



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA  
MEDICIÓN DE CORRIENTES CON SISTEMAS  
EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE  
MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

**WILLAN XAVIER GUACHO GUANANGA**

**JUAN CARLOS VILLAGÓMEZ REINOSO**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**Riobamba – Ecuador**

**- 2010 -**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

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

---

f) Willan Xavier Guacho Guananga

AUTOR 1

---

f) Juan Carlos Villagómez Reinoso

AUTOR 2

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dejar constancia de mi sincero agradecimiento a Dios, La Virgen Santísima, y el Niño Jesús, por haberme dado su bendición y cuidado para poder culminar con éxito mi carrera de Ingeniería en mi inolvidable Escuela de Mantenimiento.

A mis queridos padres por el amor, comprensión y apoyo incondicional para poder lograr conseguir mis objetivos en mi carrera.

Aquellas personas que de una u otra forma colaboraron desinteresadamente en especial a los señores Ing. Msc. Marco Santillán, Ing. Msc. Pablo Montalvo como Director y Asesor respectivamente, por su invaluable colaboración para el desarrollo de este trabajo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la Facultad de Mecánica, la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, a mis compañeros y a cada uno de mis profesores que supieron impartir sus conocimientos para poder formarme como un profesional.

W.X.G.G.

## **AGRADECIMIENTO**

Mis más sinceros agradecimientos a Dios quien me ha dado fortaleza, salud y vida para poder cumplir con todas mis metas establecidas en esta etapa de estudiante universitario.

A mis queridos padres por brindarme su cariño, confianza y ejemplo de lucha para conseguir todo lo propuesto.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica y en especial a mi querida Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, que han hecho que siempre esté en busca del camino a la excelencia.

A todos los profesores y compañeros de la Escuela y en especial a los Señores Ing. Msc. Pablo Montalvo e Ing. Msc. Marco Santillán que con paciencia y dedicación supieron guiarnos durante el desarrollo del trabajo de investigación.

J.C.V.R.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios y con mucho respeto y amor a mis padres Alfonso y Blanca, quienes con su ejemplo, cariño y una abnegación incalculable han sido el pilar para poder conseguir mis metas universitarias.

A mis hermanos Mauricio e Israel, que con su apoyo en los buenos y malos momentos han fortalecido mi espíritu de superación y dedicación.

W.X.G.G.

## **DEDICATORIA**

Con todo mi cariño y respeto dedico este esfuerzo a Dios y a mis padres Benigno y Elsa; que me han impulsado a construir constantemente nuevas metas, y me han otorgado la oportunidad de superación y sobre todo nunca dudaron que podría lograr este triunfo.

A mis hermanos que siempre estuvieron ahí para apoyarme y estimularme, especialmente con sus sabios consejos y por estar a mi lado en los momentos difíciles

J.C.V.R.

## TABLA DE CONTENIDOS

| <u>CAPÍTULO</u>  | <u>PÁGINA</u> |
|--|---------------|
| <b>1. GENERALIDADES.....</b>                                   | <b>1</b>      |
| 1.1 Introducción.....  | 1             |
| 1.2 Antecedentes.....  | 1             |
| 1.3 Justificación.....   | 2             |
| 1.4 Objetivos.....   | 3             |
| 1.4.1 Objetivo General.....                                    | 3             |
| 1.4.2 Objetivos Específicos.....                               | 3             |
| <b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>                                   | <b>4</b>      |
| 2.1 Corriente eléctrica.....                                   | 4             |
| 2.2 Instrumentos para la medición de corrientes.....           | 4             |
| 2.2.1 Galvanómetros.....                                       | 4             |
| 2.2.2 Microamperímetros.....                                   | 5             |
| 2.3 Sistemas embebidos.....                                    | 5             |
| 2.3.1 Sistema embebido NI Crio de la National Instruments..... | 6             |
| 2.3.2 El diseño de sistemas embebidos .....                    | 7             |
| 2.3.3 Plataforma abierta.....                                  | 9             |
| 2.3.4 Prestaciones y flexibilidad.....                         | 9             |
| 2.3.5 Áreas de aplicación.....                                 | 10            |
| 2.4 NI cRIO-9074 controlador integrado en tiempo real.....     | 12            |
| 2.4.1 Especificaciones técnicas y físicas.....                 | 13            |
| 2.4.2 Módulo de entrada de corriente de 4 canales NI 9227..... | 13            |
| 2.4.3 Fuente de Poder 5A, 24 VDC “NI PS-15”.....               | 15            |
| 2.4.4 Tiempo real.....   | 16            |
| 2.5 Sistemas digitales y analógicos.....                       | 16            |
| 2.5.1 Sistema digital.....                                     | 16            |
| 2.5.2 Sistema analógico.....                                   | 17            |
| 2.5.2.1 Señal analógica.....                                   | 17            |
| 2.5.3 Comparación de una señal analogica y una digital.....    | 18            |
| 2.6 Sistema SCADA.....   | 18            |
| 2.6.1 Prestaciones.....  | 19            |
| 2.6.2 Requisitos.....  | 19            |
| 2.6.3 Módulos de un SCADA.....                                 | 20            |
| 2.7 Software de sistemas gráficos LabVIEW.....                 | 21            |
| 2.7.1 Aplicaciones de instrumentación virtual.....             | 22            |
| 2.7.2 Plataformas hardware integradas.....                     | 23            |
| 2.7.3 Configuración del hardware.....                          | 24            |
| 2.7.4 Funcionalidad del MAX .....                              | 25            |
| 2.7.5 LabVIEW example finder.....                              | 25            |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 2.7.5.1   | Panel frontal.....  | 26        |
| 2.7.5.2   | Diagrama de bloques.....  | 27        |
| 2.7.6     | Programación dataflow.....  | 28        |
| 2.7.7     | Técnicas de depuración.....   | 29        |
| 2.7.8     | Ventana de ayuda sensible al contexto.....                                      | 29        |
| 2.7.9     | Consejos para trabajar con LabVIEW.....   | 30        |
| 2.7.10    | Tipos de datos en los controles e indicadores.....                              | 32        |
| 2.7.11    | Bucles.....   | 33        |
| 2.7.11.1  | Bucles while loop.....  | 33        |
| 2.7.11.2  | Bucles for loop.....  | 34        |
| 2.7.12    | Modularidad en LabVIEW – SubVIs.....  | 34        |
| 2.7.13    | Crear SubVIs.....   | 35        |
| 2.7.13.1  | Crear SubVIs desde secciones de un VI.....                                      | 36        |
| 2.8       | Sistema de adquisición de datos.....  | 37        |
| 2.8.1     | Análisis de datos.....  | 38        |
| 2.8.2     | Categorías de análisis.....   | 39        |
| 2.8.2.1   | Medición.....   | 40        |
| 2.8.2.2   | Procesamiento de señal.....   | 40        |
| 2.8.2.3   | Matemáticas.....  | 40        |
| 2.8.2.4   | Procesamiento de imágenes.....  | 40        |
| 2.8.2.5   | Control PID.....  | 40        |
| 2.8.2.6   | Áreas de aplicación.....  | 41        |
| 2.8.3     | Análisis programático - interactivo.....  | 41        |
| 2.9       | Instrumentación.....  | 43        |
| 2.9.1     | Diagrama de flujo.....  | 43        |
| 2.9.2     | Válvula de control (FISHER).....  | 44        |
| 2.9.2.1   | Descripción de una válvula de control.....                                      | 45        |
| 2.9.2.2   | Acción de una válvula de control (posición falla).....                          | 46        |
| 2.9.2.3   | Capacidad de una válvula de control.....  | 47        |
| 2.9.3     | Transformador de corriente.....   | 47        |
| <b>3.</b> | <b>IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE CORRIENTES.....</b>      | <b>48</b> |
| 3.1       | Montaje de equipos y sensores CompactRIO.....                                   | 48        |
| 3.2       | Configuración del equipo.....   | 50        |
| 3.3       | Configuración de las tarjetas.....  | 54        |
| 3.4       | Pruebas.....  | 64        |
| 3.5       | Mantenimiento y seguridad de los equipos.....                                   | 67        |
| 3.5.1     | Norma DIN, EN 60529 (código IP) 60529.....                                      | 67        |
| 3.5.2     | Normas de seguridad.....  | 69        |
| <b>4.</b> | <b>ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y GUÍA PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....</b> | <b>70</b> |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.1       | Elaboración del manual de operación de laboratorio.....   | 70        |
| 4.1.1     | Recomendaciones de seguridad para lugares peligrosos.....   | 70        |
| 4.1.2     | Precauciones.....   | 71        |
| 4.1.2.1   | Condiciones especiales para los lugares peligrosos.....   | 71        |
| 4.1.3     | Equipos y materiales para instalar el CompactRIO.....   | 71        |
| 4.1.4     | Montaje del CompactRIO.....   | 72        |
| 4.1.5     | Montaje del cRIO-9074 en una superficie plana.....  | 73        |
| 4.1.6     | Montaje del chasis en un riel DIN.....  | 74        |
| 4.1.7     | Instalación de los módulos de E/S en el chasis.....   | 75        |
| 4.1.8     | Extracción de los módulos E/S desde el chasis.....  | 76        |
| 4.1.9     | Conexión del chasis a una red.....  | 76        |
| 4.1.10    | El cableado de alimentación en el chasis.....   | 77        |
| 4.1.11    | Encendido del cRIO-9074.....  | 77        |
| 4.1.12    | Conexión de dispositivos de serie a la cRIO-9074.....   | 78        |
| 4.2       | Elaboración de guías de prácticas de laboratorio.....   | 79        |
| 4.2.1     | Experimento de Laboratorio N° 1: Adquisición de datos de funcionamiento de un maja 3f.....                    | 79        |
| 4.2.2     | Experimento de Laboratorio N° 2: Control, Adquisición de datos de funcionamiento de un sistema de bombeo..... | 85        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>91</b> |
| 5.1       | Conclusiones.....   | 91        |
| 5.2       | Recomendaciones.....  | 91        |

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**  
**BIBLIOGRAFÍA.**  
**LINKOGRAFÍA**  
**ANEXOS**

## LISTA DE TABLAS

| <b><u>TABLA</u></b> |   | <b><u>PÁGINA</u></b> |
|---------------------|---|----------------------|
| 2.1                 | Especificaciones técnicas del sistema integrado NI cRIO-9074..... | 13                   |
| 2.2                 | Especificaciones técnicas del módulo de corriente NI 9227.....    | 14                   |
| 2.3                 | Tipos de datos que maneja LabVIEW.....                            | 32                   |
| 3.1                 | Medidas de amperaje y voltaje.....                                | 67                   |
| 3.2                 | Protección de las personas respecto a partes peligrosas.....      | 68                   |
| 3.3                 | Protección del equipo contra la penetración del agua.....         | 68                   |
| 3.4                 | Protección de personas contra el acceso a partes peligrosas.....  | 69                   |
| 4.1                 | Pin y descripciones.....  | 78                   |
| 4.2                 | Registro de valores de práctica del sistema de bombeo.....        | 90                   |

## LISTA DE FIGURAS

| <u>FIGURA</u> |   | <u>PÁGINA</u> |
|---------------|---|---------------|
| 2.1           | Galvanómetro.....   | 4             |
| 2.2           | Microamperímetro.....                                       | 5             |
| 2.3           | Sistema integrado NI cRIO-9074.....                         | 12            |
| 2.4           | Módulo de entrada de corriente NI 9227.....                 | 13            |
| 2.5           | Fuente de poder NI PS-15.....                               | 15            |
| 2.6           | Módulos de un sistema SCADA.....                            | 20            |
| 2.7           | Plataforma de desarrollo gráfica LabVIEW.....               | 22            |
| 2.8           | Plataforma hardware integradas.....                         | 23            |
| 2.9           | Accesorios de Hardware.....                                 | 24            |
| 2.10          | Panel frontal y diagrama de bloques de un VI.....           | 26            |
| 2.11          | Dataflow.....   | 28            |
| 2.12          | Ventana context help.....                                   | 30            |
| 2.13          | Teclas de atajo de LabVIEW.....                             | 31            |
| 2.14          | While loop.....   | 33            |
| 2.15          | For loop.....   | 34            |
| 2.16          | Sub VI's.....   | 35            |
| 2.17          | Creación de sub VI's.....                                   | 35            |
| 2.18          | Sub VI desde secciones de un VI.....                        | 36            |
| 2.19          | Diagrama de block de instrumentos virtuales de LabVIEW..... | 39            |
| 2.20          | El VI de reflejo del dominio del tiempo.....                | 42            |
| 2.21          | Válvula de control o Fisher.....                            | 44            |
| 2.22          | Esquema simplificado de una válvula Fisher neumática.....   | 45            |
| 2.23          | Válvulas de: (a) falla cerrada y (b) falla abierta.....     | 46            |
| 2.24          | Transformador de corriente.....                             | 47            |
| 3.1           | Componentes de NI cRIO-9073.....                            | 48            |
| 3.2           | Conexión de la fuente de poder.....                         | 49            |
| 3.3           | Ubicación de cada tarjeta en el chasis.....                 | 49            |
| 3.4           | Comunicación vía red entre el NI cRIO y el computador.....  | 50            |
| 3.5           | Configuración de la conexión del área local.....            | 51            |
| 3.6           | Selección de la versión de protocolo de internet.....       | 51            |
| 3.7           | Configuración de la dirección IP del computador.....        | 52            |
| 3.8           | Configuración del remote systems.....                       | 53            |
| 3.9           | Configuración de la dirección IP del NI cRIO.....           | 54            |
| 3.10          | Empty project.....  | 55            |
| 3.11          | Configuración de las tarjetas del NI cRIO.....              | 56            |
| 3.12          | Reconocimiento del real-time CompactRIO.....                | 57            |
| 3.13          | Reconocimiento del Compact RIO en el computador.....        | 58            |
| 3.14          | Scan Interface.....   | 58            |
| 3.15          | Ventana principal del project explorer.....                 | 59            |
| 3.16          | Identificación de las tarjetas del NI cRIO.....             | 60            |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 3.17 | Configuración de las propiedades de la tarjeta NI 9227.....            | 61 |
| 3.18 | Configuración de las propiedades de la tarjeta NI 9205.....            | 62 |
| 3.19 | Configuración de las propiedades de la tarjeta NI 9263.....            | 62 |
| 3.20 | Selección de un VI dentro del project.....                             | 63 |
| 3.21 | Sistema de Bombeo.....   | 64 |
| 3.22 | Nuevo VI.....  | 65 |
| 3.23 | Diagrama de bloques y panel frontal.....                               | 65 |
| 3.24 | Diagrama de conexión de las tarjetas NI 9227 y NI 9263.....            | 66 |
| 3.25 | Conexión del Ni cRIO 9074.....   | 66 |
| 4.1  | CompactRIO cRIO-9074.....  | 70 |
| 4.2  | Vista inferior con dimensiones, cRIO-9074.....                         | 72 |
| 4.3  | Vista frontal con dimensiones, cRIO-9074.....                          | 72 |
| 4.4  | Vista lateral con dimensiones, cRIO-9074 .....                         | 73 |
| 4.5  | Instalación y montaje de accesorios en el panel del cRIO-9074..        | 73 |
| 4.6  | Panel con accesorios instalados y dimensiones del cRIO-9074...         | 74 |
| 4.7  | Instalación del riel DIN y clip en el cRIO-9074.....                   | 74 |
| 4.8  | Borde del carril DIN insertado en el clip.....                         | 75 |
| 4.9  | Serie C de E/S del módulo, vista frontal con dimensiones.....          | 75 |
| 4.10 | Instalación de un módulo I / O en el chasis.....                       | 76 |
| 4.11 | Controlador de puerto.....   | 78 |
| 4.12 | Panel frontal y diagrama de bloques del laboratorio 1.....             | 79 |
| 4.13 | Motor jaula de ardilla.....  | 80 |
| 4.14 | Arranque estrella-triángulo para un MAJA 3F.....                       | 83 |
| 4.15 | Diagrama de bloques y panel frontal del laboratorio 2.....             | 85 |
| 4.16 | Proceso de medición de flujo en el sistema de bombeo.....              | 86 |
| 4.17 | Diagrama de bloques del control y monitoreo del sistema de bombeo..... | 89 |

## LISTA DE ABREVIACIONES

|              |   |
|--------------|---|
| <b>ARINC</b> | Aeronautical Radio Inc.                     |
| <b>BNC</b>   | Borne de conexión de presión por resorte    |
| <b>CA</b>    | Corriente Alterna                           |
| <b>CC</b>    | Corriente Continua                          |
| <b>CD</b>    | Corriente Directa                           |
| <b>CSA</b>   | Asociación de Normas de Canadá              |
| <b>DAQ</b>   | Dispositivo Adquisición Datos               |
| <b>DMA</b>   | Acceso directo a memoria                    |
| <b>DRAM</b>  | Memoria dinámica de acceso aleatorio        |
| <b>E/S</b>   | Entrada/Salida                              |
| <b>EMC</b>   | Compatibilidad electromagnética             |
| <b>EMI</b>   | Inmunidad de transferencia electromagnética |
| <b>EN</b>    | Norma Europea                               |
| <b>FEM</b>   | Fuerza Electromotriz                        |
| <b>FPGA</b>  | Campo de matriz de puertas programables     |
| <b>FTP</b>   | Protocolo de transferencia de archivos      |
| <b>GPIB</b>  | Bus de interfaz de propósito general        |
| <b>GPS</b>   | Sistema de posición global                  |
| <b>GSM</b>   | Sistema global para comunicaciones móviles  |
| <b>HTTP</b>  | Protocolo de transferencia de hipertexto    |
| <b>IEC</b>   | Comisión Electrotécnica Internacional       |
| <b>IMAQ</b>  | Adquisición de Imágenes                     |
| <b>IVI</b>   | Intercambiables instrumentos virtuales      |
| <b>LAN</b>   | Red de área local                           |
| <b>MAX</b>   | Explorador, Automatización y Medición       |
| <b>MB</b>    | Megabyte                                    |
| <b>MPC</b>   | Microprocesador                             |
| <b>NI</b>    | National Instruments                        |
| <b>NVH</b>   | Ruido, Vibraciones, Dureza                  |
| <b>OEM</b>   | Fabricante de equipamiento original         |
| <b>PC</b>    | Computadora personal                        |

|              |  |
|--------------|--|
| <b>PCI</b>   | Interconexión de componentes periféricos                                 |
| <b>PID</b>   | Proporcional Integral Derivativo   |
| <b>PXI</b>   | Bus industrial de comunicaciones estándar para instrumentación y control |
| <b>RMS</b>   | Raíz cuadrática media  |
| <b>RT</b>    | Tiempo real  |
| <b>RTOS</b>  | Sistema operativo de tiempo real   |
| <b>SCADA</b> | Supervisión, Control y Adquisición de Datos                              |
| <b>TPC</b>   | Protocolo de Control de Transmisión                                      |
| <b>UL</b>    | Underwriters Laboratories  |
| <b>USB</b>   | Bus de serie universal   |
| <b>VHDL</b>  | Lenguaje de descripción del hardware                                     |
| <b>VI</b>    | Instrumentos virtuales   |

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO 1:** Banco de Pruebas del Sistema de Bombeo
- ANEXO 2:** Manual Operaciones del Chasis CompactRIO 9074
- ANEXO 3:** Manual de Operaciones de la Tarjeta 9205
- ANEXO 4:** Manual de Operaciones de la Tarjeta 9263
- ANEXO 5:** Manual de Operaciones de la Tarjeta 9227

## SUMARIO

La presente tesis se basa en el desarrollo de un Sistema Scada para la Medición de Corrientes con Sistemas Embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica el cual supervisará, controlará y adquirirá datos de procesos industriales mediante el ordenador con la ayuda de un equipo diseñado por la National Instrument llamado Compact RIO, que se compone de un procesador industrial en tiempo real, el chasis embebido reconfigurable que contiene la FPGA y los módulos de E/S intercambiables en caliente, que hacen posible tener un alto nivel de flexibilidad en el sistema.

La tarjeta NI 9227 para la adquisición de señales eléctricas de sensores acoplados a procesos, y mediante el SCADA con LabVIEW se diseñó un programa capaz de controlar y de generar históricos de señales analógicas y ser enviadas a una hoja de cálculo que sirven para el análisis y la toma de decisiones sobre el proceso.

La elaboración de las prácticas de medición de corrientes se hizo en la válvula Fisher de un sistema de bombeo y con las fases de un motor jaula de ardilla 3F obteniendo varios valores en tiempo real cada fracción de segundo y de forma continua sin que corran riesgos los operarios.

Todo el sistema demostró ser fiable, óptimo y seguro capaz de funcionar en cualquier proceso Industrial y en ambientes extremos, pues es un conjunto completo diseñado para satisfacer las necesidades de la industria ecuatoriana.

## **SUMMARY**

This thesis is based on the development of a SCADA system for the current measurement for Embedded Systems Laboratory Mechatronics Faculty of Mechanical, which supervise, control and acquire data from industrial processes through the computer with the help of a equipment designed by the National Instrument called Compact RIO, which consist of an industrial real-time embedded reconfigurable chassis containing the FPGA and E/S hot-swappable, which enables a high level of flexibility in the system.

NI 9227 card for the purchase of electrical signals from sensors couple to processes and using the LabVIEW SCADA designed a program capable of controlling and historical generate analog signals and sent to a spreadsheet used for analysis and decision about the process.

The development of current practice of measuring was done in the Fisher valve pumping system and the phases of a squirrel cage motor 3F getting multiple values in real time, every split second and on a continuous basis to take risks the operators.

The whole system proved reliable, optimal and secure, able to operate in any industrial process and in extreme environments, it is a complete set designed to know the industry needs in Ecuador.

## CAPÍTULO I

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1 Introducción**

Debido al avance tecnológico para poder satisfacer la demanda de productos, el sector industrial ve la necesidad de progresar a la par con la tecnología, adquiriendo equipos de punta basados en la automatización de los mismos, en los diferentes procesos presentes para poder conseguir una alta disponibilidad operativa.

Ante la exigencia de tener una alta confiabilidad y mantenibilidad es indispensable partir de una adecuada organización de mantenimiento, tomando en cuenta que la automatización de equipos, es uno de los objetivos imprescindible para poder alcanzar las metas impuestas por la industria, y así abaratar costos y aumentar la producción.

Gracias a la tecnología de la National Instruments podemos contar con equipos a la vanguardia como el NI cRIO que es un equipo de control, monitoreo y análisis, los cuales son capaces de reemplazar procesos difíciles y costosos, obteniendo los mismos resultados que con técnicas de mantenimiento rutinarias y antiguas, siendo capaces de generar adquisición de datos en tiempo real obteniendo resultados casi exactos.

Con los equipos de la National Instruments podemos brindar una ayuda adecuada para el correcto aprendizaje teórico-práctico de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica acorde a los avances tecnológicos, difundiendo un alto espíritu de investigación y conocimiento de dichos avances en el laboratorio de Mecatrónica.

#### **1.2 Antecedentes**

El presupuesto para la Educación Superior en los últimos tiempos se ha venido limitando, con lo que la implementación adecuada de laboratorios no van acorde a los avances tecnológicos que en la actualidad la industria y las políticas de calidad exigen. Estas políticas requieren que el nivel académico de los futuros profesionales cubra estas

expectativas y necesidades, por tanto las Universidades y Escuelas Politécnicas tienen el compromiso de incrementar esta Oferta Académica.

Es por esto que la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH adquirió un laboratorio de Mecatrónica, donde se encuentran equipos automatizados los cuales serán un gran complemento para que los estudiantes al realizar sus prácticas puedan desenvolverse en su vida profesional en las diferentes industrias que estén sujetas a acceder a la automatización.

Por estas razones también se ha visto la necesidad de seguir adquiriendo equipos programables con tecnología avanzada, que servirán como un apéndice para que los estudiantes se vayan familiarizando y desarrollen varias técnicas de control, adquisición y monitoreo industrial. Estos equipos cuentan con un software amigable, por lo cual la programación es más rápida y sencilla permitiendo al usuario una intervención más efectiva, segura y rápida en los diferentes procesos hasta alcanzar una alta disponibilidad y costos bajos dentro de la producción brindando seguridad a los operarios y maquinaria.

### **1.3 Justificación**

El desarrollo tecnológico existente en la actualidad ha permitido que el laboratorio de Mecatrónica de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento de la Facultad de Mecánica, vea la necesidad de contar con equipos de control, monitoreo y automatización con tecnología como el NI cRIO para el desarrollo académico.

La implementación del sistema Scada para el control, monitoreo y análisis de corrientes con sistemas embebidos dentro del Laboratorio de Mecatrónica ayudará a la formación de profesionales con fundamentos tecnológicos, basados en un buen aprendizaje teórico-práctico, estando a la altura de los requerimientos del sector productivo de nuestro país que se encuentra en un proceso de adquisición y desarrollo tecnológico.

Los sistemas embebidos de Corriente del Compact RÍO fabricados por la National Instruments permitirán a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento conocer, manipular, monitorear procesos industriales basados en la toma de datos de Corrientes existentes en la industria, conociendo desde su programación basada con el Labview hasta su ejecución.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Desarrollar un sistema Scada para la medición de corrientes con sistemas embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Mecánica.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las características del software para la adquisición de señales de corrientes eléctricas.
- Determinar las características del hardware para el monitoreo y análisis de señales de corrientes eléctricas.
- Donar la tarjeta de adquisición de datos de corrientes NI 9227 para el Laboratorio de Mecatrónica.
- Elaborar una guía de prácticas de medición de corrientes eléctricas con sistemas embebidos para el Laboratorio de Mecatrónica.
- Monitorear y controlar a distancia procesos industriales mediante Sistemas Embebidos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Corriente Eléctrica

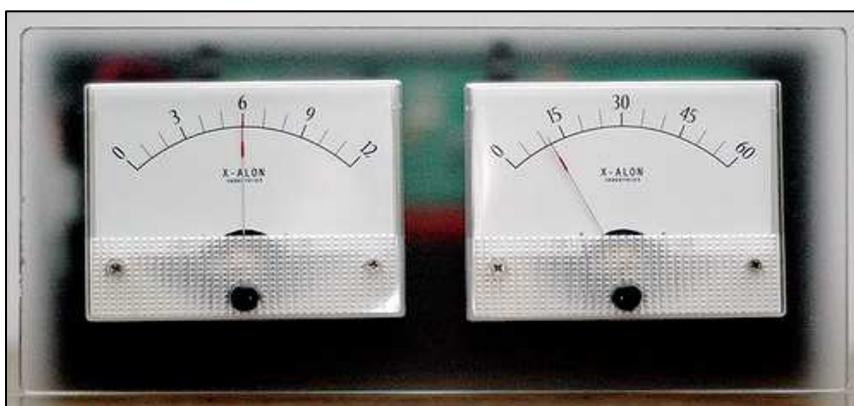
La corriente o intensidad eléctrica es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones en el interior del material. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en  $C \cdot s^{-1}$  (culombios sobre segundo), unidad que se denomina amperio. Una corriente eléctrica, puesto que se trata de un movimiento de cargas, produce un campo magnético, lo que se aprovecha en el electroimán.

El instrumento usado para medir la intensidad de la corriente eléctrica es el galvanómetro que, calibrado en amperios, se llama amperímetro, colocado en serie con el conductor cuya intensidad se desea medir.

#### 2.2 Instrumentos para la Medición de Corrientes

Algunos de los instrumentos y más importantes para medir corriente son:

##### 2.2.1 Galvanómetros



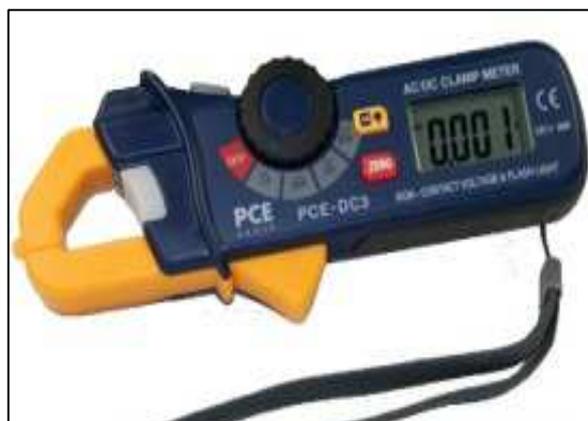
**Figura 2.1** Galvanómetro

Los galvanómetros son los instrumentos principales en la detección y medición de corriente. Se basan en las interacciones entre una corriente eléctrica y un imán. El mecanismo del galvanómetro está diseñado de forma que un imán permanente o un electroimán produce un campo magnético, lo que genera una fuerza cuando hay un flujo de corriente en una bobina cercana al imán. El elemento móvil puede ser el imán o la bobina. La fuerza inclina el elemento móvil en un grado proporcional a la intensidad de la corriente. Este elemento móvil puede contar con un puntero o algún otro dispositivo que permita leer en un dial el grado de inclinación.

Los galvanómetros tienen denominaciones distintas según la magnitud de la corriente que pueden medir.

### **2.2.2 Microamperímetros**

Un microamperímetro está calibrado en millonésimas de amperio y un miliamperímetro en milésimas de amperio. Los galvanómetros convencionales no pueden utilizarse para medir corrientes alternas, porque las oscilaciones de la corriente producirían una inclinación en las dos direcciones.



