.** Si en un circuito de varios conductores la temperatura es uniforme desde un punto de soldadura 'A' a otro 'B', la suma algebraica de todas las fuerzas electromotrices es totalmente independiente de los conductores metálicos intermedios y es la misma que si se pusieran en contacto directo 'A' y 'B'
- 4) **Ley de las temperaturas sucesivas.** La f.e.m. generada por un termopar con sus uniones a las temperaturas T1 y T3 es la suma algebraica de la f.e.m. del termopar con sus uniones a T1 y T2 y de la f.e.m. del mismo termopar con sus uniones a las temperaturas T2 y T3.

Por estas leyes se hace evidente que en el circuito se desarrolla una pequeña tensión continua proporcional a la temperatura de la unión de medida, siempre que haya una diferencia de temperaturas con la unión de referencia. Los

valores de esta f.e.m. están tabulados en tablas de conversión con la unión de referencia a 0°C.

2.6. Los RTDs (Sensores de Temperatura Resistivos)

Es un dispositivo detector de temperatura resistivo que se basa en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura. Su símbolo es el siguiente:



Para la fabricación de los RTDs se emplean materiales conductores tales como el Cobre, Níquel o Platino. Pero de todos estos es el Platino el que ofrece mejores prestaciones como: alta resistividad, margen de temperatura mayor, alta linealidad.

2.6.1. Ventajas de los RTDs

- ✓ Amplio margen de temperatura.
- ✓ Mayor exactitud y repetitividad en las mediciones de temperatura
- ✓ El valor de resistencia del RTD puede ser ajustado con gran exactitud por el fabricante (*trimming*), de manera que su tolerancia sea mínima.
- ✓ Los RTD son los más estables con el tiempo, presentando derivas en la medida del orden de 0.1 °C/año.
- ✓ La relación entre la temperatura y la resistencia es la más lineal.
- ✓ Los sensores RTD tienen mayor sensibilidad que los termopares. La tensión debida a cambios de temperatura puede ser unas diez veces mayor.

- ✓ La existencia de curvas de calibración estándar para los distintos tipos de sensores RTD (según el material conductor, R_0 y α), facilita la posibilidad de intercambiar sensores entre distintos fabricantes.
- ✓ A diferencia de los termopares, no son necesarios cables de interconexión especiales ni compensación de la unión de referencia.

2.6.2. Desventajas de los RTDs

- ✓ El costo es mayor a un termopar o termistor debido a que el platino y el resto de materiales conductores tienen todos una resistividad muy baja, para conseguir un valor significativo de resistencia será necesario devanar un hilo de conductor bastante largo, por lo que, sumando el elevado coste de por sí de estos materiales.
- ✓ El tamaño y la masa de un RTD será también mayor que el de un termopar o un termistor, limitando además su velocidad de reacción.
- ✓ Son afectados por el auto calentamiento.
- ✓ No son tan durables como los termopares ante vibraciones, golpes...

2.6.3. Operaciones de los RTDs

Todos los RTDs generalmente vienen con una combinación de cables de colores rojo y negro o rojo y blanco. El cable rojo es el terminal de excitación y el hilo negro o blanco el de tierra. Si no está seguro de que cables hay que conectar a cada lado del elemento resistivo, se puede utilizar un DMM o multímetro digital para medir la resistencia entre los terminales. Si la resistencia es cercana a 0Ω , los cables están unidos al mismo nodo. Si el valor de la resistencia se encuentra cercano al de la resistencia nominal (100Ω es un valor común de la resistencia nominal de una RTD), los cables que se están midiendo están en los lados opuestos del elemento resistivo. Por último, consulte las especificaciones de la RTD para encontrar el nivel de excitación de ese dispositivo.

Consideraciones Sobre el Ruido del RTD

Las señales de salida de la RTD suelen estar dentro del rango de mili-voltios, lo cual las hace sensibles al ruido. Los filtros de paso-bajo están generalmente disponibles en los sistemas de adquisición de datos de RTDs y pueden eliminar eficazmente ruidos de alta frecuencia en las medidas de las señales de las RTDs. Por ejemplo, los filtros paso-bajo son útiles para eliminar el ruido de los 50/60Hz de la red eléctrica que prevalece en la mayoría de las configuraciones de los laboratorios y plantas industriales.

También se puede mejorar significativamente el rendimiento con respecto al ruido de los sistemas amplificando las tensiones de bajo nivel de las RTDs cerca de la fuente de señal.

Dado que los niveles de la tensión de salida de las RTDs son muy bajos, se debe elegir una ganancia que sea óptima para los límites de la entrada del ADC o Convertidor Analógico/Digital.

Obtención de la Visualización de la Medida

Una vez que se ha conectado el sensor al instrumento de medida, se puede utilizar el software de programación gráfica LabVIEW para visualizar y analizar los datos según sea necesario.

2.7. Sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

Los sistemas SCADA son programas de computadoras, desarrollados con el fin de controlar y supervisar procesos remotamente basados en la obtención de datos durante la operación de los procesos.

Son especialmente diseñados para funcionar en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de lectura y obtención de la

data, la que permite controlar automáticamente los procesos desde un ordenador.

Permite además, compartir la data recibida y/o procesada con otros usuarios como otros operadores, supervisores o gerentes para, por ejemplo, tomar de decisiones en la compra de nuevos equipos, mantenimiento de los actuales y en la búsqueda de mejoras al proceso productivo.

Los sistemas SCADA o Supervisión, Control y Adquisición de Datos a su vez están conformados por subsistemas de hardware o software, que unidos logran el fin para los que son desarrollados pudiendo citarse por ejemplo,

Según (Ogata, 2003) indica que, la utilización de un PLC o Controlador Lógico Programable el cual toma las mediciones o señales y las envía a las computadoras por medio de canales o buses, de la misma manera las computadoras pueden adquirir la data directamente por medio de dispositivos de hardware instalados en los sensores y así existen muchas otras alternativas.

Los sistemas SCADA facilitan las tareas del operador al permitirle supervisar y controlar todos los dispositivos que forman parte de un proceso desde la pantalla de su computador y en un ambiente adecuado y diferente al lugar donde se desarrolla el proceso.

Al contar con un sistema SCADA todas las acciones a tomar por parte del personal que controla los procesos se pueden realizar en tiempo real, las alarmas de algún equipo lejano, se transmiten mediante buses especiales o redes LAN.

Estos sistemas se basan en los dispositivos instalados en la planta, como son los

Controladores autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc.

Al ser un software, el principal dispositivo dentro de un sistema SCADA es sin lugar a dudas una computadora. La misma que controla y supervisa todos y cada uno de los dispositivos conectados en cada etapa del proceso que necesita ser controlado

2.7.1. Características del Software SCADA

- ✓ Paneles de alarma, con las que el operador pueda reconocer una parada o alguna situación de alarma, con registro de incidencias.
- ✓ Que guarde un histórico de las señales que el proceso emita, los mismos que para efectos de que puedan ser procesados puedan ser exportados a una hoja de cálculo.
- ✓ Programación numérica que permita realizar cálculos matemáticos de elevada precisión sobre la CPU del ordenador.
- ✓ Que permita el desarrollo de pequeños aplicativos que puedan cubrir específicamente requerimientos particulares de un proceso determinado.
- ✓ Debido a la oferta de este tipo de programas es necesario revisar muy detalladamente todos estos puntos y aquellos que particularmente se adapten a los procesos puntuales en cada caso para realizar una compra adecuada que satisfaga las necesidades de cada proceso.
- ✓ Debe ser de fácil instalación y manejo, es decir que mayormente se permita visualizar el esquema del proceso de manera gráfica.
- ✓ Debe permitir la interconexión con dispositivos de puertos de fabricación estándares para la gestión de comunicación con todos los dispositivos.

2.7.2. Esquema Básico de un SCADA

Este esquema es un ejemplo de la aplicación del sistema SCADA en áreas industriales. Estas áreas pueden ser:

- ✓ Monitorizar procesos químicos, físicos o de transporte en sistemas de suministro de agua, para controlar la generación y distribución de energía eléctrica, de gas o en oleoductos y otros procesos de distribución.
- ✓ Gestión de la producción (facilita la programación de la fabricación).
- ✓ Mantenimiento (proporciona magnitudes de interés tales para evaluar y determinar modos de fallo, MTBF, índices de Fiabilidad, entre otros).
- ✓ Control de Calidad (proporciona de manera automatizada los datos necesarios para calcular índices de estabilidad de la producción CP y CPk, tolerancias, índice de piezas NOK/OK, etc.
- ✓ Administración (actualmente pueden enlazarse estos datos del SCADA con un servidor ERP o Sistema de Planificación de Recursos empresariales, e integrarse como un módulo más).

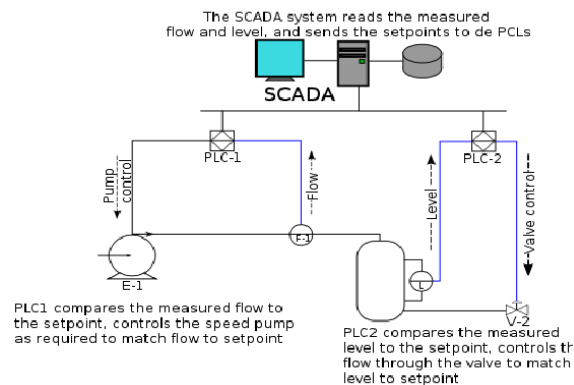


Fig 1.2. Esquema de un sistema SCADA

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

2.7.3. Dispositivos de un Sistema SCADA.

Un sistema SCADA está conformado por:

Interfaz operador-máquinas: Es el entorno visual que permite al operador interactuar con todos los equipos, maquinarias, etc., que forman parte del proceso desarrollado por la planta.

Unidad central (MTU): (Ante & Tayupanda, 2010) indican que es la Unidad Maestra. Ejecuta las acciones de mando (programadas) en base a los valores actuales de las variables medidas.

La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (como C, Basic, etc.). También se encarga del almacenamiento y proceso ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

Unidad remota (RTU): Es todo elemento que toma y envía algún tipo de información a la unidad central desde la planta de producción hasta la Unidad Central.

Sistema de comunicaciones: Es el conjunto de medios y dispositivos que se encargan de transferir la información desde donde se realizan las operaciones, hasta la Unidad Central.

Transductores: Son los elementos que convierten una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Estos deben siempre estar calibrados que no haya problema con la confusión de valores de los datos.

2.8. LabVIEW

Este programa fue creado por National Instruments (1976) para Apple Macintosh, salió al mercado por primera vez en 1986. Ahora está disponible para las plataformas Windows, UNIX, MAC OS X y Linux. La versión actual LabVIEW 2013, lanzada en agosto de 2013.

Una de las claves de LabVIEW sobre otros entornos de desarrollo es el amplio soporte para el acceso al hardware de instrumentación. Controladores y capas de abstracción para muchos tipos diferentes de instrumentos y buses se incluyen o están disponibles para su inclusión. Estos se presentan como nodos gráficos. Las capas de abstracción ofrecen interfaces de software estándar para comunicarse con los dispositivos de hardware.

Las interfaces de controlador proporcionados ahorran tiempo de desarrollo del programa. El argumento de venta de National Instruments es, por tanto, que incluso las personas con experiencia en la codificación limitada pueden escribir programas y desplegar soluciones de prueba en un plazo de tiempo reducido en comparación con los sistemas más convencionales o de la competencia.

Según (Jimenez & Molina, 2010) indican que, una nueva topología de controlador de hardware (DAQmxBase), que se compone principalmente de componentes codificados-G con sólo unos pocos registros llama a través de DDK de Hardware de NI Measurement (*Driver Development Kit*) funciones, ofrece la plataforma de acceso independiente del hardware de numerosos dispositivos de adquisición de datos e instrumentación. El conductor DAQmxBase está disponible para LabVIEW en Windows, Mac OS X y plataformas Linux.

Aunque no es un lenguaje de NET., LabVIEW ofrece también una interfaz para. Asambleas NET Framework, lo que hace posible el uso de, por ejemplo, bases de datos y archivos XML en los proyectos de automatización.

(Ante & Tayupanda, 2010) Señalan que, entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabVIEW consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware como de otros fabricantes.

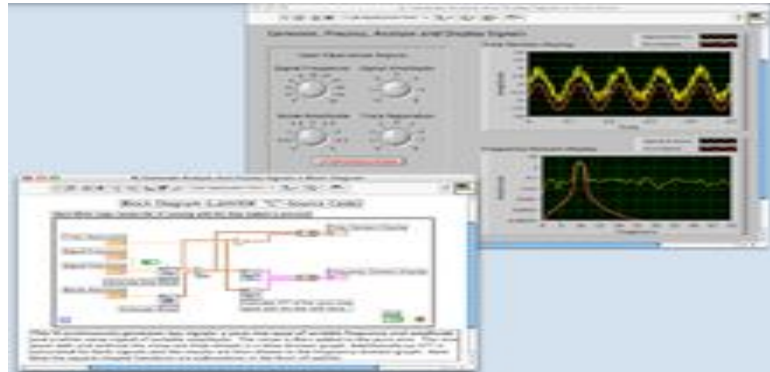


Fig. 1.3. Programa LabView en Ejecución

Fuente: (Lajara & Pelegrí, 2011)

2.8.1. Características de LabVIEW

Según (Lajara & Pelegrí, 2011) señalan que la característica fundamental de LabView, es la facilidad programar, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer (programas) relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabVIEW y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él. Los programas en LabVIEW son llamados instrumentos virtuales o VIs Para los amantes de lo complejo, con LabVIEW pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc. Incluso existen buenas prácticas de programación para optimizar el rendimiento y la calidad de la programación. El LabVIEW 7.0 introduce un nuevo tipo de subVI llamado VIs Expreso (Express VIS). Estos son VIs interactivos que tienen una configuración de caja de diálogo que permite al usuario personalizar la funcionalidad del VI Expreso. El Vis estándar son VIs modulares y personalizables mediante cableado y funciones que son elementos fundamentales de operación de LabVIEW.

Presenta facilidades para el manejo de:

Interfaces de comunicaciones:

- ✓ Puerto serie
- ✓ Puerto paralelo
- ✓ GPIB
- ✓ PXI
- ✓ VXI
- ✓ TCP/IP, UDP, DataSocket
- ✓ Irda
- ✓ Bluetooth
- ✓ USB
- ✓ OPC...

Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:

- ✓ DLL: librerías de funciones
- ✓ .NET
- ✓ ActiveX
- ✓ Multisim
- ✓ Matlab/Simulink
- ✓ AutoCAD, SolidWorks, etc.
- ✓ Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- ✓ Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- ✓ Adquisición y tratamiento de imágenes.
- ✓ Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
- ✓ Tiempo Real estrictamente hablando.
- ✓ Programación de FPGAs para control o validación.

2.8.2. Software LabVIEW

Según (Ogata, 2003) indica que, esta herramienta gráfica de programación, facilitando su comprensión por tener iconos para ciertos bloques de comandos.

Al tener ya pre-diseñados una gran cantidad de bloques, se le facilita al usuario la creación del proyecto, con lo cual en vez de estar una gran cantidad de tiempo en programar un dispositivo/bloque, se le permite invertir mucho menos tiempo y dedicarse un poco más en la interfaz gráfica y la interacción con el usuario final. Cada VI consta de dos partes diferenciadas:

Panel frontal: El Panel Frontal es la interfaz con el usuario, la utilizamos para interactuar con el usuario cuando el programa se está ejecutando. Los usuarios podrán observar los datos del programa actualizados en tiempo real (como van fluyendo los datos, un ejemplo sería una calculadora, donde tú le pones las entradas, y te pone el resultado en la salida). En esta interfaz se definen los controles (los usamos como entradas, pueden ser botones, marcadores etc.) e indicadores (los usamos como salidas, pueden ser gráficas).

Diagrama de bloques: Los autores (Jimenez & Molina, 2010) señalan al respecto que, el programa define su funcionalidad, pues los íconos realizan una determinada función y se interconectan (el código que controla el programa). Suele haber una tercera parte icono/conector que son los medios utilizados para conectar un VI con otros Vis.

En el panel frontal, encontraremos todo tipos de controles o indicadores, donde cada uno de estos elementos tiene asignado en el diagrama de bloques una terminales decir el usuario podrá diseñar un proyecto en el panel frontal con controles e indicadores, donde estos elementos serán las entradas y salidas que interactuaran con la terminal del VI. Podemos observar en el diagrama de bloques, todos los valores de los controles e indicadores, como van fluyendo entre ellos cuando se está ejecutando un programa.

2.9. Sistemas Embebidos

Son dispositivos usados para controlar equipos, operación de maquinarias o plantas industriales completas. El término Embebido (también se lo conoce como Incrustado o Embutido) está caracterizando que esos circuitos integrados son una parte integral del sistema en que se encuentran. Lo interesante de que un sistema sea Embebido es que puede estar de tal forma incrustado, puede quedar tan oculto a nuestros ojos, que la presencia de tales chips no resulte nada obvia a quien lo mira.

Según (Jimenez & Molina, 2010) señalan que, un sistema Embebido o Empotrado es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Los sistemas embebidos se utilizan para usos muy diferentes a los usos generales a los que se suelen someter a las computadoras personales. En un sistema embebido la mayoría de los componentes se encuentran incluidos en la placa base (la tarjeta de vídeo, audio, módem, etc.).

Dos de las diferencias principales son el precio y el consumo. Puesto que los sistemas embebidos se pueden fabricar por decenas de millares o por millones de unidades, una de las principales preocupaciones es reducir los costes. Los sistemas Embebidos suelen usar un procesador relativamente pequeño y una memoria pequeña para reducir los costes. Se enfrentan, sobre todo, al problema de que un fallo en un elemento implica la necesidad de reparar la placa íntegra.

Lentitud no significa que vayan a la velocidad del reloj. En general, se suele simplificar toda la arquitectura de la computadora para reducir los costes. Por ejemplo, los sistemas embebidos emplean a menudo periféricos controlados por interfaces síncronos en serie, que son de diez a cientos de veces más lentos

que los periféricos de una computadora personal normal. Los primeros equipos embebidos que se desarrollaron fueron elaborados por IBM en los años 1980. Los programas de sistemas embebidos se enfrentan normalmente a problemas de tiempo real.

2.9.1. Particularidades de los Sistemas Embebidos

- ✓ Deben ser confiables,
- ✓ Seguridad personal: no causa daño
- ✓ Seguridad informática: comunicación confidencial y autenticada.

(Ante & Tayupanda, 2010) señalan que, la creación de un sistema confiable debe ser considerada desde un comienzo, no una consideración posterior.