**Figura 2.2** Microamperímetro

### **2.3 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 “empotrado”) está caracterizando que estos 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 que puede quedar tan oculto a nuestros ojos, que la presencia de tales “chips” no resulte nada obvia a quien lo mira.

Los sistemas embebidos se caracterizan normalmente por la necesidad de dispositivos de E/S especiales. Cuando se opta por diseñar el sistema empotrado partiendo de una placa con microcomputador también es necesario comprar o diseñar placas de E/S adicionales para cumplir con los requisitos de la aplicación concreta.

Muchos sistemas embebidos son sistemas de tiempo real. Un sistema de tiempo real debe responder, dentro de un intervalo restringido de tiempo, a eventos externos mediante la ejecución de la tarea asociada con cada evento. Los sistemas de tiempo real se pueden caracterizar como blandos o duros. Si un sistema de tiempo real blando no cumple con sus restricciones de tiempo, simplemente se degrada el rendimiento del sistema, pero si el sistema es de tiempo real duro y no cumple con sus restricciones de tiempo, el sistema fallará. Este fallo puede tener posiblemente consecuencias catastróficas.

Un sistema empotrado complejo puede utilizar un sistema operativo como apoyo para la ejecución de sus programas, sobre todo cuando se requiere la ejecución simultánea de los mismos. Cuando se utiliza un sistema operativo lo más probable que se trate de un sistema operativo de tiempo real (RTOS), que es un sistema operativo diseñado y optimizado para manejar fuertes restricciones de tiempo asociadas con eventos en aplicaciones de tiempo real.

En una aplicación de tiempo real compleja la utilización de un sistema operativo de tiempo real multitarea puede simplificar el desarrollo del software.

### **2.3.1 Sistema Embebido NI cRIO de la National Instruments**

Para hacer más fácil este proceso, National Instruments (NI) desarrolló CompactRIO, un sistema embebido de bajo coste, robusto y de altas prestaciones que combina la potencia de procesamiento y la flexibilidad de las FPGAs (Field-Programmable Gate Array) con la fiabilidad de un procesador en tiempo real en un solo paquete fácil de usar.

NI CompactRIO se basa en la nueva tecnología de Entradas/Salidas reconfigurables (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 cRIO 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.

### **2.3.2 El Diseño de Sistemas Embebidos**

La arquitectura CompactRIO 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 CompactRIO incorpora un procesador industrial de Freescale MPC5200 de 400 MHz que ejecuta las aplicaciones de LabVIEW Real-Time de forma determinística 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 CompactRIO 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 CompactRIO 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 35 VCC.

El chasis reconfigurable es el corazón de los sistemas embebidos de CompactRIO, 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 CompactRIO 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 2.300 Vrms y aislamiento para 250 Vrms continuos. Cada componente viene con diversas certificaciones y calificaciones internacionales de seguridad, compatibilidad electromagnética (EMC) y de medio ambiente.

El CompactRIO 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, CompactRIO es capaz de proporcionar capacidades de control y adquisición 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 cm<sup>3</sup>/ch (0,50 in<sup>3</sup>/ch). El consumo típico de potencia de todo el sistema embebido CompactRIO es del orden de 7 a 10W.

### **2.3.3 Plataforma Abierta**

Con la plataforma abierta CompactRIO se pueden desarrollar módulos de E/S personalizados para satisfacer las necesidades particulares de los productos y de las aplicaciones. NI ofrece un kit de desarrollo de módulos para los ingenieros que incluye herramientas para la creación de módulos personalizados CompactRIO - software de desarrollo de módulos CompactRIO personalizados, documentación técnica completa y derechos de licencia para desarrollar y fabricar módulos de CompactRIO personalizados. Algunos ejemplos de módulos personalizados para la plataforma CompactRIO incluyen módulos para el estándar inalámbrico 802.11, GPS, GSM, MIL-1553 y protocolos ARINC 429, así como el prototipado de motores de vehículos.

### **2.3.4 Prestaciones y Flexibilidad**

Utilizando la potencia del núcleo de la FPGA de CompactRIO se pueden diseñar lazos de control digital de 1MHz sin reducción de las prestaciones cuando se aumenta el número de los cálculos lógicos y también hacer funcionar lazos de control PID analógicos a 100 kHz utilizando cálculos basados en números enteros de 32 bits en la FPGA. Los constructores de máquinas están utilizando la velocidad y la capacidad de personalización de CompactRIO para integrar el control de movimiento de velocidad ultra-elevada para servomotores multi-eje y motores paso a paso.

La actualización de los sistemas embebidos para satisfacer las nuevas demandas de las aplicaciones ha sido siempre un difícil proceso que implica la incorporación y la integración de nuevo hardware, así como la creación de software para implementar la funcionalidad requerida.

Con el diseño modular de CompactRIO se puede rediseñar y actualizar fácil y rápidamente los nuevos sistemas embebidos cuando una aplicación necesita cambiar sin tener que implementar interfaces de hardware complejas.

La FPGA embebida en CompactRIO está programada con LabVIEW, por lo que los sistemas embebidos se pueden personalizar y rediseñar en un corto espacio de tiempo. Si se necesita modificar la funcionalidad del sistema, basta con conectar un nuevo módulo, cambiar el código de LabVIEW y descargar una nueva configuración en el hardware de la FPGA.

### **2.3.5 Áreas de Aplicación**

Debido a su bajo costo, fiabilidad e idoneidad para las aplicaciones de medida y control embebidas de gran volumen, se puede adaptar CompactRIO para satisfacer las necesidades de una amplia variedad de industrias y aplicaciones. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Adquisición, registro de datos y control de procesos.
- 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).

CompactRIO se utiliza 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 CompactRIO 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 Nexans Spider en el Mar del Norte. Para el control de la excavadora hay tres sistemas CompactRIO 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.

El nuevo sistema integrado CompactRIO NI cRIO-9074 es una extensión del sistema integrado actual que combina un procesador industrial en tiempo real y una FPGA reconfigurable dentro de un solo chasis.

El cRIO-9074 integra un procesador en tiempo real de 400 MHz con un FPGA de 2M de compuertas y tiene 8 ranuras para módulos de E/S de la Serie C. El cRIO-9074 es el controlador de menor precio en la familia CompactRIO que se programa fácilmente por medio de CompactRIO Scan Mode.

## 2.4 NI cRIO-9074 Controlador Integrado en Tiempo Real

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.



**Figura 2.3** Sistema Integrado NI cRIO.9074

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 se puede usar para llevar a cabo comunicación programática en la red y Web integrada (HTTP) y en servidores de archivos (FTP).

Por ejemplo, se puede usar un puerto Ethernet para comunicación en red a un servidor o sistema empresarial y el otro puerto para expansión de E/S (se puede conectar

fácilmente otro sistema CompactRIO u otro dispositivo basado en Ethernet para E/S adicional). **Ver Anexo 2**

#### 2.4.1 Especificaciones Técnicas y Físicas

**Tabla 2.1** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SISTEMA INTEGRADO NI CRIO-9074

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS                    | PARÁMETROS |
|--|------------|
| Formato Físico                               | CompactRIO |
| Sistema Operativo / Objetivo                 | Real-Time  |
| Soporte para LabVIEW RT                      | Sí         |
| Número de Ranuras                            | 8          |
| Controlador Integrado                        | Sí         |
| <b>ELÉCTRICO</b>                             |            |
| Fuente de Alimentación Recomendada: Potencia | 48 W       |
| Fuente de Alimentación Recomendada: Voltaje  | 24 V       |
| Rango de Entrada de Voltaje                  | 19..30 V   |
| Consumo de Potencia                          | 20 W       |
| <b>FPGA RECONFIGURABLE</b>                   |            |
| FPGA   | Spartan-3  |
| Compuertas                                   | 2000000    |
| <b>ESPECIFICACIONES FÍSICAS</b>              |            |
| Longitud                                     | 28.97 cm   |
| Ancho  | 8.73 cm    |
| Altura                                       | 5.89 cm    |
| Peso   | 929 gram   |
| Temperatura de Operación                     | -20..55 °C |
| Compatibilidad CE                            | Sí         |

#### 2.4.2 Módulo de entrada de corriente de 4 canales NI 9227



**Figura 2.4** Módulo de Entrada de Corriente NI 9227

El módulo de entrada de corriente de 4 canales de la Serie C NI 9227 C fue diseñado para medir 5 Arms nominales y hasta 14 A pico en cada canal con aislamiento entre canales, también puede ver los factores de calidad como ruido, frecuencia y armónicos.

**Tabla 2.2** ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MÓDULO DE CORRIENTE NI 9227

| <b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>        |                           |
|---|---------------------------|
| <b>GENERAL</b>                          |                           |
| Producto                                | NI 9227                   |
| Familia de Productos                    | E/S Industrial            |
| Formato Físico                          | CompactDAQ , CompactRIO   |
| Sistema Operativo/Objetivo              | Real-Time , Windows       |
| Tipos de Medida                         | Corriente                 |
| Tipo de Aislamiento                     | Aislamiento Entre Canales |
| Compatibilidad con RoHS                 | Sí                        |
| Tipo de Terminación                     | Screw-Termination         |
| Acondicionamiento de Señales            | Filtro anti-aliasing      |
| <b>ENTRADA ANALÓGICA</b>                |                           |
| Canales                                 | 0 , 4                     |
| Canales de una sola terminal            | 0                         |
| Canales Diferenciales                   | 4                         |
| Resolución                              | 24 bits                   |
| Velocidad de Muestreo                   | 50 kS/s                   |
| Ancho de Banda                          | 24.6 kHz                  |
| Rango de Corriente Máximo               | -5 Arms , 5 Arms          |
| Precisión Máxima del Rango de Corriente | 0.011 A                   |
| Muestreo Simultáneo                     | Sí                        |
| Impedancia de Entrada                   | 12 MOhm                   |
| <b>SALIDA ANALÓGICA</b>                 |                           |
| Canales                                 | 0                         |
| <b>E/S DIGITAL</b>                      |                           |
| Canales Bidireccionales                 | 0                         |
| Canales de Entrada Únicamente           | 0                         |
| Canales de Salida Únicamente            | 0                         |
| Número de Canales                       | 0 , 0 , 0                 |
| Contadores/Temporizadores               |                           |
| Número de Contadores/Temporizadores     | 0                         |
| <b>ESPECIFICACIONES FÍSICAS</b>         |                           |
| Longitud                                | 9 cm                      |
| Ancho                                   | 2.3 cm                    |
| Conector de E/S                         | Terminales de tornillo    |
| Temperatura de Operación                | -40 °C a 70 °C            |

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| Temperatura de Almacenamiento | -40 °C a 85 °C |
|-------------------------------|----------------|

Cuando es usado con el módulo NI 9225 de alto voltaje, el módulo de corriente NI 9227 puede medir consumo de potencia y energía para aplicaciones como pruebas de dispositivos electrodomésticos y eléctricos. Con muestreo simultáneo hasta 50 KS/s por canal, no solamente se puede medir corriente y potencia sino

### 2.4.3 Fuente de Poder 5A, 24 VDC “NI PS-15”



**Figura 2.5** Fuente de Poder NI PS-15

- 1-fase, 115/230 VAC entrada; 24 a 28 VDC, 5 A salida
- Suministro de poder para: CompactRIO, Compact FieldPoint, NI Single-Board RIO, NI Smart Cameras, y NI TPCs
- Rendimiento limite de poder de 120W entre -25 y +60 °C, (derated 3 W/°C de 60 a 70 °C)
- Reserva de poder del 20 por ciento para las cargas dinámicas puede agotarse continuamente a 45 °C
- Los terminales Toll-less spring-clamp para la conectividad del campo fácil
- Accesorios montados disponibles DIN-rail y panel/side

Las fuentes de alimentación industriales NI ofrecen una vida esperada larga, reservas de poder generosas, y la importancia compacta. El NI CompactRIO proporciona la energía ideal de 24 V para, punto de campo NI, NI junta simple RIO, Cámara Inteligente NI, Tablero Computarizado de Toque NI (TPC), sistema NI CompactDAQ con sus accesorios cargados DC en los drivers motores.

El sistema de la barra DIN y terminales de alerta no requieren herramientas los cuales hacen de la instalación fácil. La gama amplia y autoselecta entraron que los

voltajes se resisten a los errores del usuario. El rango de la temperatura de funcionamiento ancho y la interferencia electromagnética extraordinaria (EMI) la inmunidad habilita operación sin preocupaciones, incluso bajo las condiciones ásperas.

La fuente de alimentación industrial NI P-15 impulsa garantía de reserva del 20 por ciento para las cargas fluctuantes. Usted puede usar esta corriente extra continuamente para las temperaturas ambientales bajo 45 °C. Con éstos las reservas se energizan, usted no necesita el sobre tamaño para las cargas dinámicas simplemente escoge a unidad que se encuentra sus requerimientos que opera. En algunos casos se puede seleccionar a la unidad menor, mientras ahorra dinero y espacio

#### **2.4.4 Tiempo Real**

La capacidad en tiempo real se refiere a la capacidad del ordenador en programas de procesamiento de datos para que siempre esté listo para procesar y proporcionar los resultados dentro de un tiempo especificado. En este contexto "estrictamente en tiempo real" significa que un sistema reacciona a los eventos externos dentro de un tiempo especificado en un 100% de los casos. Además si se habla de "tiempo real" el sistema debe responder en tiempos concretos también en un 100% de los casos. Si, de otra forma, los tiempos concretos de reacción pueden superarse en ciertos casos, como en sistemas no críticos, hablamos de "tiempo real suave".

### **2.5 Sistemas digitales y analógicos**

#### **2.5.1 Sistema Digital**

Es cualquier dispositivo destinado a la generación, transmisión, procesamiento o almacenamiento de señales **digitales**.

Una señal digital corresponde a magnitudes físicas limitadas a tomar sólo unos determinados valores discretos. Por ejemplo: 0 (señal de resistencia eléctrica, muy pequeña), ó 1(señal de resistencia eléctrica, muy grande). Las computadoras digitales utilizan la lógica de dos estados: la corriente pasa o no pasa por los componentes electrónicos de la computadora.

Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de High y Low, respectivamente, en inglés). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

### **2.5.2 Sistema Analógico**

Es aquel que tiene la capacidad de generar, transmitir, procesar o almacenar señales analógicas.

Se dice que una señal es analógica cuando las magnitudes de la misma se representan mediante variables continuas, análogas (Relación de semejanza entre cosas distintas.) a las magnitudes que dan lugar a la generación de esta señal.

Referido a un aparato o a un instrumento de medida, decimos que es analógico cuando el resultado de la medida se representa mediante variables continuas, análogas a las magnitudes que estamos midiendo.

#### **2.5.2.1 Señal Analógica**

Una señal analógica es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc. La magnitud también puede ser cualquier objeto medible como los beneficios o pérdidas de un negocio.

Se dice que un sistema es analógico cuando las magnitudes de la señal se representan mediante variables continuas, esto es análoga a las magnitudes que dan lugar a la generación de esta señal. Un sistema analógico contiene dispositivos que manipulan cantidades físicas representadas en forma analógica. En un sistema de este tipo, las cantidades varían sobre un intervalo continuo de valores.

Así, una magnitud analógica es aquella que toma valores continuos. Una magnitud digital es aquella que toma un conjunto de valores discretos.

Desventajas de las señales analógicas en términos electrónicos

- Las señales de cualquier circuito o comunicación electrónica son susceptibles de ser modificadas de forma no deseada de diversas maneras mediante el ruido, lo que ocurre siempre en mayor o menor medida.
- La gran desventaja respecto a las señales digitales, es que en las señales analógicas, cualquier variación en la información es de difícil recuperación, y esta pérdida afecta en gran medida al correcto funcionamiento y rendimiento del dispositivo analógico.

### **2.5.3 Comparación de una Señal Analógica y una Señal Digital**

Una señal analógica puede verse como una forma de onda que toma un continuo de valores en cualquier tiempo dentro de un intervalo de tiempos.

Una señal digital es una forma de onda muestreada o discreta, pero cada número en la lista puede, en este caso, tomar solo valores específicos. Por ejemplo, si se toma una forma de onda de voltaje muestreada y se redondea cada valor a la décima de voltio más cercana, el resultado es una señal digital.

## **2.6 Sistema SCADA**

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

En este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador, que efectúa tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta

normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA.

### **2.6.1 Prestaciones**

Un paquete SCADA debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- Posibilidad de crear paneles de alarma, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- Generación de históricos de señal de planta, que pueden ser volcados para su proceso sobre una hoja de cálculo.
- Ejecución de programas, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómeta, bajo ciertas condiciones.
- Posibilidad de programación numérica, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Con ellas, se pueden desarrollar aplicaciones para ordenadores (tipo PC, por ejemplo), con captura de datos, análisis de señales, presentaciones en pantalla, envío de resultados a discos e impresora, etc.

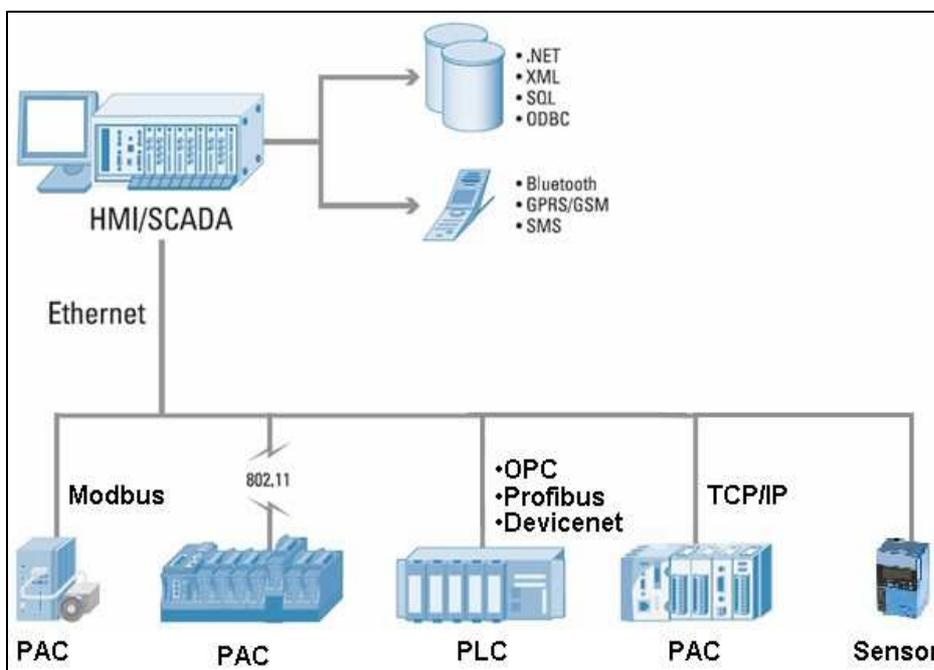
Además, todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general (como C, Pascal, o Basic), lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad. Algunos SCADA ofrecen librerías de funciones para lenguajes de uso general que permiten personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho SCADA.

### **2.6.2 Requisitos**

Un SCADA debe cumplir varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada:

- Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).
- Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware, y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

### 2.6.3 Módulos de un SCADA.



**Figura 2.6** Módulos de un SCADA

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

- **Configuración:** permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- **Interfaz gráfico del operador:** proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.

- **Módulo de proceso:** ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- **Gestión y archivo de datos:** se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- **Comunicaciones:** se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

## 2.7 Software de sistemas gráficos LabVIEW. <sup>[1]</sup>

Es una herramienta de programación gráfica, esto quiere decir que utiliza íconos en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones, a diferencia de la programación basada en las líneas de código para determinar la ejecución de un programa, LabVIEW utiliza programación de flujo de datos, donde el flujo de los datos determina la ejecución. Es altamente eficaz para la construcción de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, además nos brinda una capacidad de crear una interfaz de interacción con el usuario para las aplicaciones antes mencionadas. La palabra LabVIEW viene de las siglas en Inglés de: Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.

Desde su aparición en 1986, ingenieros y científicos de todo el mundo que se han basado en el desarrollo gráfico de NI LabVIEW para proyectos a lo largo del ciclo de diseño del producto han mejorado la calidad, han acortado el tiempo de salida del producto al mercado y han conseguido una mejor eficiencia ingenieril y de fabricación. Al utilizar el entorno integrado LabVIEW para interferir con señales reales, analizar datos y compartir resultados, usted puede acelerar la productividad a lo largo de su organización.

Ya que LabVIEW tiene la flexibilidad de un lenguaje de programación junto con herramientas propias diseñadas específicamente para el test, medida y control, se puede crear aplicaciones que van desde una monitorización simple de temperatura hasta sistemas de control y simulación sofisticados. No importa cuál sea su proyecto, LabVIEW tiene las herramientas necesarias para realizarlo con éxito rápidamente.

La interfaz de usuario es conocida como panel frontal (Front Panel), este se construye con una serie de herramientas y objetos. El código se agrega usando una

representación gráfica de funciones para controlar los objetos del panel frontal. El diagrama de bloques (Block Diagram) contiene este código. Podemos decir que el diagrama de bloques se parece a un gráfico de flujo de señal.

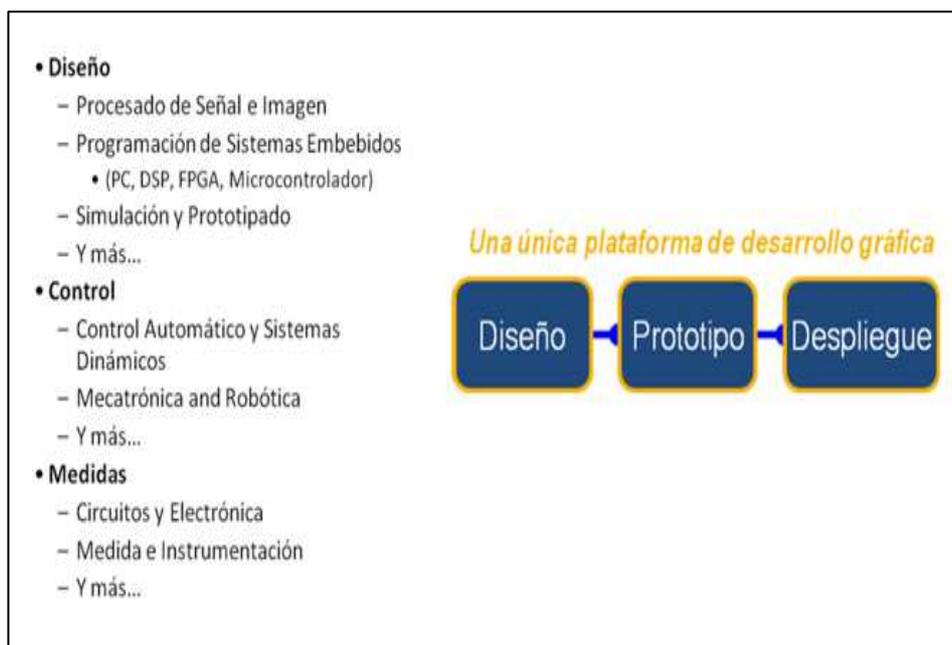
Los programas de LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales (VI, por sus siglas en Inglés) porque su apariencia y operación imita un instrumento físico, como osciloscopios y multímetros.

### **2.7.1 Aplicaciones de Instrumentación Virtual**

La Instrumentación Virtual es aplicable a muchos tipos diferentes de aplicaciones, desde el diseño al prototipado y despliegue.

La plataforma LabVIEW proporciona herramientas específicas y modelos para solucionar aplicaciones que van desde el diseño de algoritmos de procesamiento de señal a la medida de voltajes y puede utilizarse cualquier tipo de plataforma, desde el ordenador a dispositivos embebidos, con un paradigma gráfico potente e intuitivo.

LabVIEW abarca desde el diseño y desarrollo en PCs a varios sistemas embebidos, desde prototipos pequeños y robustos a sistemas embebidos en chips. LabVIEW centraliza el diseño de sistemas con una plataforma de desarrollo gráfica única.



### 2.7.2 Plataformas Hardware Integradas

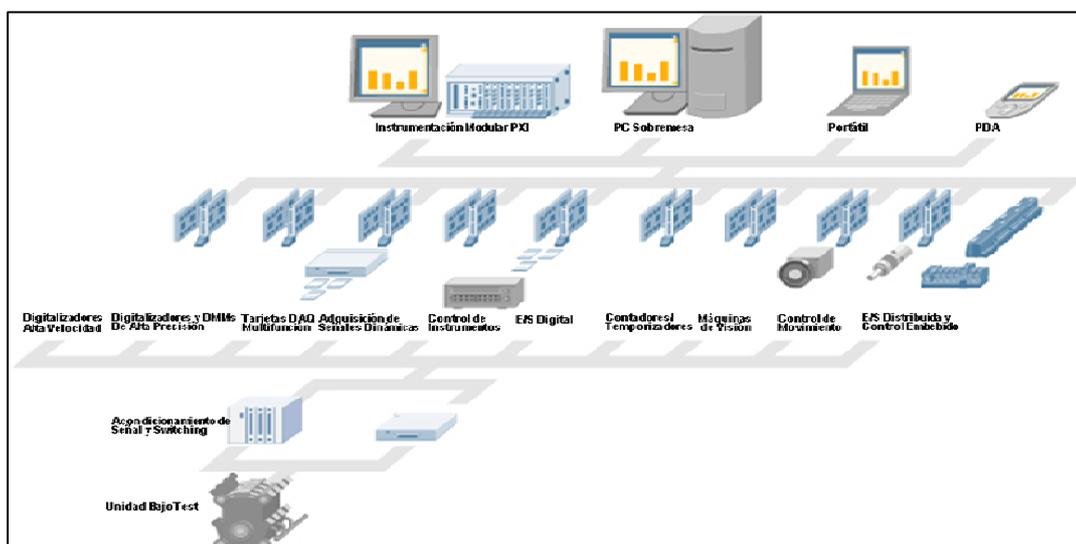
Un instrumento virtual consta de un ordenador estándar o estación de trabajo equipado con un software de aplicación potente, un hardware apropiado como tarjetas insertables y un driver, todo combinado para realizar las funciones de instrumentos tradicionales.

Los instrumentos virtuales representan un avance fundamental desplazando a los sistemas de instrumentación tradicionales orientados al hardware hacia los sistemas orientados al software que explotan la potencia computacional, las posibilidades de productividad y las nuevas aplicaciones de trabajo.

**Figura 2.7** Plataforma Desarrollo Gráfica LabVIEW

Aunque el PC y la tecnología de circuitos integrados han experimentado avances significativos en las dos últimas décadas, el software ofrece realmente la flexibilidad de crecer sobre este potente hardware para crear instrumentos virtuales, proporcionando mejores maneras de innovar y reducir costes significativamente.

Con instrumentos virtuales, los ingenieros y científicos construyen sistemas de medida y automatización para adecuar sus necesidades exactamente (definidas por el usuario) en vez de estar limitadas por instrumentos tradicionales con una única función (definidas por el fabricante).



### 2.7.3 Configuración del Hardware



**Figura 2.8** Plataforma Hardware Integradas  
**Figura 2.9** Accesorios de Hardware

Dispositivo del Compact RIO

- Cable de Red, PCI, o PXI
- Configurado en MAX
- Tarjeta de Adquisición de Datos NI 9227
- Software simulado a nivel de driver
- Fuente de Poder
- Chasis NI cRIO 9074

Dentro del software existe el llamado Measurement & Automation Explorer (MAX). El MAX es un interfaz software que le da acceso a todos sus dispositivos National Instruments de CompactRIO, GPIB, IMAQ, IVI, Motion, VISA y VXI. El acceso directo al MAX es colocado en su escritorio después de la instalación. Una imagen del icono se muestra arriba.

El MAX es principalmente utilizado para configurar y testear su hardware de National Instruments, pero también ofrece otras funcionalidades como verificar si tiene la versión más reciente del NI CompactRIO instalado. Cuando ejecuta una aplicación que usa NI CompactRIOmx, el software lee la configuración del MAX para determinar los

dispositivos que ha configurado. Por lo tanto, usted debe configurar sus dispositivos CompactRIO primeramente en el MAX.

#### **2.7.4 Funcionalidad del MAX**

Se divide en siete categorías

- Data Neighborhood
- Devices and Interfaces
- VI Instruments
- Scales
- Historical Data
- Software
- VI Logger Tasks

La funcionalidad se enfoca sobre Data Neighborhood, Devices and Interfaces, Scales y Software.

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfica que utiliza iconos en vez de líneas de texto para crear aplicaciones. En contra a los lenguajes de programación basados en texto, donde las instrucciones determinan la ejecución del programa, LabVIEW utiliza la programación “dataflow”, donde el flujo de datos determina el orden de ejecución.

LabVIEW también incluye diferentes asistentes para configurar rápidamente sus dispositivos CompactRIO, instrumentos basados en PC y construir aplicaciones.

#### **2.7.5 LabVIEW Example Finder**

LabVIEW incluye cientos de ejemplos y VI's que se puede usar e incorporar a sus VI's. Además de los ejemplos que vienen con LabVIEW, también se puede acceder a cientos de ejemplos y VI's en el NI Developer Zone ([zone.ni.com](http://zone.ni.com)). Se puede modificar o adaptar un ejemplo para su aplicación, o puede copiar y pegar uno o más de esos ejemplos a su VI.