- ✓ Deben ser eficientes
- ✓ Energía
- ✓ Tamaño de código
- ✓ Peso
- ✓ Costo
- ✓ Están dedicados a ciertas aplicaciones
- ✓ Interfaces de usuario dedicadas (no mouse, keyboard y pantalla).
- ✓ Muchos ES deben cumplir restricciones de tiempo real
- ✓ Un sistema de tiempo real debe reaccionar a estímulos del objeto controlado (u operador) dentro de un intervalo definido por el ambiente.
- ✓ Respuestas correctas pero tardías son erradas.
- ✓ Una restricción de tiempo real se dice DURA (hard) si su incumplimiento puede resultar en catástrofe.
- ✓ Toda otra restricción de tiempo son blandas (soft).
- ✓ Están frecuentemente conectados a ambientes físicos a través de sensores y actuadores.
- ✓ Son sistemas híbridos (partes análogas + digitales).

- ✓ Típicamente son sistemas reactivos: —Un sistema reactivo es uno que está en
- ✓ interacción continua con su ambiente y su ejecución es la un ritmo determinado por ese ambiente [Bergé, 1995]

2.9.2. Evolución de los Sistemas Embebidos

- ✓ Ambientes dinámicos
- ✓ Capturar el comportamiento deseado
- ✓ Validar especificaciones
- ✓ Trasladar eficientemente especificaciones a implementación
- ✓ ¿Cómo chequeamos si cumplimos las restricciones de tiempo real?
- ✓ ¿Cómo chequeamos si cumplimos el consumo prometido?

2.9.3. Sistemas de Tiempo Real (STR)

Un Sistema Operativo de Tiempo real o SOTR/RTOS, es un sistema operativo que ha sido desarrollado para aplicaciones de tiempo real. Como tal, se le exige corrección en sus respuestas bajo ciertas restricciones de tiempo. Si no las respeta, se dirá que el sistema ha fallado. Para garantizar el comportamiento correcto en el tiempo requerido se necesita que el sistema sea predecible.

2.9.3.1. Elementos de un STR

- ✓ Aspectos de integración y de rendimiento.
- ✓ Manejo de Interrupciones.
- ✓ Bases de Datos de Tiempo Real.
- ✓ Sistemas Operativos de Tiempo Real.
- ✓ Lenguajes de Tiempo Real.
- ✓ Sincronización y comunicación de tareas.

Clasificación de los Sistemas de Tiempo Real

Los sistemas de tiempo real pueden ser de dos tipos, esto es en función de su severidad en el tratamiento de los errores que puedan presentarse

Sistemas de tiempo real blandos o soft real-time systems: estos pueden tolerar un exceso en el tiempo de respuesta, con una penalización por el incumplimiento del plazo. Estos sistemas garantizan que las tareas críticas se ejecutan en tiempo. Aquí los datos son almacenados en memorias no volátiles, no

utilizan técnicas de memoria virtual ni tiempo compartido, estas técnicas no pueden ser implementadas en hardware.

Sistemas de tiempo real duros o hard real-time systems: aquí la respuesta fuera de término no tiene valor alguno, y produce la falla del sistema. Estos sistemas tienen menos utilidades que los implementados por hard, por ejemplo no pueden utilizarse para control industrial y robótico. Pero si para multimedia, supervisión de controles industriales y realidad virtual.

Requisitos Temporales

Tiempo real estricto (hard real-time)

- ✓ Todas las acciones deben ocurrir dentro del plazo especificado »
Ejemplo: control de vuelo.

Tiempo real flexible (soft real-time)

- ✓ Se pueden perder plazos de vez en cuando.
- ✓ El valor de la respuesta decrece con el tiempo ejemplo: adquisición de datos.

Tiempo real firme (firm real-time)

- ✓ se pueden perder plazos ocasionalmente.
- ✓ una respuesta tardía no tiene valor ejemplo: sistemas multimedia.

2.9.4. Sistemas Embebidos CompactRIO

NI Compact RÍO se basa en la nueva tecnología de Entradas/Salidas reconfigurables o RIO, su funcionalidad básica es proporcionada por una FPGA programable por el usuario. Se puede acceder y configurar la FPGA usando el software de desarrollo gráfico LabVIEW de NI. Normalmente, la programación de una FPGA requiere un conocimiento detallado de la configuración específica del hardware, así como la utilización de un lenguaje de descripción de bajo nivel como VHDL, que tiene una pronunciada curva de aprendizaje.

Pero la tecnología NI RIO reduce la complejidad del hardware embebido y de los lenguajes de bajo nivel para proporcionar un acceso sencillo, pero potente, a las FPGAs. Por ejemplo, se puede utilizar RIO en LabVIEW para configurar fácilmente la funcionalidad de hardware como E/S, PID, filtrado, procesamiento de señales o transferencia de datos mediante DMA (Direct Memory Access), con sólo unos pocos bloques de funciones. Una funcionalidad similar requeriría la implementación de muchas páginas de código VHDL. El resultado es un sistema embebido personalizable y disponible en el comercio que reduce el tiempo de desarrollo del sistema a los ingenieros de diseño de sistemas embebidos y proporciona un incremento del rendimiento y de la flexibilidad del sistema total

2.9.4.1. Diseño de Sistemas Embebidos CompactRIO

La arquitectura Compact RÍO se compone de tres partes principales: el controlador de tiempo real embebido, el chasis embebido reconfigurable que contiene la FPGA y los módulos de E/S intercambiables en caliente. La integración del controlador embebido, el chasis que contiene la FPGA y los módulos conectables de del hardware de bajo nivel que son requeridos en los sistemas embebidos. Gracias a la conexión directa entre los módulos de E/S y la FPGA se puede integrar perfectamente la sincronización y el disparo entre

los módulos de E/S a través de la FPGA y obtener un alto nivel de flexibilidad del sistema.

El controlador embebido de tiempo real Compact RÍO incorpora un procesador industrial de Freescale MPC5200 de 400 MHz que ejecuta las aplicaciones de LabVIEW Real-Time de forma determinada y fiable. Se puede elegir entre miles de las funciones incorporadas de LabVIEW para construir un sistema embebido multi-hilo para control, análisis, registro de datos y comunicación en tiempo real. El módulo LabVIEW Real-Time amplía el entorno de desarrollo para proporcionar unas prestaciones deterministas y en tiempo real. Solo hay que desarrollar el código de la aplicación de tiempo real en un ordenador mediante la programación gráfica y luego descargar la aplicación para que se ejecute en el controlador de tiempo real de Compact RÍO que contiene un sistema operativo en tiempo real comercial.

Para ahorrar tiempo, también se puede integrar el código existente de C/C++ dentro de la aplicación de LabVIEW Real-Time. El controlador de tiempo real de Compact RÍO dispone de un puerto Ethernet de 10/100 Mb/s para los programas de comunicación a través de la red (incluyendo el correo electrónico), un servidor web (HTTP), servidores de archivos (FTP) y entradas de alimentación dobles entre 9 y 35VCC.

El chasis reconfigurable es el corazón de los sistemas embebidos de Compact RÍO, contiene el núcleo RIO FPGA. El chip RIO FPGA se conecta a los módulos de E/S mediante una topología en estrella, proporcionando un acceso directo a cada módulo para un control preciso y una flexibilidad sin límites de la temporización, disparo y sincronización. La conexión a través un bus local PCI proporciona una interfaz de alto rendimiento entre la RIO FPGA y el procesador en tiempo real.

El chasis reconfigurable ofrece las mismas características de construcción metálica robusta que caracteriza a toda la plataforma CompactRIO.

Cada módulo de E/S de la serie C de NI contiene una función de acondicionamiento de señales incorporado y un borne de conexión de presión por tornillo, un borne de conexión de presión por resorte, BNC o conectores D-Sub. Al integrar el conector en la caja de conexiones de los módulos, el sistema Compact RÍO reduce significativamente las necesidades de espacio y el coste del cableado en campo.

Hay disponibles varios tipos de E/S entre las que se incluyen: entradas para termopares; entradas para acelerómetros; entradas para células de carga y de deformación; entradas analógicas de hasta $\pm 60V \pm 20mA$; salidas analógicas hasta $\pm 10V \pm 20mA$; E/S digitales industriales de 12/24/48V con un suministro de corriente de hasta 1A y E/S digitales de 5V/TTL para encoders, contadores/temporizadores y generadores de pulsos.

El sistema CompactRIO ofrece un diseño robusto y un factor de forma que proporcionan una carcasa segura para los componentes internos del sistema, eliminando la necesidad de invertir recursos en el desarrollo de una carcasa mecánica personalizada. El diseño del producto está pensado para funcionar dentro de un rango de temperatura nominal de -40 a 70°C (-40 a 158°F), resistir choques de 50g y funcionar en lugares peligrosos o ambientes potencialmente explosivos (Clase I, División 2).

La mayoría de módulos de E/S disponen de un aislamiento que resiste tensiones de corta duración hasta 2.300Vrms y aislamiento para 250Vrms continuos. Cada componente viene con diversas certificaciones y calificaciones internacionales de seguridad, compatibilidad electromagnética (EMC) y de medio ambiente.

El Compact Rio también está diseñado para aplicaciones extremas en ambientes adversos, tales como plantas de energía y otros entornos industriales desafiantes y para sitios pequeños, como el control de vehículos submarinos no tripulados, donde el espacio es una limitación. Tamaño, peso, densidad de canales de E/S y consumo de potencia son requisitos críticos de diseño en muchas de estas aplicaciones embebidas.

Aprovechando la naturaleza determinista y reconfigurable de los dispositivos FPGA, Compact RÍO es capaz de proporcionar capacidades de control y adquisiciones fiables y reconfigurables en un formato compacto y resistente. Un sistema embebido reconfigurable de 4 slots mide 179,6 x 88,1 x 88,1mm (7,07 x 3,47 x 3,47 pulgadas) y pesa sólo 1,58 kg (3,47 libras). Un sistema de ocho slots en el que se han instalado módulos de E/S de 32 canales proporciona un peso por canal de 9,7gr/ch (0,34 oz/ch) y una densidad volumétrica por canal de 8,2 cm³/ch (0,50 in³/ch). El consumo típico de potencia de todo el sistema embebido Compact RÍO es del orden de 7 a 10W.



Fig. 1.4. Módulos E/S de la Serie C

Fuente: (Lajara & Pelegrí, 2011)

Área de aplicación.

Debido a su bajo costo, fiabilidad e idoneidad para las aplicaciones de medida y control embebidas de gran volumen, se puede adaptar Compact RÍO para

satisfacer las necesidades de una amplia variedad de industrias y aplicaciones. Algunos ejemplos son los siguientes:

- ✓ Adquisición de datos, registro de datos y control en el interior de vehículos.
- ✓ Vigilancia y protección del estado de máquinas.
- ✓ Creación de prototipos de sistemas embebidos.
- ✓ Vigilancia remota y distribuida.
- ✓ Registro de datos embebido.
- ✓ Control de movimiento multi-eje personalizado.
- ✓ Monitorización de la potencia eléctrica y control de la electrónica de potencia.
- ✓ Control de la maquinaria pesada y servo-hidráulica.
- ✓ Control discreto y por lotes
- ✓ Análisis móvil/portátil de NVH (*Noise, Vibration, Harshness*).

Compact RÍO se está utilizando para mejorar el rendimiento y la calidad de los trenes de laminación de acero; para monitorizar aerogeneradores y generadores de potencia; para crear prototipos de sistemas de control embebidos y para registrar datos de una gran variedad de vehículos, incluyendo aviones, trenes y automóviles.

Las aplicaciones Compact RÍO continúan evolucionando en áreas tales como el control de maquinaria pesada, el control de semiconductores, el control rápido de prototipos, la monitorización del estado de máquinas y el análisis móvil y portátil de señales dinámicas. Un ejemplo de ello es la excavadora NexansSpider en el Mar del Norte. Para el control de la excavadora hay tres sistemas Compact RÍO que están expuestos al rudo entorno marino, incluyendo rangos de temperatura extremos, aire marino y alta humedad durante largos períodos de tiempo a bordo de los buques de Nexans cuando se ejecuta la

compensación del arrastre, el cabrestante, el control de potencia, y la comunicación con la aplicación principal.

2.9.4.2. CompactRIO 9074

Compact RÍO de Sistemas Integrados de Controlador en Tiempo Real y Reconfigurable (Chassis) NI cRIO-9074

Controlador integrado en tiempo real de 400 mhz y fpga de 2m de compuertas

El sistema integrado cRIO-9074 de National Instruments combina un procesador en tiempo real y arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs) reconfigurables en el mismo chasis para aplicaciones embebidas de monitoreo y control de máquinas. El cRIO-9074 integra un procesador industrial en tiempo real de 400 MHz con un FPGA de 2M de compuertas y tiene ocho ranuras para módulos de E/S de la Serie C.

Para aplicaciones robustas, ofrece un rango de temperatura de operación de -20 a 55 °C junto con un rango de entrada de suministro de potencia de 19 a 30 VDC. El cRIO-9074 tiene 128 MB de DRAM para operación embebida y 256 MB de memoria no volátil para registro de datos. El cRIO-9074 tiene dos puertos 10/100 Mb/s Ethernet que usted puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y en servidores de archivos (FTP), así como para añadir expansión y E/S distribuida al sistema. Por ejemplo, usted puede usar un puerto Ethernet para comunicación en red a un servidor o sistema empresarial y el otro puerto para expansión de E/S (conecte fácilmente otro sistema Compact RÍO u otro dispositivo basado en Ethernet para E/S adicional).

2.9.4.2.1. Aplicaciones y Tecnologías

Estos NI Compact RÍO controladores en tiempo real, al conectarse a cualquier de cuatro u ocho ranuras del chasis Compact RÍO reconfigurable. Definido por

el usuario circuito FPGA en el chasis de cada uno de los controles que los datos de E/S del módulo y pasa al controlador a través de un bus PCI local utilizando las funciones integradas de comunicación.

Estos sistemas también aceptan hasta ocho Serie E/ S de los módulos. Una variedad de módulos E / S están disponibles incluyendo voltaje, corriente, termopares, RTD, acelerómetro, y los insumos calibrador de tensión, de hasta ± 60 V analógicas de muestreo simultáneo de E / S, 12, 24 y 48 V digital e industrial de E / S; 5 V / TTL / S digitales, contadores / temporizadores, generación de pulso y de alta tensión / relés actual.

El puerto Ethernet de 10/100 Mbits/s permite la comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y de archivos (FTP). El cRIO-9074 cuenta con dos puertos Ethernet, que permite el uso de un puerto para la comunicación de red a un PC host o sistema de la empresa y el otro puerto de expansión E / S (fácilmente conectar otro sistema Compact RÍO u otro dispositivo basado en Ethernet para otros E/S adicional.

Software Embebido

Puede sincronizar la ejecución de código incrustado en una FPGA generados por la solicitud de interrupción (IRQ) o de una milésima de segundo interno real fuente de reloj de tiempo. El LabVIEW Real-Time ETS OS proporciona la fiabilidad y simplifica el desarrollo completo de aplicaciones integradas que incluye el tiempo-críticos de control y bucles de adquisición, además de los bucles de menor prioridad de post-procesamiento, registro de datos y Ethernet/comunicación en serie. Incorpora funciones elementales de E/S tales como la FPGA Leer/Escribir función de proporcionar una interfaz de comunicación en los circuitos altamente optimizado FPGA reconfigurable.

Arquitectura del Software CompactRIO

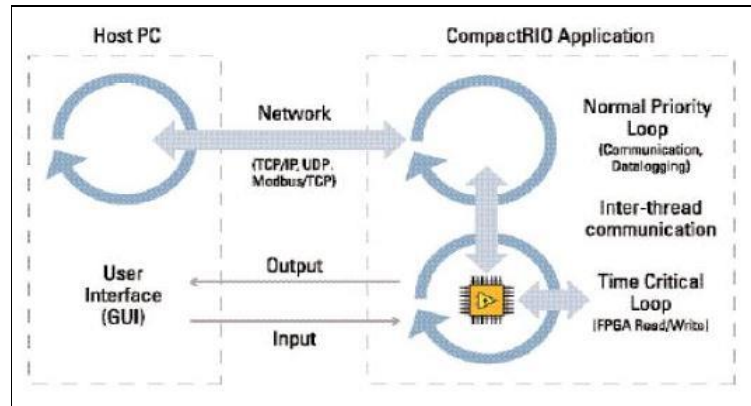


Fig. 1.5. Arquitectura del Software CompactRIO

Fuente: (Jimenez & Molina, 2010)

Integrados Servidores

Además de la comunicación programática a través de TCP/IP, UDP, Modbus/TCP, IrDA, y protocolos de serie, los controladores Compact RÍO son incorporados en los servidores de Virtual Instrument Software Architecture (VISA), HTTP y FTP. El servidor de VISA proporciona descarga remota y acceso a la comunicación a la E/S reconfigurable (RIO) FPGA a través de Ethernet. El servidor HTTP proporciona un interfaz de usuario del navegador web a las páginas HTML, archivos, y la interfaz de usuario de aplicaciones embebidas de LabVIEW a través de un enchufe del navegador Web. El servidor FTP permite acceder a datos registrados o archivos de configuración.

Choque y Vibración

Para cumplir con estas especificaciones, debe montar el sistema de panel Compact RÍO y colocar terminales a los extremos de los cables de alimentación de terminal.

Choque operativo	30 g, 11 ms medio seno de 50 g, 3 ms medio seno, 18 choques en 6 orientaciones
Vibración, aleatoria.	5 g Rms, de 10 a 500 Hz
Vibración, sinusoidal.	5 g, 10 a 500 Hz

Tabla. 1.1. Vibración CompactRIO 9074

Fuente: (Lajara & Pelegrí, 2011)

Cableado

La siguiente tabla muestra las conexiones de cable estándar Ethernet de cable para cables normales y de cruce.

Cable Ethernet Conexiones de cableado			
1	Blanco/naranja	Blanco/naranja	Blanco/verde
2	Naranja	Naranja	Verde
3	Blanco/verde	Blanco/verde	Blanco/naranja
4	Azul	Azul	Azul
5	Blanco/azul	Blanco/azul	Blanco/azul
6	Verde	Verde	Naranja
7	Blanco/Marrón	Blanco/Marrón	Blanco/Marrón
8	Marrón	Marrón	Marrón

Tabla. 1.2. Cable Ethernet Conexiones de Cables

Fuente: (Lajara & Pelegrí, 2011)

Conexión en Panel Frontal CompactRIO 9074

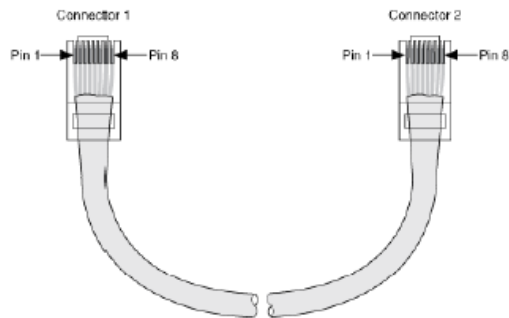


Fig. 1.6. Conexión en Panel Frontal CompactRIO 9074

Fuente: (Lajara & Pelegrí, 2011)

Medio Ambiente

El cRIO-9072/3/4 está destinado para uso en interiores, pero puede usarse al aire libre si está montado en un recinto debidamente valorado.

Temperatura de almacenamiento	- 40 a 85 ° C
Protección de entrada	IP 40
Humedad de funcionamiento	De 10 a 90%, sin condensación
Humedad de almacenamiento	5 a 95% RH, sin condensación
Altitud máxima	2.000 m
El grado de contaminación	2

Tabla. 1.3. Condiciones Ambientales

Fuente: (Jimenez & Molina, 2010)

2.9.4.3. Modulo NI 9219 (Entrada Analógica Universal de 24 Bits)

(National Instrument, 2014) Indica que, el NI 9219 es de cuatro canales universales de la Serie C del módulo diseñado para realizar pruebas de usos múltiples en cualquier chasis NI CompactDAQ o Compact RÍO. Con él NI 9219 usted puede medir varias señales desde sensores como galgas extensiométricas, RTDs, termopares, celdas de carga y otros sensores. Los canales son seleccionados individualmente, así usted puede realizar un tipo de medida diferente en cada uno de los cuatro canales. Los rangos de medida difieren para cada tipo de medida e incluyen hasta ± 60 V para voltaje y ± 25 mA para corriente. Por favor vea el manual para rangos y especificaciones detalladas.

Debido al diseño del controlador, el NI 9219 no limita la velocidad total de un sistema NI CompactDAQ cuando se usa con módulos de muestreo más rápidos.

Con aislamiento entre canales de 250 Vrms, el NI 9219 protege no solo los módulos alrededor, chasis y sistemas de cómputo conectados sino también los otros canales en el mismo módulo. Además para aumentar la seguridad, el aislamiento entre canales elimina los problemas asociados con lazos a tierra.

(Jimenez & Molina, 2010) Señalan que usa conectores de terminal de resorte de 6 posiciones en cada canal para conectividad directa de la señal. Usted puede comprar conectores adicionales para reducir el tiempo de conexión de señal para múltiples unidades de pruebas.

Además de los conectores extra, un juego de liberación de tensión está disponible para asegurar los cables de señal.

Armazones de liberación de tensión para la seguridad de los cables de señal y protección contra alto voltaje (cant. 4): NI 9972 Conectores extras para módulos de conector de 6 posiciones (cant.4): NI-9973.



Fig. 1.7. Modulo NI 9219 (Entrada Analógica Universal 24Bits)

Fuente: (National Instrument, 2014)

2.9.4.3.1. Características del Módulo

- Aislamientos entre Canales de 250V RMS
- Soporte Integrado para cuarto de puente, medio puente y puente completo
- Excitación de voltaje y corriente integrados
- Medidas de termopares, RTD, resistencias, voltaje y corriente.
- CJC por canal para medidas precisas de temperatura
- Entradas simultaneas a 100 S/s/canal (50 S/s/canal para Termopares)

Compatibilidad y Requerimientos

Sistemas operativos	<ul style="list-style-type: none">❖ Windows❖ Real-Time OS
Información para los conductores.	<ul style="list-style-type: none">❖ NI-RIO❖ NI-DAQmx
Compatibilidad de Software	<ul style="list-style-type: none">❖ LabVIEW❖ LabVIEWSignalExpress❖ LabWindows/CVI❖ Measurement Studio❖ Visual Studio .NET❖ Visual C++❖ Visual Studio

Tabla. 1.4. Compatibilidad y Requerimientos Modulo NI 9219

Fuente: (Jimenez & Molina, 2010)

Aplicación y Tecnología

(National Instrument, 2014) Indica que, debido al diseño del controlador, él NI 9219 no limita la velocidad total de un sistema NI CompactDAQ cuando se usa con un muestreo más rápido de módulos. Con 250 Vrms de canal a canal de aislamiento, él NI 9219 protege no sólo a los módulos circundantes, chasis y sistemas informáticos conectados, sino también los otros canales en el mismo módulo. Además de aumentar la seguridad, de canal a canal de aislamiento elimina los problemas asociados con lazos a tierra.

Accesorios para Conectividad

El NI 9219 utiliza seis conectores de la primavera posición terminal en cada canal para conectividad directa de la señal. Usted puede comprar conectores adicionales para reducir el tiempo de conexión de señal para múltiples unidades de prueba. Además de los conectores extra, un juego de liberación de tensión está disponible para asegurar los cables de señal.

Características Avanzadas

Cuando se utiliza con CompactRÍO NI C módulos de la Serie analógicos se conectan directamente a la E / S reconfigurable (RIO) FPGA para crear el hardware de alto rendimiento de sistemas embebidos. El hardware FPGA reconfigurable en CompactRÍO ofrece una variedad de opciones para la sincronización personalizados, disparo, sincronización, filtrado, procesamiento de señales, y la decisión de alta velocidad de toma de todos los módulos de la Serie C analógico. Por ejemplo, con CompactRÍO, puede implementar la costumbre de activación para cualquier tipo de sensor analógico en una base por canal mediante la flexibilidad y el rendimiento de la FPGA y la aritmética y de numerosos bloques de función de comparación incorporado en el Módulo LabVIEW FPGA.

Características Principales

- De alta precisión, las mediciones analógicas de alto rendimiento para cualquier sistema embebido CompactRÍO, R chasis de expansión de la serie, o el chasis de NI CompactDAQ.
- Terminales de tornillo, BNC, D-Sub, terminales de primavera, el alivio de la tensión, alta tensión, el cable, la cubierta superior de taza de soldadura, y las opciones de conectividad.

- De canales disponibles-tierra tierra de doble barrera de aislamiento de seguridad, inmunidad al ruido y alto rango de voltaje en común el modo de Compact RÍO Extreme certificaciones industriales y clasificaciones.
- Los dispositivos de acondicionamiento de señal para la conexión directa a sensores e industriales.

Reparación

Aunque puede que nunca necesidad de su hardware reparado, NI entiende que los acontecimientos inesperados pueden dar lugar a las reparaciones necesarias. NI ofrece servicios de reparación realizados por técnicos altamente capacitados que volver rápidamente a su dispositivo con la garantía de que cumplirá con las especificaciones de fábrica.

Choque y Vibración

Para cumplir con estas especificaciones.

Vibración	
Al azar	5 g RMS, de 10 a 500 Hz,
Sinusoidal	5 g, 10 a 500 Hz
Toque operativo	30 g, 11 ms medio seno, 50 g, 3 ms medio seno, 18 choques en 6 orientaciones

Tabla. 1.5. Nivel de Vibración Modulo NI 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

Características de Entradas NI9219

Características de entrada	
Número de canales	4 canales de entrada analógica
Resolución ADC	24 bits
Tipo de ADC	Delta – sigma (con el análogo de filtrado previo)
Modo de muestreo	Simultaneo
Tipo de apoyo TEDS	TEDS IEEE 1451.4 CLASE II (Interface)

Tabla 1.6. Características de Entradas NI 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

Rangos de entrada de modo		
Modo	Nominal Rango (s)	El alcance real (s)
Tensión	$\pm 60\text{ V}, \pm 15\text{ V}, \pm 4\text{ V}, \pm 1\text{ V}, \pm 125\text{ mV}$	$\pm 60\text{ V}, \pm 15\text{ V}, \pm 4\text{ V}, \pm 1\text{ V}, \pm 125\text{ mV}$
Actual	$\pm 25\text{ mA}$	$\pm 25\text{ mA}$
4-Wire y 2-alambre de la resistencia	10 k Ω , 1 k Ω	10,5 k Ω , 1,05 k Ω
Termopar	$\pm 125\text{ mV}$	$\pm 125\text{ mV}$
4-Wire y 3-Wire RTD	Pt 1000, Pt 100	5,05 k Ω , 505 Ω
Cuarto de Puente	350 Ω , 120 Ω	390 Ω , 150 Ω
Half-Bridge	$\pm 500\text{ mV/V}$	$\pm 500\text{ mV/V}$
Full-Bridge	$\pm 62,5\text{ mV/V}, \pm 7,8\text{ mV/V}$	$\pm 62,5\text{ mV/V}, \pm 7,8125\text{ mV/V}$
Digital In	--	0-60 V
Abierto de Contacto	--	1,05 k Ω

Tabla. 1.7. Rango de Entradas de Nodos NI 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

El tiempo de conversión, no hay canales en el modo TC	
De alta velocidad	10 ms para todos los canales
Mejor a 60 Hz	110 ms para todos los canales
Mejor a 50 Hz	130 ms para todos los canales
Alta resolución	500 ms para todos los canales
El tiempo de conversión, uno o más canales en el modo TC	
De alta velocidad	20 ms para todos los canales
Mejor a 60 Hz	120 ms para todos los canales
Mejor a 50 Hz	140 ms para todos los canales
Alta resolución	510 ms para todos los canales
Protección contra sobretensiones	
Terminales 1 y 2	$\pm 30\text{ V}$
Terminales de 3 a 6, a través de cualquier combinación	$\pm 60\text{ V}$
Impedancia de entrada	
Tensiones y digitales en los modos ($\pm 60\text{V}, \pm 15\text{V}, \pm 4\text{V}$)	1 M Ω
Modo actual	<40 Ω
Todos los demás modos	>1G Ω

Tabla. 1.8. Tiempo de Conversión NI 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

Precisión		
Modo, Distancia	Ganancia de error (Porcentaje de la lectura)	Compensación de error (ppm de rango)
	Tipo (25 ° C, ± 5 ° C), Max (-40 a 70 ° C)	
Voltage, ± 60 V,	± 0,3, ± 0,4	± 20, ± 50
Voltage, ± 15 V	± 0,3, ± 0,4	± 60, ± 180
Voltage, ± 4 V	± 0,3, ± 0,4	± 240, ± 720
Voltage, ± 1 V	± 0,1, ± 0,18	± 15, ± 45
Tensión / Termopar, ± 125 mV	± 0,1, ± 0,18	± 120, ± 360
Actual, ± 25 mA	± 0,1, ± 0,6	± 30, ± 100
4-Wire y 2-Wire ¹ de Resistencia, 10 kΩ	± 0,1, ± 0,5	± 120, ± 320
4-Wire y 2-Wire ¹ resistencia de 1 kΩ	± 0,1, ± 0,5	± 1200, ± 3200
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 1000	± 0,1, ± 0,5	± 240, ± 640
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 100	± 0,1, ± 0,5	± 2400, ± 6400
Cuarto de Puente, 350 Ω	± 0,1, ± 0,5	± 2400, ± 6400
Cuarto de Puente, 120 Ω	± 0,1, ± 0,5	± 2400, ± 6400
Half-Bridge, ± 500 mV / V	± 0,03, ± 0,07	± 300, ± 450
Full-Bridge, ± 62,5 mV / V	± 0,03, ± 0,08	± 300, ± 1000
Full-Bridge, ± 7,8 mV / V	± 0,03, ± 0,08	± 2200, ± 8000

Tabla 1.9. Precisión Modulo NI 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

Estabilidad		
Modo, Distancia	Ganancia Drift (ppm de la lectura / ° C)	Offset Drift (ppm de EM / ° C)
Voltage, ± 60 V,	± 20	± 0,2
Voltage, ± 15 V	± 20	± 0,8
Voltage, ± 4 V	± 20	± 3,2
Voltage, ± 1 V	± 10	± 0,2
Tensión / Termopar, ± 125 mV	± 10	± 1,6
Actual, ± 25 mA	± 15	± 0,4
4-Wire y 2-alambre de la resistencia, 10 kΩ	± 15	± 3
4-Wire y 2-alambre de la resistencia de 1 kΩ	± 15	± 30
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 1000	± 15	± 6
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 100	± 15	± 60
Cuarto de Puente, 350 Ω	± 15	± 120
Cuarto de Puente, 120 Ω	± 15	± 240
Half-Bridge, ± 500 mV / V	± 3	± 20
Full-Bridge, ± 62,5 mV / V	± 3	± 20
Full-Bridge, ± 7,8 mV / V	± 3	± 20

Tabla. 1.10. Estabilidad Modulo 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

Nivel de excitación para Half-puente y puente completo de los modos de		
Modo	Carga y Resistencia (Ω)	De excitación (V)
Half-Bridge	700	2,5
	240	2,0
Full-Bridge	350	2,7
	120	2,2

Tabla 1.11. Nivel de Excitación Medio Puente y Puente Completo

Fuente: (National Instrument, 2014)

Modo, Distancia	Tiempo de conversión			
	De alta velocidad	Mejor a 60Hz	50 mejores rechazo Hz	Alta resolución
Voltage, ± 60 V,	7,6	1,3	1,3	0,5
Voltage, ± 15 V	10,8	1,9	1,9	0,7
Voltage, ± 4 V	10,8	2,7	2,7	1,3
Voltage, ± 1 V	7,6	1,3	1,3	0,5
Tensión / Termopar, ± 125 mV	10,8	1,9	1,9	1,0
Actual, ± 25 mA	10,8	1,9	1,9	1,0
4-Wire y 2-alambre de la resistencia, 10 k Ω	4,1	1,3	0,8	0,3
4-Wire y 2-alambre de la resistencia de 1 k Ω	7,1	1,8	1,2	0,7
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 1000	7,6	1,7	1,1	0,4
4-Wire y 3-Wire RTD, Pt 100	10,8	1,9	1,9	0,9
Cuarto de Puente, 350 Ω	5,4	1,0	1,0	0,7
Cuarto de Puente, 120 Ω	5,4	1,0	1,0	0,7
Half-Bridge, ± 500 mV / V	3,8	0,5	0,5	0,2
Full-Bridge, $\pm 62,5$ mV / V	5,4	1,0	1,0	0,8
Full-Bridge, $\pm 7,8$ mV / V	30	4,7	4,7	2,3

Tabla. 1.12. Tiempo de Conversión Modulo 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

Nivel de excitación para la resistencia, de IDT, y Cuarto de Puente modos de	
Carga y Resistencia (Ω)	Excitación (mV)
120	50
350	150
1 k	430
10 k	2200

Tabla. 1.13. Nivel de Excitación para Cuarto de Puente

Fuente: (National Instrument, 2014)

El consumo de energía de chasis	
Modo activo	750 mW máx.
Modo de suspensión	25 uW máx.
Disipación térmica a 70°C	
Modo activo	625 mW máx.
Modo de suspensión	25 uW máx.

Tabla. 1.14. Requisitos de Alimentación

Fuente: (National Instrument, 2014)

Medio ambiente	
Temperatura de funcionamiento	-40 A 70 ° C
Temperatura de almacenamiento	-40 A 85 ° C
Protección de entrada	IP 40
Humedad de funcionamiento	De 10 a 90%, sin condensación
Humedad de almacenamiento	5 a 95% RH, sin condensación
Altitud máxima	2.000 m
El grado de contaminación.	2

Tabla. 1.15. Medio Ambiente

Fuente: (National Instrument, 2014)

Conexión en Panel Frontal

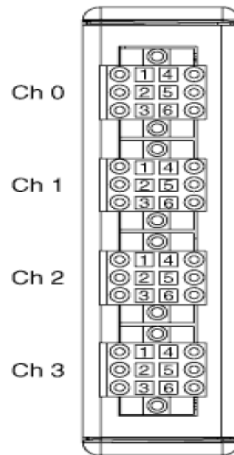


Fig. 1.8. Conexión Panel Frontal Modulo NI 9219

Fuente: (National Instrument, 2014)

2.10. Adquisición de Datos y Análisis

El propósito de adquisición de datos es medir un fenómeno eléctrico y físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. La adquisición de datos basada en PC utiliza una combinación de hardware modular, software de aplicación y una PC para realizar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos se define por sus requerimientos de aplicación, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información. Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales, dispositivos de adquisición de datos y software de aplicación.

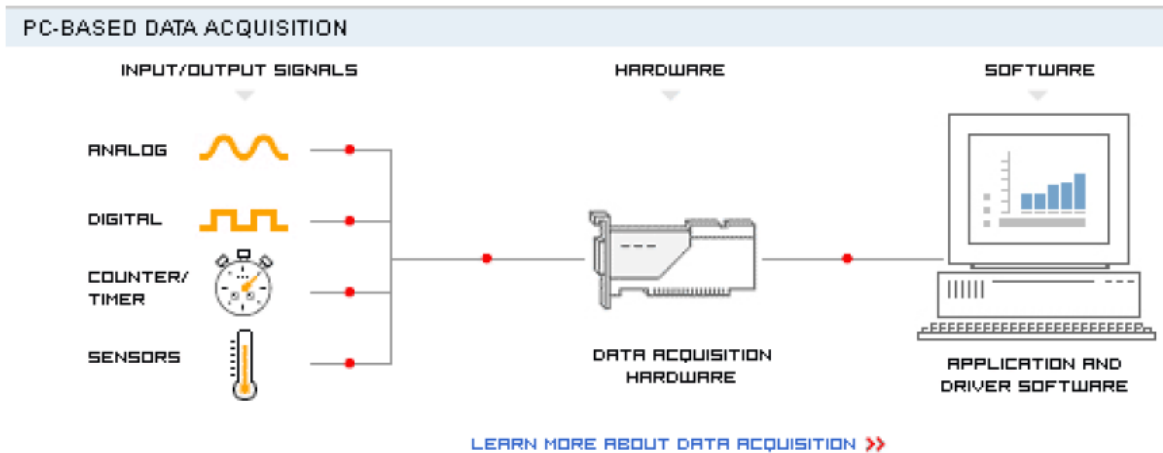


Fig. 1.9. Adquisición de Datos

Fuente: (National Instrument, 2014)

Los científicos y los ingenieros pueden elegir entre PCI, PXI, PCI Express, PXI Express, PCMCIA, USB, inalámbrico y Ethernet de adquisición de datos para pruebas, medidas y aplicaciones de automatización. Hay cinco componentes a considerar cuando se construye un sistema DAQ de base:

- Transductores y sensores.
- Las señales.
- Acondicionamiento de señales
- Hardware DAQ
- El conductor y la aplicación de software

2.10.1. Sensores

Un transductor es un dispositivo que convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica medible, como el voltaje o corriente. La capacidad de un sistema DAQ para medir los diferentes fenómenos depende de los transductores para convertir los fenómenos físicos en señales medibles por el hardware de adquisición de datos. Transductores son sinónimo de sensores en los sistemas de adquisición de datos. Hay transductores específicos para diferentes aplicaciones, como la medición de la temperatura, presión, o flujo de fluidos. La

siguiente figura muestra una breve lista de algunos fenómenos comunes y los transductores utilizados para medirlas.