Los programas hechos en LabVIEW se denominan instrumentos virtuales (VIs).

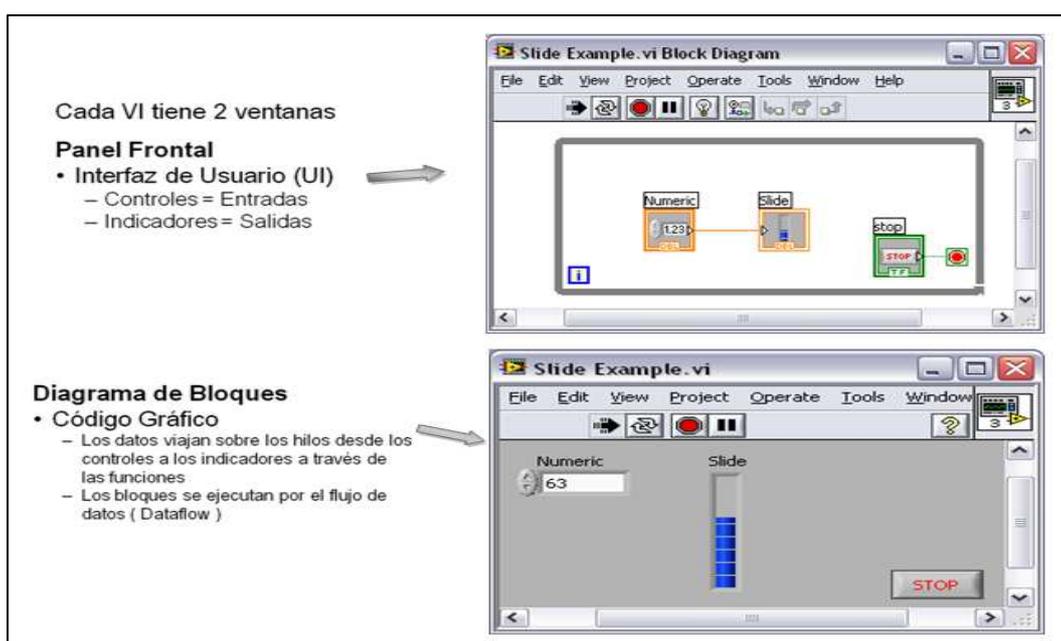
Los controles son entradas y los indicadores son salidas.

Cada VI se compone de 3 partes principales:

- Panel Frontal – Donde el usuario interactua con el VI.
- Diagrama de Bloques – Donde se desarrolla el código que controla el programa.
- Icono/Conector – Medio de conectar un VI a otros VIs.

### 2.7.5.1 Panel Frontal

El panel frontal de un VI es una combinación de controles e indicadores, que no son otra cosa que las entradas y salidas interactivas respectivamente. Los controles simulan los tipos de dispositivos de entrada que encontramos en cualquier tipo de instrumento convencional, como pueden ser perillas o botones, cuando manipulamos estos dispositivos comienza el flujo dentro del diagrama de bloques. Por otro lado los indicadores son mecanismos para desplegar información que ya se procesó. Entre los que se incluyen están varios tipos de gráficas y tablas, así como indicadores numéricos, booleanos y arreglos. Podemos decir que cuando hablamos de controles e indicadores nos estamos refiriendo a todo tipo de entrada y salida dentro de un VI.



**Figura 2.10** Panel Frontal y Diagrama de Bloques de un VI

### **2.7.5.2 Diagrama de Bloques**

Esta parte es semejante a las instrucciones que encontramos en los programas convencionales, aquellos en los que se compila a base de texto, sólo que aquí en vez de utilizar código se utilizan bloques y sólo hay que ir determinando el flujo de datos. Cuenta con tres tipos de componentes, que son: terminales, nodos y líneas de conexión.

Primeramente, las terminales son todos los controles e indicadores que se plasman en el panel frontal y aparecerán aquí como variables de entrada y salida respectivamente.

Los nodos son los elementos de la ejecución del programa y se dividen en tres tipos que son: Funciones, SubVI's y estructuras. Las funciones se refieren a las operaciones fundamentales del diagrama de bloques, por ejemplo hacer la suma de dos datos, los SubVI's que se configuran como sub rutinas dentro de otro VI y las estructuras son las que controlan el flujo de programa, por ejemplo For Loop y While loop. Para terminar, las líneas de conexión, como su nombre lo dice, son los enlaces virtuales entre todas las terminales y nodos.

En LabVIEW, usted construye un interfaz de usuario utilizando una serie de herramientas y objetos. El interfaz de usuario es conocido como el panel frontal. Luego, añade código utilizando representaciones gráficas de funciones para controlar los objetos del panel frontal. El diagrama de bloques contiene este código. De alguna manera, el diagrama de bloques aparenta un diagrama de flujo.

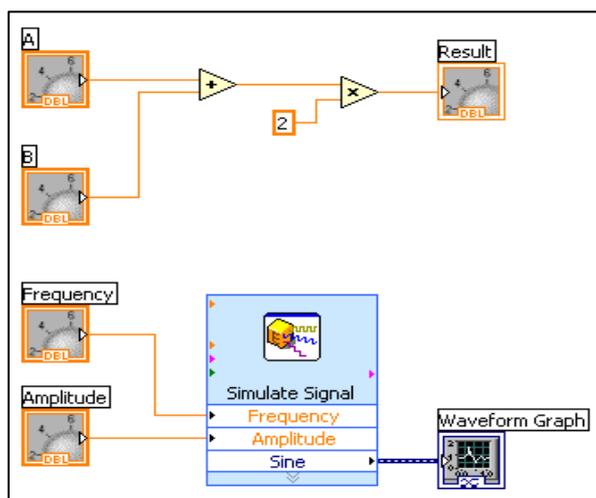
Los usuarios interactúan con el panel frontal cuando el programa está ejecutándose. Los usuarios pueden controlar el programa, cambiar las entradas y ver los datos actualizados en tiempo real. Los controles son usados para entradas, como ajustar un control para establecer un valor de alarma, encender o apagar un interruptor, o parar un programa. Los indicadores son usados como salidas. Termómetros, bombillas u otros indicadores muestran los valores de salida desde el programa. Estos pueden incluir datos, estados del programa u otras informaciones.

Cada control o indicador del panel frontal tiene un terminal correspondiente en el diagrama de bloques. Cuando un VI está ejecutándose, los valores de los controles circulan

hacia el diagrama de bloques, donde se utilizan en las funciones del diagrama y los resultados son pasados a otras funciones o indicadores a través de hilos.

### 2.7.6 Programación Dataflow

LabVIEW sigue un modelo de flujo de datos ( dataflow ) para la ejecución de VI's. Un nodo o función del diagrama de bloques se ejecuta cuando todas sus entradas están disponibles.



**Figura 2.11** Dataflow

Cuando un nodo completa su ejecución, éste suministra datos a sus terminales de salida y pasa los datos de salida al siguiente nodo. Visual Basic, C++, JAVA y la mayoría de otros lenguajes de programación basados en texto siguen un modelo de flujo de control (controlflow) en la ejecución del programa. En un flujo de control, el orden secuencial de los elementos del programa determinan el orden de ejecución de un programa.

Consideremos el diagrama de bloques de arriba. Suma dos números y luego multiplica por dos el resultado de la suma. En este caso, el diagrama de bloques se ejecuta de izquierda a derecha, no porque los objetos están colocados en ese orden, sino porque una de las entradas de la función de multiplicación no está disponible hasta que la función suma se haya ejecutado y pase el resultado a la función de multiplicación. Recuerde que un nodo se ejecuta solamente cuando los datos están disponibles en todos sus terminales de entrada, y suministra los datos a su salida solamente cuando termina de ejecutarse. En la segunda porción de código el VI Simulate Signal recibe las entradas desde los controles y pasa su resultado a un gráfico.

Se puede considerar que el código de suma y multiplicación y el código que simula una señal estén en el mismo diagrama de bloques en paralelo. Esto significa que ambos comenzarán a ejecutarse al mismo tiempo y se ejecutarán uno independientemente del otro.

Si el ordenador que ejecuta este código tuviese múltiples procesadores, estas dos porciones de código podrían ejecutarse una independientemente de la otra (cada código en un procesador) sin ningún tipo de código adicional.

### **2.7.7 Técnicas de Depuración**

Cuando el VI no es ejecutable, una flecha rota es mostrada en el botón Run de la paleta.

- **Encontrar errores:** para listar los errores, pulsar sobre la flecha rota. Para localizar el objeto erróneo, pulse sobre el mensaje de error.



- **Ejecución Highlighting:** anima el diagrama y muestra el flujo de datos, permitiendo visualizar valores intermedios. Pulsar la bombilla de la barra de herramientas para activar la opción



- **Probe:** se usa para visualizar los valores de arrays, cluster. Pulsar sobre los hilos con la herramienta **Probe** seleccionada o pulse botón derecho sobre el hilo y seleccione probes



- **Retener Valores en los hilos (Retain Value Wire):** se usa junto con los probes para visualizar los valores de la última iteración del programa.

- **Punto de Ruptura (Breakpoint):** establecer paradas en diferentes puntos del diagrama. Pulsar sobre los hilos u objetos con la herramienta **Breakpoint**.

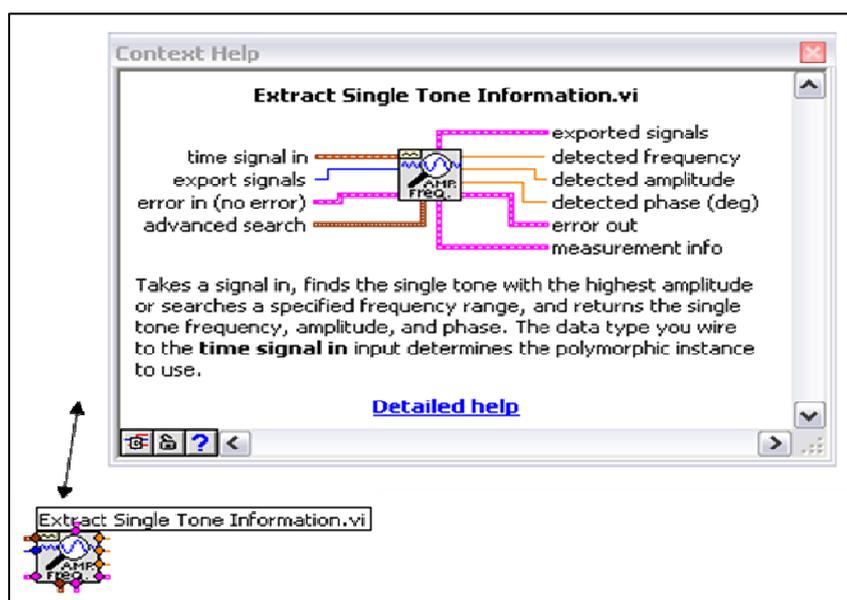
### **2.7.8 Ventana de Ayuda Sensible al Contexto**

#### **Ayuda adicional**

- Dar clic con el botón derecho del ratón sobre el icono del VI y elija “**Help**”, ó
- Elejir “**Detailed Help.**” en la ventana de ayuda sensible al contexto

La ventana **Context Help** muestra información básica sobre los objetos de LabVIEW cuando se mueve el cursor sobre cada objeto. Estos incluyen VI's, funciones, constantes, estructuras, paletas, propiedades, métodos, eventos.

Para mostrar la ventana de Context Help, seleccionar **Help»Show Context Help**, o se pulsa <Ctrl+H>, o con el botón **Show Context Help Window** de la barra de herramientas.



**Figura 2.12** Ventana Context Help

Las conexiones de las funciones o VI's en el Context Help son:

Requeridas – están en **negrita**

Recomendadas – están en letra normal

Opcionales – están en gris tenue

### **Additional Help**

- **Ayuda de Vis, Funciones también existe.**
- Pulse click derecho sobre el icono del VI y seleccione **Help**, o
- Eliga “**Detailed Help.**” desde la ventana de context help.
- **LabVIEW Help**

- Help»Search the LabVIEW Help.

### **2.7.9 Consejos Para Trabajar con LabVIEW**

LabVIEW tiene teclas de acceso rápido que hace el trabajo mucho más fácil. Las más comunes están listadas arriba.

Mientras que la herramienta Automatic Selection es muy buena para seleccionar la herramienta que se quiere usar en LabVIEW, hay algunas veces en las que se quiere un control o selección manual. Una vez que la herramienta Automatic Selection está desactivada, utilice la tecla del Tabulador para cambiar a una de las cuatro herramientas más comunes (Operate Value, Position/Size/Select, Edit Text, Set Color en el panel frontal y Operate Value, Position/Size/Select, Edit Text, Connect Wire en el diagrama de bloques).

Una vez que se ha terminado con la herramienta que se haya seleccionado, se puede pulsar <Mayúsculas+Tabulador> para activar de nuevo la herramienta Automatic Selection.

En el cuadro de diálogo de **Tools»Options**, hay muchas opciones configurables para personalizar el panel frontal, diagrama de bloques, los colores, impresión y mucho más.

De forma similar a las opciones de LabVIEW, también se puede configurar las propiedades específicas de un VI seleccionando **File»VI Properties**. Ahí se puede documentar el VI, cambiar la apariencia de una ventana y personalizarla de diferentes maneras, etc.

#### **Teclas de atajos**

- <Ctrl+H> – Activar/Desactivar la ventana de ayuda sensible al contexto
- <Ctrl+B> – Eliminar los cables rotos del diagrama de bloques
- <Ctrl+E> – Conmutar entre el panel frontal y el diagrama de bloques
- <Ctrl+Z> – Deshacer (También en el menú de "Edit")

**Tools»Options...** – Elija las preferencias en LabVIEW  
**Propiedades del VI** – Configure la apariencia del VI, documentación, etc.

**Figura 2.13** Teclas de Atajos

### 2.7.10 Tipos de datos en los controles e indicadores

La tabla siguiente muestra los símbolos para los diferentes tipos de datos que se puedan manejar en los VI's.

**Tabla 2.3 TIPOS DE DATOS QUE MANEJA LABVIEW**

| CONTROL   | INDICADOR   | TIPO DE DATO   | COLOR         |
|---|---|--|---------------|
|    |    | Single-precision floating-point numeric  | Orange        |
|    |    | Double-precision floating-point numeric  | Orange        |
|    |    | Extended-precision floating-point numeric  | Orange        |
|    |    | Complex single-precision floating-point numeric  | Orange        |
|    |    | Complex Double-precision floating-point numeric  | Orange        |
|    |    | Complex Extended-precision floating-point numeric  | Orange        |
|  |  | 8-bit signed integer numeric   | Blue          |
|  |  | 16-bit signed integer numeric  | Blue          |
|  |  | 32-bit signed integer numeric  | Blue          |
|  |  | 8-bit unsigned integer numeric   | Blue          |
|  |  | 16-bit unsigned integer numeric  | Blue          |
|  |  | 32-bit unsigned integer numeric  | Blue          |
|  |  | Boolean  | Green         |
|  |  | String   | Pink          |
|  |  | Cluster –Abarca muchos tipos de datos, los datos del cluster pueden ser cafés si son elementos numéricos, rosados si son datos diferentes. | Brown or Pink |
|  |  | Dynamic  | Blue          |
|  |  | Waveform –Estos llevan no sólo datos, si no también tiempo y un $\Delta t$ de la waveform.   | Brown         |
|  |  | Digital Waveform   | Dark Green    |
|  |  | Digital Data   | Dark Green    |
|  |  | I/O name –Datos procedentes de algún dispositivo de adquisición de datos   | Purple        |
|  |  | Picture  | Blue          |

Es de gran importancia conocer los datos que se están manejando, cada uno de los tipos de datos es representado por un color, dependiendo de lo que se esté utilizando.

Hay que mencionar también que las terminales tienen una flecha, si esta es de salida se refiere a un control y si esta es de entrada se trata de un indicador. El color de las líneas de conexión salientes de cada una de las terminales de control es correspondiente al color del tipo de datos que se está manejando. Para los nodos, es diferente, dependiendo del tipo de dato que se esté manejando. LabVIEW puede o no puede hacer una conversión automática, en caso de no poder hacerlo, marcará la línea de conexión como rota y no se podrá correr el programa hasta no haber hecho la conversión correspondiente.

### 2.7.11 Bucles

Tanto el bucle While como el For se encuentran en la paleta Functions»Programming»Structures. El bucle For se diferencia del bucle While en que el bucle For se ejecuta un número de veces establecido. Un bucle While para de ejecutar el subdiagrama solamente cuando el valor de terminal de la condición se cumple.

#### 2.7.11.1 Bucles While Loop

Es similar a un bucle Do o a un Repeat-Until en los lenguajes basados en texto. Un bucle While, mostrado en la parte superior derecha, ejecuta un subdiagrama hasta que se da la condición. El bucle While ejecuta el subdiagrama hasta que el terminal de condición, un terminal de entrada, recibe un valor booleano específico.

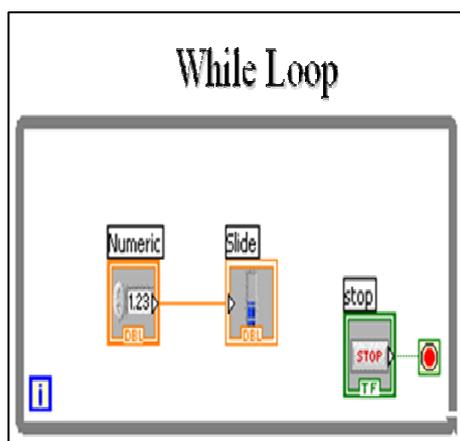
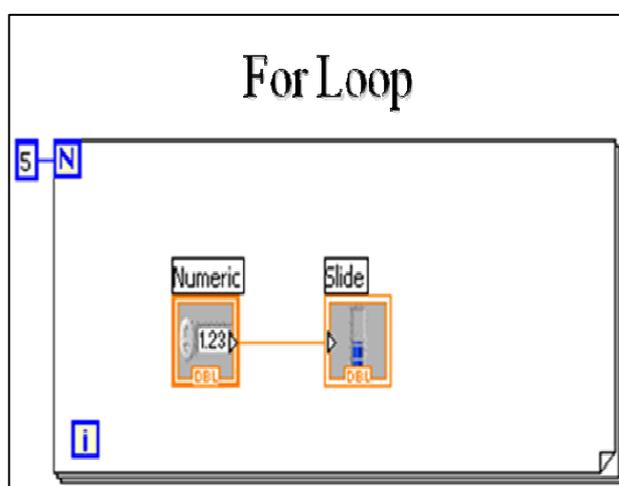


Figura 2.14 While Loop

El comportamiento por defecto y la apariencia del terminal de condición es Parar si es Verdadero (Stop If True). Cuando un terminal de condición está configurado como Stop If True, el bucle While ejecuta su subdiagrama hasta que el terminal de condición recibe un valor TRUE. El terminal de iteración (un terminal de salida), mostrado a la izquierda, contiene el número de iteraciones completadas. Siempre comienza desde cero. Durante la primera iteración, el terminal de iteración devuelve 0

### 2.7.11.2 Bucles For Loop

Un bucle For, ejecuta un subdiagrama un número de veces establecido.



**Figura 2.15** For Loop

El valor en el terminal de cuenta (un terminal de entrada) representado por N, indica cuántas veces se debe repetir el subdiagrama.

El terminal de iteración (un parámetro de salida), mostrado a la izquierda, contiene el número de iteraciones completadas. Siempre comienza desde cero. Durante la primera iteración, el terminal de iteración devuelve 0

### 2.7.12 Modularidad en LabVIEW – SubVI's

La modularidad define el grado en el que su VI está compuesto de componentes discretos tales que un cambio en uno componente tiene un impacto pequeño en otros componentes. En LabVIEW estos componentes son llamados subVI's.

En la imagen de ejemplo siguiente se puede ver código repetido que permite al usuario elegir entre escalas de temperatura. Ya que esta porción del código es idéntico en ambos casos, se puede crear un subVI para ello. Esto hará que el código sea más leible y nos permitirá usar código más fácilmente.

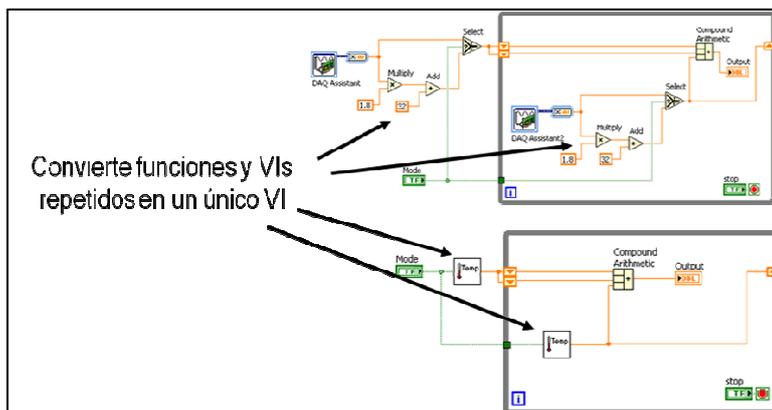


Figura 2.16 SubVI's

Cualquier porción de código LabVIEW puede ser convertido a un subVI que a su vez, puede ser usado por otro código LabVIEW

### 2.7.13 Crear SubVI's

Un subVI corresponde a una llamada a una subrutina en lenguajes basados en texto. Un diagrama de bloques que contiene varios subVI's idénticos, llaman al mismo subVI varias veces.

Los controles e indicadores del subVI reciben y devuelven datos del diagrama de bloques del VI que lo llama. Seleccionar la función **Select a VI** desde la paleta de funciones, navegue y seleccionar un VI, y finalmente colocar en el diagrama de bloques.

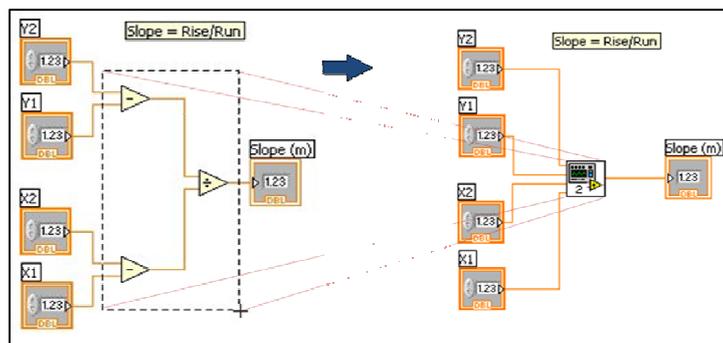
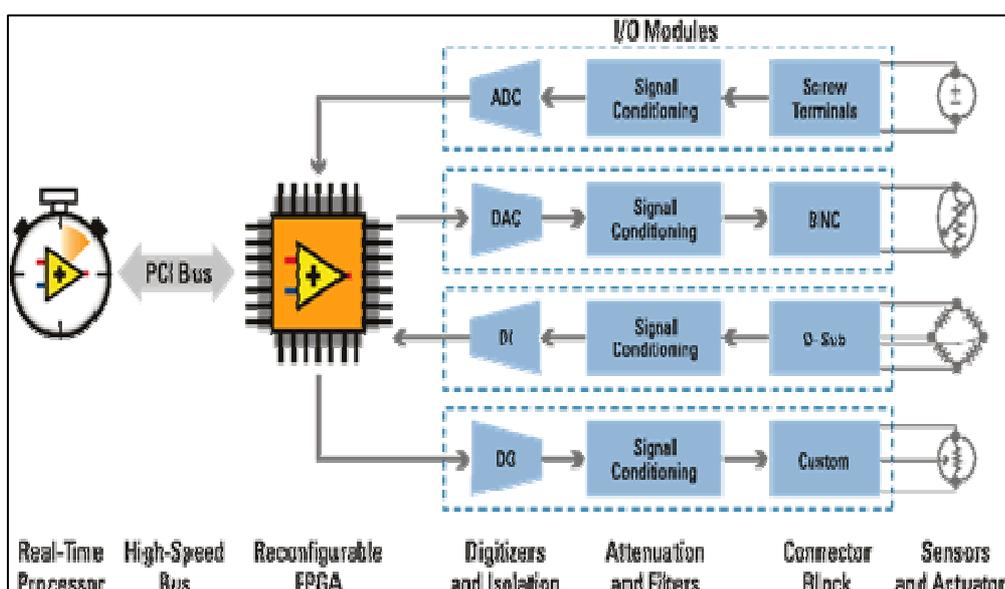


Figura 2.17 Creación de SubVIs

Los terminales de entrada y salida de un subVI y su icono pueden ser fácilmente personalizables. Siga las instrucciones a continuación para crear un subVI rápidamente.

### 2.7.13.1 Crear SubVI's desde secciones de un VI

LabVIEW es un entorno de desarrollo gráfico que proporciona flexibilidad y facilidad de uso para aplicaciones demandantes industriales y embebidas. Se puede usar el Módulo LabVIEW Real-Time para crear un programa que se ejecute de manera fiable en el controlador en tiempo real CompactRIO.



**Figura 2.18** SubVIs desde secciones de un VI

Se puede escoger entre más de 600 funciones integradas de LabVIEW, incluyendo acceso directo a los módulos de E/S, para construir aplicaciones para control, análisis, registro de datos y comunicación en tiempo real. También se puede integrar código C/C++ existente con código LabVIEW Real-Time. En aplicaciones que requieren temporización y procesamiento de señales personalizados, se puede utilizar el Módulo LabVIEW FPGA para programar y personalizar el FPGA dentro del chasis CompactRIO. Se desarrolla las aplicaciones de LabVIEW en Real-Time y/o LabVIEW

FPGA en un Pc utilizando programación gráfica y con las aplicaciones del CompactRIO se ejecutan de manera autónoma o en red con otros sistemas. También se puede utilizar LabVIEW para construir rápidamente una interfaz humano-máquina (HMI)

o una interfaz de usuario, para su sistema CompactRIO, que pueda ejecutarse en una PC conectada en red o en una pantalla táctil embebida.

## **2.8 Sistemas de Adquisición de Datos**

Los sistemas digitales de control se utilizan ampliamente debido a su bajo coste en comparación con los analógicos. Presentan ventajas en cuanto inmunidad al ruido, precisión y facilidad de implementar funciones complejas. El principal inconveniente es que tienen una respuesta más lenta, aunque para la mayoría de las aplicaciones esto no es un inconveniente. Los sistemas de control de procesos con realimentación computarizada se utilizan en muchas industrias para controlar sus distintos procesos de fabricación.

En el mundo físico, las variables son continuas y es preciso transformarlas, amplificarlas y convertirlas a variables digitales para que un sistema digital las pueda procesar. Los sistemas de adquisición de datos realizan todas estas funciones. En otras palabras, los sistemas de adquisición y conversión de datos se usan para procesar señales analógicas y convertirlas en digitales para su posterior procesamiento o análisis mediante computador o en nuestro caso en un ordenador personal.

En general, un sistema de adquisición de datos toma una magnitud física tal como presión, temperatura, posición, etc. y la convierte en una tensión o corriente eléctrica que será posteriormente muestreada y cuantificada (digitalizada). Una vez conseguido esto, todo el posterior tratamiento de la señal se realiza por circuitos electrónicos digitales.

En principio tiene lugar un tratamiento electrónico y al terminar éste, la señal se convierte en digital mediante un convertidor o conversor A/D (analógico/digital). Esta salida digital puede ir a diferentes sistemas digitales tales como un ordenador, un controlador digital, un transmisor de datos digital, etc.

Un circuito completo de adquisición de datos esta comformado con todos los componentes fundamentales y sus interconexiones.

La entrada al sistema (el parámetro físico a medir), se convierte en una magnitud eléctrica por el transductor y ésta se lleva a la entrada del amplificador. La misión de éste es preparar la señal de salida del transductor al nivel de tensión necesario (1 a 10V) para atacar al siguiente circuito analógico. Sigue al amplificador un filtro activo paso baja,

usado para eliminar los componentes de alta frecuencia o ruido de la señal. En ocasiones se puede necesitar hacer con la señal alguna operación no lineal en cuyo caso ésta se puede hacer antes o después del filtrado.

A continuación, la señal va a un multiplexor analógico en el que cada canal de entrada es conectado secuencialmente a la salida durante un periodo de tiempo especificado. De esta forma los circuitos que siguen al multiplexor son compartidos secuencialmente por un cierto número de señales analógicas.

La salida del multiplexor analógico va a un circuito de muestreo y retención ('sample and hold'), el cual muestrea la salida del multiplexor en un momento determinado y mantiene el nivel de tensión en su salida hasta que el conversor (A/D) realiza la conversión.

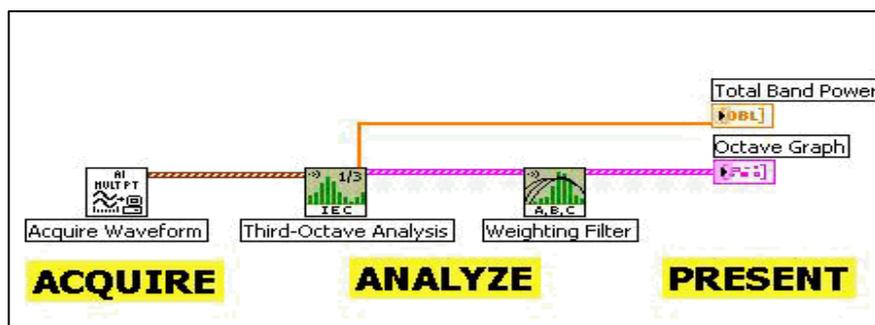
Por último, la programación y secuencia de tiempos de la operación se realiza por los circuitos de control que a partir de las salidas digitales de control, procedentes del ordenador personal, controla al multiplexor, 'sample and hold' y conversor A/D.