Fenómeno	Transductor
Temperatura	Termopares, RTD, Termistores
Luz	Foto sensor
Sonido	Micrófono
Fuerza y presión	Galga Piezotransformadores
Posición y desplazamiento	Potenciómetro, LVDT, Codificador óptico
Aceleración	Acelerómetro
pH	Electrodo de pH

Tabla. 1.16. Fenómenos y Transductores Existentes

Fuente: (National Instrument, 2014)

2.10.2. Señales

Los transductores apropiados convierten un fenómeno físico en señales eléctricas medibles. Sin embargo, las señales de diferentes deben medirse de diferentes maneras... Por esta razón, es importante entender los diferentes tipos de señales y sus correspondientes atributos. Las señales pueden ser categorizadas en dos grupos:

- Análogas
- Digitales

2.10.3. Acondicionamiento de Señales

A veces, los transductores generan señales demasiado difíciles o demasiado peligrosas para medir directamente con un dispositivo DAQ. Por ejemplo, cuando se trata de altos voltajes, entornos ruidosos, extrema señales de alto y bajo, o la medición simultánea de la señal, acondicionamiento de señales es esencial para un sistema DAQ eficaz. Acondicionamiento de señales maximiza la precisión de un sistema, permite a los sensores para funcionar correctamente, y las garantías de seguridad.

Etapas del Acondicionamiento de Señales

Con más detalle, en una etapa de acondicionamiento podemos encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

- Amplificación
- Excitación
- Filtrado
- Multiplexado
- Aislamiento
- Linealización

Amplificación Es el tipo más común de acondicionamiento. Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada deber ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor pueda leer.

Aislamiento - Otra aplicación habitual en el acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común.

Cuando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.

Multiplexado - El multiplexado es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un sólo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada. Puesto que el mismo convertidor está midiendo diferentes canales, su frecuencia máxima de conversión será la original dividida por el número de canales muestreados. Se aconseja que los multiplexores se

utilicen antes del conversor y después del condicionamiento de la señal, ya que de esta manera no molestará a los aislantes que podamos tener.

Filtrado - El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando. Por ejemplo, en las señales cuasi-continuas, (como la temperatura) se usa un filtro de ruido de unos 4 Hz, que eliminará interferencias, incluidos los 50/60 Hz de la red eléctrica.

Las señales alternas, tales como la vibración, necesitan un tipo distinto de filtro, conocido como filtro antialiasing, que es un filtro de paso bajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir, ya que si no se eliminasen aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

Excitación - La etapa de acondicionamiento de señal a veces genera excitación para algunos transductores, como por ejemplos las galgas "extensiométricas", "termistores" o "RTD", que necesitan de la misma, bien por su constitución interna, (como el termistor, que es una resistencia variable con la temperatura) o bien por la configuración en que se conectan (como el caso de las galgas, que se suelen montar en un puente de Wheatstone).

Linealización - Muchos transductores, como los termopares, presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos. Aunque la linealización puede realizarse mediante métodos numéricos en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa.

2.10.4. DAQ Hardware

(National Instrument, 2014) Indica que, los eventos de hardware DAQ como la interfaz entre el ordenador y el mundo exterior. Que funciona principalmente como un dispositivo que digitaliza las señales analógicas de entrada para que el ordenador pueda interpretarlos. Otros datos de la funcionalidad de adquisición incluye:

- Entradas y Salidas Análogas

- Entradas y Salidas Digitales
- Contadores / Temporizadores
- Multifunción - una combinación de operaciones analógicas, digitales y de contador en un único dispositivo

2.11. Control y Monitoreo de Datos

2.11.1. Control Automático

(National Instrument, 2014) Indica que, el control automático de procesos es parte del progreso industrial desarrollado durante lo que ahora se conoce como la segunda revolución industrial. El uso intensivo de la ciencia de control automático es producto de una evolución que es consecuencia del uso difundido de las técnicas de medición y control. Su estudio intensivo ha contribuido al reconocimiento universal de sus ventajas.

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana.

(National Instrument, 2014) Indica que, el elemento más importante de cualquier sistema de control automático es lazo de control realimentado básico. El concepto de la realimentación no es nuevo, el primer lazo de realimentación fue usado en 1774 por James Watt para el control de la velocidad de cualquier máquina de vapor. A pesar de conocerse el concepto del funcionamiento, los lazos se desarrollaron lentamente hasta que los primeros sistemas de transmisión neumática comenzaron a volverse comunes en la década del 40, los años pasados han visto un extenso estudio y desarrollo en la teoría y aplicación de los lazos realimentados de control. En la actualidad los lazos de control son un elemento esencial para la manufactura económica y próspera de

virtualmente cualquier producto, desde el acero hasta los productos alimenticios. A pesar de todo, este lazo de control que es tan importante para la industria está basado en algunos principios fácilmente entendibles y fáciles. Este artículo trata éste lazo de control, sus elementos básicos, y los principios básicos de su aplicación.

2.11.2. Medición y control automático.

La mayor parte de las industrias de transformación: químicas, petroleras, petroquímicas y manufactureras, requieren de la medición y el control de sus procesos, tanto para la obtención de productos de calidad, como para el aprovechamiento integral de sus recursos.

Todo sistema de control automático consta de dos componentes básicos:

1. El proceso
2. El controlador automático.

Cada uno tiene características importantes que influyen para que el sistema sea o no fácil de controlar.

El Controlador automático es un aparato que contiene un mecanismo que mide la variable y corrige la desviación con respecto al valor que deseamos tener (punto de ajuste, set point) y que ajustamos previamente al instrumento. El término controlador automático involucra tanto a los medios de medición como a los de control.

Proceso se define como las funciones colectivas realizadas en y por el equipo en el cual la variable es controlada. El término proceso incluye cualquier cosa que afecte la variable controlada sin tomar en cuenta al controlador automático. En la siguiente figura se ilustra, como ejemplo, un proceso en el cual calentamos agua automáticamente.

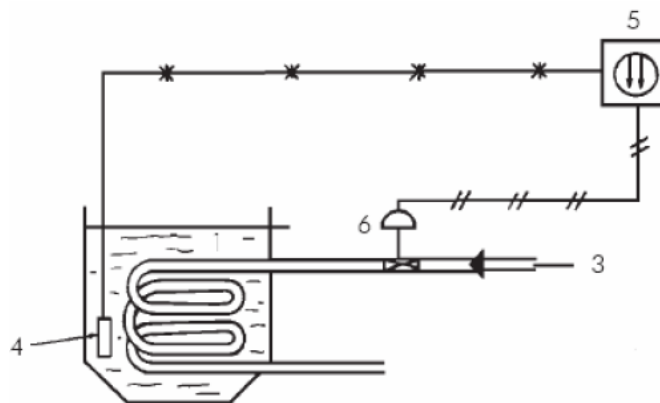


Fig. 1.10. Sistema de Control de Temperatura

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

En este proceso sencillo podemos identificar lo siguiente:

1. **Medio controlado:** agua.
2. Variable controlada: temperatura del agua.
3. **Agente de control:** el vapor por medio del cual se calienta el agua.
4. **Elemento primario de medición:** el termómetro de bulbo que está censando la temperatura del agua.
5. **Registrador controlador:** instrumento donde se fija el punto de ajuste (set point) con el valor de la temperatura a la que queremos mantener el agua. Suele asociarse con una gráfica de registro para tener un historial del comportamiento del proceso.
6. **Elemento final de control:** válvula de control que recibe señal neumática del controlador.

La fijación del punto de ajuste (set point) en el controlador determina el valor que deberá tener la variable controlada.

Dos aspectos muy importantes para evaluar la calidad del medidor son: la exactitud y la velocidad de respuesta o retraso. La velocidad de respuesta está

íntimamente relacionada con la exactitud, por lo que serán tratadas por separado.

Velocidad de respuesta

Una respuesta completa e inmediata a un cambio en una variable es una condición ideal que no se presenta en ningún sistema físico incluyendo el control automático industrial. La respuesta puede iniciarse de inmediato, pero tomará tiempo para completar su efecto. Este factor tiempo es llamado retraso. El retraso o atraso es el momento desde que ocurre un evento hasta que la señal del elemento primario llega al controlador.

Exactitud en la medición

Los factores que influyen directamente en la exactitud de la medición son el error estático y el dinámico.

Error estático y reproducibilidad

El error estático en la medición es la diferencia entre la lectura del instrumento y el valor real de la variable, el error puede ser grande o pequeño, pero lo más importante en un instrumento es su repetitividad y su reproducibilidad ya que nos interesa más que se repita un error en la lectura para un valor de la variable, sin importar la magnitud de la diferencia entre el valor medido y el valor real.

La exactitud es expresada en términos de error estático como un porcentaje del rango del instrumento. Por ejemplo, si un instrumento tiene un rango de 100 a 500°C y tiene una exactitud de $\pm 1\%$, su error estático en cualquier punto de la escala nunca excede los 4°C que es 1% de 400 (500 menos 100).

La repetitividad es el grado de desviación al cual un mismo valor de la variable puede ser medido a diferentes tiempos. En control automático, la repetitividad es más importante que la exactitud, porque es una condición dinámica como lo

es el control automático por sí mismo. De aquí que una inexactitud (como error estático) en un control automático puede ser útil si es reproducible, o sea, si se repite la misma inexactitud a diferentes tiempos.

Error dinámico

Cuando analizamos la velocidad de respuesta, sólo consideramos una etapa del cambio —un cambio instantáneo de la variable a un nuevo valor. Pero una etapa de cambio es una condición teórica que no se encuentra con frecuencia en la práctica. Es mucho más importante el error de un instrumento conforme mide un cambio gradual de una variable, que su respuesta a una etapa de Cambio.

Cambio senoidal

En control automático, a cada cambio de la variable controlada hay una acción correctiva, por lo tanto, un cambio gradual fuera del punto de ajuste indica un cambio senoidal alrededor del punto de ajuste debido a la acción correctiva del controlador.

En la siguiente figura se ilustra el ciclaje de la temperatura hacia arriba y hacia abajo del punto de ajuste. En este caso, la temperatura medida y la temperatura real cambian senoidalmente, y las curvas nunca coinciden debido al retraso.

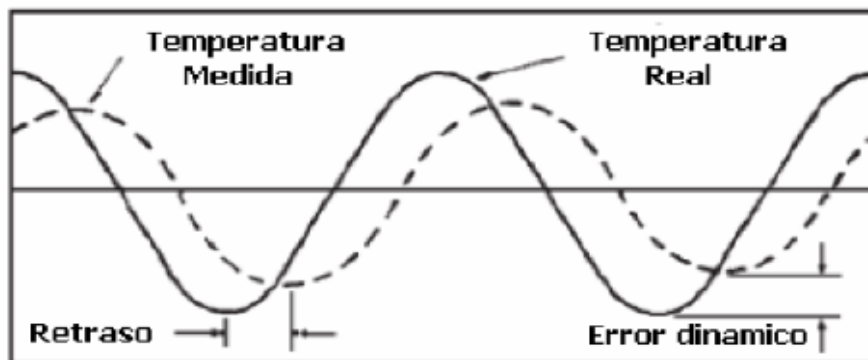


Fig. 1.11. Error Dinámico y Retraso Durante un Cambio Senoidal

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

El retraso del elemento primario causa que el ciclo de medición sea demorado y la amplitud reducida. El ciclaje de la temperatura medida tiene menor amplitud debido a que la temperatura real llega al máximo de su movimiento cíclico e inicia en la otra dirección antes de que el valor coincida con ella. El valor medido cambia su dirección antes de alcanzar el extremo de su ciclo por lo que también oscila pero con menor amplitud.

El error dinámico es extremadamente importante porque impide que el indicador o el registrador muestren las condiciones reales del proceso, es por tanto aconsejable que el retraso en la medición sea lo más pequeño posible.

Al seleccionar el equipo de control automático es necesario tomar en cuenta los siguientes efectos del proceso:

1. **Los cambios de carga**, que son cambios en la variable controlada debido a la alteración de las condiciones en el proceso.
2. **El retraso del proceso**, o sea, la demora que le toma a la variable del proceso alcanzar un nuevo valor cuando el cambio de carga ocurre. Este retraso es causado por una o más de las características del proceso.

CAPÍTULO 3

Instalación del Sistema y Monitoreo de Tensión y Puentes

3.1. Instalación y Calibración del Software en el Equipo

Para la instalación de los software debemos tener en cuenta que la versión del LabVIEW que vamos a tener en la Pc debe contener el módulo de Real Time, con la misma versión de la que vamos a instalar en el CompactRIO.

3.1.1. Interface CompactRIO – PC.

Antes de proceder a configurar el equipo debemos instalar los drives que vienen adjuntos al equipo como es el NI RIO 3.3.1 y luego procedemos a realizar los siguientes pasos:

Configuración de la PC – CompactRIO 9074

La configuración de la PC es mediante conexión de área local o inalámbrica este debe ser con cable de red directo.

- 1) Ir al icono de Network Connections y configurar la IP de la PC

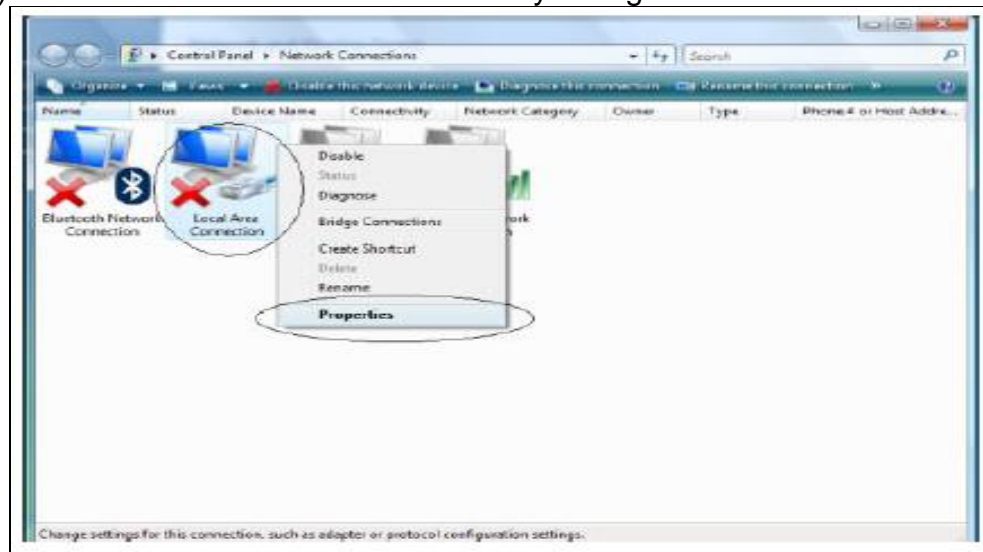


Fig. 1.12. Configuración CompactRIO-PC (paso 1)

Fuente: (National Instrument, 2014)

2) Utilice la siguiente dirección IP

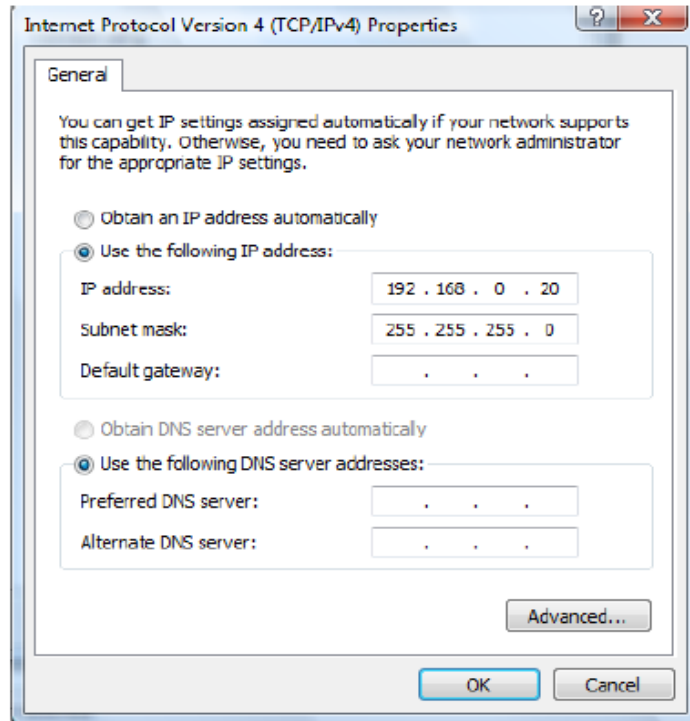


Fig. 1.13. Configuración CompactRIO-PC (paso 2)

Fuente: (National Instrument, 2014)

3.1.2. Instalación y Calibración del Sistema Operativo en el CompactRIO

1. Ingresar al programa Measurement & Automation de la National Instruments.

Despliegue la pestaña de Remote Systems de un clip en el CompactRio e inmediatamente sale la configuración actual del equipo, de clip en Network Settings y configure el nombre del equipo y la dirección IP de este.

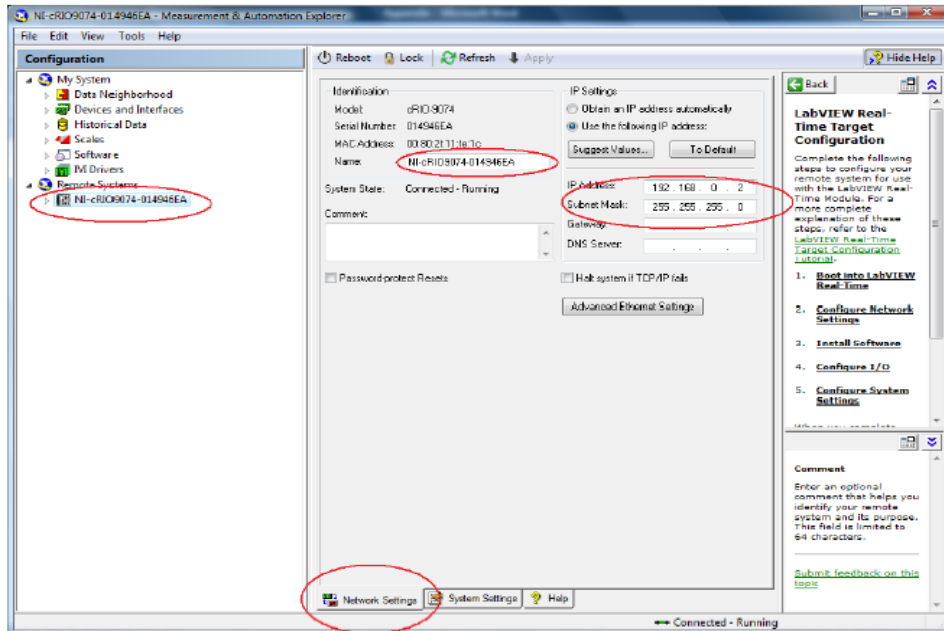


Fig. 1.14. Instalación del Sistema Operativo en el CompactRIO (paso 1)

Fuente: (National Instrument, 2014)

2. Ahora se debe formatear del CompactRIO y agregarle el software.

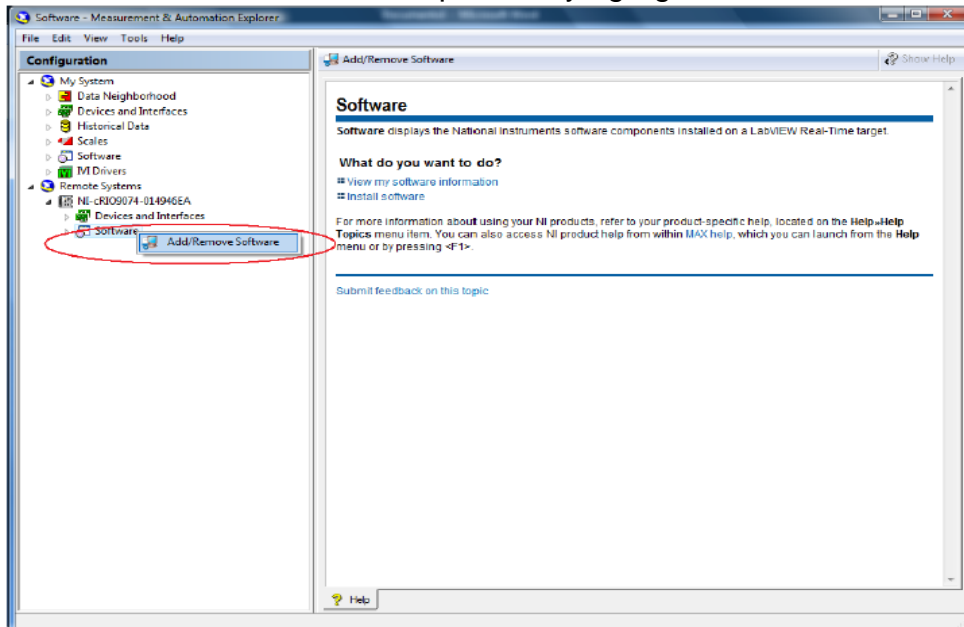


Fig. 1.15. Instalación del Sistema Operativo en el CompactRIO (paso 2)

Fuente: (National Instrument, 2014)

3. Desinstale el software y vuelva a agregar los programas que vaya a utilizar sin olvidar el Real-Time de la misma versión que esté utilizando en su ordenador.

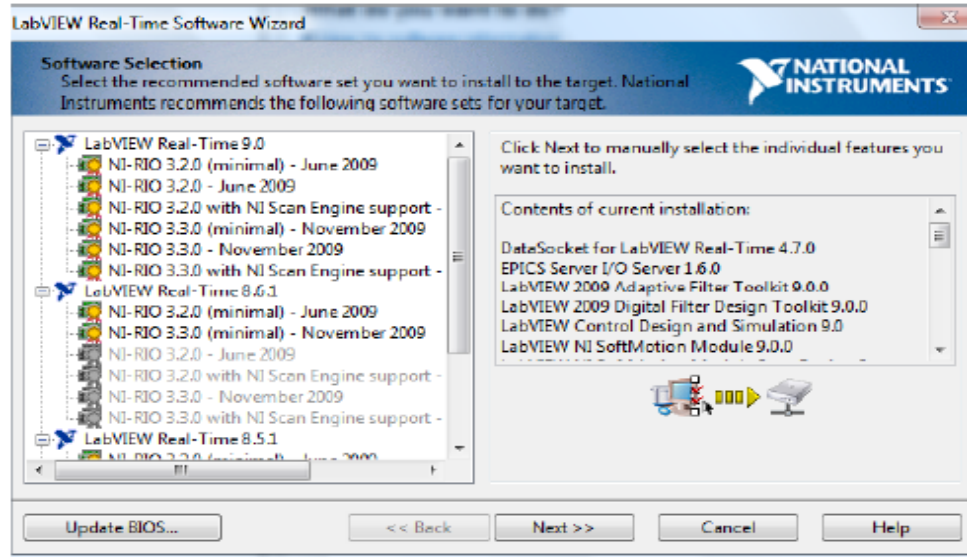


Fig. 1.16. Instalación del Sistema Operativo en el CompactRIO (paso 3)

Fuente: (National Instrument, 2014)

3.2. Elaboración de los Programas SCADA

Para la elaboración de los programas que van a ser cargados en el CompactRIO estos deben estar realizados en modo de proyectos.

3.2.1. Interface CompactRIO – PC

1) Ingrese a LabVIEW 2009

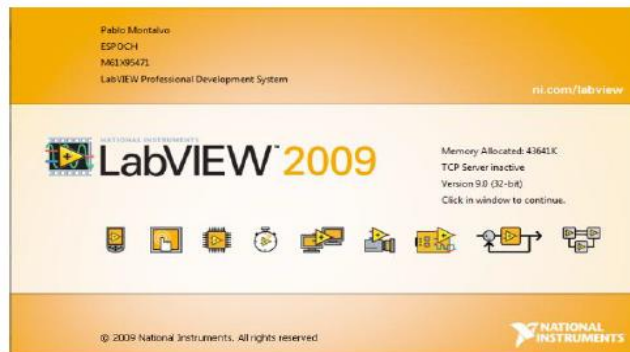


Fig. 1.17. Interface CompactRIO (paso 1)

Fuente: (National Instrument, 2014)

3) Ingresar a empty project

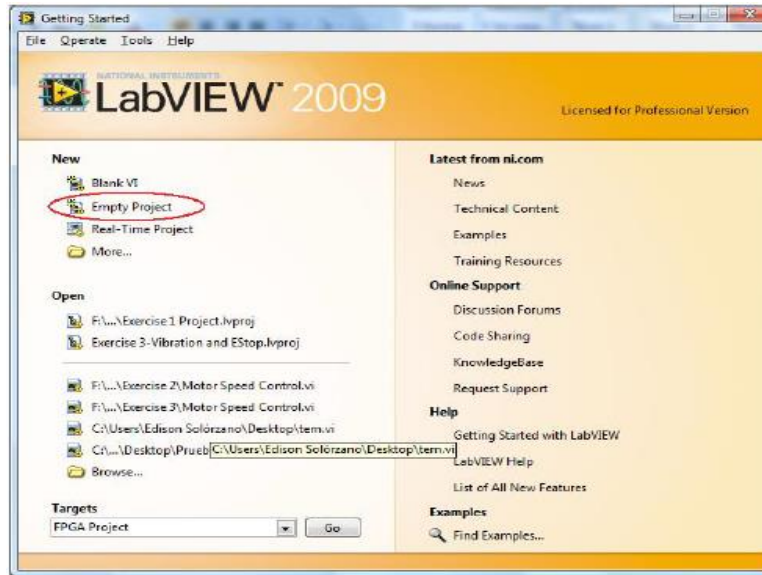


Fig. 1.18. Interface CompactRIO (paso 2)

Fuente: (National Instrument, 2014)

4) Dar clip derecho en el proyecto vacio y se desplegara una ventana, dar clip en NEW, y se va a desplegar otra ventana escogen la opción targets and device.

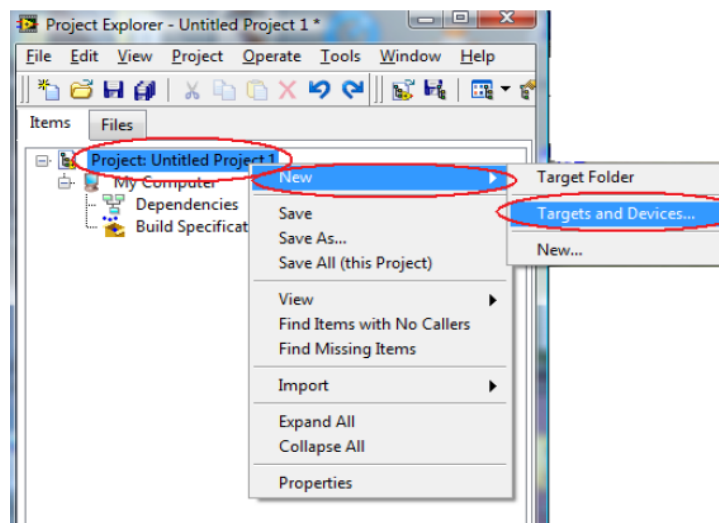


Fig. 1.19. Interface CompactRIO (paso 3)

Fuente: (National Instrument, 2014)

5) Agregamos el CompactRIO al proyecto y damos click en OK.

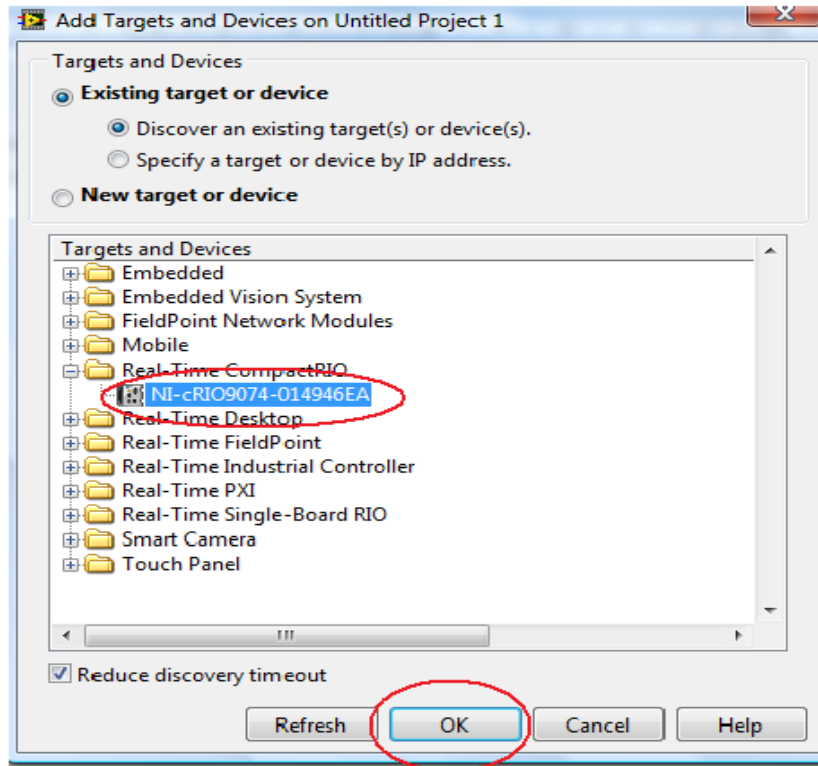


Fig. 1.20. Interface CompactRIO-PC (paso 3)

Fuente: (National Instrument, 2014)

6) En el cuadro de dialogo escogemos la primera opción de Scan Interface y damos click en continuar.

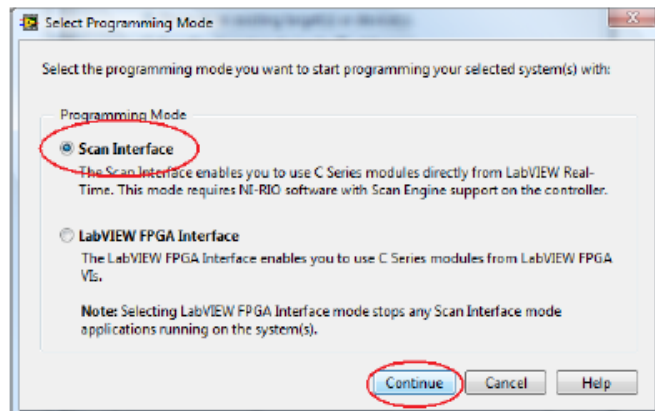


Fig. 1.21. Interface CompactRIO-PC (paso 5)

Fuente: (National Instrument, 2014)

7) De este modo obtenemos integrado el CompactRIO al proyecto.

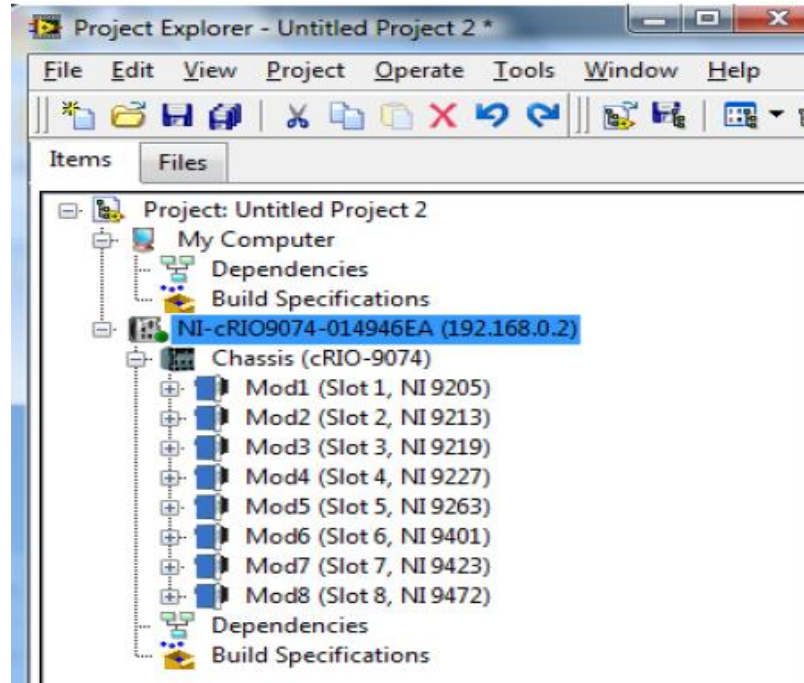


Fig. 1.22. Interface CompactRIO-PC (paso 6)

Fuente: (National Instrument, 2014)

3.2.2. PID de Temperatura con Control de Cruce por Cero.

El control PID nos va a permitir controlar y mantener estable ciertas variables, sin importar los factores externos que afecten directamente a la variable controlada.

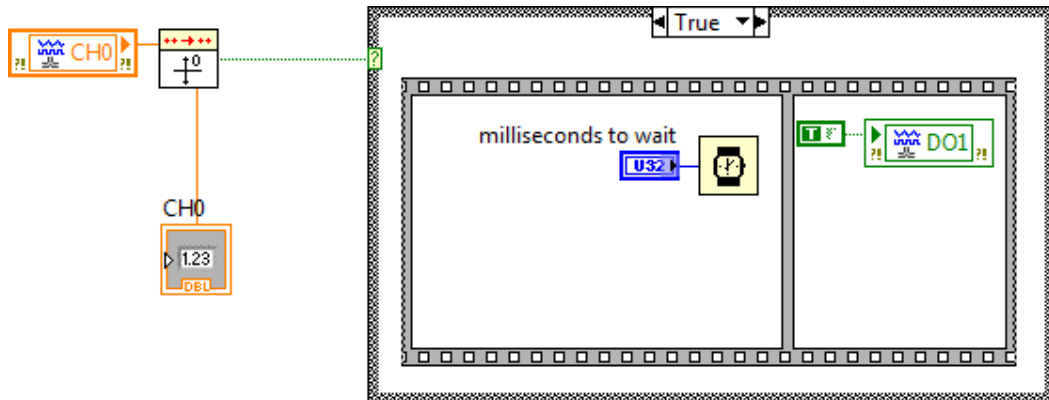


Fig. 1.23. Cruce por Cero (verdad)

Fuente: (National Instrument, 2014)

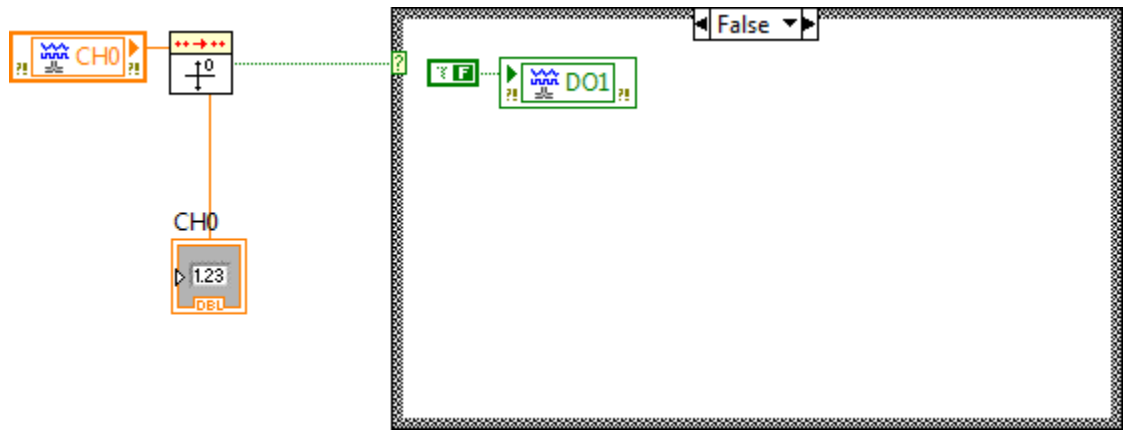


Fig. 1.24. Cruce por Cero (falso)
 Fuente: (National Instrument, 2014)