### **2.8.1 Análisis de Datos**

Los usuarios generalmente comienzan su trabajo adquiriendo datos dentro de una aplicación o programa, porque sus tareas generalmente requieren de una interacción con procesos físicos. Para poder extraer información valiosa de los datos adquiridos, tomar decisiones del proceso y obtener resultados, los datos necesitan ser manipulados y analizados.

Desafortunadamente, combinar el análisis con la adquisición de datos y la presentación de los mismos no es siempre un proceso transparente. El software de aplicación generalmente cumple un componente de la aplicación pero raramente cumple todos los aspectos y necesidades para obtener una solución completa.

LabVIEW fue diseñado para cumplir los requerimientos desde el principio hasta el final, una solución completamente integrada, de forma que los clientes puedan de manera transparente integrar todas las fases de su aplicación en un solo ambiente.



**Figura 2.19** Diagrama de Block de Instrumento Virtual de LabVIEW

Mientras hay varias herramientas que de forma independiente cumplen uno de los requerimientos, solo LabVIEW los combina todos con el poder de la programación gráfica y el state-of-the-art del hardware de adquisición de datos, usando el poder de su PC. Es la combinación de la adquisición de datos, análisis de datos y la presentación de los resultados es lo que realmente maximiza el poder de la Instrumentación Virtual.

Un instrumento virtual consiste de una computadora de estándar industrial o estación de trabajo equipada con un poderoso software de aplicación, hardware rentable tal como tarjetas insertables, y drivers de software, que en conjunto realizan las funciones de un instrumento tradicional. Es por esto que las aplicaciones y programas construidos con LabVIEW son llamados VI's (Instrumentos Virtuales)

Como una herramienta enfocada a la ingeniería, LabVIEW hace miles de funciones de análisis disponibles para investigadores, científicos e ingenieros, así como también para estudiantes y profesores. Ellos pueden construir estas funciones directamente dentro de sus aplicaciones para hacer mediciones inteligentes y obtener resultados más rápidos.

### **2.8.2 Categorías de Análisis**

LabVIEW ofrece cientos de funciones de análisis incorporadas que cubren diferentes áreas y métodos de extraer datos previamente adquiridos. Se puede usar estas funciones tal y como son ó modificar, personalizar y extenderlas para cumplir con una necesidad en particular.

Estas funciones son categorizadas en los siguientes grupos: Medición, Procesamiento de Señales, Procesamiento de Imágenes, Control, Simulación y Áreas de aplicación.

### **2.8.2.1 Medición**

Nivel y Amplitud, Análisis de Frecuencia (Espectro), Ruido y Distorsión, Pulso y Transición, Generación de Señales y Forma de Onda, Análisis en el Dominio del Tiempo.

### **2.8.2.2 Procesamiento de Señal**

Filtros Digitales, Correlación y Circunvolución, Dominio de Frecuencia, Análisis de Empalme, Tiempo-Frecuencia (Toolset de Procesamiento de Señal), Muestreo/Re muestreo, Generación de Señales, Análisis Espectral de Super-resolución (Toolset de, Procesamiento de Señal), Transformadas, Dominio del Tiempo, Diseño de Onda y Bancos de Filtros (Toolset de Procesamiento de Señal), Windowing.

### **2.8.2.3 Matemáticas**

Básicas, Ajuste de Curvas y Modelado de Datos, Ecuaciones Diferenciales, Interpolación y Exploración, Álgebra Lineal, Sistemas No Lineales, Optimización, Búsqueda de Raíces, Funciones Especiales, Estadísticas y Procesos Aleatorios

### **2.8.2.4 Procesamiento de Imágenes**

Análisis Blob y Morfología, Igualación de Patrones de Color, Filtros, Herramientas de, Máquinas de Visión avanzadas, Análisis de Imagen, Manipulación de Imagen y Píxeles, Reconocimiento de Cactácteres Ópticos, Herramientas de Región de Interés.

### **2.8.2.5 Control PID**

Un PID (Proporcional Integral Derivativo) es un mecanismo de control por realimentación que se utiliza en sistemas de control industriales. 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.

#### **2.8.2.6 Áreas de Aplicación**

Las áreas de aplicación son muchas ya que LabVIEW conecta a prácticamente cualquier dispositivo de medida y herramienta de diseño.

Entre estas áreas tenemos:

- **Adquirir Datos y Procesar Señales**, se puede automatizar medidas desde varios dispositivos, analizar datos en paralelo con adquisición y crear reportes personalizados.
- **Control de Instrumentos**, permite fácilmente controlar y adquirir datos desde cualquier instrumento en cualquier bus. Usted puede automatizar medidas desde varios dispositivos.
- **Automatizar Sistemas de Pruebas y Validación**, ayuda a desarrollar rápidamente un potente software de pruebas. Con soporte para miles de instrumentos y tecnologías como multinúcleo y FPGAs.
- **Medidas y Control Industrial**, para medidas de alta velocidad y alta resolución con una amplia variedad de sensores y actuadores industriales. Utilice cientos de funciones integradas para procesamiento de señales y matemáticas.
- **Diseñar y Generar Prototipos de Sistemas Embebidos**, para diseñar dispositivos médicos o robots complejos.

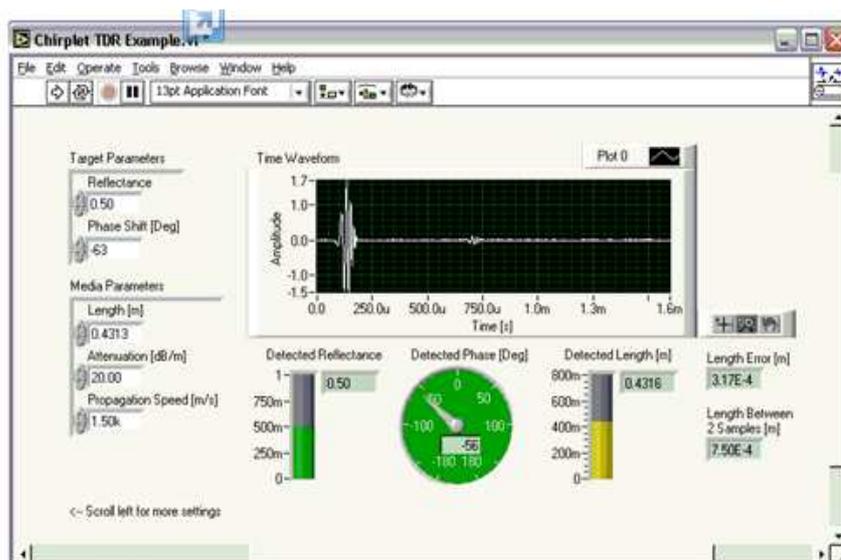
#### **2.8.3 Análisis Programático - Interactivo**

Los usuarios, científicos e ingenieros están muy familiarizados con LabVIEW y sus diferentes formas en las cuales pueden adquirir datos de cientos de dispositivos. Se construyen inteligencia dentro de sus aplicaciones para realizar análisis en línea y presentar los resultados mientras las aplicaciones se encuentran corriendo. Adicionalmente, ellos están consientes que adquirir datos y procesarlos para el propósito de la visualización e línea no es suficiente. Los usuarios generalmente guardan cientos o miles de megabytes de

datos en discos duros y bases de datos. Después de correr la aplicación una o miles de veces los usuarios extraen en cualquier punto información para tomar decisiones, comparar resultados y hacer los cambios necesarios al proceso hasta que el resultado deseado sea conseguido.

Es relativamente fácil adquirir grandes cantidades de datos tan rápido que se vuelve inmanejable. De hecho, con una tarjeta NI 9227 rápida y con suficientes canales, puede tomar solo unos milisegundos para compilar miles de valores. No es una tarea trivial que todos estos datos sean comprensibles. Siempre se espera que los Ingenieros y Científicos presenten reportes, creen gráficas, y finalmente corroboren cualquier logro y conclusiones con datos empíricos. Sin la herramienta correcta, esto fácilmente se puede volverse una tarea desalentadora, resultando en una pérdida de productividad.

Para poder simplificar el proceso de análisis de mediciones, los programadores de LabVIEW crean aplicaciones que proveen diálogos en interfaces que otros pueden usar que dependiendo de sus entradas, rutinas de análisis específicas son realizadas en cualquier paquete de datos dado. Construyendo este tipo de aplicaciones, los usuarios construyen cierto grado de interactividad dentro de sus aplicaciones. Para que esto sea eficiente, el programador debe tener bastante conocimiento acerca de la información y tipos de análisis en los cuales está interesado el usuario.



**Figura 2.20** El VI de Reflejo del Dominio del Tiempo Basado en el Empalme de las Funciones de Análisis del Tiempo-Frecuencia

Con LabVIEW los usuarios pueden realizar fácilmente reducción de datos de manera significativa y formatear antes de guardarlos en el disco, que cuando los datos almacenados son extraídos para un análisis futuro, es más fácil de manejar. LabVIEW también provee de cientos de funciones para generar reportes basados en los resultados y la información obtenida de los datos adquiridos.

National Instruments ofrece herramientas adicionales que son altamente integradas con LabVIEW y están diseñadas para realzar la ingeniería colaborativa. NI DIAdem es esa herramienta; provee un ambiente fácil de usar para análisis post-adquisición, interactivo y de generación de reportes, con poderosas capacidades técnicas de manejo de datos.

## **2.9 Instrumentación**

Instrumentación: es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados en éste.

En otras palabras, la instrumentación es la ventana a la realidad de lo que esta sucediendo en determinado proceso, lo cual servirá para determinar si el mismo va encaminado hacia donde deseamos, y de no ser así, podremos usar la instrumentación para actuar sobre algunos parámetros del sistema y proceder de forma correctiva.

La instrumentación es lo que ha permitido el gran avance tecnológico de la ciencia actual en casos tales como: los viajes espaciales, la automatización de los procesos industriales y mucho otros de los aspectos de nuestro mundo moderno; ya que la automatización es solo posible a través de elementos que puedan sentir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control pre-programada que actué sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

### **2.9.1 Diagramas de Flujo**

EL diagrama de flujo de procesos es uno de los documentos más importantes para el ingeniero de diseño de instrumentación.

En éste se presentan de una forma secuencial los equipos involucrados en el proceso, así como los datos de proceso deseables y las expectativas de los rangos de variación, características más resaltantes de los equipos, sentidos de fluidos y cualquier otro dato de

proceso relevante para el diseño de la Ingeniería, no solo de instrumentación, sino más importante aún, para todas las disciplinas.

Ahora bien, el diagrama de flujo informa sobre que es lo que se espera que el proceso haga y como lo hará, pero en raras ocasiones, se indica en éste los puntos y variables que se desean controlar. Para determinar este punto, se requerirá del consenso de las disciplinas de procesos e instrumentación.

A partir de ese momento, se definirán los puntos de medición, las características de los fluidos de procesos, los rangos de las variables y cuáles variables se desean indicar y/o controlar, y/o registrar.

Esta parte de la fase inicial de diseño suele ser difícil por muchos factores, tales como: los criterios del proceso que se desea controlar no están claros, en cuyo caso, las experiencias anteriores similares del ingeniero instrumentista puede ser muy valiosas, o como en muchos otros, los datos del proceso pueden no ser accesibles bien sea, que no se pueden estimar con facilidad o en el caso de plantas existentes en expansión, no se dispone de estos datos, por lo cuál habrá que proceder a un levantamiento de campo de esos valores.

### 2.9.2 Válvulas de Control (FISHER) <sup>[2]</sup>

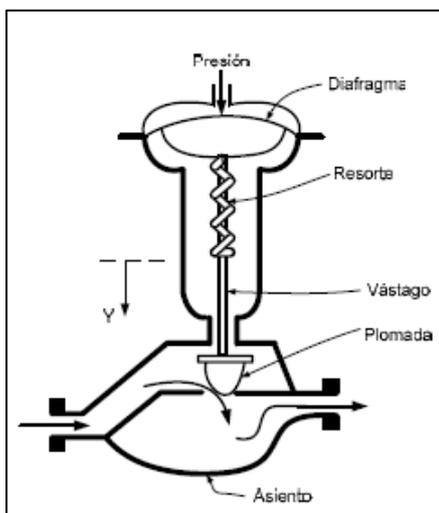


**Figura 2.21** Válvula de Control “Fisher”

Los componentes de un lazo de control por retroalimentación son además del proceso, el sensor/transmisor de la variable de proceso, el controlador y el elemento de control final. Este último es un dispositivo construido para que ejecute la acción ordenada por el controlador y, según algunas características del proceso como el estado de los

materiales que se manejan, se utilizan diferentes mecanismos como un motor eléctrico o una válvula automática de control. A continuación se describe la dinámica de una válvula de control, las consideraciones usuales y las características que la especifican

### 2.9.2.1 Descripción de una Válvula de Control



**Fig. 2.22** Esquema Simplificado de una Válvula Fisher Neumática

La Figura 2.22 muestra un esquema simplificado de una válvula de control neumática donde se aprecia que es un mecanismo formado, esencialmente, de un bloque de masa  $W$  en lb, un resorte de constante de elasticidad de Hooke,  $K$  en lbf/pie, y un mecanismo de amortiguación viscoso desarrollado entre la masa que se mueve y el fluido que atraviesa la válvula.

Esquemáticamente, una válvula de control se describe como un mecanismo compuesto de dos partes denominadas, el actuador y el cuerpo de la válvula. El actuador es la parte superior o carcasa que encierra al diafragma y el resorte adjunto, con el diafragma conectado al vástago.

El cuerpo de la válvula o asiento es el bloque a través del cual se mueve el líquido desde la entrada hasta la salida con un flujo que depende del tamaño de la abertura permitido por el vástago y su plomada.

Se deduce de la Figura 2.22, que cuando se produce un cambio en la presión sobre el área diafragmática, el vástago se desliza junto con la plomada ensamblada en su extremo y se efectúa un cambio en el tamaño de la abertura a través de la cual se permite el paso de

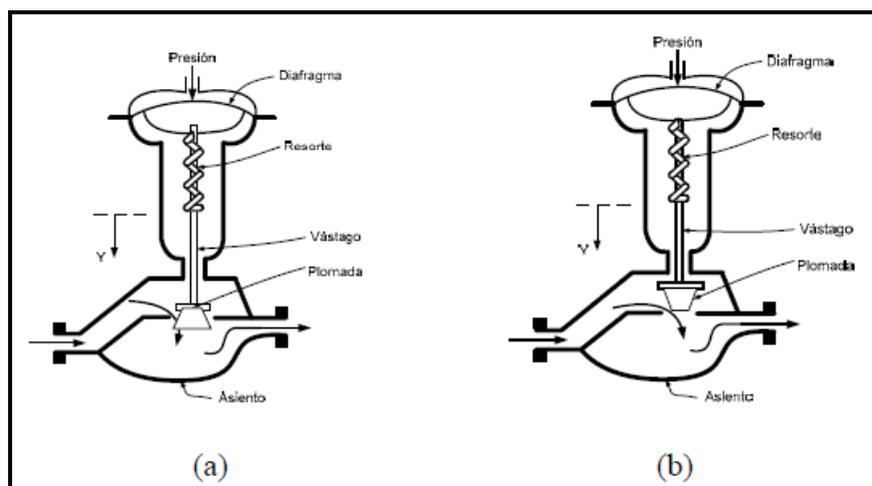
un fluido desde la entrada hasta la salida de la válvula. Es decir, la magnitud del flujo del fluido a través de la válvula depende de la fracción de la abertura total disponible.

### 2.9.2.2 Acción de una Válvula de Control (Posición de Falla)

La principal consideración al responder esta pregunta es, o debería ser, la seguridad. Es decir, decidir si ante una falla de energía la posición más segura de la válvula es que se coloque en una situación completamente cerrada o completamente abierta.

Cuando la posición más segura de la válvula es la completamente cerrada, el ingeniero debe especificar una válvula de Falla Cerrada (Fail-Closed, FC).

En este tipo de válvula, el mecanismo requiere que se le suministre energía para que abra, razón por la cual también se le llama Válvula de Aire para Abrir (Air-to-Open, AO). La Figura 2.23 (a) muestra un esquema de una válvula de falla cerrada



**Figura 2.23** Válvulas de (a) Falla Cerrada y (b) Falla Abierta

La Figura 2.23 (b) muestra una válvula de Falla Abierta (Fail-Open, FO), es decir, para cuando lo más seguro es que la válvula, ante una falla energética, se encuentre completamente abierta. En este tipo de válvula, el mecanismo requiere que se le suministre energía para que cierre, razón por la cual también se le llama

Válvula de Aire para Cerrar (Air-to-close, AC)

### **2.9.2.3 Capacidad de una Válvula de Control**

El tamaño de una válvula de control se especifica por la capacidad del flujo de fluido que permite a través de la abertura del asiento en el cuerpo de la válvula.

La válvula de control es, simplemente, un orificio con área de flujo variable, los principios básicos que regulan el flujo a través de un orificio facilitan las fórmulas para calcular el flujo de fluido a través de una válvula de control. Estas ecuaciones han sido deducidas según que el fluido se encuentre en fase líquida o vapor y se conocen procedimientos para el cálculo del flujo cuando se tiene una mezcla bifásica de líquido y vapor

### **2.9.3 Transformador de Corriente**

El transformador de corriente se utiliza para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control. Ciertos tipos de transformadores de corriente protegen a los instrumentos al ocurrir cortocircuitos.

**Los valores de los transformadores de corriente son:**

**Carga nominal:** 2.5 a 200 VA, dependiendo su función.

**Corriente nominal:** 5 y 1A en su lado secundario. Se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser: 100/5, 80/5, 60/5.

Usualmente estos dispositivos vienen con un amperímetro adecuado con la razón de transformación de los transformadores de corriente, por ejemplo: un transformador de 60/5 está disponible con un amperímetro graduado de 0 - 60A.



**Figura 2.24** Transformador de Corriente

## CAPÍTULO III

### 3. IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE CORRIENTES.

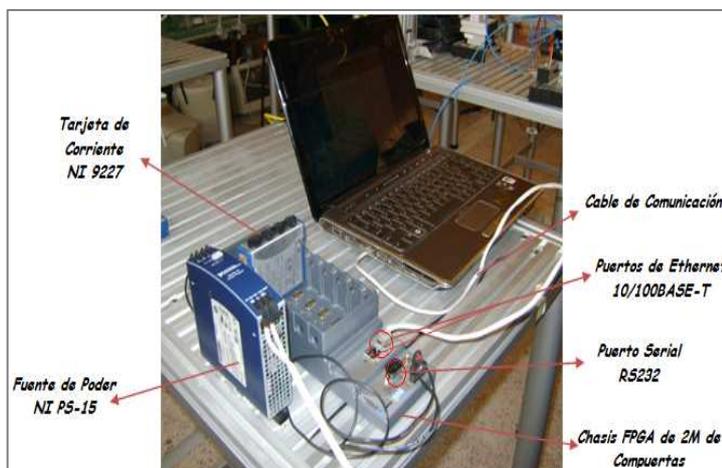
#### 3.1 Montaje del Equipo CompactRIO

Para el montaje del sistema integrado CompactRIO NI cRIO-9073 tomar en cuenta:

- La precaución al manejo del equipo
- Caja de Herramientas necesarias
- Realizar las conexiones adecuadas con los instrumentos idóneos
- Utilizar las normas de seguridad indicadas para este trabajo

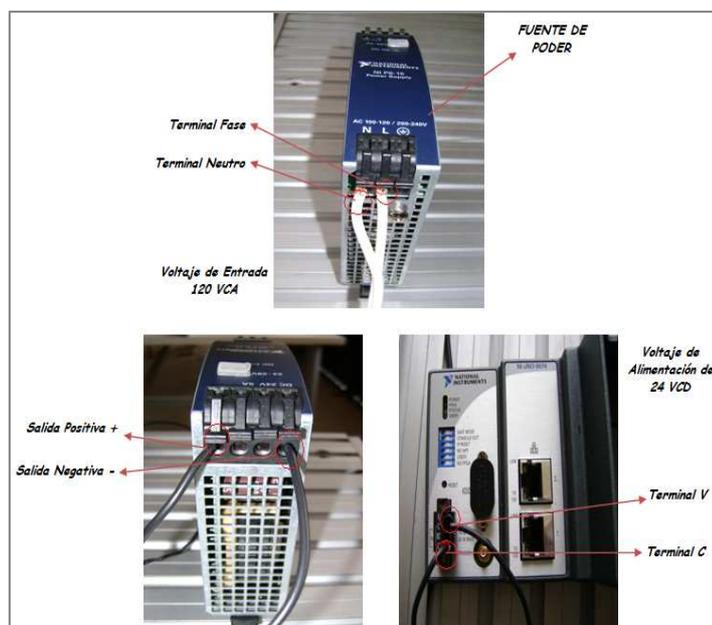
En el montaje del equipo se realiza los siguientes pasos:

1. Identificar los componentes que contiene la unidad del NI cRIO, tarjeta tipo corriente NI 9227, chasis NI cRIO 9074, la fuente de poder de 24 VDC- 5 A, cable de Comunicación, para la realización de la presente tesis. **Ver Anexo 2**
2. Realizar la alimentación de la fuente de poder, con un voltaje de entrada de 120 VCA, conectando los terminales Fase o Línea (L) y Neutro (N) de la fuente como lo indica la Figura (3.2) al voltaje de entrada.



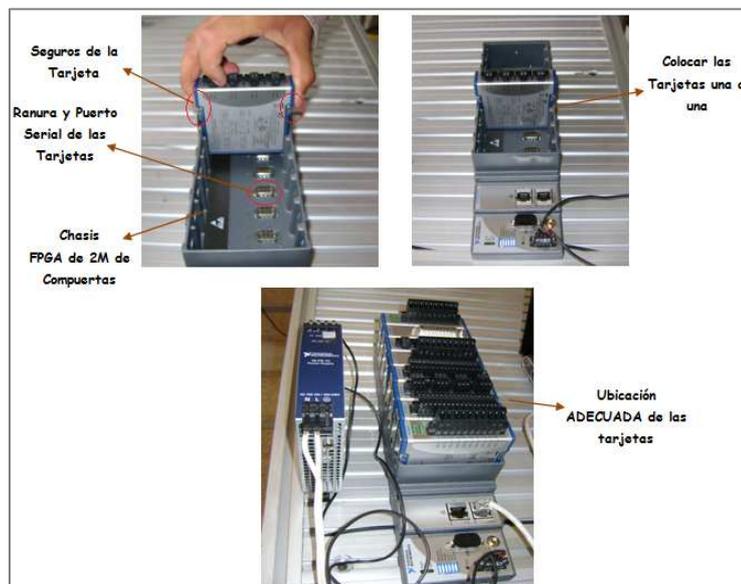
**Figura 3.1** Componentes de NI cRIO-9073

Las salidas de la fuente positiva (+) y negativa (-) a los bornes V y C del NI cRIO dejándolo así alimentado con 24 VCD



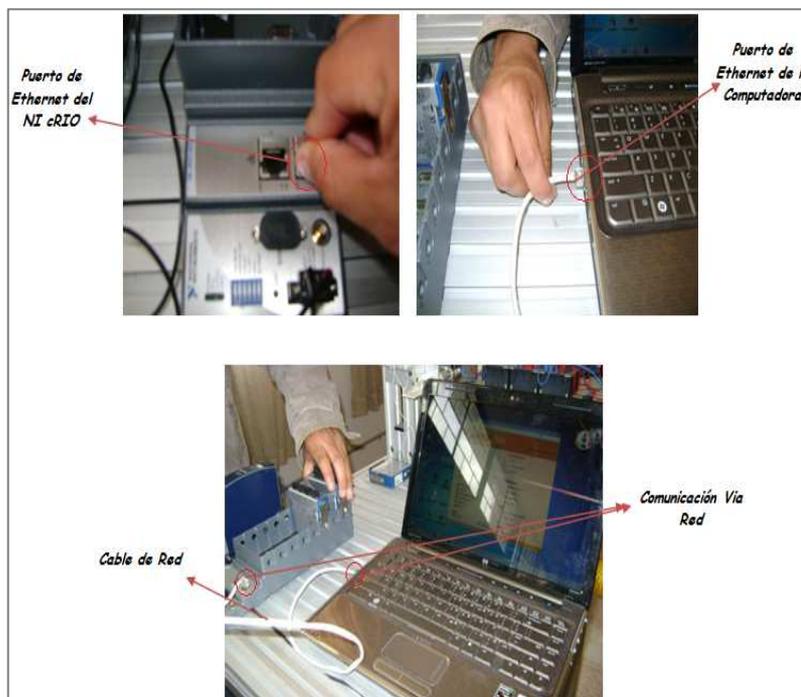
**Figura 3.2** Conexión de la Fuente de Poder

3. Ubicar las 8 tarjetas respectivas en el chasis del NI cRIO, ubicándolas con precaución y en la posición adecuada. Colocándolos una a una.



**Figura 3.3** Ubicación de cada tarjeta en el Chasis

4. Luego de ubicar las tarjetas y alimentado el NI cRIO con 24 VCD se procede a conectar la unidad con el computador mediante un cable de comunicación de red.



**Figura 3.4** Comunicación Vía Red entre el NI cRIO y el Computador

### 3.2 Configuración del Equipo

Para obtener un enlace de comunicación entre los dos elementos, se realiza la configuración IP, este procedimiento se realiza mediante la ayuda del MAX de la National Instrument para el equipo NI cRIO 9074 y la configuración de Red para el computador, prosiguiendo los siguientes pasos:

1. Realizar la configuración del IP de la computadora, el cual servirá para la comunicación con el equipo:
  - a. Ingresar al menú **Panel de Control - Redes e Internet – Conexiones de red** para poder configurar el IP.
  - b. Dar clic derecho en el icono **Conexión de Área local**,
  - c. Seleccionar la opción **Propiedades** dando sobre él un clic.

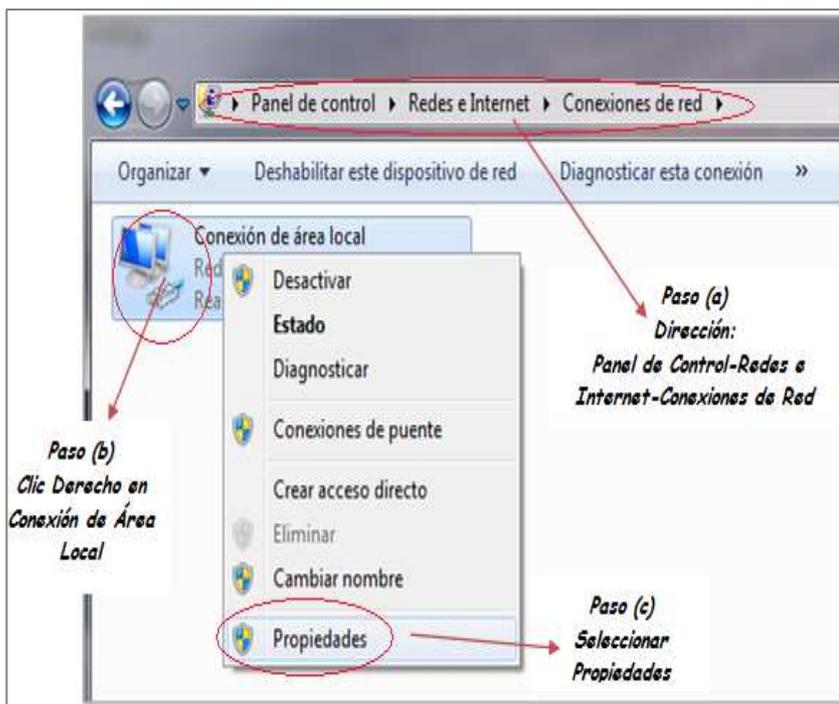


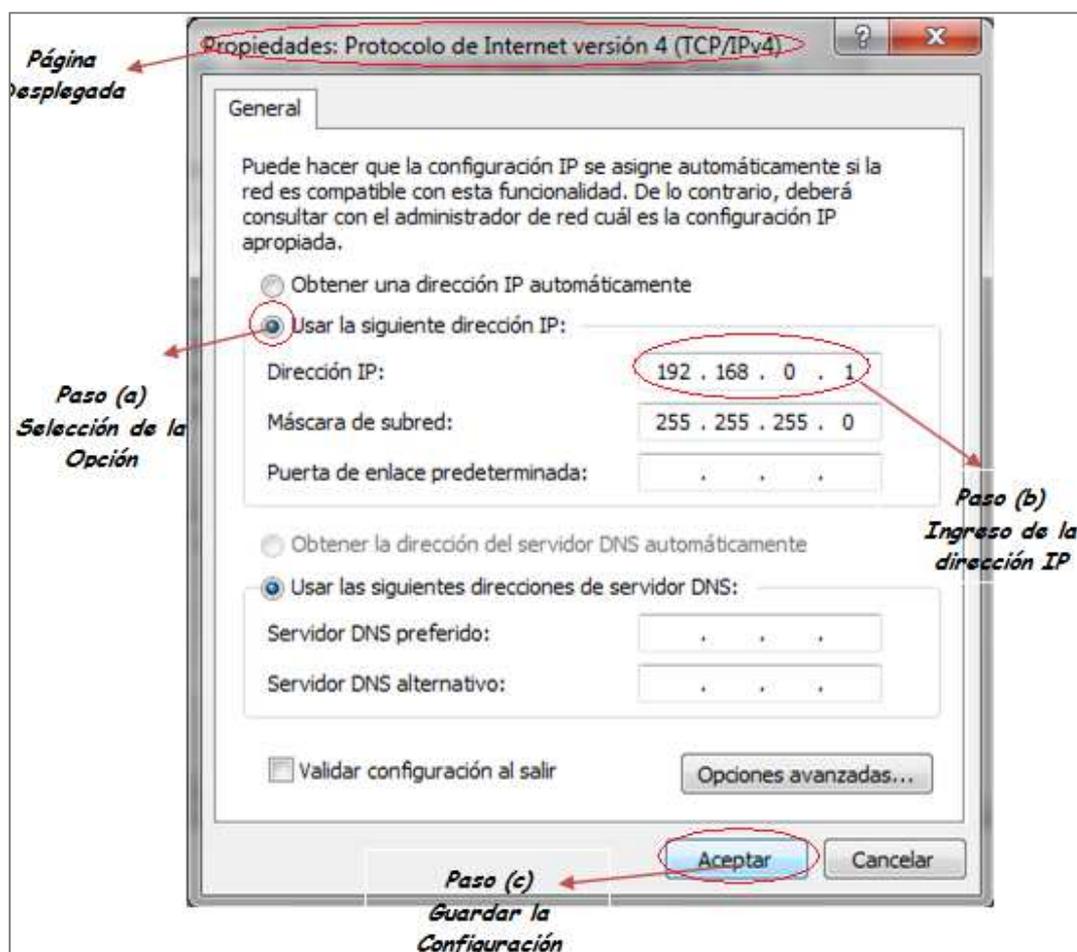
Figura 3.5 Configuración de la Conexión del Área Local

2. Seleccionar la opción **Propiedades** y se despliega la pantalla de **Funciones de Red**, seleccionar la opción **Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)** con un clic y Aceptar la opción.