3.2.2.1. Control PID

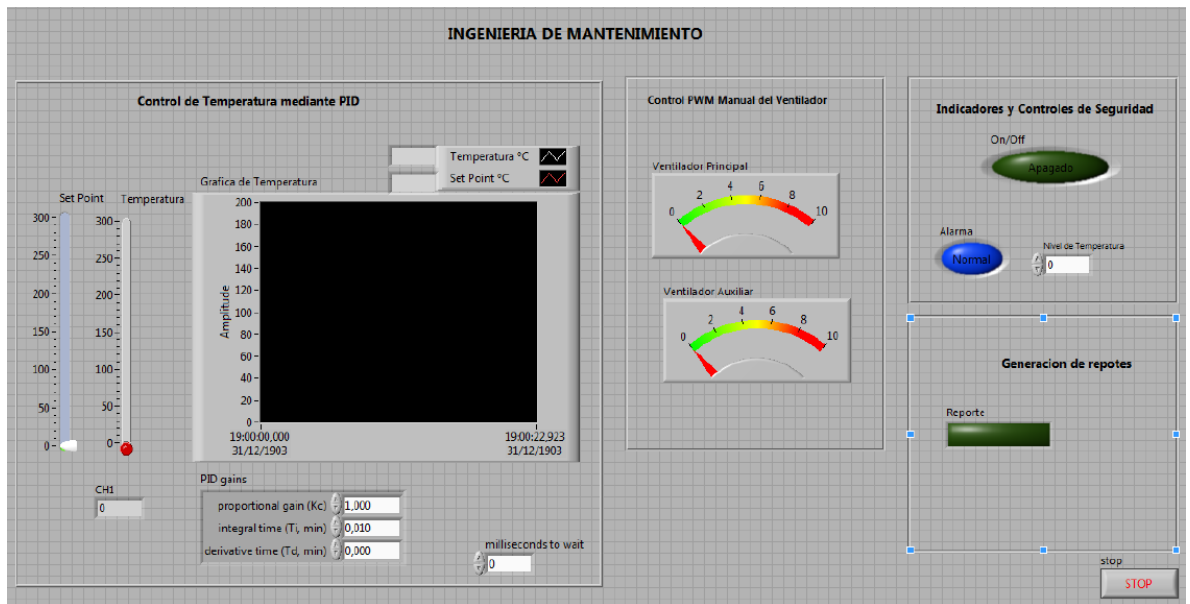


Fig. 1.25 PID Panel Frontal
 Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

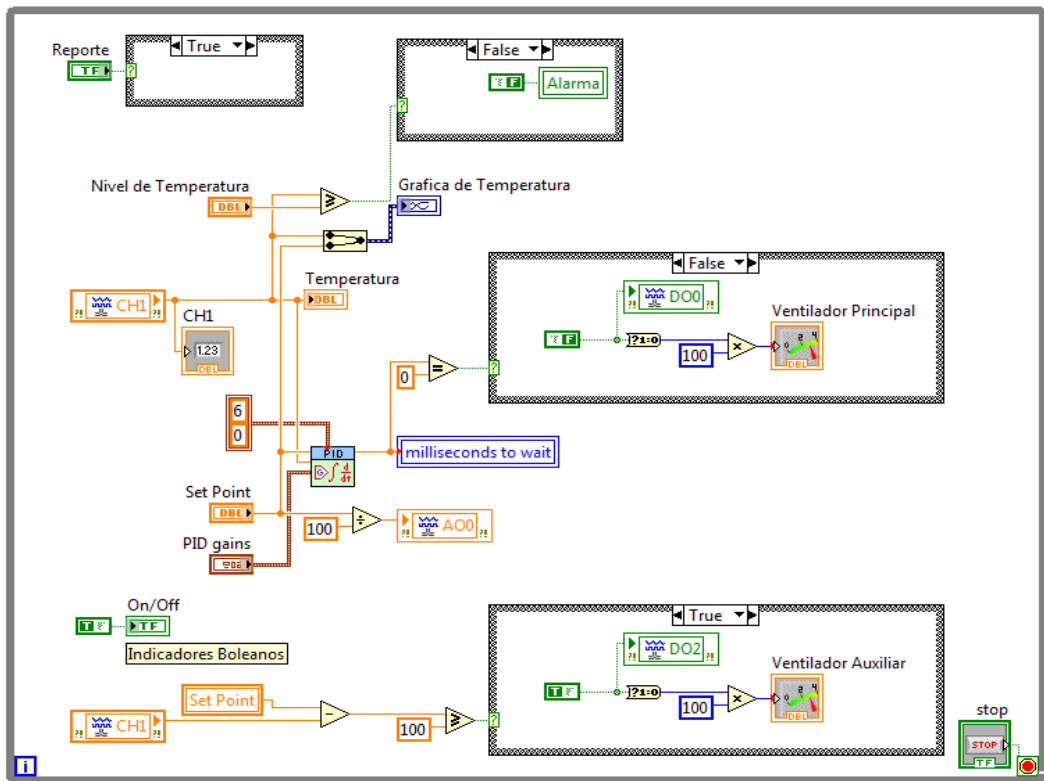


Fig. 1.26. PID Diagrama de Bloques (WhileLoop 1)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

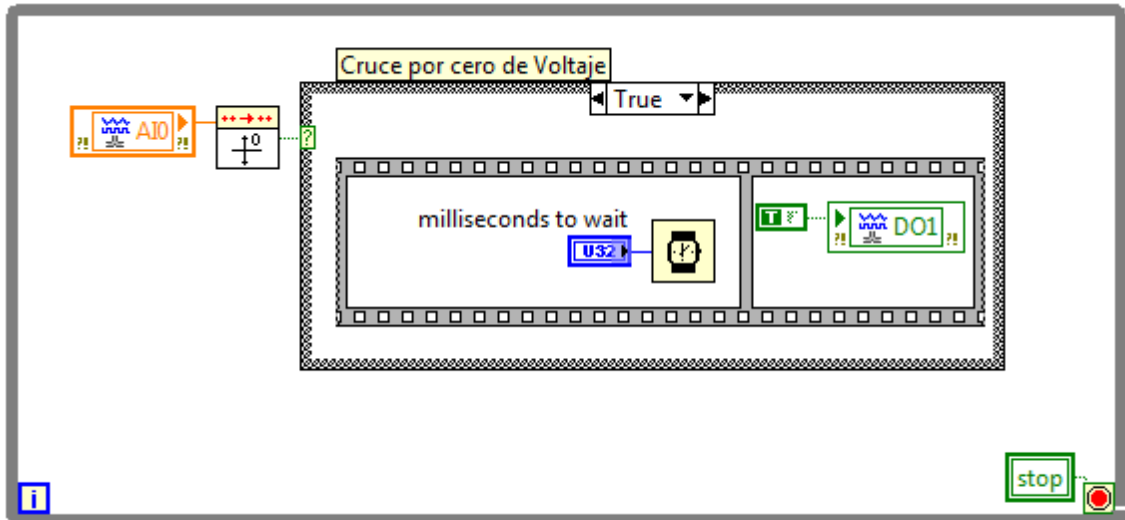


Fig. 1.27. PID Diagrama de Bloques (WhileLoop 2)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

3.2.3. Control de Torque de Motor mediante Variable de Peso

Para controlar el torque del motor se lo realizara con un circuito de cruce por cero igual al anterior para controlar las niquelinas del horno.

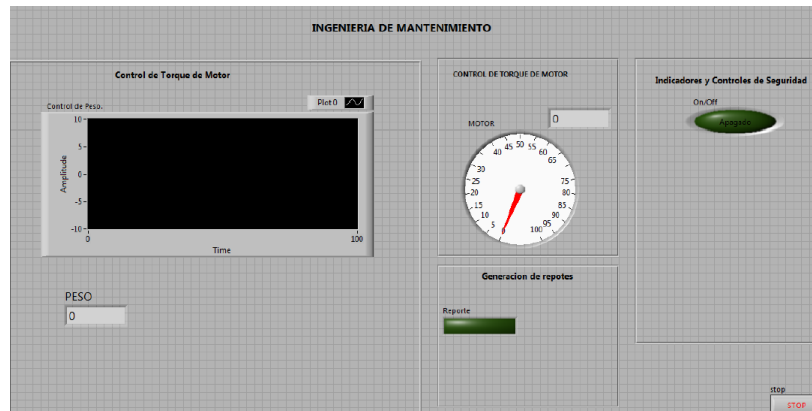


Fig. 1.28. Panel Frontal de Control de Torque

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

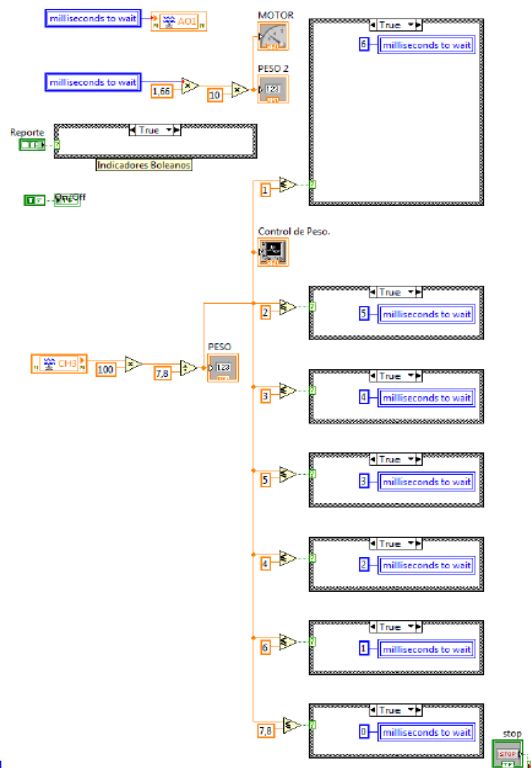


Fig. 1.29. Control de Torque Diagrama de Bloques (WhileLoop 1)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

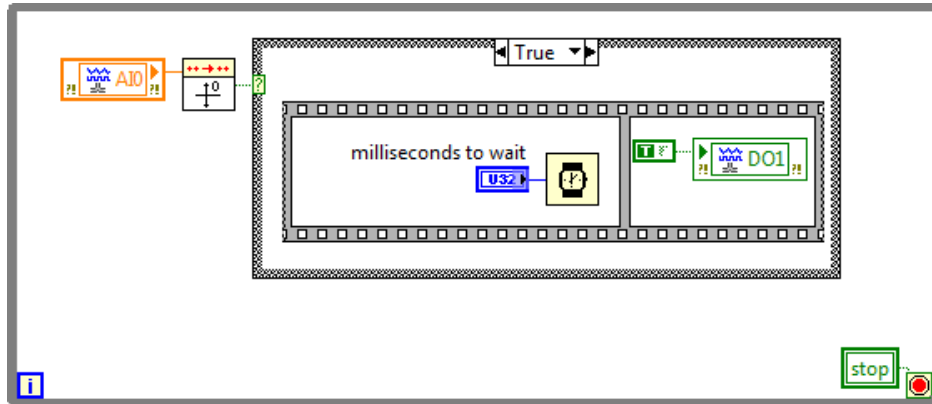


Fig. 1.30. Control de Torque Diagrama de Bloques (WhileLoop 2)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

3.2.4. Comunicación Vía Wireless CompactRIO – PC.

Para comunicar vía inalámbrica el CompactRIO debemos tener un router y conectar vía inalámbrica el CompactRIO como si fuera un computador mas.

- 1) El primer paso es resetear el router.
- 2) Conectar el CompactRIO mediante el puerto ethernet 1o al LAN 1 del router.
- 3) Mediante una computadora configurar el router de la siguiente manera.
 - a. Dar un clic en la señal que emite el router.



Fig. 1.31. Configuración Wireless-PC (paso 1)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

b. Dar un click en aceptar para configurar el router.

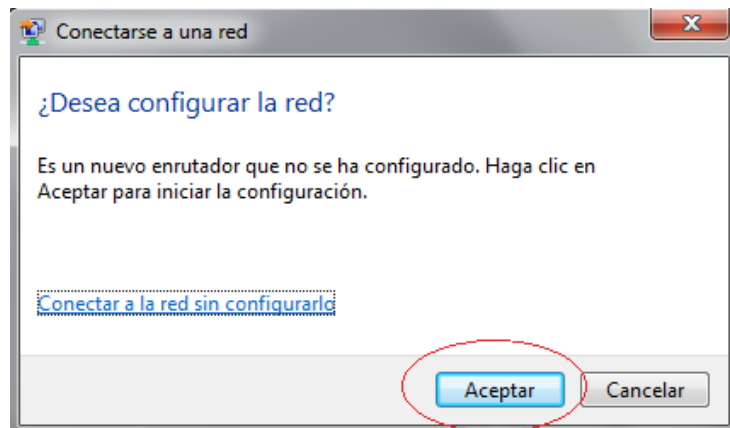


Fig. 1.32. Configuración Wireless-PC (paso 2)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

c. Digitar el número de serie del router.



Fig. 1.33. Configuración Wireless-PC (paso 3)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

d. Asignar un nombre a la red y en opciones avanzadas configurar la clave para el ingreso de los demás equipos.

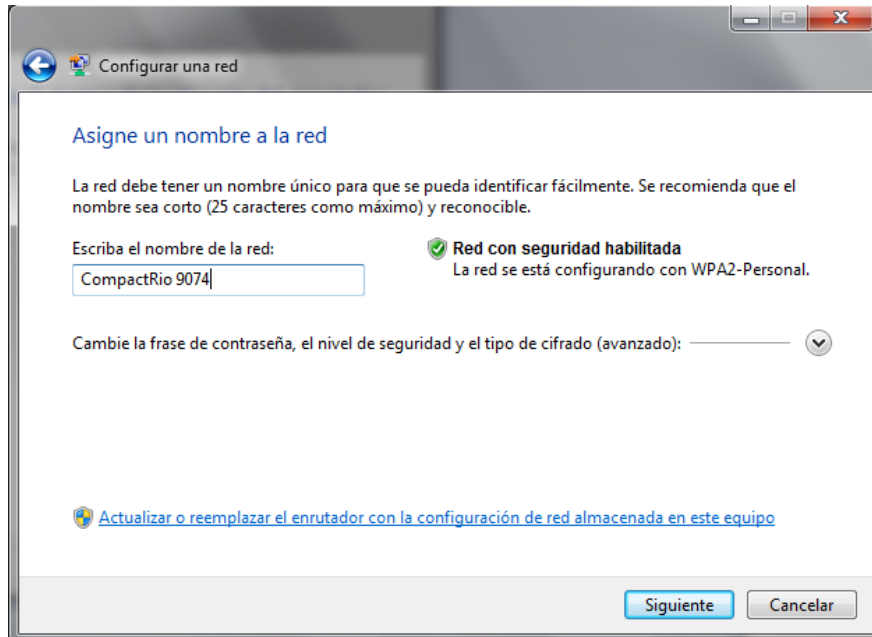


Fig. 1.34. Configuración Wireless-PC (paso 4)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

e. Luego de escoger un tipo de red se recomienda una red pública.

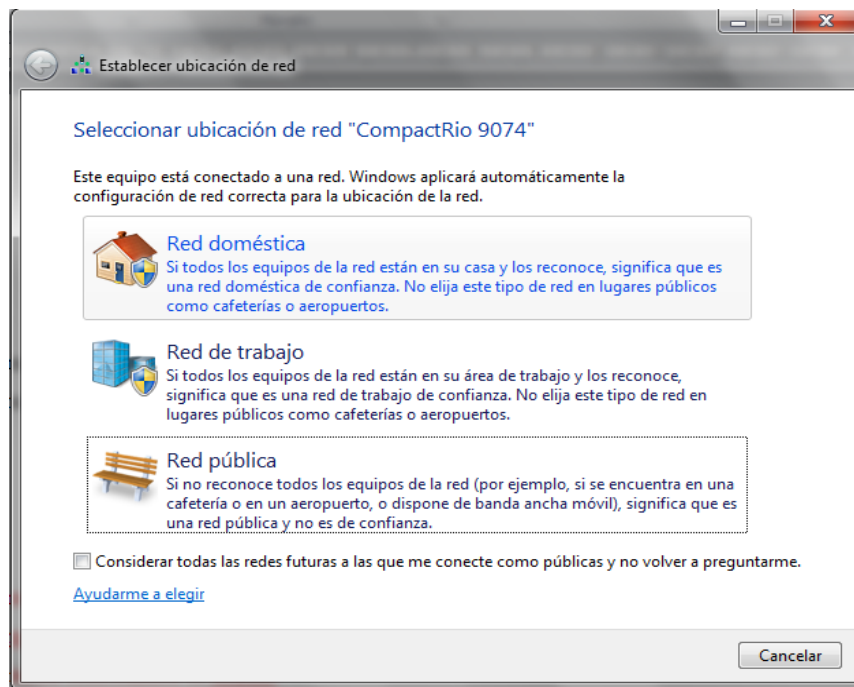


Fig. 1.35. Configuración Wireless-PC (paso 5)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

- f. El CompactRIO queda automáticamente conectado al computador.
- g. Para conectar otra computadora con el CompactRIO debemos dar clip en la señal que emite el CompactRIO.

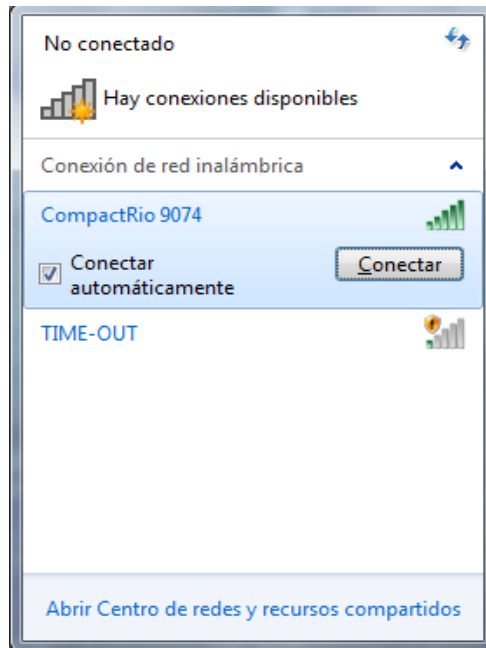


Fig. 1.36. Configuración Wireless-PC (paso 6)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

- h. A continuación debemos ingresar el número del router.