Figura 3.6 Selección de la versión de Protocolo de Internet

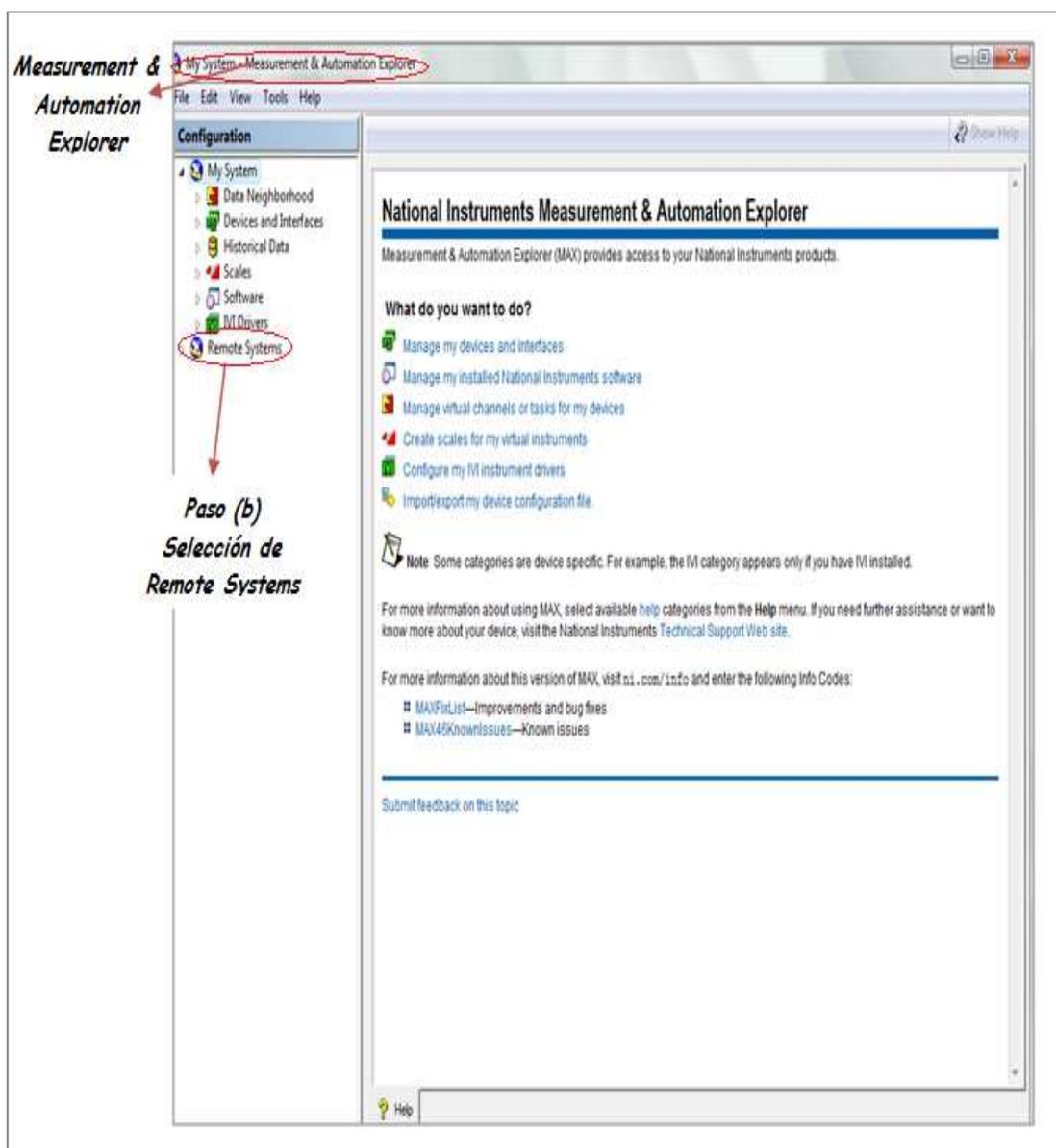
3. Elegir la versión del Protocolo de Internet se despliega la pantalla de **Propiedades: Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)**, realizar los siguientes pasos:
  - a. Seleccionar con un clic la opción **Usar la siguiente dirección IP**
  - b. Digitar los siguiente números **192 . 168 . 0 . 1** la cual representa la dirección de comunicación que utilizaremos entre el equipo y el computador.
  - c. Dar un clic en **Aceptar** quedando así guardada esta configuración.



**Figura 3.7** Configuración de la Dirección IP del Computador

4. Configurado el IP del computador se procede a configurar el IP del equipo NI cRIO utilizando el Measurement & Automation de la National Instrument:
  - a. Ingresar en **Inicio** a **Todos los Programas**, localizando y desplegando la carpeta de la **National Instruments**, seleccionar el icono de **Measurement & Automation** con un clic, apareciendo la ventana respectiva.

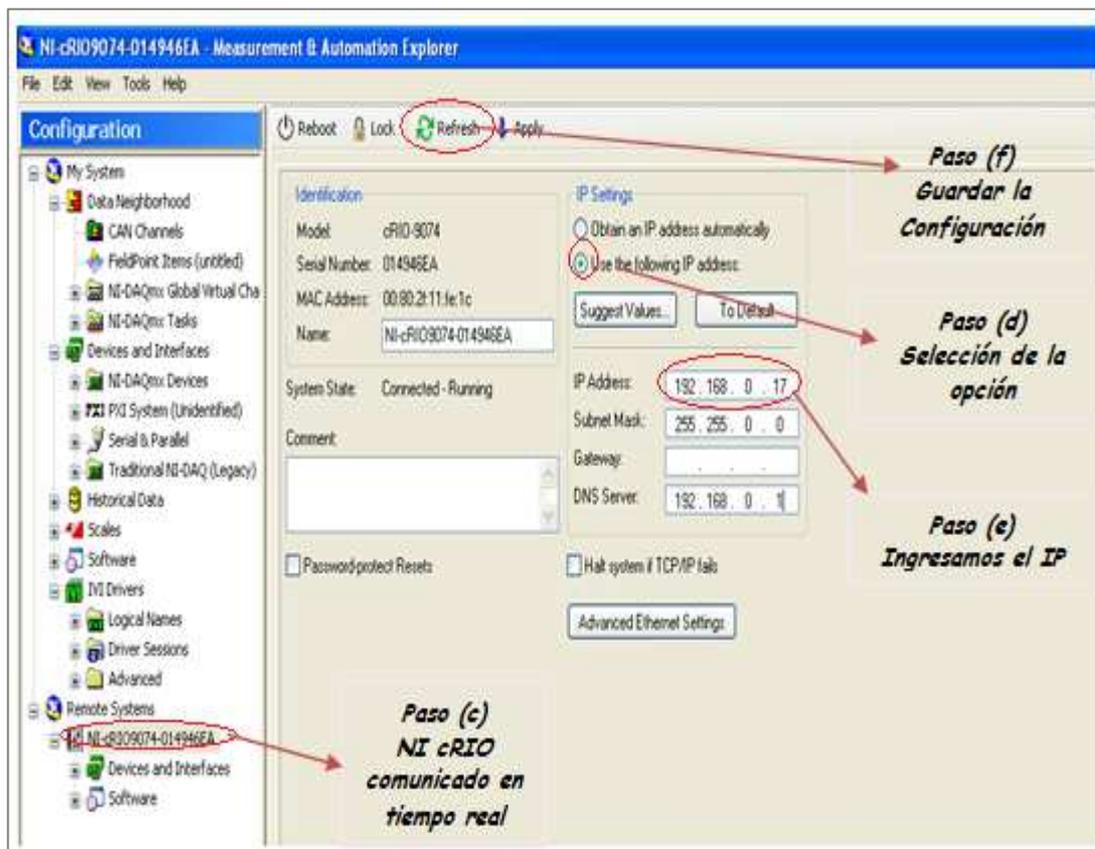
- b. Verificar que se encuentren conectados los dos equipos mediante el cable de comunicación, ubicamos dentro del Measurement el icono **Remote Systems**.
- c. Desplegado el icono de Remote Systems aparece la ventana un icono con el nombre **NI cRIO 9074-014946EA**.



**Figura 3.8** Configuración del Remote Systems

Seleccionar con un clic sobre él, aparece de inmediato una ventana al lado derecho dentro del Measurement la cual nos permite modificar o verificar la dirección IP.

- d. En la página de edición del IP de igual manera seleccionar la opción **Usar la siguiente dirección IP**, con un clic, si fuese necesario.



**Figura 3.9** Configuración de la Dirección IP del NI cRIO

- e. Posteriormente ingresar la dirección IP similar a la del computador, digitando **192 . 168. 0 . 17**, generando así una dirección de comunicación entre los dos equipos.

**NOTA.** Digitamos el número 17 en el IP del equipo, por el numero 1 que posee el IP del computador.

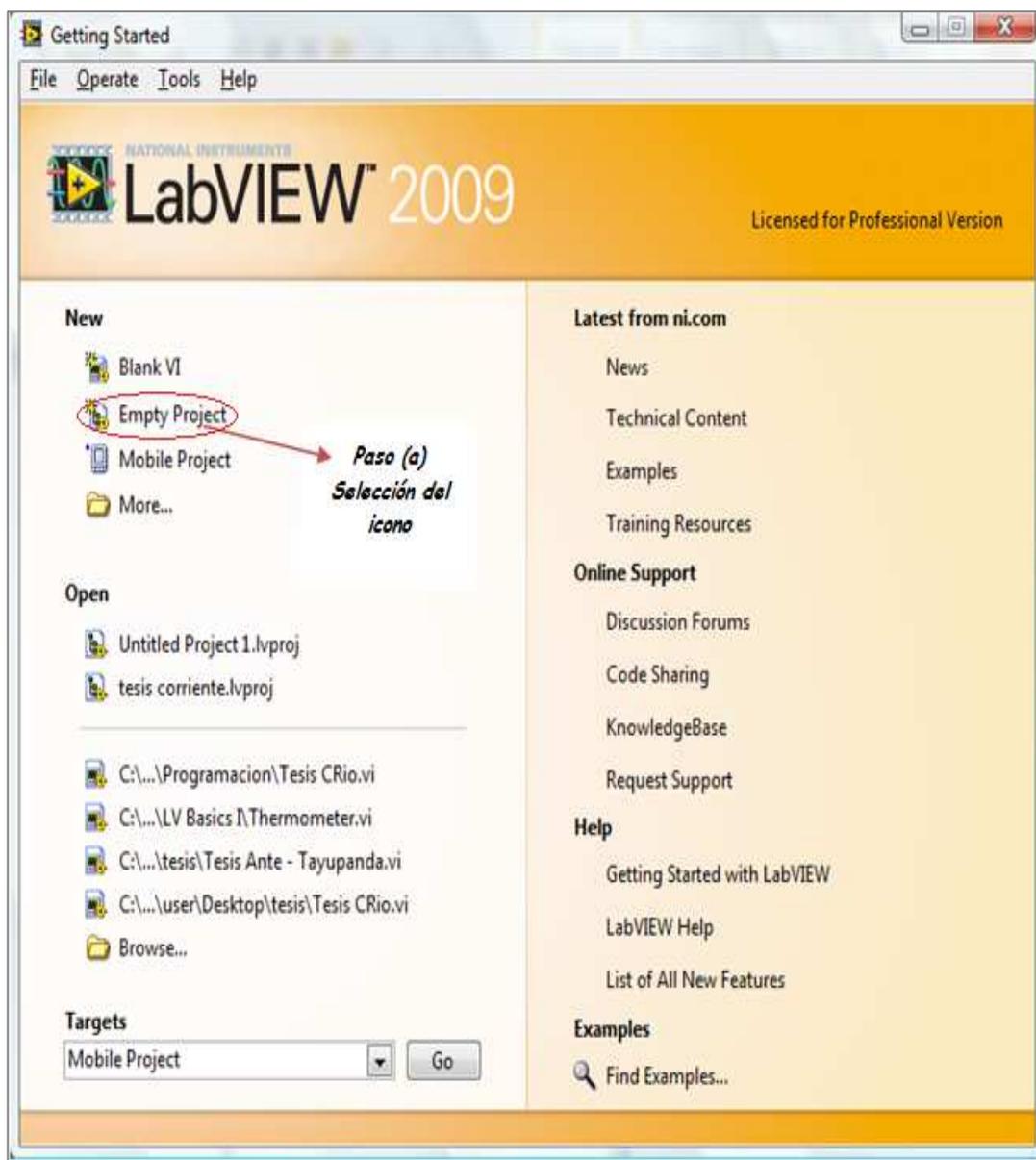
- f. Pulsar un clic en **Refresh** quedando así guardada esta configuración

### **3.3 Configuración de las Tarjetas.**

Para la calibración o configuración de las tarjetas procedemos con los siguientes pasos:

1. Ingresar a **Inicio** a la carpeta de la National Instruments y abrir el software de LabVIEW, ubicar el icono denominado **Empty Project** y pulsar un clic sobre él desplegándose inmediatamente una ventana llamada **Project Explorer**

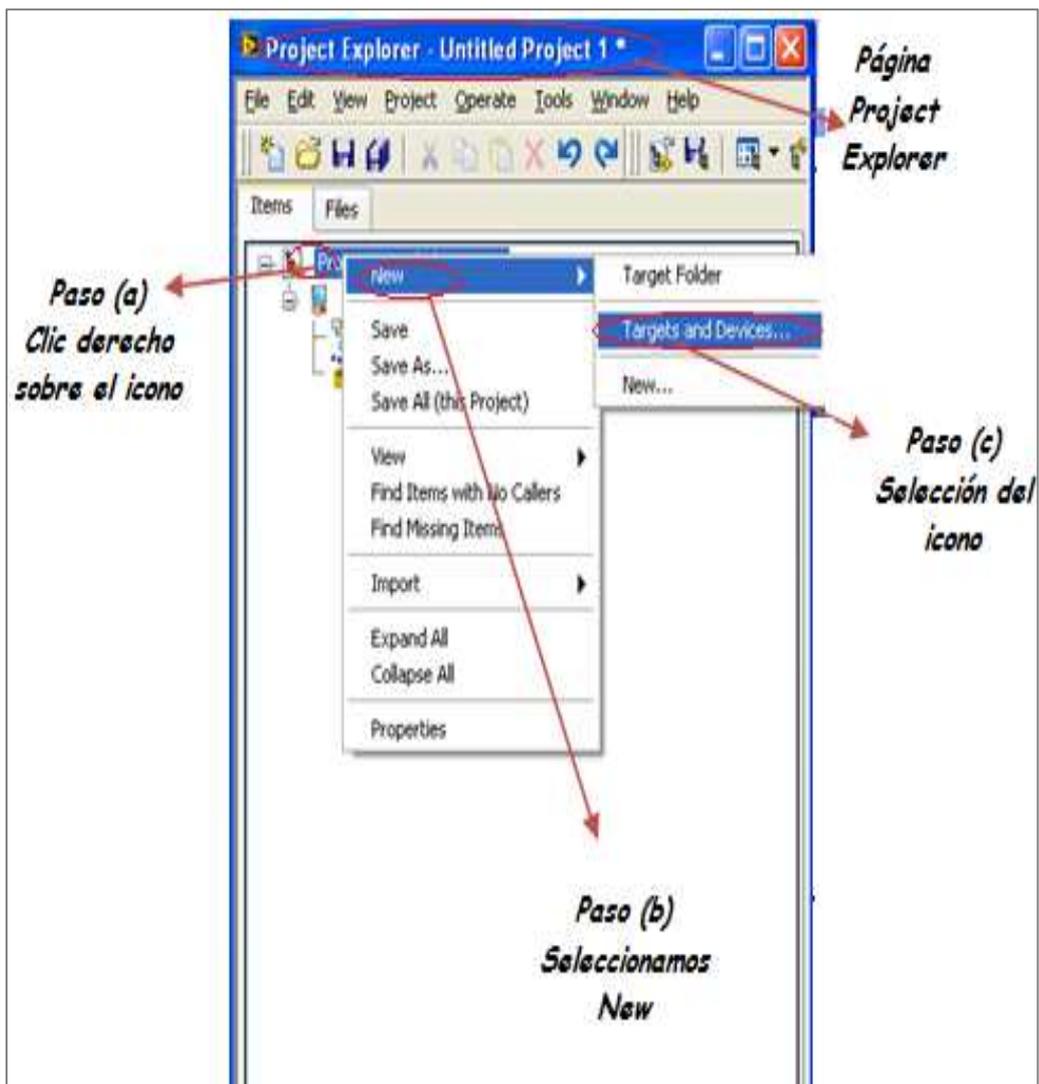
2. El **Empty Project** o **Project Explorer** es una ventana que nos permite reconocer al equipo y trabajar en tiempo real con cada una de las tarjetas del CompactRIO.



**Figura 3.10** Empty Project

Abierta la página del **Project Explorer**, proceder a:

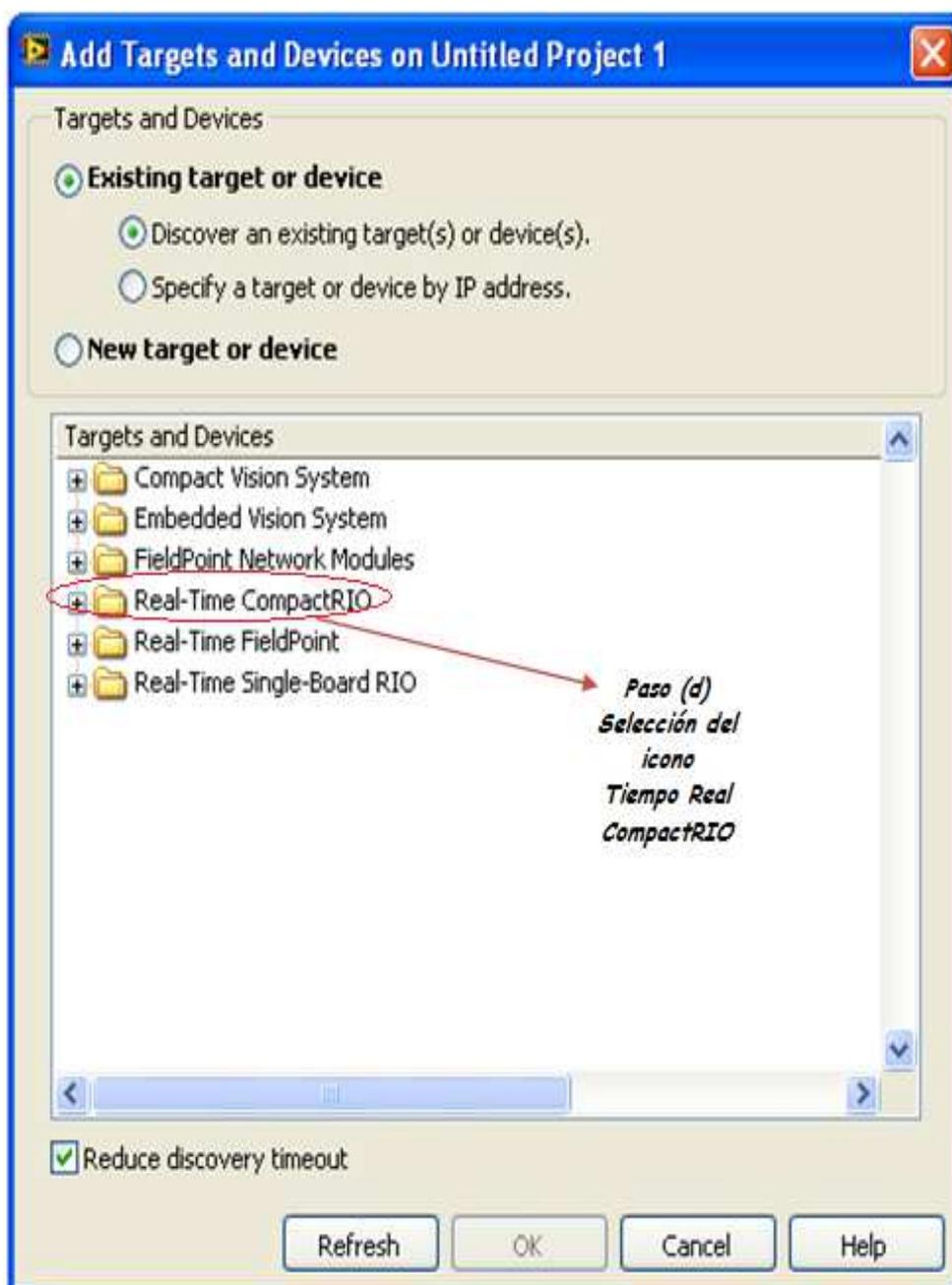
- a. Ubicar el primer icono llamado **Project: Untitled Project 1**, pulsar un clic derecho sobre él,
- b. Se despliega un menú, ubicar el puntero en **New** y,
- c. Seleccionar la opción **Targets and Devices** mediante un clic sobre el icono



**Figura 3.11** Configuración de las tarjetas del NI cRIO

- d. Seguidamente aparece una ventana llamada **Add Targets and Devices on Untitled Project 1**, desplegar la opción **Real-Time CompactRIO**
- e. Desplegada la carpeta **Real-Time CompactRIO** aparece el equipo con el nombre **NI-cRIO 9074-014946EA**, seleccionar éste dando un clic sobre el icono.

**NOTA:** Si desplegada la carpeta no aparece el equipo se puede dar un clic en el icono **Refresh** para actualizar el sistema o verificar que se encuentre correctamente conectado los dos equipos por medio del cable de red



**Figura 3.12** Reconocimiento del Real-Time CompactRIO

- f. Seguidamente dar un clic en **OK** para continuar con el proceso de reconocimiento del equipo en la computadora

- g. A continuación aparece una nueva ventana llamada **Select Programming Mode**, dejar la elección predeterminada **Scan Interface** y continuar con un clic en **Continue**, esperar unos momentos y verificar si se encuentra escaneado el equipo

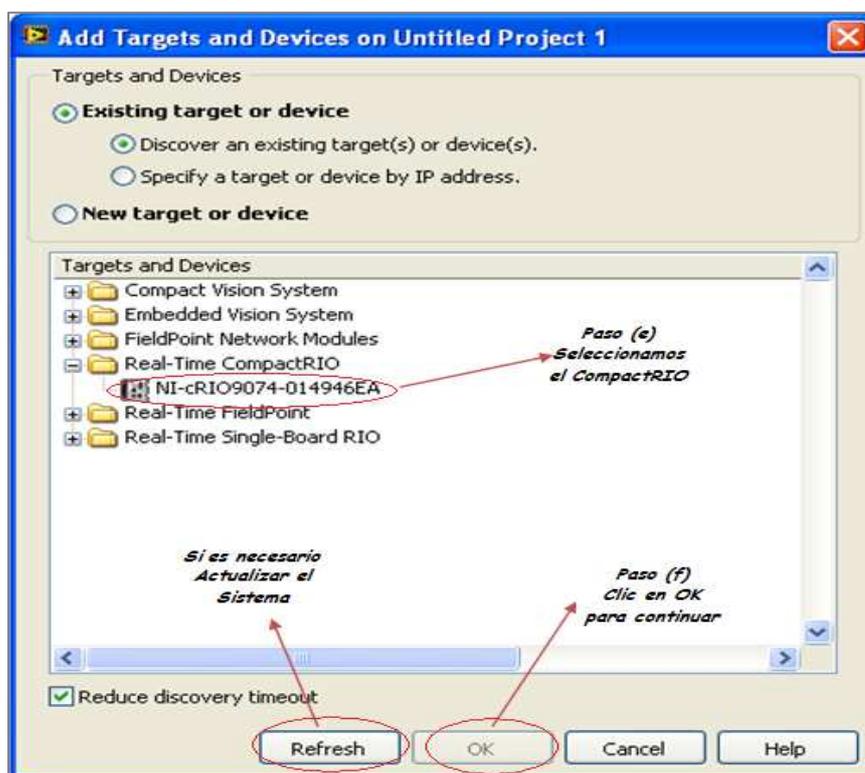


Figura 3.13 Reconocimiento del Compact RIO en el computador

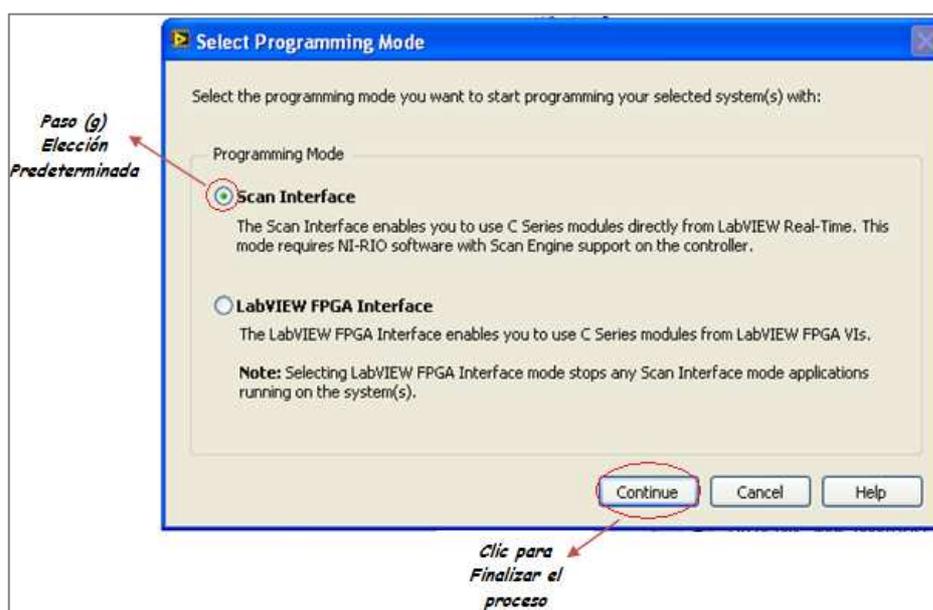
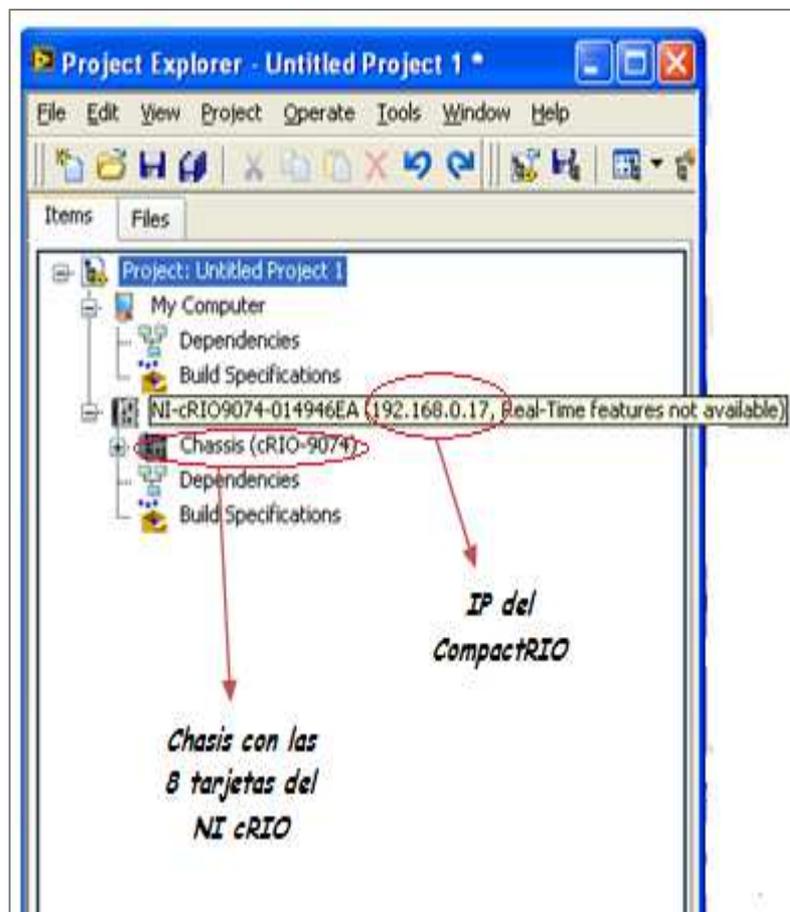


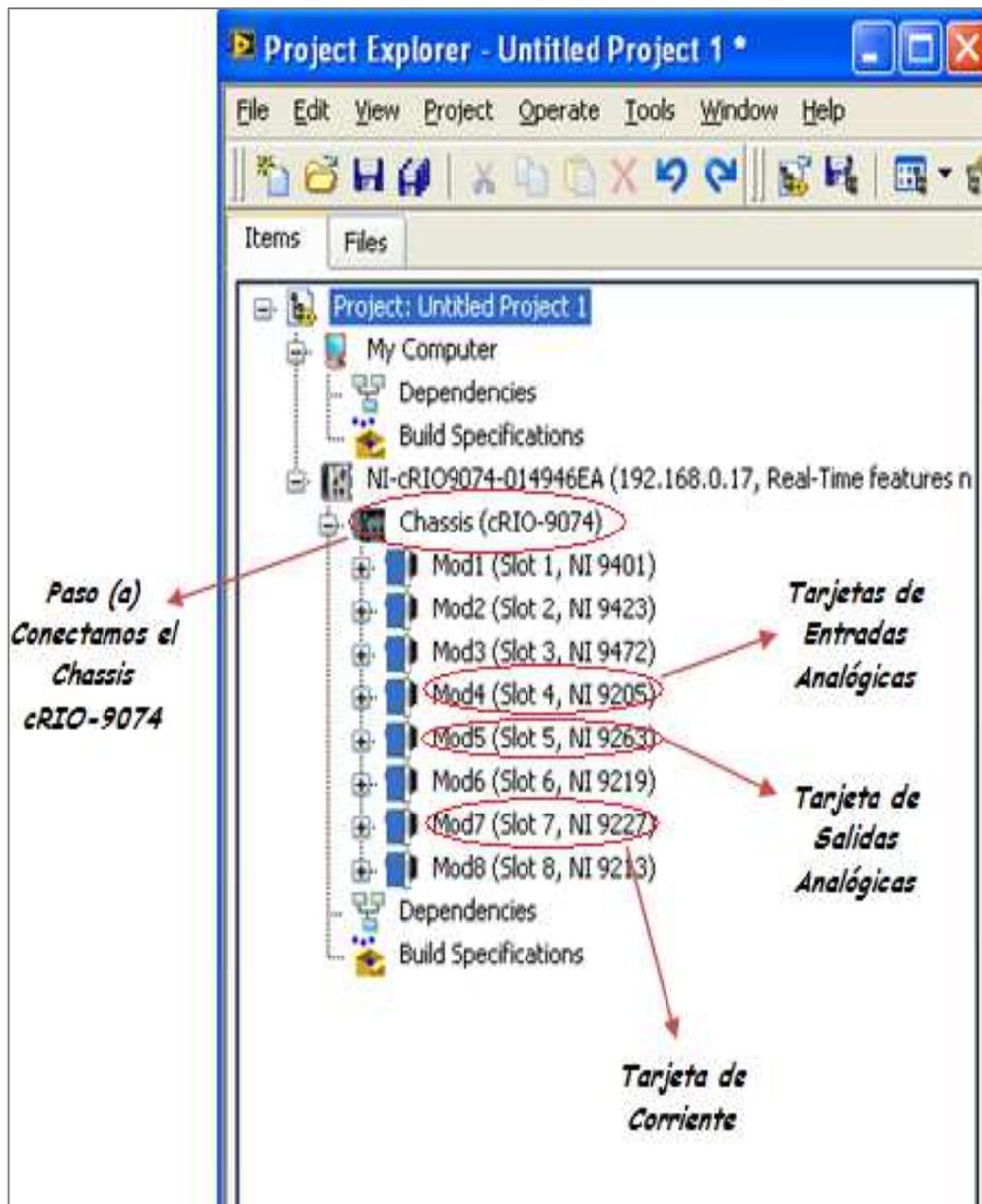
Figura 3.14 Scan Interface

3. Luego de escanear el CompactRIO en la computadora, se despliega en la ventana del **Project Explorer** una carpeta del CompactRIO, llamado **NI-cRIO9074-014946EA**, la cual incluye al chasis con las respectivas tarjetas, además nos indica a un lado la dirección IP con la que trabaja



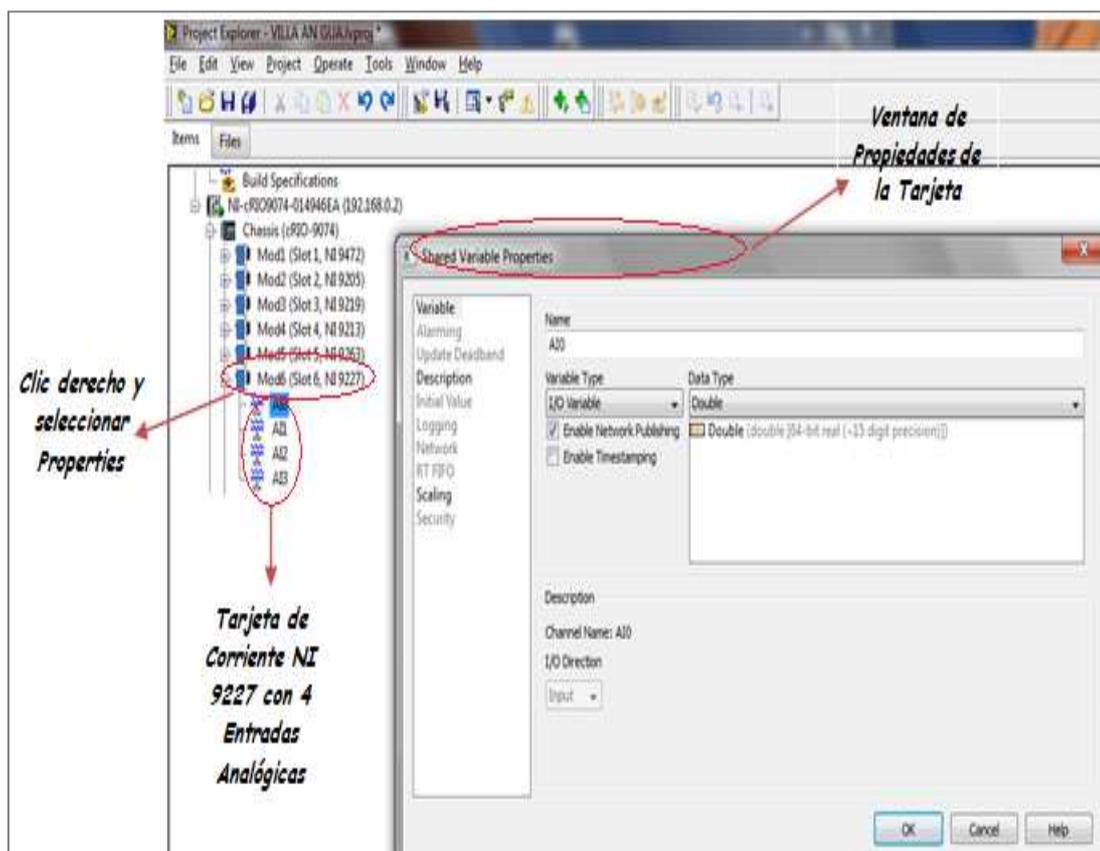
**Figura 3.15** Ventana principal del Project Explorer

- a. Para trabajar en Tiempo Real debemos ubicarnos en el icono **Chassis (cRIO-9074)** dando clic derecho sobre él, apareciendo un menú donde se selecciona con un clic en el icono **Connect**, para trabajar con el equipo encendido.
- b. Para identificar la tarjeta de Corriente desplegar la carpeta del **Chassis** e identificar la tarjeta a utilizar, en este caso está ubicado en el módulo o ranura 7 con el nombre NI 9227. Por efecto del trabajo a realizar se utilizara dos módulos adicionales al módulo de Corriente, como son el NI 9205 tarjeta de Entradas Analógicas y el NI 9263 tarjeta de Salidas Analógicas.



**Figura 3.16** Identificación de las tarjetas del NI cRIO

4. Encendido el NI cRIO se procede a configurar a cada una de las tarjetas según los requerimientos necesarios, para ello ubicarse sobre cada icono de las tarjetas y seleccionar con un clic derecho, la opción **Properties o Propiedades**, la cual permite configurarlas.
  - a. La tarjeta referente a Corriente es la **NI 9227** la cual viene predeterminada a una configuración única, es decir no se puede realizar cambios en ella y se trabajara bajo los parámetros ya establecidos. **Ver Anexo 5**



**Figura 3.17** Configuración de las Propiedades de la Tarjeta NI 9227

b. La tarjeta NI 9205 posee 32 entradas o canales analógicos con un rango de voltaje desde  $\pm 200$  mV hasta  $\pm 10$  V, en esta tarjeta si podemos configurar las entradas de 3 maneras:

- Referencial Simple, **RSE** “**Referenced Single-Ended**”
- No Referencial Simple, **NRSE** “**Non-Referenced Single-Ended**”
- Diferencial, **DIFF** “**Differential**”

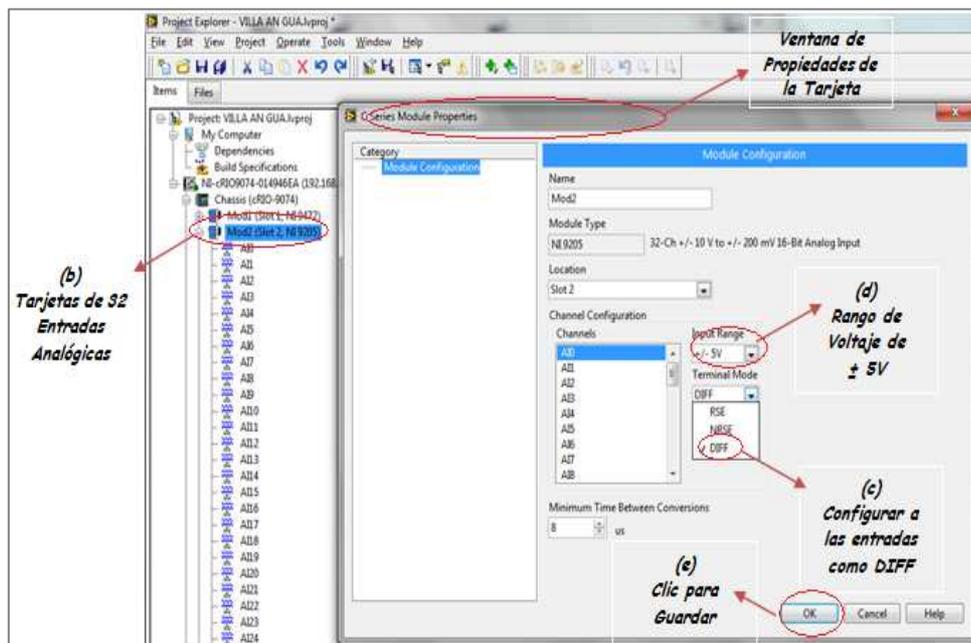
c. Para este trabajo se utilizara entradas analógicas **Diferenciales**

Para ello se configurara a cada una de las entradas como **DIFF** en la página de propiedades de la Tarjeta NI 9305

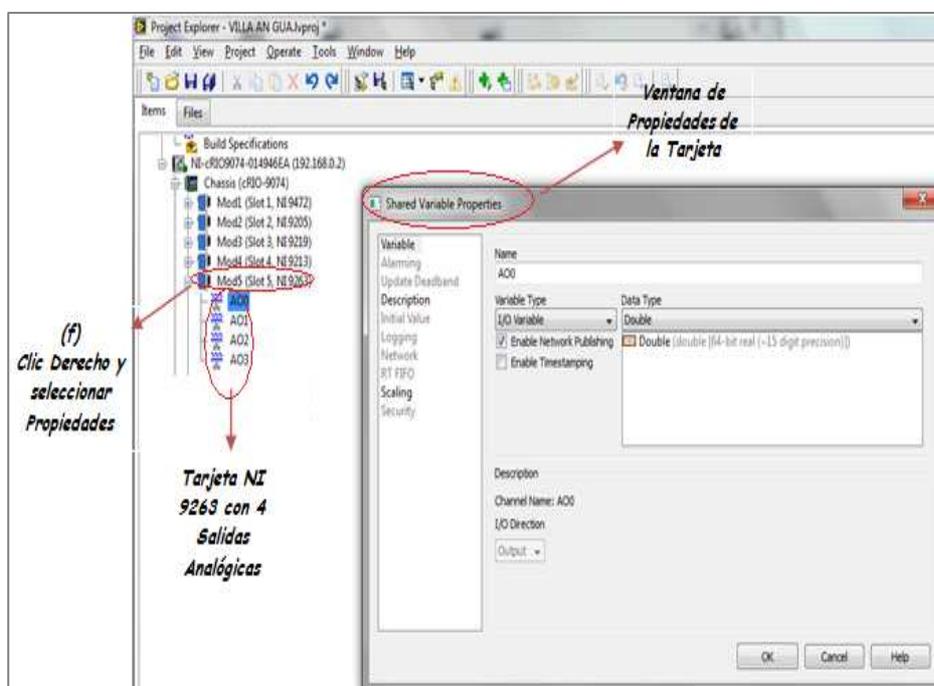
d. Y con un rango de voltaje hasta  $\pm 5$  V

e. Seleccionar **OK** para guardar la configuración. **Ver Anexo 3**

f. La tarjeta referente a Salidas Analógicas es la **NI 9263** posee 4 salidas o canales, las cuales vienen predeterminada a una configuración única, es decir no se podrá configurar de ninguna manera y simplemente se debe conectar y trabajar en el proyecto. **Ver Anexo 4**



**Figura 3.18** Configuración de las Propiedades de la Tarjeta NI 9205

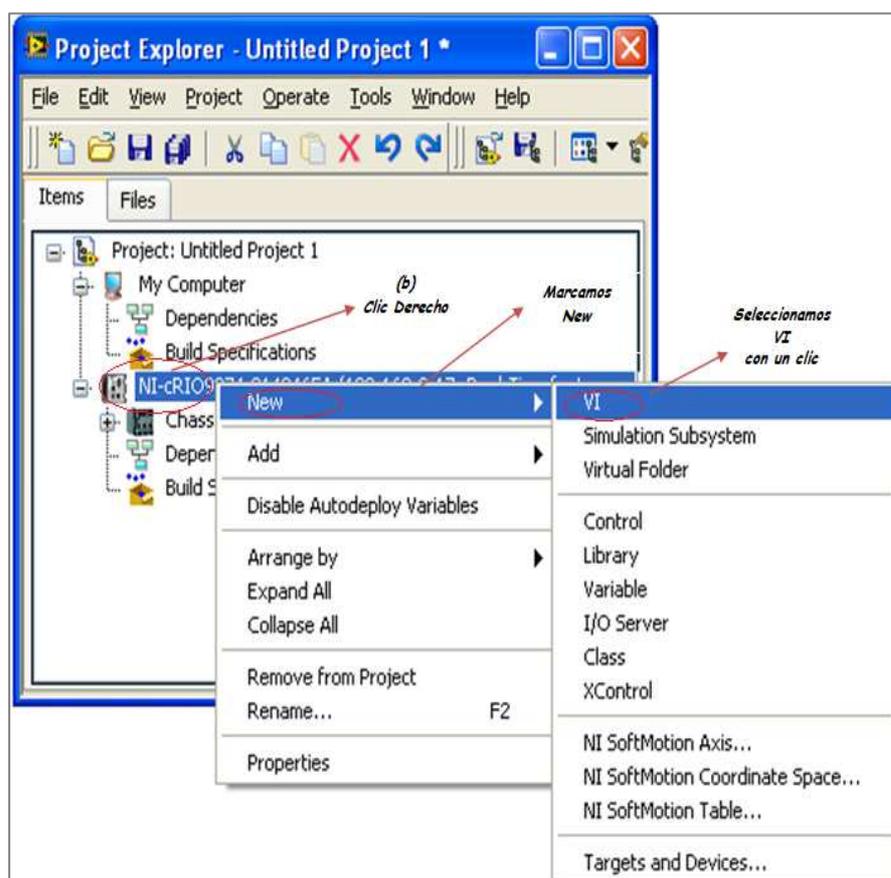


**Figura 3.19** Configuración de las Propiedades de la Tarjeta NI 9263

5. Para realizar el proyecto en tiempo real con el CompactRIO se utilizo el **Empty Project o Project Explorer**, ubicar el proyecto de tesis o programación dentro de la función del Empty Project, el cual para su posterior modificación se ingresara por esta ruta.

a. Para realizar en tiempo real cualquier proyecto se debe encender o poner en línea al CompactRIO, esto se realiza dando un clic derecho sobre el icono del **Chassis** del CompactRIO, ubicándose y seleccionar la opción de **Connect**, encendiéndose inmediatamente una luz a un lado del icono del Chassis.

b. Para trabajar con Real-Time se debe ingresar al LabVIEW por medio del **Project Explorer**, ubicándose sobre el icono **NI-cRIO9074-014946EA** dando un clic derecho apareciendo una tableta de menú, donde se seleccionara con el puntero del mouse **New** y se da un clic izquierdo en **VI**, en el instante se abrirá un Panel Frontal y un Diagrama de Bloques en blanco.



**Figura 3.20** Selección de un VI dentro del Project

**NOTA.** Siguiendo este procedimiento se puede realizar simulaciones con el equipo en tiempo real, comprobando así el correcto funcionamiento de los elementos.

- c. Proceder a realizar la programación para la práctica “Control, Monitoreo y Análisis del Sistema de Bombeo de La Facultad de Mecánica”, enfatizándose en el control de Válvula Fisher y adquisición de datos con la ayuda del CompactRIO. **Ver Anexo 1**



**Figura 3.21** Sistema de Bombeo

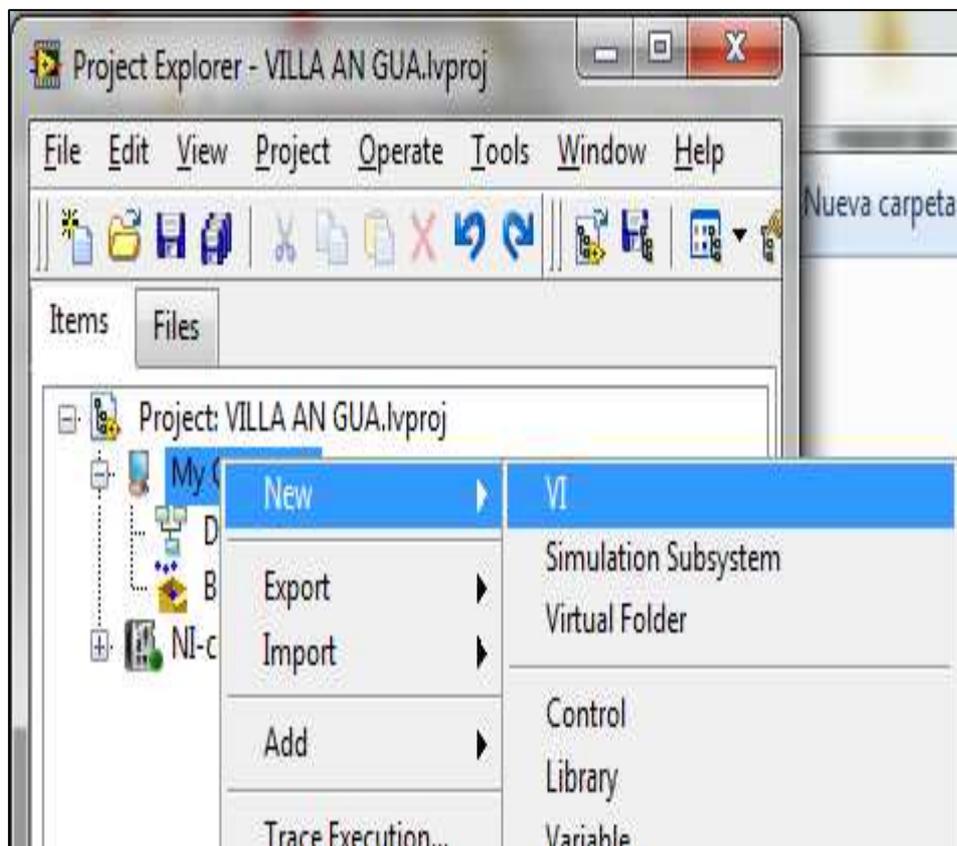
### **3.4 Pruebas**

Antes de poner en funcionamiento los equipos se debe estar seguros que estos operen perfectamente para descartar un fallo o daño en los mismos, para lo cual se debe realizar una prueba de la siguiente manera:

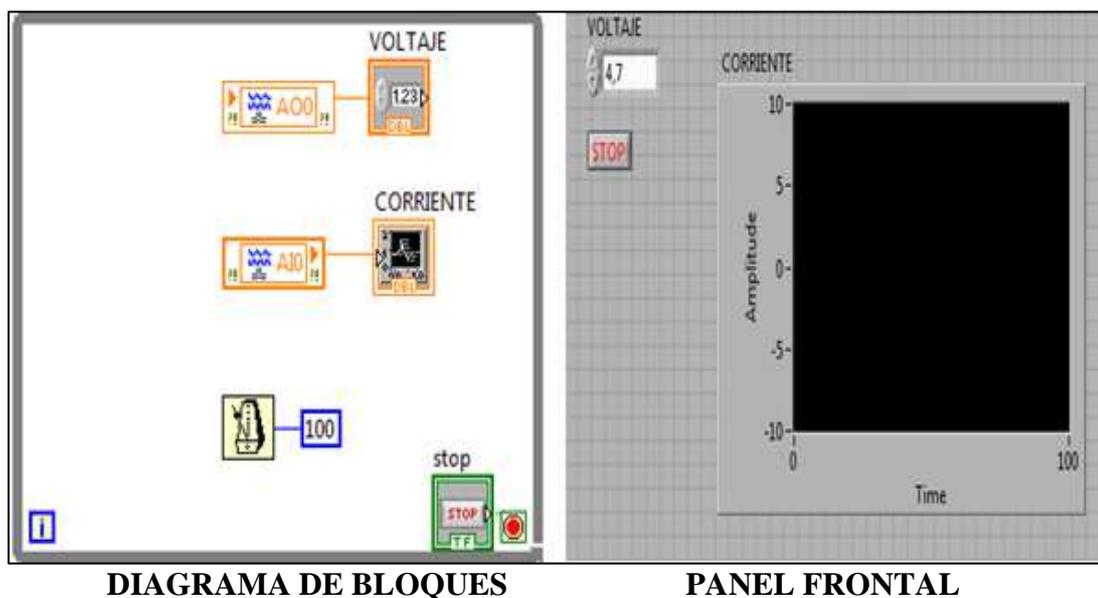
1. Se elabora un nuevo VI desde el Project Explorer:

Este programa es un circuito de control de la válvula Fisher del banco de pruebas del sistema de bombeo, en el cual se le enviara señales de voltaje al transductor de la válvula

para su apertura y/o cierre obteniendo datos de gasto de corriente. Todo este proceso se lo debe hacer con el sistema de bombeo parado.



**Figura 3.22** Nuevo VI

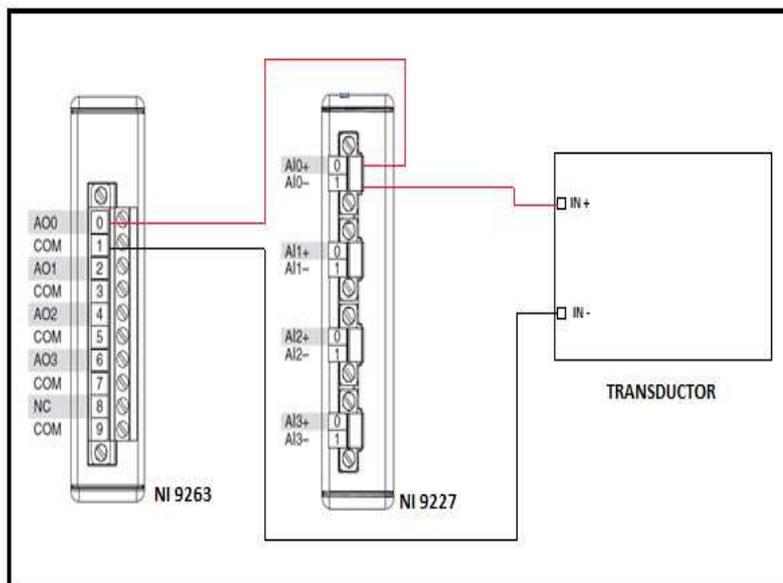


**DIAGRAMA DE BLOQUES**

**PANEL FRONTAL**

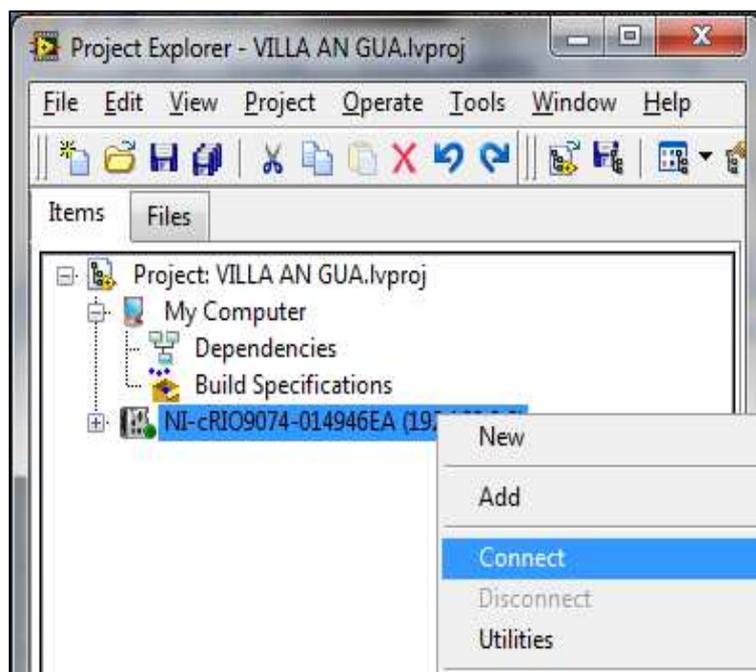
**Figura 3.23** Diagrama de Bloques y Panel Frontal

2. Se realiza las conexiones de las tarjetas con el transductor válvula Fisher en forma diferenciada (Anexo 3 y 4) siguiendo el siguiente diagrama:



**Figura 3.24** Diagrama de Conexión de las tarjetas NI 9227 y NI 9263

3. Se observa que el compact NI cRIO este habilitado mediante una luz verde encendida en el chasis si esto no es así se dará un clic derecho en el y escogemos la opción conectar:



**Figura 3.25** Conexión del Ni cRio 9074

4. Se calibran las tarjetas de acuerdo al voltaje y a la intensidad en que opere el transductor de la válvula Fisher esto es de (0 - 5) V y amperaje de entrada de (4 – 20) mA.
5. Enviando señales de voltaje de (1-5) V, se observa que en el cierre y la apertura de la válvula, la intensidad va variando, obteniendo los siguientes valores:

**Tabla 3.1 MEDIDAS DE AMPERAJE Y VOLTAJE**

| <b>VOLTAJE</b> | <b>AMPERAJE</b> |
|----------------|-----------------|
| 1              | 0.004           |
| 2              | 0.008           |
| 3              | 0.013           |
| 4              | 0.017           |
| 5              | 0.021           |

### **3.5 Mantenimiento y Seguridad de los Equipos**

El mantenimiento y seguridad del compact Ni cRIO se basa en las siguientes normas:

#### **3.5.1 Norma DIN, EN 60529 (código IP) 60529**

Esta norma es para la clasificación de receptáculos, cubiertas o componentes, respecto al acceso a partes peligrosas, ingreso de cuerpos sólidos extraños, protección ante el agua y otras características particulares de la cubierta.

El código IP se forma por las letras “IP” y dos números independientes uno del otro, de acuerdo al siguiente criterio:

- El primer número o “primera cifra característica” indica la protección de las personas respecto al acceso a partes peligrosas, limitando la penetración del cuerpo humano u objetos, así como la protección del contenido ante objetos sólidos extraños.
- La graduación va del 0 al 6, donde a mayor valor, más pequeño es el objeto que la cubierta deja pasar.