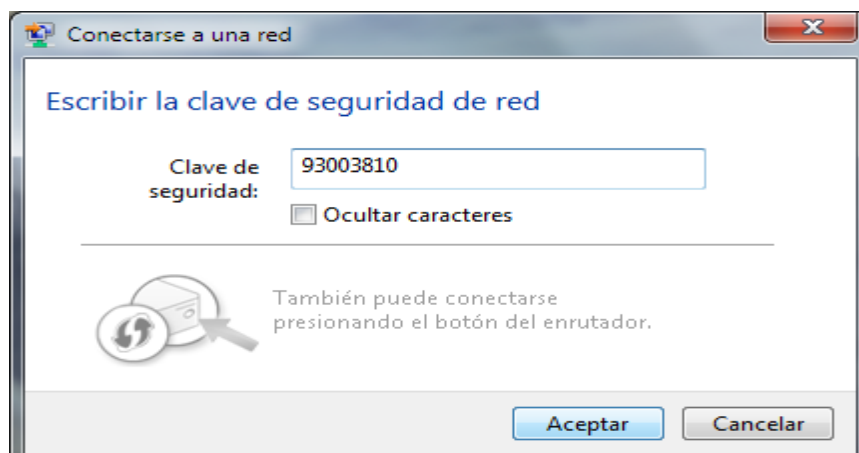


Fig. 1.37. Configuración Wireless-PC (paso 7)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

- i. El router nos va a pedir la clave que ingresamos para acceder a la red.

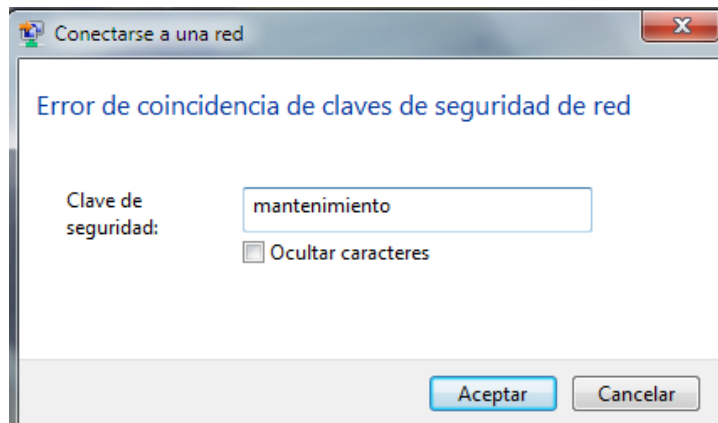


Fig. 1.38. Configuración Wireless-PC (paso 8)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

- j. Y por último igual al caso anterior debemos escoger un tipo de red en este caso una red pública.

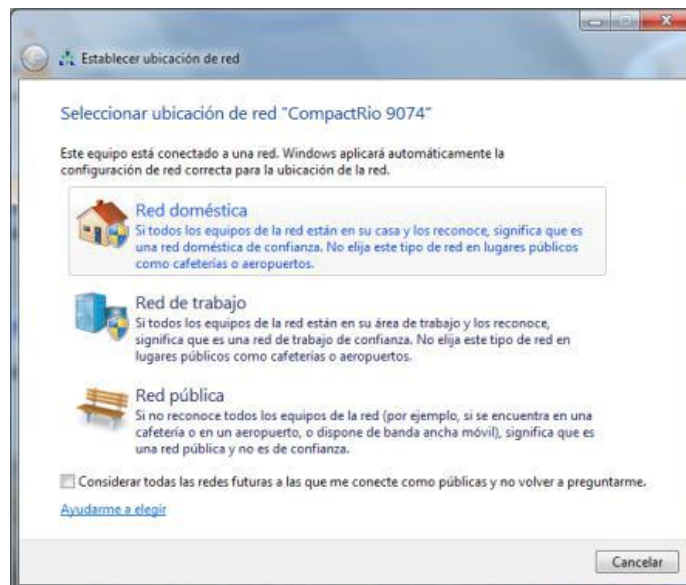


Fig. 1.39. Configuración Wireless-PC (paso 9)

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

De esta manera el CompactRIO está conectado a su computador para asegurarnos debemos ir al MAX y verificar si el equipo está conectado como sistema remoto.

3.2.4.1. Programación en Red

Para la programación en la red debemos conocer que todas las variables del CompactRIO se encuentran por default compartidas en red. Por lo cual debemos adquirir las variables por medio de librerías creadas en las diferentes Pc.

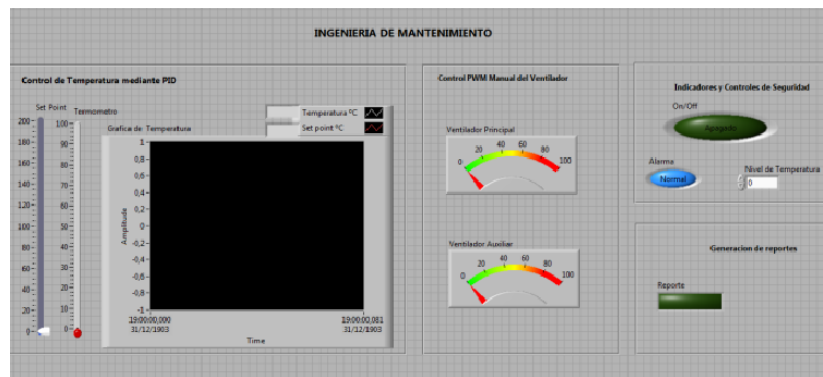


Fig. 1.40. PID en Red Panel Frontal

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

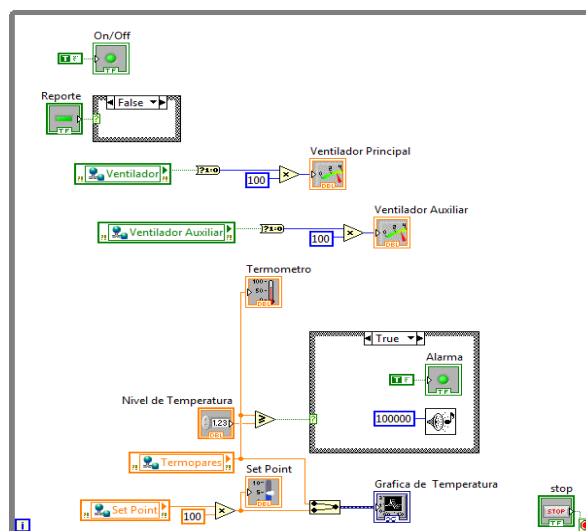


Fig. 1.41. PID en Red Diagrama de Bloques

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

Para el control del motor igual se deben adquirir las variables que se quieren monitorear.

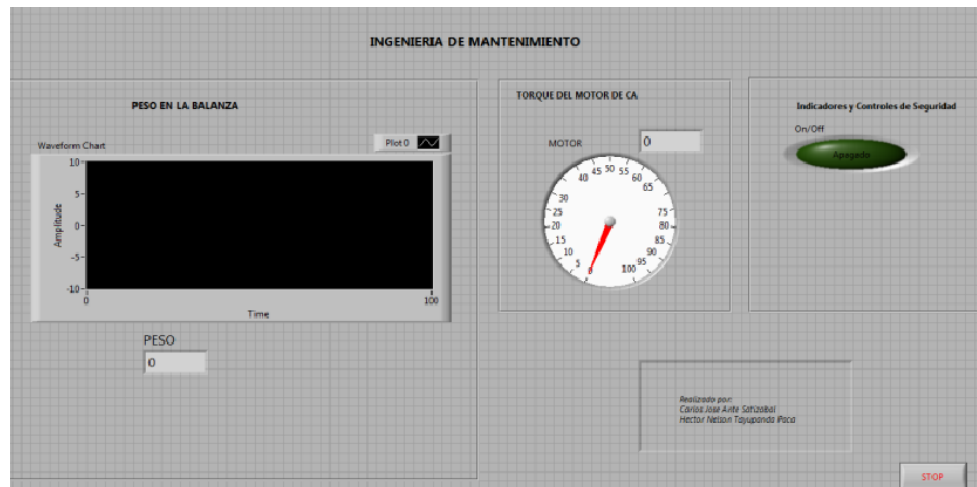


Fig. 1.42. Control de Torque de Motor Panel Frontal en Red

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

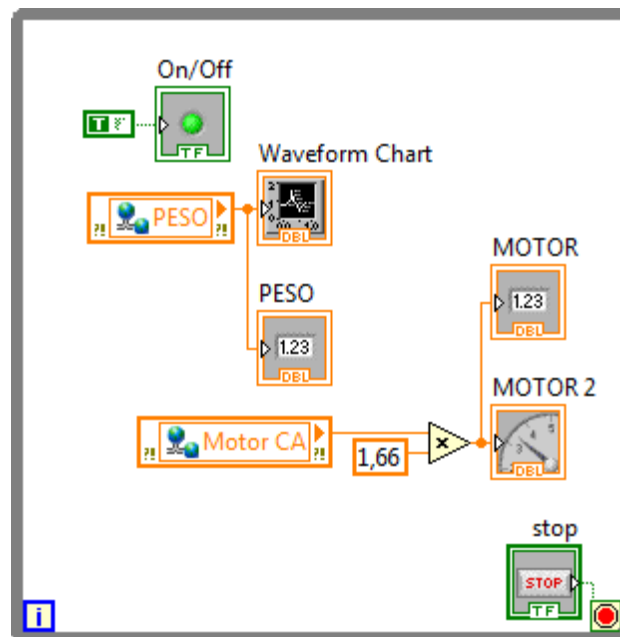


Fig. 1.43. Control de Torque de Motor Diagrama de Bloques en Red

Fuente: (Ante & Tayupanda, 2010)

3.3. Montaje y Configuración del Equipo y los Sensores.

Para el montaje de los equipos lo realizaremos según las practicas configurando el CompactRIO de acuerdo al sensor y la variable que deseamos medir o controlar.

3.3.1. PID de Temperatura.

Para realizar el control de cruce por cero el modulo NI 9219 debe estar configurado de la siguiente manera:

Channel 1.- en modo termocupla, el tipo de termocupla dependerá de la que estemos utilizando en la práctica.

Para la adquisición de datos de voltaje la vamos a arealizar con el modulo Ni 9205.

Channel 1.- en modo voltaje con un rango de 0 -5 voltios.

La conexión de los cables se deberá realizar siguiendo los instructivos del manual del modulo

Para configurar el control del de disparo del Triac deberá el modulo NI 9472 debera estar configurado en modo none para obtener pulsos.

Channel 0.- deberá estar conectado el ventilador.

Channel 1.- deberá estar conectado el disparo del octo-triac

Algo muy importando es que el modulo deberá estar alimentado a una fuente de 12 Voltios de CC.

Para la adquisición de datos de voltaje se la realizara con el modulo NI 9205

3.3.2. Control de Torque de Motor mediante Variable de Peso.

Para realizar el control de cruce por cero el modulo NI 9219 debe estar configurado de la siguiente manera:

Channel 0.- en modo voltaje con un rango de 0 – 15 Voltios.

Channel 2.- en modo voltaje con un rango de 0 -15 voltios.

Channel 3.- en modo de puente completo.

La conexión de los cables se deberá realizar siguiendo los instructivos del manual del modulo

Para configurar el control del de disparo del Triac deberá el modulo NI 9472 debera estar configurado en modo none para obtener pulsos.

Channel 1.- deberá estar conectado el dispara del octo-triac

Algo muy importando es que el modulo deberá estar alimentado a una fuente de 12 Voltios de CC.

3.3.3. Diseño de la Placa para Acondicionamiento de Señales

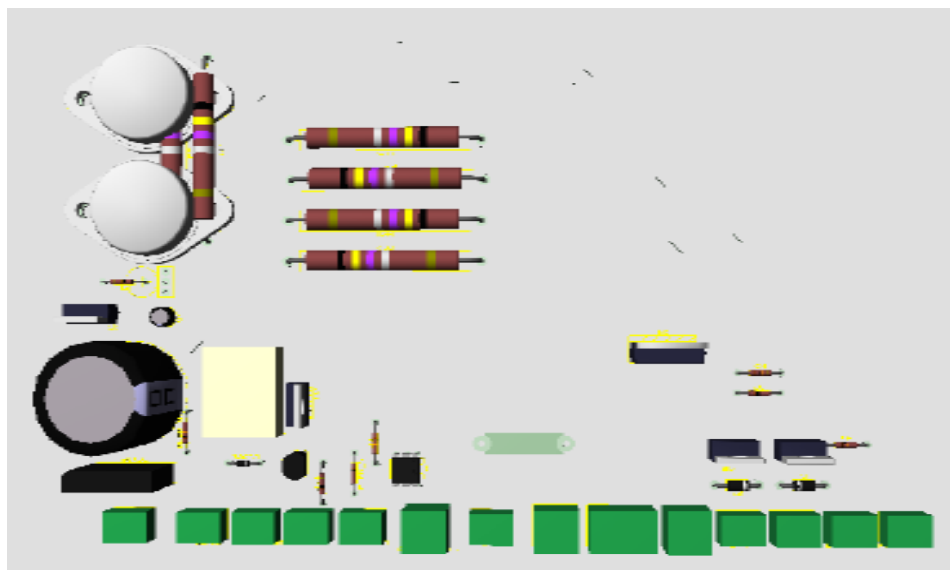


Fig. 1.44. Diagrama de Acondicionamiento de Señales

Fuente: (Jimenez & Molina, 2010)

3.4. Mantenimiento y Seguridad de los Equipos

El CompactRIO es un equipo robusto que no necesita de mucho mantenimiento debido a que está diseñado para trabajar en condiciones ambientales extremas. Pero como todo equipo debe someterse a mantenimiento para prolongar su vida útil este debe tener los siguientes tipos de mantenimiento.

Mantenimiento de USO.- Este lo realiza el estudiante para mantener el equipo limpio y en buenas condiciones las borneras, tornillos de ajustes y entradas de red. Además de quitar los módulos para ver en qué condiciones se encuentran y limpiar el chasis.

CAPÍTULO 4

Manual y Guía de Practica

4.1. Elaboración de guía de prácticas.

Para realizar las prácticas de Sistemas SCADA con el equipo CompactRio el estudiante debe estar consiente que este equipo a pesar de ser robusto y estar diseñado para trabajar en condiciones extremas no está libre de tener problemas eléctricos.

4.1.1. Practica 1. “PID de temperatura”

Tema: Control PID de temperatura.

Objetivos Generales.-

Controlar la temperatura de un horno mediante LabView para mantenerla estable sin que sea afectada por condiciones y factores externos.

Objetivos Específicos.-

Ejecutar y encontrar las constantes de PID requeridas para mantener estable el sistema.

Generar un reporte del comportamiento del sistema.

Marco teórico.

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación.

Un controlador PID corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador.

La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control. Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.

Funcionamiento.

Para el correcto funcionamiento de un controlador PID que regule un proceso o sistema se necesita, al menos:

1. Un sensor, que determine el estado del sistema (termómetro, caudalímetro, manómetro, etc.).
2. Un controlador, que genere la señal que gobierna al actuador.
3. Un actuador, que modifique al sistema de manera controlada (resistencia eléctrica, motor, válvula, bomba, etc.).

El sensor proporciona una señal analógica o digital al controlador, la cual representa el punto actual en el que se encuentra el proceso o sistema. La señal puede representar ese valor en tensión eléctrica, intensidad de corriente eléctrica o frecuencia. En este último caso la señal es de corriente alterna, a diferencia de los dos anteriores, que son con corriente continua.

El controlador lee una señal externa que representa el valor que se desea alcanzar. Esta señal recibe el nombre de punto de consigna (o punto de referencia), la cual es de la misma naturaleza y tiene el mismo rango de valores que la señal que proporciona el sensor. Para hacer posible esta compatibilidad y que, a su vez, la señal pueda ser entendida por un humano, habrá que establecer algún tipo de interfaz (HMI-Human Machine Interface), son pantallas de gran valor visual y fácil manejo que se usan para hacer más intuitivo el control de un proceso.

El controlador resta la señal de punto actual a la señal de punto de consigna, obteniendo así la señal de error, que determina en cada instante la diferencia que hay entre el valor deseado (consigna) y el valor medido. La señal de error es utilizada por cada uno de los 3 componentes del controlador PID. Las 3 señales sumadas, componen la señal de salida que el controlador va a utilizar para gobernar al actuador. La señal resultante de la suma de estas tres se llama variable manipulada y no se aplica directamente sobre el actuador, sino que debe ser transformada para ser compatible con el actuador que usemos.

Las tres componentes de un controlador PID son: parte Proporcional, acción Integral y acción Derivativa. El peso de la influencia que cada una de estas partes tiene en la suma final, viene dado por la constante proporcional, el tiempo integral y el tiempo derivativo, respectivamente. Se pretenderá lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo posible los efectos de las perturbaciones.

Ajuste de parámetros del PID

El objetivo de los ajustes de los parámetros PID es lograr que el bucle de control corrija eficazmente y en el mínimo tiempo los efectos de las perturbaciones; se tiene que lograr la mínima integral de error. Si los parámetros del controlador PID (la ganancia del proporcional, integral y derivativo) se eligen incorrectamente, el proceso a controlar puede ser inestable, por ejemplo, que la salida de este varíe, con o sin oscilación, y está limitada solo por saturación o rotura mecánica. Ajustar un lazo de control significa ajustar los parámetros del sistema de control a los valores óptimos para la respuesta del sistema de control deseada. El comportamiento óptimo ante un cambio del proceso o cambio del "setpoint" varía dependiendo de la aplicación. Generalmente, se requiere estabilidad ante la respuesta dada por el controlador, y este no debe oscilar ante ninguna combinación de las condiciones del proceso y cambio de "setpoints". Algunos procesos tienen un grado de no-linealidad y algunos parámetros que funcionan bien en condiciones de carga máxima no funcionan cuando el proceso está en estado de "sin carga". Hay varios métodos para ajustar un lazo de PID. El método más efectivo generalmente requiere del desarrollo de alguna forma del modelo del proceso, luego elegir P, I y D basándose en los parámetros del modelo dinámico. Los métodos de ajuste manual pueden ser muy ineficientes. La elección de un método dependerá de si el lazo puede ser "desconectado" para ajustarlo, y del tiempo de respuesta del sistema. Si el sistema puede desconectarse, el mejor

método de ajuste a menudo es el de ajustar la entrada, midiendo la salida en función del tiempo, y usando esta respuesta para determinar los parámetros de control. Ahora describimos como realizar un ajuste manual.

Ajuste manual.

Si el sistema debe mantenerse online, un método de ajuste consiste en establecer primero los valores de I y D a cero. A continuación, incremente P hasta que la salida del lazo oscile. Luego establezca P a aproximadamente la mitad del valor configurado previamente. Después incremente I hasta que el proceso se ajuste en el tiempo requerido (aunque subir mucho I puede causar inestabilidad). Finalmente, incremente D, si se necesita, hasta que el lazo sea lo suficientemente rápido para alcanzar su referencia tras una variación brusca de la carga.