**Tabla 3.2** PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS RESPECTO A PARTES PELIGROSAS

| <b>1ª CIFRA</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                |
|-----------------|---|
| <b>0</b>        | No protegida                                      |
| <b>1</b>        | Protegida contra cuerpos sólidos de más de 50 mm  |
| <b>2</b>        | Protegida contra cuerpos sólidos de más de 12 mm  |
| <b>3</b>        | Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm |
| <b>4</b>        | Protegida contra cuerpos sólidos de más de 1 mm   |
| <b>5</b>        | Protegida contra la penetración de polvo          |
| <b>6</b>        | Totalmente estanco al polvo                       |

**Tabla 3.3** PROTECCIÓN DEL EQUIPO CONTRA LA PENETRACIÓN DEL AGUA

| <b>2ª Cifra</b> | <b>Descripción</b>  |
|-----------------|---|
| <b>0</b>        | No protegida  |
| <b>1</b>        | Protegida contra la caída vertical de gotas de agua                             |
| <b>2</b>        | Protegida contra la caída gotas de agua con una inclinación máxima de 15°       |
| <b>3</b>        | Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)                                   |
| <b>4</b>        | Protegida contra las proyecciones de agua                                       |
| <b>5</b>        | Protegida contra los chorros de agua  |
| <b>6</b>        | Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa                 |
| <b>7</b>        | Protegida contra los efectos de la inmersión                                    |
| <b>8</b>        | Protegida contra la inmersión prolongada (el fabricante especifica condiciones) |

- El segundo número o “segunda cifra característica” indica la protección del equipo en el interior de la cubierta contra la penetración del agua.
- Su graduación es del 0 al 8, donde a mayor valor más agua intentando penetrar y en mayores direcciones.

Opcionalmente con el objetivo de ampliar las características de la cubierta respecto a la protección de personas contra el acceso a partes peligrosas, se podrá encontrar letras adicionales (A, B, C, D).

Estas indican la capacidad de ciertos cuerpos a penetrar en la cubierta.

**Tabla 3.4** PROTECCIÓN DE PERSONAS CONTRA EL ACCESO A PARTES PELIGROSAS

| <b>LETRA</b> | <b>DESCRIPCIÓN</b>  |
|--------------|---|
| <b>A</b>     | Una gran superficie del cuerpo humano tal como la mano (no impide la penetración intencional)<br>Prueba con esfera de 50 mm |
| <b>B</b>     | Los dedos u objetos análogos que no excedan la longitud de 80 mm<br>Prueba con dedo de f 12 y L= 80 mm                      |
| <b>C</b>     | Herramientas, alambres, etc, con diámetro o espesor superior a 2,5 mm<br>Prueba con varilla de f 2,5 mm y L= 100 mm         |
| <b>D</b>     | Alambres o cintas con un espesor superior a 1 mm<br>Prueba con varilla de f 1 mm y L= 100 mm                                |

Se puede instalar el sistema CompactRIO en un recinto clasificado para al menos IP 54 (A, B, C, D) según lo definido por la norma IEC 60529 y EN 60529.

### **3.5.2 Normas de Seguridad**

El CompactRIO está diseñado para satisfacer los requisitos de las siguientes normas de seguridad para equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio:

- **IEC 61010-1, EN 61010-1**
- **UL 61010-1, CSA 61010-1**

Estas normas internacionales son de carácter general para la seguridad en la medida, control y uso de equipos eléctricos. Y especifican categorías de sobretensión basadas en la distancia a la que se encuentra el equipo de la fuente de electricidad y en la disipación natural de la energía transitoria que se produce en un sistema de distribución eléctrica. Las categorías más altas son las más cercanas a la fuente de electricidad y requiere protección.

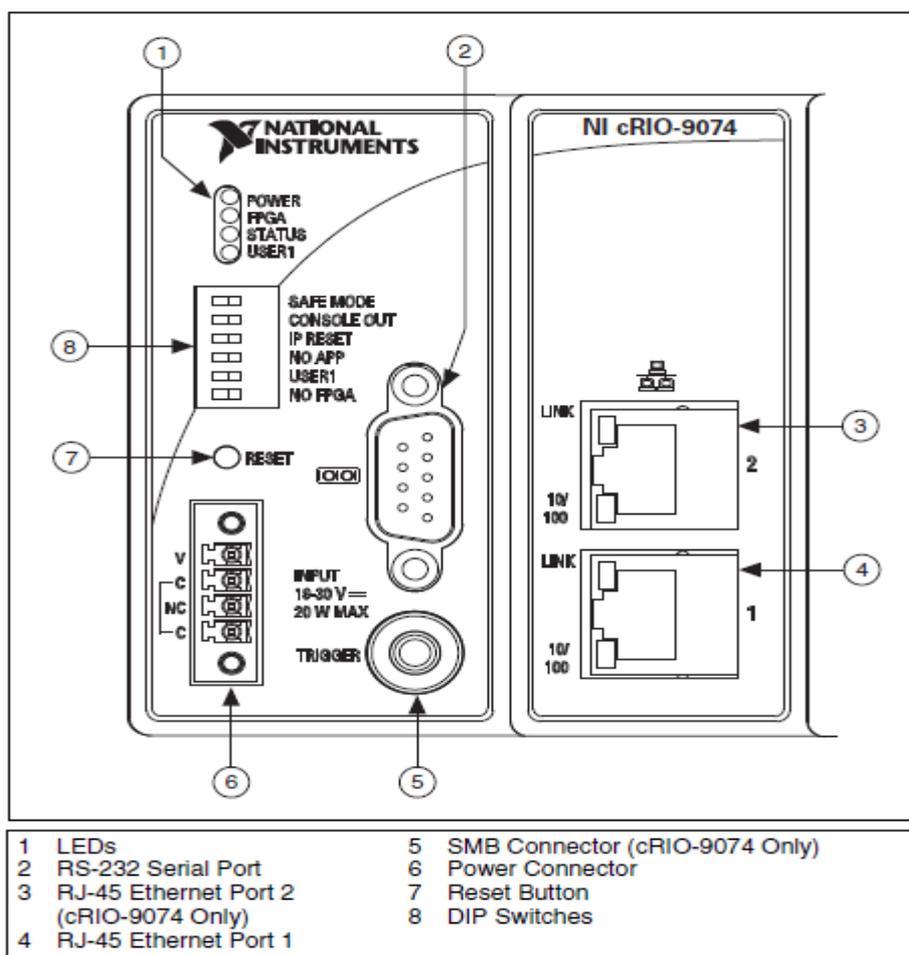
## CAPÍTULO IV

### 4. ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y GUÍA PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

#### 4.1 Elaboración del Manual de Operación de Laboratorio.<sup>[4]</sup>

CompactRIO cRIO-9074

Chasis integrado reconfigurable Inteligente en tiempo real del controlador para CompactRIO



**Figura 4.1** CompactRIO cRIO-9074

#### 4.1.1 Recomendaciones de Seguridad para Lugares Peligrosos

El cRIO-9072/3/4 es adecuado para su uso en Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D, T4 lugares peligrosos Clase 1, Zona 2, AEx nL IIC T4 y Ex nL IIC T4 lugares peligrosos y no peligrosos lugares solamente. Siga estas Directrices, si va a instalar el

cRIO-9074 en una atmósfera potencialmente explosiva. No seguir estas normas ocasionar lesiones graves o muerte.

#### **4.1.2 Precauciones**

- No desconecte los cables de alimentación y los conectores del controlador amenos que se haya apagado.
- La sustitución de componentes puede afectar la idoneidad para Clase I, División 2.
- Por la Zona 2, instalar el sistema CompactRIO en un recinto clasificado para al menos IP 54, según lo definido por la norma IEC 60529 y EN 60529.

##### **4.1.2.1 Condiciones Especiales para los Lugares Peligrosos**

Algunos chasis han sido evaluados como Ex nL IIC T4 en equipo DEMKO Certificado N ° 07 0626664X ATEX. Cada chasis está marcado como II 3G y es adecuado para su uso en la zona 2, lugares peligrosos, temperaturas de  $-20 \leq T \leq 55$  °C.

#### **4.1.3 Equipos y Materiales para Instalar el CompactRIO**

- Chasis integrado CompactRIO reconfigurable con controlador inteligente en tiempo real.
- La Serie C de módulos E/S.
- kit de montaje en carril DIN (para montaje en carril DIN solamente).
- Dos M4 y 10 tornillos de cabeza redonda (para montaje en panel solamente).
- Un destornillador estrella número 2.
- Alimentación.

**Notas:** Visite [ni.com/info](http://ni.com/info) e ingrese el código de rdsoftwareversion información para determinar el software que necesitan para utilizar el cRIO-9074.

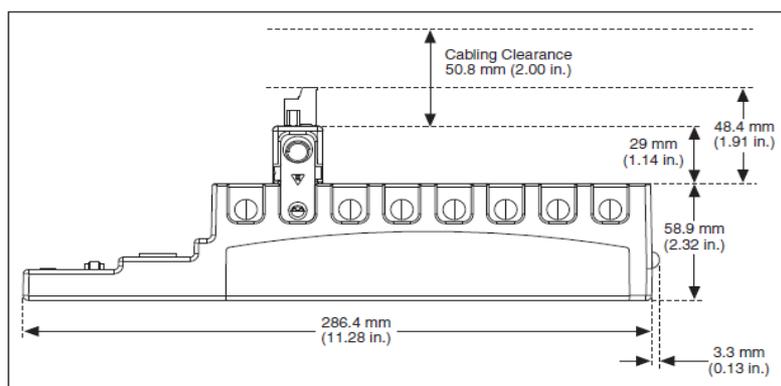
Para el transporte el cRIO-9074 es cubierto con un plástico transparente en el panel frontal para su protección, la cubierta y mas protecciones es necesaria quitarla antes de su instalación.

#### 4.1.4 Montaje del CompactRIO

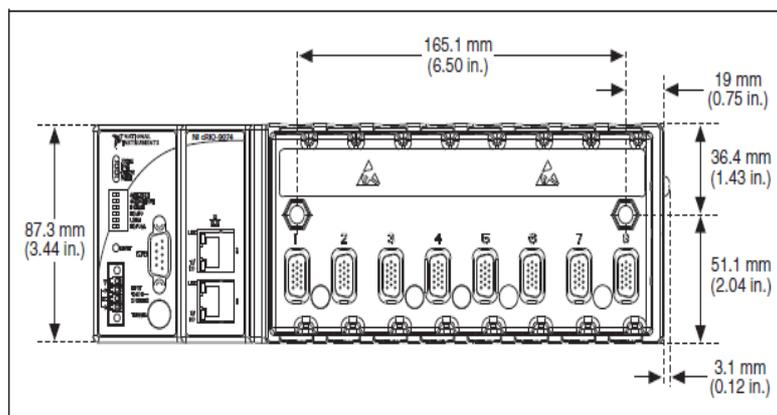
Se puede montar el chasis en cualquier orientación en un carril DIN de 35 mm o en un panel. Utilice el método de montaje del panel en una parte alta para aplicaciones de impacto y vibración.

La instalación debe cumplir los siguientes requisitos de espacio y cableado:

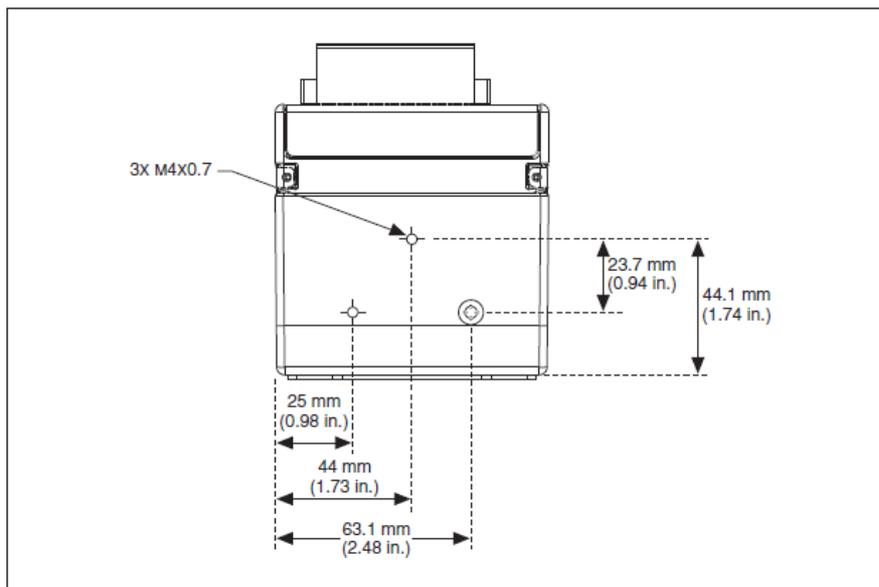
- Permitir 25,4 mm (1 pulgada) en la parte superior y la parte inferior del chasis para la circulación del aire.
- Permitir 50,8 mm (2 pulgadas) por delante de los módulos para el cableado y la separación de conectores, como se muestra en la Figura 4.2.



**Figure 4.2** cRIO-9074, Vista Inferior con Dimensiones



**Figure 4.3** cRIO-9074, Vista Frontal con Dimensiones



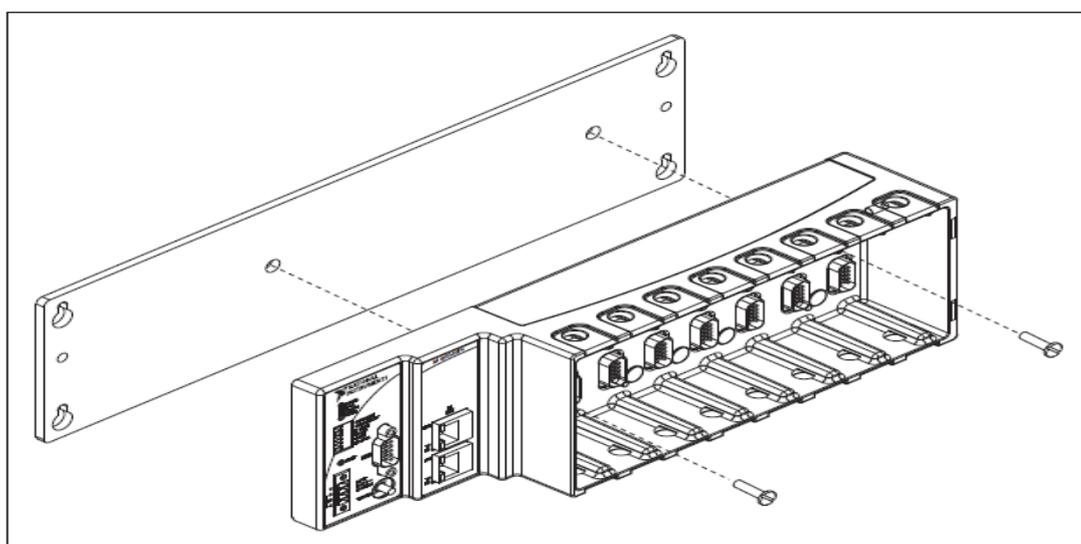
**Figure 4.4** cRIO-9074, Vista Lateral con Dimensiones

Antes de realizar el montaje asegúrese de que no los módulos E/S estén en el chasis.

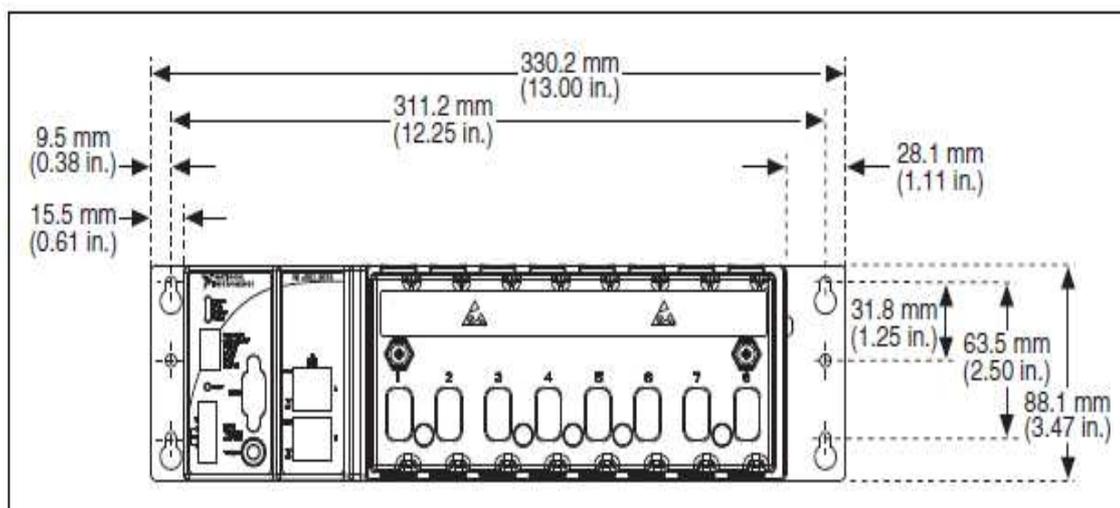
#### **4.1.5 Montaje del cRIO-9074 en una Superficie Plana.**

Para el montaje del cRIO-9074 en una superficie plana siga los pasos siguientes:

1. Fijar el chasis en el panel con el kit de montaje, destornillador, dos M4 y 16 tornillos. National Instruments proporciona estos tornillos con el kit de montaje. Es imprescindible utilizar los tornillos porque tienen la profundidad correcta para el panel.



**Figura 4.5** Instalación y Montaje de Accesorios en el Panel del cRIO-9074



**Figura 4.6** Panel con Accesorios Instalados y Dimensiones del cRIO-9074

2. Fijar el panel NI 9905 a la pared utilizando el destornillador y tornillos que son apropiados para la superficie de la pared.

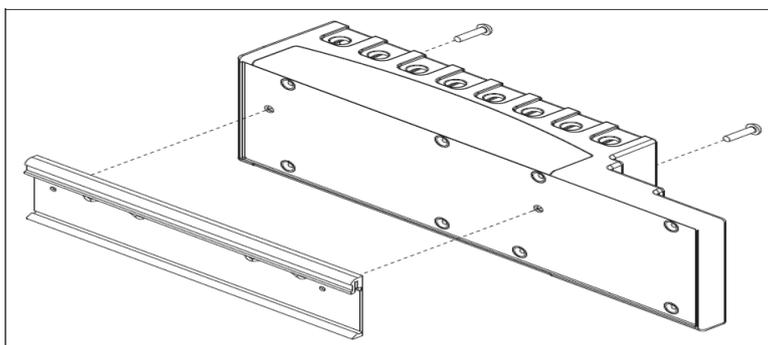
Asegúrese de que los módulos E/S no estén en el chasis antes de retirarla del panel.

#### 4.1.6 Montaje del Chasis en un Riel DIN

Para montar el chasis en un riel DIN es necesario disponer del kit de montaje NI 9915 y un clip de 35 mm de carril DIN.

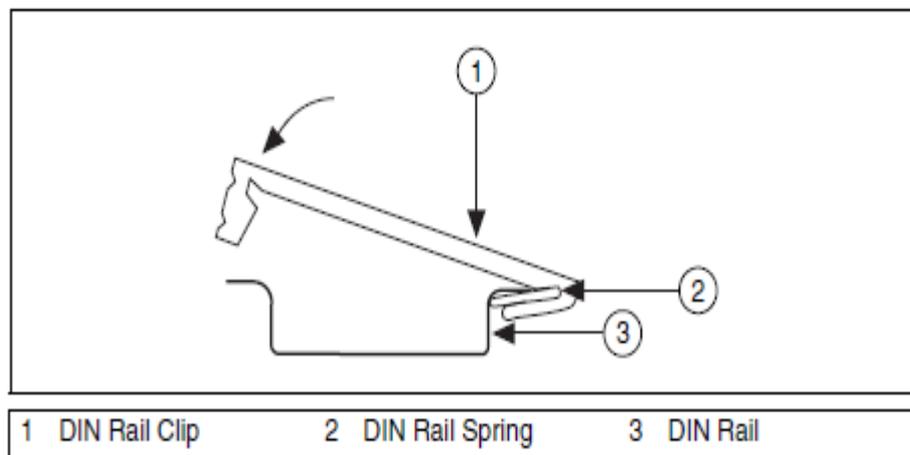
Realice los siguientes pasos para montar el chasis en un carril DIN:

1. Fije el clip de riel DIN a la carcasa usando el destornillador, dos M4 y los 16 tornillos.



**Figura 4.7** Instalación del riel DIN y Clip en el cRIO-9074

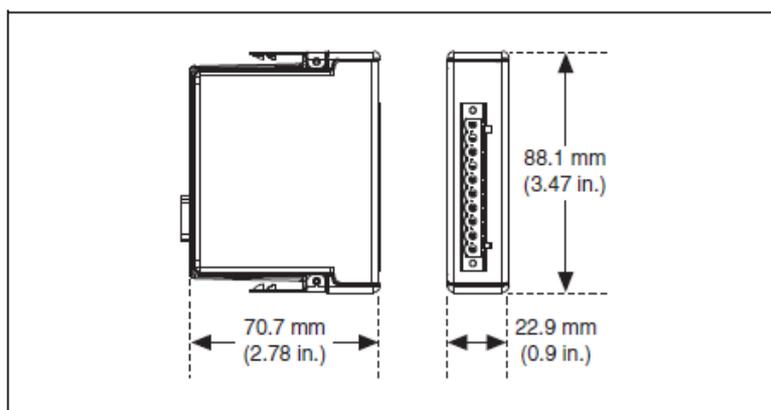
2. Inserte un extremo del riel DIN en la apertura más profunda del clip, como se muestra en la Figura 4.8



**Figura 4.8** Borde del Carril DIN Insertado en el Clip

3. Presione con firmeza el chasis para comprimir el muelle hasta que el clip encaje en su lugar en el riel DIN.

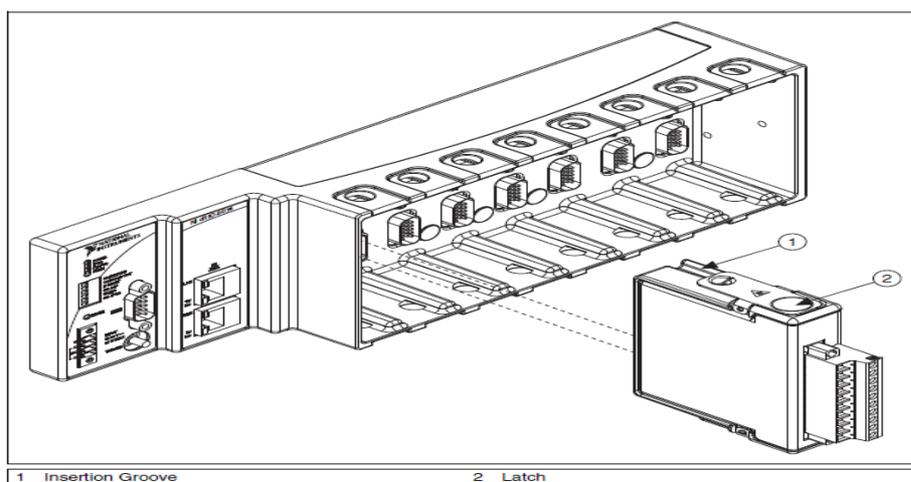
#### 4.1.7 Instalación de los Módulos de E/S en el Chasis.



**Figura 4.9** Serie C de E / S del módulo, Vista frontal con Dimensiones

Siga los pasos siguientes para instalar los módulos de E/S en el chasis:

1. Asegúrese de que E/S del lado de alimentación no está conectado con el módulo E/S. Si el sistema se encuentra en una ubicación no peligrosa, la alimentación eléctrica del chasis puede seguir al instalar módulos E/S.
2. Alinee el módulo de E/S con una E/S en la ranura del módulo en el chasis como se muestra en la Figura 4.10. Las ranuras de módulo están etiquetadas del 1 al 8 de izquierda a derecha.



**Figura 4.10** Instalación de un módulo I / O en el Chasis

3. Apriete los pestillos e inserte el módulo E/S en la ranura del módulo.
4. Presione firmemente en el lado del conector del módulo E/S hasta que los pestillos bloqueen el módulo E/S en su lugar.
5. Repita estos pasos para instalar otros módulos E/S.

#### **4.1.8 Extracción de los Módulos E/S desde el Chasis**

Siga los pasos siguientes para quitar un el módulo E/S del chasis:

1. Asegúrese de que la E/S del lado de alimentación no se encuentra conectado con el módulo E/S. Si el sistema se en una ubicación no peligrosa, la alimentación eléctrica del chasis puede estar conectada al quitar los módulos de E/S.
2. Apriete los pestillos de ambos lados del módulo y tire del módulo fuera del chasis.

#### **4.1.9 Conexión del Chasis a una Red**

Conecte el chasis a una red Ethernet con puerto RJ-45 Ethernet de 1 en el panel frontal del controlador. Utilice un estándar de categoría 5 (CAT-5) blindado, el cable Ethernet de par trenzado para conectar el chasis a un centro de red Ethernet, o utilice un cable cruzado Ethernet para conectar el chasis directamente a un equipo.

Para evitar la pérdida de datos y para mantener la integridad de la instalación de Ethernet, no use un cable más largo de 100 m. La primera vez que encienda el chasis, la configuración del BIOS de la red determina la configuración inicial de la propiedad intelectual y el comportamiento de la red.

Después de encendido, debe instalar el software en el chasis y la configuración de red en Measurement & Automation Explorer (MAX).

**Nota:** La instalación del software puede cambiar el comportamiento de la red del chasis. Para obtener más información sobre el comportamiento de la red con la versión del software instalado.

La configuración del BIOS de la red del cRIO-9074 depende del número del chasis. El número de pieza se encuentra en la parte inferior del chasis

#### **4.1.10 El Cableado de Alimentación en el Chasis**

El cRIO-9074 requiere una fuente de alimentación externa que cumpla con las especificaciones en la sección requisitos de alimentación. El cRIO-9074 posee filtros, regula la potencia suministrada y proporciona la energía para todos los módulos E/S. El cRIO-9074 tiene una capa de tensión de protección inversa.

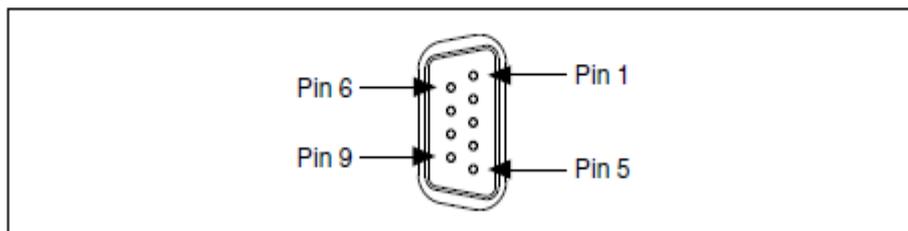
Siga los pasos siguientes para conectar una fuente de alimentación al chasis:

1. Conecte el cable positivo de la fuente de alimentación a la terminal V de él conector COMBICON.
2. Conecte el cable negativo de la fuente de alimentación a una de las terminales C del conector COMBICON.
3. Instale el conector COMBICON en el panel frontal del cRIO-9074. Precaución: Los terminales C están conectados internamente entre sí.

#### **4.1.11 Encendido del cRIO-9074**

Cuando se energiza el cRIO-9074, el controlador se ejecuta en prueba de encendido (POST). Durante el POST, el LED de poder y estado se encienden, luego el LED de estado se apaga, lo que indica que el POST se ha completado.

#### 4.1.12 Conexión de Dispositivos de Serie a la cRIO-9074



**Figura 4.11** Controlador de Puerto

El cRIO-9074 tiene un puerto serie RS-232 a la que puede conectar dispositivos tales como pantallas o dispositivos de entrada.

**Tabla 4.1** Pin Descripciones

| Pin | Señal |
|-----|-------|
| 1   | DCD   |
| 2   | RXD   |
| 3   | TXD   |
| 4   | DTR   |
| 5   | GND   |
| 6   | DSR   |
| 7   | RTS   |
| 8   | CTS   |
| 9   | RI    |

Si el cRIO-9074 no puede comunicarse con la red realice los pasos siguientes para solucionar los problemas:

1. Mueva el interruptor de RESET IP en la posición ON.
2. Pulse el botón RESET para centrales de ciclo en el chasis.
3. Configurar el período de investigación y otras configuraciones de red en MAX.
4. Mueva el interruptor de RESET IP a la posición OFF.

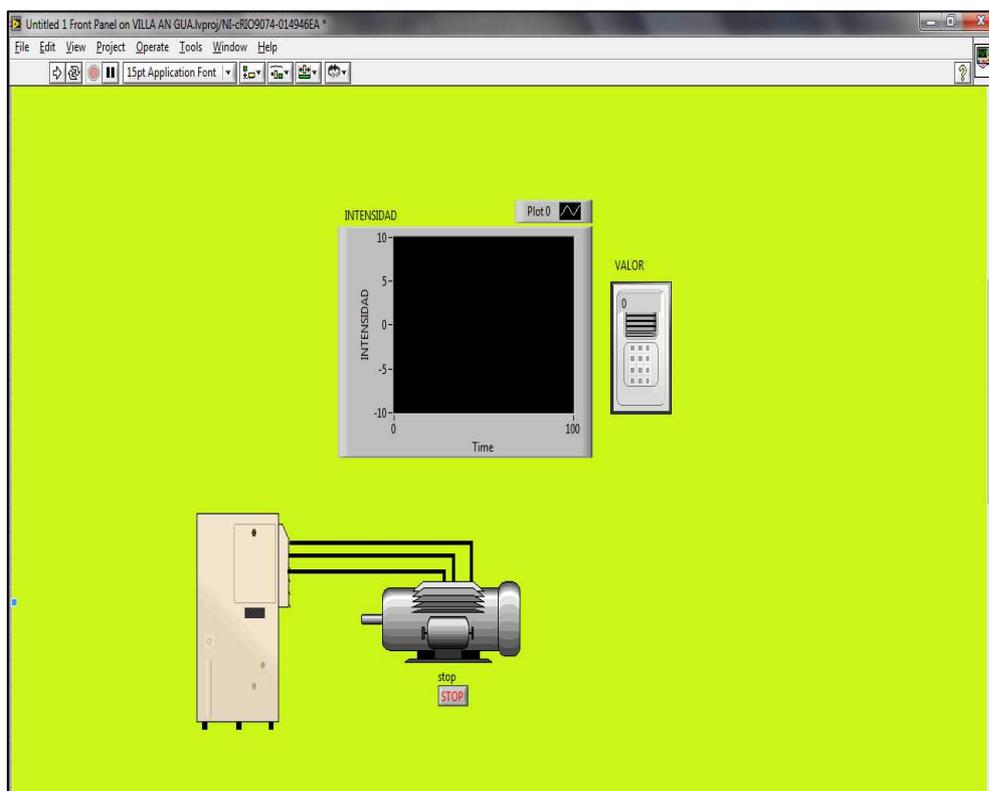
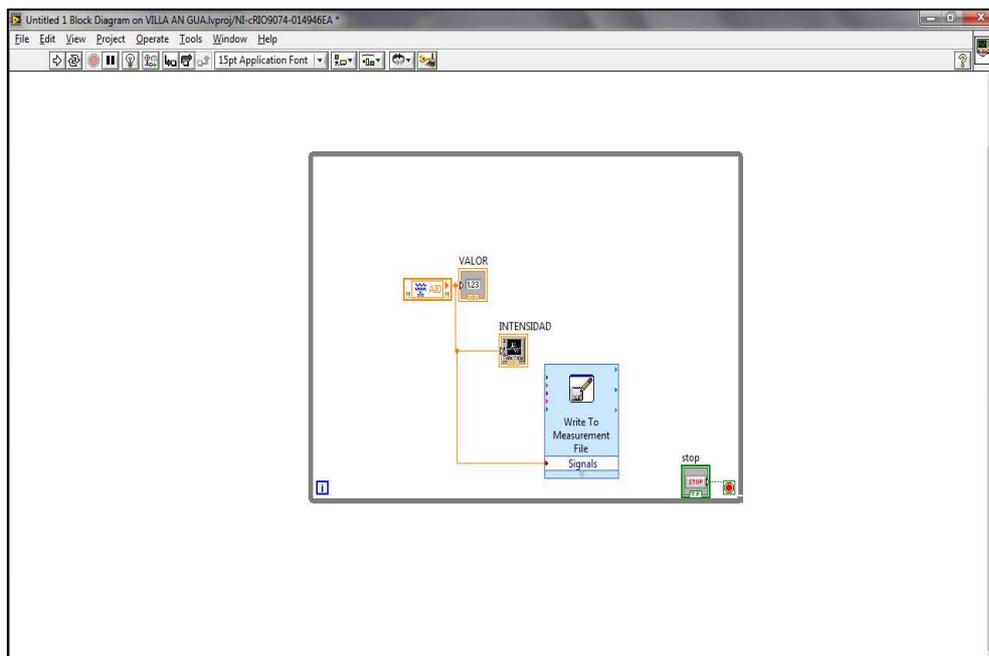
**Nota:** El comportamiento de la red del chasis después de encender el interruptor RESET de IP depende de la versión de LabVIEW RT instalado.

Para ver las especificaciones de funcionamiento consulte Anexo 2

## 4.2 Elaboración de Guías Prácticas de Laboratorio.

### 4.2.1 Experimento de Laboratorio N° 1

#### Adquisición de Datos de Funcionamiento de un MAJA 3F



**Figura 4.12** Panel Frontal y Diagrama de Bloques del Laboratorio 1

### Objetivos del experimento

- A. Realizar un interface entre el computador, NI CompactRIO y LabVIEW
- B. Mostrar las ventajas que otorga la utilización del NI CompactRIO
- C. Realizar la prueba operacional del CompactRIO con el funcionamiento de un MAJA 3F

### Conceptos Básicos

1. Una MAJA 3F (motor asíncrono jaula de ardilla trifásico), puede funcionar en estrella o en triangulo, posee tres bobinados cada uno con 1,5 A
2. Los motores trifásicos asíncronos se clasifican en, motores asíncronos de rotor en cortocircuito (rotor de jaula de ardilla y sus derivados) y motores asíncronos con rotor bobinado (anillos rozantes).
3. Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas.
4. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores

### Información Introductoria

#### MOTOR TRIFÁSICO ASÍNCRONO. [3]

Un rotor de jaula de ardilla es la parte que rota usada comúnmente en un motor de inducción de corriente alterna. Un motor eléctrico con un rotor de jaula de ardilla también se llama "motor de jaula de ardilla".



**Figura 4.13** Motor Jaula de Ardilla

En su forma instalada, es un cilindro montado en un eje. Internamente contiene barras conductoras longitudinales de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula. El nombre se deriva de la semejanza entre esta jaula de anillos y barras y la rueda de un hámster (ruedas probablemente similares existen para las ardillas domésticas)

La mayoría de los motores trifásicos tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en estrella o en triángulo. Las tensiones en cada fase en este caso son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres. Por ejemplo, si la tensión de línea es 380 V, entonces la tensión de cada fase es 220 V.

**Principio de funcionamiento.** Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético.

El conductor tiende a funcionar como un electroimán debido a la corriente eléctrica que circula por el mismo adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provocan, debido a la interacción con los polos ubicados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor.

Partiendo del hecho de que cuando pasa corriente por un conductor produce un campo magnético, además si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor tienda a desplazarse produciendo así la energía mecánica. Dicha energía es comunicada al exterior mediante un dispositivo llamado flecha.

### **Equipos y Materiales**

- Fuente de Poder de CA 0-220 V
- NI CompactRIO Chasis
- Tarjeta de Corriente NI 9227
- Fuente de Poder del CompactRIO

- Transformador de Corriente 60/5 A
- Motor Asincrónico Jaula de Ardilla 3F
- Contactores
- Relé Temporizador
- Botoneras
- Cables de Conexión
- Tablero Konnect All

### **Procedimiento del Experimento**

#### **Objetivo A. Realizar un interface entre el computador, CompactRIO y LabVIEW**

1. Analizar el CompactRIO y determinar sus componentes: Chasis, Tarjetas de Corriente NI 9227, Fuente de Poder NI cRIO 9074, Cable de Comunicación
2. Identificar sus componentes colocar las tarjetas en sus respectivas ranuras, alimentar al NI cRIO con 24 VCD, posteriormente conectar la unidad con el computador mediante el cable de comunicación de red
3. Ingresar al menú **Panel de Control - Redes e Internet – Conexiones de red** para configurar el IP.
4. Clic derecho en el icono **Conexión de Área local**, Seleccionar la opción **Propiedades**.
5. Seleccionar la opción **Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)** y Aceptar la opción.
6. Elegir la opción **Usar la siguiente dirección IP**, digitar **192. 168. 0. 1** y aceptar
7. Realizar el reconocimiento del equipo al computador mediante el Measurement & Automation

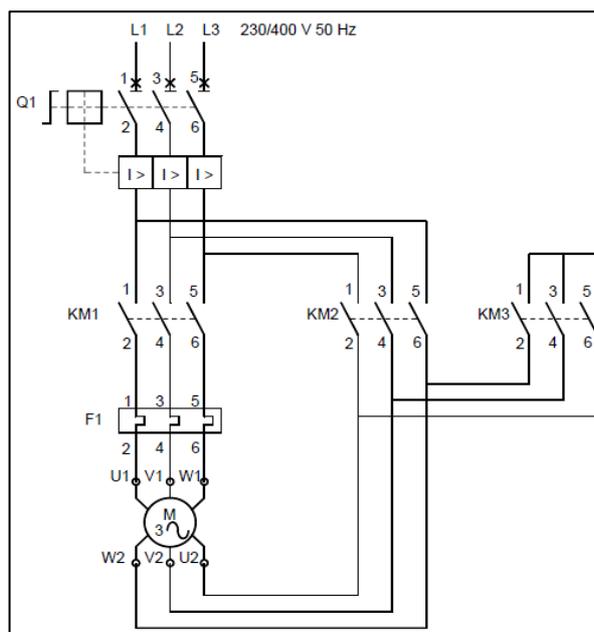
#### **Objetivo B. Mostrar las ventajas que otorga la utilización del NI CompactRIO**

1. La comunicación interface se realiza mediante un cable de red
2. El chasis del NI cRIO posee 2M de compuertas lógicas para sus debida programación

3. Es más robusto el chasis a comparación con otros equipos Compact
4. Posee puertos de ethernet, los cuales permiten una comunicación a distancia
5. Es un equipo compacto donde alberga en su chasis todas las tarjetas de adquisición de datos y control

**Objetivo C. Realizar la prueba operacional del CompactRIO con el funcionamiento de un MAJA 3F**

1. Realizar la conexión de arranque Estrella-Triángulo para el arranque del Motor Jaula de Ardilla Asincrónico Trifásico como lo indica la figura 4.14
2. Seguidamente encender en NI cRIO, mediante el Project, colocándolo en línea.
3. Crear un nuevo VI desde el Project, y diseñar el Panel Frontal de la práctica, y estructurar el Diagrama de Bloques según lo indica la Figura 4.12
4. En el Diagrama de Bloques tener en cuenta que al valor registrado se debe multiplicar por la relación del transformador es decir  $60/5 = 12$
5. Montado el arranque del motor colocar el transformador de corriente 60/5 A en una línea para poder monitorear y registrar los valores de funcionamiento del motor, conectando a una de las entradas de la tarjeta NI 9227



**Figura 4.14** Arranque Estrella-Triángulo para un MAJA 3F

6. Registrar los valores correspondientes de corriente indicados en el Panel Frontal

I = ..... (Registra en un rango de 2,18 y -2,18)

7. Realizar una práctica con el motor en funcionamiento con conexión estrella

8. Los valores correspondientes indicaran:

I = ..... (Registra en un rango de 1 y -1)

9. Realizar una base de datos mediante Write to Measurement File

## 4.2.2 Experimento de Laboratorio N° 2

### Control, Adquisición de Datos de Funcionamiento de un Sistema de Bombeo

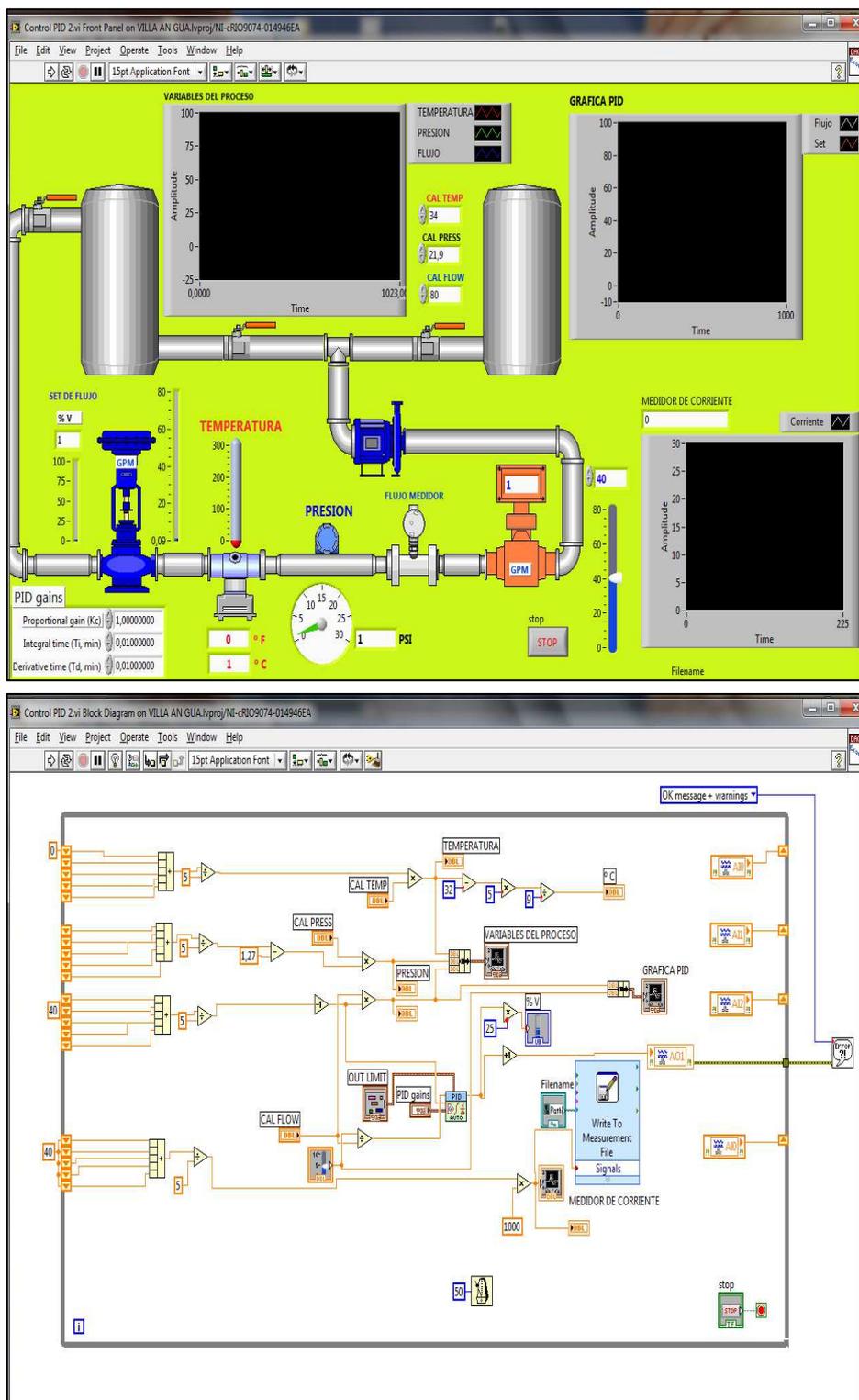


Figura 4.15 Diagrama de Bloques y Panel Frontal del Laboratorio 2

### **Objetivos del experimento**

- A. Analizar el Sistema de Bombeo
- B. Mostrar y medir los valores de corriente del Sistema de Bombeo con la utilización del CompactRIO

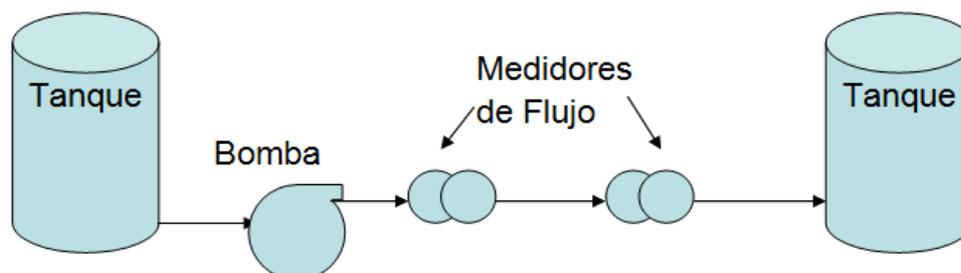
### **Conceptos Básicos**

1. La Técnica que se ocupa de medir, transmitir, registrar, y regular automáticamente las magnitudes físicas y químicas, cuyo conocimiento, estabilización o variación deseada es importante para un proceso de producción atendiendo a normas de calidad, seguridad y medio ambiente, denominada Instrumentación
2. LabView es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación
3. La Válvula de Control realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable de medida comportándose como un orificio de área continuamente variable.

### **Información Introductoria**

El Objetivo principal del Banco de Pruebas es la Medición de Flujo por método dinámico para ello vamos a necesitar un medidor de Flujo, que sirva de medidor de referencia o patrón y otro que va a ser el medidor de prueba.

El proceso consiste en almacenar un fluido en un tanque bombearlo por una línea que nos permita tener los medidores de flujo, para cuantificar el flujo a través de los mismos y desalojar dicho fluido en otro tanque o recipiente para las comparaciones respectivas.



**Figura 4.16** Proceso de medición de Flujo en el Sistema de Bombeo

## **Función de las Partes del Proceso**

**Tanques de Almacenamiento.** Abastecen el fluido a ser medido, en este proceso tenemos dos tanques que pueden interactuar como tanque alimentador y tanque receptor respectivamente. Cada tanque tiene una capacidad aproximada de 90 galones.

**Sistema de Bombeo.** Consiste de una bomba centrífuga de baja potencia para el rango de los medidores de flujo a ser utilizados la Succión tiene una entrada de 2 plgs y la descarga es igual de 2 plgs. (2"X2").

**Medidores de Flujo.** Constan de dos medidores de flujo, uno de desplazamiento positivo y uno de turbina. El medidor de desplazamiento positivo es un medidor marca FMC (Smith Meter) Modelo T-11 para una capacidad de 100 galones por minuto en rango intermitente y 80 galones por minuto en rango continuo para una presión de trabajo estándar de 150 psig.

El medidor de turbina consta de una turbina marca FMC (Invalco) de 2 pulgadas de tamaño y un rango de medida de 30 a 330 galones por minuto con una presión de trabajo de 150 psig acoplada mediante un sensor magnético a un totalizador de flujo, el cual recibe la señal del sensor, muestra la rata de flujo y totaliza la cantidad que pasa en determinado tiempo.

**Válvula de Control.** Es el elemento final de control del Lazo de Flujo que se va a implementar dentro del control de este banco de pruebas. Como se detallará en el próximo capítulo consiste de una Válvula de Control Neumática la cual se cierra o se abre de acuerdo a la cantidad de flujo requerida para nuestro proceso. Para este trabajo se utiliza una válvula marca Fisher de 2 plgs de tamaño con actuador neumático.

**Instrumentación.** Consiste de todos los instrumentos que se van a montar en el banco de pruebas para monitorear y controlar las variables de proceso (flujo, Presión y temperatura). Se han instalado instrumentos indicadores y transmisores los mismos que llevarán la señal al computador para el control con el programa elaborado el LAB View.

**Ver Anexo 1**

### **Equipos y Materiales**

- Fuente de Poder de CA 0-220 V
- NI CompactRIO Chasis
- Tarjeta de Corriente NI 9227
- Fuente de Poder del CompactRIO
- Manómetro
- Termómetro Bimetálico
- Bomba Centrífuga
- Medidor de Desplazamiento Positivo
- Medidor de Turbina
- Válvula de Control (Fisher)
- Cables de Conexión
- Indicadores: de Presión, de Temperatura
- Transmisor de Presión, de Temperatura
- Regulador de presión de Aire
- Convertidor de señal I/P.
- Tablero de Control

### **Procedimiento del Experimento**

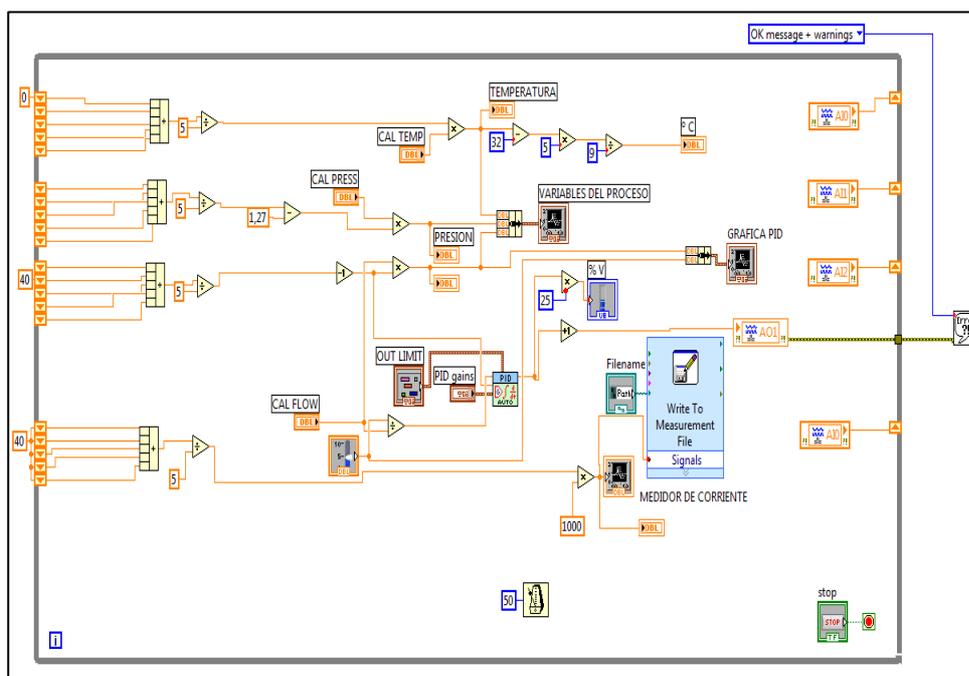
#### **Objetivo A. Estudio del Sistema de Bombeo**

1. Analizar el principio de funcionamiento del Sistema de Bombeo
2. Identificar y verificar cada parte que conforma este Sistema

3. Realizar las conexiones de las entradas y salidas analógicas de las tarjetas NI 9205 y NI 9263 respectivamente y la salida analógica de la tarjeta NI 9227 en el Tablero de Control

### **Objetivo B. Mostrar y medir los valores de corriente del Sistema de Bombeo con la utilización del CompactRIO**

1. Alimentar de energía al Sistema de Bombeo y diseñar el Panel Frontal como lo indica en la Figura 4.17
2. Diseñar el Diagrama de Bloques como lo indica la siguiente figura 4.15
3. Conectar las entradas analógicas de la tarjeta NI 9205 las cuales servirán para sensar los valores del caudal, temperatura, presión del Sistema



**Figura 4.17** Diagrama de Bloques del Control y monitoreo del Sistema de Bombeo

4. La salida analógica de la tarjeta NI 9263 permitirá el control de la Válvula de Control o Fisher y la Tarjeta NI 9227 adquirirá y registrará el consumo de corriente de la válvula
5. Registrar los valores de la práctica del Sistema de Bombeo tanto de la Corriente, Temperatura, Presión, Caudal en distintos tipos de flujo del líquido (agua).
6. Los valores de Corriente en un promedio van:

$$7.10 \text{ GPM} = 8,71 \text{ mA}$$

8. 20 GPM = 10,83 mA

9. 30 GPM = 12,56 mA

10. 40 GPM = 14,83 mA

11. 50 GPM = 15,68 mA

12. 60 GPM = 16,44 mA

13. 70 GPM = 17,32 mA

14. 80 GPM = 22,45 mA

**Tabla 4.2** REGISTRO DE VALORES DE PRACTICA DEL SISTEMA DE BOMBEO

| GPM | Corriente | Caudal | Temperatura | Presión |
|-----|-----------|--------|-------------|---------|
| 10  |           |        |             |         |
| 20  |           |        |             |         |
| 30  |           |        |             |         |
| 40  |           |        |             |         |
| 50  |           |        |             |         |
| 60  |           |        |             |         |
| 70  |           |        |             |         |
| 80  |           |        |             |         |

**NOTA:** A menor caudal aumenta la presión dentro del Sistema de Bombeo, caso contrario a mayor caudal disminuye la presión en el Sistema, la temperatura se mantiene estable en ambos casos del caudal.

## CAPÍTULO V

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- Mediante el sistema SCADA se monitoreo y se pudo obtener valores de corriente, los cuales se pueden generar en una hoja de reportes para el eventual análisis y la debida toma de decisiones en el proceso sin tener que realizar paradas innecesarias.
- Se ha provisto a la Facultad de un equipo útil, como es la tarjeta NI 9227 que es sencilla de manejar y programar, la cual cubrirá las expectativas esperadas de docentes y estudiantes.
- Los valores obtenidos de corriente son mucho más precisos y se puede obtener varios datos en pequeñas fracciones de segundos comparado con los instrumentos convencionales.
- En el campo real de aplicación los procesos son similares, cambian en sus magnitudes, variables y tamaño, pero no siempre eso significa que lleguen a ser más complejos, pues con la ayuda de estos sistemas se puede simplificar el desarrollo de programación sin degradar su respectivo rendimiento.
- El Monitoreo y Control a distancia se realizó satisfactoriamente demostrando así que se puede llegar a tener acceso al Sistema vía internet sin la necesidad de encontrarse frente al proceso.
- Al elaborar las guías de prácticas de medición de corrientes eléctricas se pudo cumplir con las expectativas dentro de las ventajas que brinda esta tarjeta al trabajar en tiempo real y en la adquisición de datos.

#### **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda dar el adecuado manejo a todos los equipos e instrumentos del sistema de medición con una previa capacitación a docentes y estudiantes a cerca de los

parámetros de funcionamiento del NI compact RIO. Esto asegurará mayor durabilidad y mayor tiempo de vida útil, resguardando la seguridad de los mismos y de los operarios.

- Para la calibración de las tarjetas se recomienda revisar los manuales de operación según el proceso en que se vaya a implementar el sistema.
- Se recomienda utilizar el equipo para otros fines industriales en donde necesiten llevar y utilizar los beneficios que ofrece la plataforma CompactRIO y LabVIEW en cada uno de los procesos dentro de la industria ecuatoriana.
- Por ser un micro computador y tener una interface de comunicación con un PC es propenso a infectarse de virus provenientes de la PC o de internet, por lo que se recomienda utilizar un antivirus potente y actualizado.
- Debido a las grandes prestaciones que nos brinda el compact RIO y el software LabVIEW se recomienda la utilización en procesos internos y externos de la ESPOCH en la realización de nuevas tesis con Sistemas Embebidos.
- Para el cuidado del puerto principal de Ethernet del compact RIO se recomienda la adquisición de borneras de Ethernet exteriores, así garantizara una mayor durabilidad y vida útil de dicho elemento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **VIZCAÍNO J. - PELEGRÍ S.** Labview entorno gráfico de programación. México DF: Alfaomega Grupo Editor S.A. 2007. pp. 65
- [2] **CREUS SOLE A.** Instrumentación industrial. Séptima edición. México: Alfaomega Grupo Editor. Noviembre 2005. pp. 361
- [3] **CHAPMAN S.** Máquinas eléctricas. México DF: Mc Graw – Hill Companies, Inc. 2005. pp. 380
- [4] **NATIONAL INSTRUMENTS.** Manual de operación del NI CompactRIO 9074. Texas: 2009. (doc)

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **VIZCAÍNO, J. – PELEGRÍ, S.** Labview entorno gráfico de programación.  
México DF: Alfaomega Grupo Editor S.A. 2007.
- **CREUS SOLE, A.** Instrumentación industrial. México: Alfaomega Grupo Editor.  
2005.
- **CHAPMAN, S.** Máquinas eléctricas. México DF: Mc Graw – Hill Companies,  
Inc. 2005.
- **NATIONAL INSTRUMENTS.** Manual de operación del NI CompactRIO 9074.  
Texas: 2009
- **LÁZARO, A.** Programación Gráfica para el control e instrumentación LabVIEW 6i.  
México: Paraninfo. S.A. 2002.

## LINKOGRAFÍA

- **Corriente Eléctrica**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_el%C3%A9ctrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_el%C3%A9ctrica)  
2010-06-15
  
- **Instrumentos para la Medición de Corrientes**  
<http://www.monografias.com/trabajos/medielectricos/medielectricos.shtml>  
2010-06-25
  
- **Sistemas Embebidos**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_integrado](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_integrado)  
2010-06-25
  
- **Sistema Scada**  
<http://www.monografias.com/trabajos/medielectricos/medielectricos.shtml>  
2010-07-14
  
- **Sistemas Embebidos**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_integrado](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_integrado)  
2010-07-19
  
- **Sistemas Digitales y Analógicos**  
<http://www.monografias.com/trabajos27/analogico-y-digital/analogico-y-digital.shtml>  
2010-07-30
  
- **Control PID**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional\\_integral\\_derivativo](http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo)  
2010-08-18

- **Áreas de Aplicación de LabVIEW**  
<http://www.ni.com/labview/applications/daq/esa/>  
2010-08-30
  
- **Transformador de Corriente**  
[http://www.velasquez.com.co/paginas/transformadores\\_de\\_corriente.htm](http://www.velasquez.com.co/paginas/transformadores_de_corriente.htm)  
2010-09-25
  
- **Mantenimiento y Seguridad de los equipos**  
[www.globaldatainternational.com](http://www.globaldatainternational.com)  
2010-10-05
  
- **Normas de Seguridad**  
[http://pdf.directindustry.es/pdf/fluke/catalogo-de-instrumentos-de-medida/7570-75767-\\_6.html](http://pdf.directindustry.es/pdf/fluke/catalogo-de-instrumentos-de-medida/7570-75767-_6.html)  
2010-10-15