Un lazo de PID muy rápido alcanza su setpoint de manera veloz. Algunos sistemas no son capaces de aceptar este disparo brusco; en estos casos se requiere de otro lazo con un P menor a la mitad del P del sistema de control anterior.

materiales	herramientas y equipos
Cable de red directo	Pinzas
Cable de teléfono (3 metros)	CompactRio 9074
Extensión eléctrica	Modulo Ni 9019, NI 9472
	Router Inalámbrico
	Fuente de poder de 15 Voltios CC
	Termocupla
	Tarjeta electrónica
	Modular de Temperatura

Tabla. 1.17. Materiales y Herramientas (practica 1)

Fuente: el autor

Procedimiento.

1) Realizar el montaje del equipo como se detalla en el capítulo 3.3.

- 2) Energizar el CompactRIO.
- 3) Energizar el modulo NI 9074 con CC
- 4) Energizar la tarjeta electrónica según diagrama que se detalla en el capítulo 3
- 5) Ejecutar el proyecto LabVIEW.
- 6) Dar doble click en el VI Panel Frontal.
- 7) Ejecutar el programa.
- 8) Dar click en el indicador de PID de temperatura.
- 9) Visualizar la temperatura actual en los indicadores.
- 10) Setear el sistema con una temperatura mas elevada.
- 11) Verificar si el PID es estable, caso contrario realice una corrección en las constantes PID por medio de sintonización de PID como esta descrito en el marco teórico de la práctica.
- 12) Dar clic en el indicador de reporte.
- 13) Dar clic en STOP y regresar al VI de PID de temperatura.
- 14) Dar clic en Stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 15) Dar clic en Stop y cerrar el sistema.
- 16) Desconecte todas las fuentes de alimentación.
- 17) Desconecte los cables y guarde los equipos.

4.1.2. Practica 2. “Control de torque de motor”

Tema: Control de torque de motor por medio de variables de peso.

Objetivo Generales.-

Controlar el torque de un motor dependiendo la variable de peso mediante un puente de wheasthone.

Objetivos Específicos.-

Identificar los tipos de puentes con que son diseñadas las galgas extensiométricas.

Desarrollar un reporte en el sistema.

Marco Teórico.

El torque es la fuerza que producen los cuerpos en rotación, recordemos que el motor produce fuerza en un eje que se encuentra girando. Para medirlo, los ingenieros utilizan un banco ó freno dinamométrico que no es más que una instalación en la que el motor puede girar a toda su capacidad conectada mediante un eje a un freno o balanza que lo frena en forma gradual y mide la fuerza con que se está frenando.

Se llama Torque máximo a la mayor cantidad de fuerza de giro que puede hacer el motor. Esto sucede a cierto número de revoluciones. Un motor con un torque máximo de 125 Nm @ 2500rpm significa que el motor es capaz de producir una fuerza de giro (Técnicamente conocido como —momento o —par torsional) de hasta 125 newton metro cuando está acelerado al máximo y gira a 2500 revoluciones por minuto. Recuerde que el motor esta acelerado al máximo (Técnicamente conocido como WOT ó wide open throttle) y no gira a las máximas revoluciones ya que se encuentra frenado por el freno dinamométrico.

Mientras mayor sea el torque máximo de un motor, más fuerte este es. Esto es interesante al momento de comparar motores ya que sin importar el tamaño, el tipo, el sistema de encendido ó el de inyección, un motor tendrá más fuerza que otro cuando su torque máximo sea mayor. La tendencia mundial es lograr

motores con el torque más alto posible en todas las revoluciones y principalmente al arrancar.

Materiales	Herramientas Y Equipos
Cable de red directo	Pinzas
Cable de teléfono (3 metros)	CompactRio 9074
Extensión eléctrica	Modulo Ni 9019, NI 9472
	Router Inalámbrico
	Fuente de poder de 15 Voltios CC
	Galga extenciometrica
	Tarjeta electrónica
	Modular de motor

Tabla 1.18. Materiales y Herramientas (practica 2)

Fuente: el autor

Procedimiento.

- 1) Realizar el montaje del equipo como se detalla en el capítulo 3.3.2 y 3.4
- 2) Energizar el CompactRIO.
- 3) Energizar el modulo NI 9074 con CC
- 4) Energizar la tarjeta electrónica según diagrama que se detalla en el capítulo 3
- 5) Ejecutar el proyecto LabVIEW.
- 6) Dar doble clip en el VI panel frontal.
- 7) Ejecutar el programa.
- 8) Dar clic en el indicador de control de motor.
- 9) Visualizar el peso en la galga.
- 10) Visualizar el porcentaje de la velocidad del motor.
- 11) Aumentar el peso en la galga progresivamente.
- 12) Disminuir el peso de la galga progresivamente

- 13) Identificar el comportamiento del motor de acuerdo al peso aplicado en la galga.
- 14) Dar clic en el indicador de reporte.
- 15) Dar clic en STOP y regresar al VI de control de motor.
- 16) Dar Clic en Stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 17) Dar Clic en Stop y cerrar el sistema.
- 18) Desconecte todas las fuentes de alimentación.
- 19) Desconecte los cables y guarde los equipos.

4.1.3. Practica 3. “Comunicación vía wireless”

Tema: Conexión vía wireless del CompactRIO.

Objetivo Generales.-

Monitorear variables de los programas ejecutados via wireless de diferentes computadoras.

Objetivos Específicos.-

Identificar las variables que vamos a monitorear. Desarrollar un programa desde una estación remota para monitorear el CompactRIO. Realizar reportes desde una estación remota.

Marco teórico.

Ethernet es un estándar de redes de computadoras de área local con acceso al medio por contienda CSMA/CD ("Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones"), es una técnica usada en redes Ethernet para mejorar sus prestaciones. El nombre viene del concepto físico de ether.

Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

Ethernet es una solución común para conectar ordenadores a Internet y para compartir datos entre ordenadores. Usted puede utilizar Ethernet para conectarse a docenas de computadoras en una oficina, o simplemente para conectar el módem por cable en su casa a su ordenador

Materiales	Herramientas Y Equipos
Cable de red directo	Pinzas
Cable de teléfono (3 metros)	CompactRio 9074
Extensión eléctrica	Modulo Ni 9019, NI 9472, Ni 9005
	Router Inalámbrico
	Fuente de poder de 15 Voltios CC
	Termocupla.
	Tarjeta electrónica
	Modular de temperatura.

Tabla. 1.19. Materiales y Herramientas (practica 3)

Fuente: el autor

Procedimiento.

- 1) Realizar el montaje del equipo como se detalla en el capítulo 3.3.
- 2) Energizar el CompactRIO.
- 3) Energizar el modulo NI 9074 con CC.
- 4) Energizar la tarjeta electrónica según diagrama que se detalla en el capítulo 3.4
- 5) Ejecutar el proyecto LabView.
- 6) Dar doble clip en el VI panel frontal.
- 7) Ejecutar el programa.
- 8) Realizar las conexiones según los parámetros del capítulo 3.2.4

- 9) Cargar los proyectos de red en las computadoras que van a realizar el monitoreo.
- 10) Ejecutar el programa primero en la estación central y luego en las de monitoreo.
- 11) Estación de control maestro.
- 12) Dar clic en el indicador de PID de temperatura.
- 13) Visualizar la temperatura actual en los indicadores.
- 14) *Setear* el sistema con una temperatura más elevada.
- 15) Verificar si el PID es estable, caso contrario realice una corrección en las constantes PID por medio de sintonización de PID como esta descrito en el marco teórico de la práctica.
- 16) Dar clic en el indicador de reporte.
- 17) Dar clic en STOP y regresar al VI de PID de temperatura.
- 18) Dar clic en Stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 19) Dar clic en Stop y cerrar el sistema.
- 20) Desconecte todas las fuentes de alimentación.
- 21) Desconecte los cables y guarde los equipos.
- 22) Estaciones de monitoreo
- 23) Verificar el *seteo* de las variables si coinciden.
- 24) Verificar las temperaturas.
- 25) Comprobar si el tiempo de respuesta la estación de Control Maestro es igual a las de monitoreo.
- 26) Ejecutar los reportes.

- 27) Dar clic en stop y regresar al VI de PID de temperatura.
- 28) Dar clic en stop y regresar al VI del Panel Frontal.
- 29) Dar clic en stop y cerrar el sistema.
- 30) Desconecte todas las fuentes de alimentación.
- 31) Desconecte los cables y guarde los equipos.

CAPÍTULO 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

El programa SCADA que se ha realizado permite supervisar, controlar y adquirir datos en tiempo real debido a que el equipo CompactRIO puede trabajar en modo Scan y en modo FPGA, al trabajar en modo FPGA el chasis y su chip FPGA, interconectan automáticamente sus compuertas lógicas programables para obtener una mayor velocidad, en cambio la velocidad del modo Scan se ve limitada al tamaño de la programación.

Los módulos de la serie NI Rio se ven limitados a su velocidad de fabricación por lo cual hay que tener criterio técnico para el proceso que queramos supervisar o controlar.

El software LabVIEW es un lenguaje de programación muy sencillo y cada vez más amigable con el usuario debido a su entorno grafico con el cual contamos de una serie de herramientas y módulos que nos facilita y simplifica la programación como es el caso del análisis y simulación de las señales, controles PID y Fuzzy entre otros y lo más importante la capacidad de adquirir fácilmente las señales mediante hardware adicional.

El equipo CompactRIO tiene la característica de poseer un chasis robusto el cual soporta condiciones extremas ambientales como lo son la temperatura, polvo entre otras además puede soportar caídas de instalaciones, explosiones sin dejar de transmitir datos. Los módulos de la serie NI son diseñados para que trabajen a una alta velocidad de adquisición además estos vienen con todo el acondicionamiento de las señales para que puedan ser procesadas con mayor facilidad.

El modulo NI 9219 de tensión y puente están diseñados para trabajar a una velocidad máxima de 10ms y además de poder ser configurados en varios modos como es el caso de que acondicionen la señal de galgas tipo puente y

compensen las señales de temperatura de los termopares entre otras funciones.

El control PID nos permite obtener una variable de proceso constante retroalimentándose de los errores provocados por el entorno y el comportamiento normal del fenómeno físico medido.

El modulo NI 9219 está diseñado para acondicionar medidas de puentes de wheasthorne lo que nos facilita la adquisición de datos, acondiciona la medida de los termopares compensando la junta fría, también nos permite adquirir datos medidas de RTDs, voltajes y corrientes ya acondicionadas para que puedan ser leídas por el chasis.

5.2 Recomendaciones.

Se recomienda revisar los manuales del fabricante antes de la utilización de los equipos de la serie cRIO para poder configurar los parámetros de funcionamiento de cada uno de estos.

Se recomienda entender los conceptos básicos de PID, su funcionamiento y sus modos de sintonización.

Se debe aprender el entorno de programación de LabVIEW y todos sus módulos de aplicaciones para poder realizar una programación precisa.

Se sugiere adquirir los módulos de la serie NI para poder realizar proyectos con diferentes tipos de señales y funciones.

Es importante tener conocimiento acerca de la programación FPGA debido a que los diferentes chasis de la serie cRio tienen una mayor velocidad.

Es importante que la facultad divulgue la tecnología embebida, sus facilidades de programación, acondicionamiento de señales, control, adquisición de datos y sus posibles aplicaciones en el campo de la automatización industrial.

BIBLIOGRAFÍA

Ante, C., & Tayupanda, H. (2010). *Repositorio Dspace ESPOCH*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1131/1/25T00138.pdf>

Jimenez, M., & Molina, J. (2010). *Programación Gráfica para Ingenieros*. Barcelona: Marcombo.

Lajara, J., & Pelegrí, J. (2011). *LabVIEW: Entorno gráfico de programación*. Barcelona: Marcombo.

National Instrument. (2014). *NI Compact DAQ*. Obtenido de www.ni.com: <http://www.ni.com/data-acquisition/compactdaq/esa/>

Ogata, K. (2003). *Ingeniería de control moderna*. Madrid: Pearson education.

Otras Referencias

[1] http://fisica.udea.edu.co/~labgicm/2009_electronica/2009_Galgas_extensiometricas.pdf

[2] <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7372>

[3] <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>

[4] <http://www.mastermagazine.info/termino/6694.php>

[5] <http://www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm>

[6] <http://www.ni.com/dataacquisition/esa/whatis.htm>

ANEXO 1

Especificaciones generales

“Sistemas Integrados CompactRIO con Controlador en Tiempo Real y Chasis Reconfigurable NI cRIO-9074”

- Sistemas CompactRIO integrado con un chasis FPGA reconfigurable y controlador embebido en tiempo real.
- Sistemas de bajo costo para aplicaciones OEM de alto volumen.
- Hasta 2M compuertas FPGA reconfigurables.
- 4 u 8 ranuras para módulos de E / S de la Serie C
- Hasta 400 MHz de procesador en tiempo real.
- Hasta 256 MB de memoria DRAM, 512 MB de almacenamiento no volátil.
- Hasta dos puertos Ethernet 10/100BASE-TX con servidores integrados FTP / HTTP y el servidor Web de panel remoto LabVIEW.
- Puerto serie RS232 y un puerto USB disponible para dispositivos periféricos.

Descripción general

Los sistemas integrados NI cRIO-907x combinan un controlador en tiempo real industrial y reconfigurable de arreglo de compuertas programables en campo (FPGA) y chasis, para control de maquinaria industrial y aplicaciones de monitoreo. El sistema integrado NI cRIO-9074 cuenta con un procesador de 400 MHz industrial en tiempo real y un chasis de ocho ranuras con sistema embebido y reconfigurable. Posee un chip 2M FPGA de compuerta.

Requisitos y Compatibilidad

Información de OS

VxWorks

Información para el

Conductor

NI-RIO

Compatibilidad de software

LabVIEW

Módulo LabVIEW FPGA

LabVIEW Sistema de Desarrollo

Profesional

Módulo LabVIEW Real-Time

Especificaciones detalladas

Red

Interfaz de red	10BaseT y 100BaseTX Ethernet
Compatibilidad	IEEE 802.3
Velocidades de comunicación	10 Mbps, 100 Mbps, negociados-auto
Distancia máxima de cableado	100 m / segmento

Características físicas

Cableado de terminal de tornillo	0,5 a 2,5 mm 2 (24 a 12 AWG) cable conductor de cobre con 10 mm (0,39 pulg) de aislamiento despojado desde el extremo
Par de terminales de tornillo	0,5 a 0,6 N · m (4.4 a 5.3 lb · pulg)
Peso	929 g (32,7 oz)

Requisitos de alimentación

Fuente de alimentación recomendados	48 W, 24 V CC
Consumo de energía	20 W máximo
Rango de entrada de fuente de alimentación	De 19 a 30 V

Memoria

cRIO-9072, cRIO-9073	
No volátil	128 MB
La memoria del sistema	64 MB
cRIO-9074	
No volátil	256 MB
La memoria del sistema	128 MB

FPGA Reconfigurable

cRIO-9073, cRIO-9074	
Número de células de la lógica	46080
Disponible RAM embebida	720 kbits

Reloj Interno en Tiempo Real

Precisión	200 ppm; 35 ppm a 25 ° C
-----------	--------------------------

ANEXO 2

Precios del hardware CompactRIO 9074 y software LabVIEW.

Número de Parte	Descripción	Envío estimado	Precio Unitario	Cant.	Total de Línea
779999-01	cRIO-9074 8-Slot Integrated 400 MHz Real-Time Ctrlr, 2M Gate FPGA	16 - 24	\$ 3,220.00	<input type="text" value="1"/>	\$ 3,220.00 ✕
776671-35	LabVIEW Base Development System, Windows, English, Include 1 Year SSP	5 - 6	\$ 1,100.00	<input type="text" value="1"/>	\$ 1,100.00 ✕
Update Quantity					
Total de Artículos:					2
Subtotal:					\$ 4,320.00
Envío en Ecuador <input type="text" value="FedEx Air International"/>					\$ 132.96
Total de la Orden:					\$ 4,452.96

Fuente: National Instruments

National Instruments da la opción de elegir individualmente los componentes que deseamos en el hardware.

En este proyecto se utilizó el CompactRIO 9074 con configuración estándar, es decir sin modificaciones en si chasis ni demás partes.

Precio del software Prodigy Classic (Sistema SCADA)

Classic Development	1	2+	5+	10+	25+
Fixed License (PCLDEF)	£3200	£2880	£2720	£2560	£2400
Transportable License (PLCDET)	£3900	£3510	£3315	£3120	£2925

Fuente: Tascomp

En caso de adquirir el Sistema SCADA se debe comprar la licencia de Prodigy Classic de acuerdo a los años en que se usará dicho software.

Hay dos tipos de licencias: la primera sólo se la puede usar en una PC, y la segunda en varias PCs. Por esta razón el precio varía.

GLOSARIO

CompactRIO.- Controlador en Tiempo Real.

Conexión Wireless.- Conexión Inalámbrica o sin cables.

Control PID.- (Proporcional Integral Derivativo) Mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medio y el valor que se quiere obtener.

DMA.- Acceso Directo a Memoria.

DRAM.- (Memoria Dinámica de Acceso aleatorio) Se usa principalmente en los módulos de memoria RAM y en otras memorias principales.

EMC.-

FFT.- Transformada Rápida de Fourier.

FTP.- (Protocolo de Transferencia de Archivos) Utilizado para transferir archivos de un huésped a otro a través de la Internet.

Galga.- Sensor, Medidor.

Galvanómetro.- (Transductor analógico electromagnético) Herramienta que se usa para detectar y medir la corriente eléctrica.

GPIO.- (Bus de Datos Digitales Estándar) Sirven para conectar dispositivos de test y medida como (multímetro, osciloscopio, etc.) con otros dispositivos que los controlen como un ordenador.

HTTP.- (Protocolo de Transferencia de Hipertexto) Es el método mas común de intercambio de información en la Internet.

LabVIEW.- Laboratorio de Instrumentación Virtual.

MTBF.- Tiempo Medio entre fallos.

MTU.- Unidad Máxima de Transferencia.

NUH.-

Redes LAN.- (Red de Área Local) Interconexión de varios ordenadores y periféricos.

RS-232.- Es un Estándar para la comunicación en serie de transmisión de datos.

RTD.- Detector de Temperatura Resistivo.

RTU.- Unidad Térmica Remota.

STR/RTOS.- Sistema Operacional en Tiempo Real.

SubVI.- Una función en el lenguaje de programación LabVIEW, es conocida con el nombre de SubVi.

USB.- Bus Universal en Serie.

Vis.- Instrumentos Virtuales.