



**EDITORIAL  
DIGITAL**

TECNOLÓGICO DE MONTERREY

# **INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL. FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN GRÁFICA CON LabVIEW**



# Acerca de este eBook



## **INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL. Fundamentos de programación gráfica con LabVIEW**

-  
ALEJANDRO PINEDA OLIVARES  
-

D.R. © Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México 2013.

El Tecnológico de Monterrey presenta su primera colección de eBooks de texto para programas de nivel preparatoria, profesional y posgrado. En cada título, nuestros autores integran conocimientos y habilidades, utilizando diversas tecnologías de apoyo al aprendizaje. El objetivo principal de este sello editorial es el de divulgar el conocimiento y experiencia didáctica de los profesores del Tecnológico de Monterrey a través del uso innovador de la tecnología. Asimismo, apunta a contribuir a la creación de un modelo de publicación que integre en el formato eBook, de manera creativa, las múltiples posibilidades que ofrecen las tecnologías digitales. Con su nueva Editorial Digital, el Tecnológico de Monterrey confirma su vocación emprendedora y su compromiso con la innovación educativa y tecnológica en beneficio del aprendizaje de los estudiantes.

[www.ebookstec.com](http://www.ebookstec.com)

[ebookstec@itesm.mx](mailto:ebookstec@itesm.mx)

## Acerca del autor

### **ALEJANDRO PINEDA OLIVARES**

Alejandro Pineda Olivares es profesor asistente en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica del Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de México. Es Maestro en Ciencias e Ingeniero en Sistemas Electrónicos.

Tiene experiencia como docente, consultor e investigador ya que ha impartido 20 asignaturas diferentes a nivel profesional y posgrado; ha participado como consultor especializado desarrollando proyectos para la industria. También ha participado en cátedras de investigación en donde ha desarrollado prototipos y realizado publicaciones en congresos nacionales e internacionales, y está certificado para impartir cursos de LabVIEW.

Sus áreas de investigación incluyen Instrumentación Virtual, Interfaces Computacionales, Robótica y Visión Artificial.



# Mapa de contenidos

<p><b>Capítulo 1</b></p> <p>Introducción a la instrumentación virtual</p> 	<p><b>Capítulo 2</b></p> <p>Ambiente gráfico de programación LabVIEW</p> 	<p><b>Capítulo 3</b></p> <p>Arreglos y <i>clusters</i></p> 	<p><b>Capítulo 4</b></p> <p>Estructuras y elementos de programación</p> 
<p><b>Capítulo 5</b></p> <p><i>Strings</i> y manejo de archivos</p> 	<p><b>Capítulo 6</b></p> <p>Adquisición de datos</p> 	<p><b>Capítulo 7</b></p> <p>Estructuras y funciones avanzadas</p> 	<p><b>Capítulo 8</b></p> <p>Conectividad</p> 

# Introducción del eBook

**E**n la actualidad, los sistemas de monitoreo y control de procesos se realizan bajo esquemas de instrumentación virtual debido al constante avance tecnológico que experimentamos. Los sistemas de instrumentación virtual son ampliamente utilizados por su bajo costo, gran flexibilidad y reconfigurabilidad, así como por su alto rendimiento y ahorro considerable en tiempo de desarrollo; razón por la cual constituyen una evolución natural respecto a los sistemas tradicionales de instrumentación.

El LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico, adoptado en la industria y en la academia, como estándar para el desarrollo de sistemas de instrumentación virtual, dado su poderoso conjunto de bibliotecas de funciones que permite el desarrollo de algoritmos complejos de procesamiento de señales, además de permitir la comunicación con cualquier protocolo de comunicaciones e interfaces de *hardware* y *software* existentes.



Adicionalmente, el LabVIEW es la plataforma estandarizada para la adquisición de datos y el control de instrumentos que son pieza fundamental en los sistemas de instrumentación virtual. Estos sistemas de instrumentación virtual programados mediante el uso del *software* LabVIEW permiten el monitoreo y control de cualquier variable física que desee ser procesada por computadora, y realizan la implementación de algoritmos matemáticos con el objeto de visualizar resultados gráficamente, o de comunicarlos con sistemas remotos mediante el uso de interfaces inalámbricas; todo esto engloba las características de cualquier sistema de instrumentación virtual.

El presente libro electrónico pretende ser una herramienta para desarrolladores de la academia y la industria que deseen conocer los fundamentos de programación gráfica, utilizando el *software* LabVIEW, y que les permita, además, la implementación de sistemas de instrumentación virtual a partir de los conceptos del lenguaje y de la funcionalidad de las herramientas del programa. El libro utiliza la versión más actualizada del *software* (LabVIEW Professional 2010 SP1) con el objeto de incluir los cambios o modificaciones más recientes en algunas funciones y elementos de programa, para que sean interpretados por los usuarios.

Además, se incluye la descripción operativa de cientos de funciones, incorporando ejemplos de aplicación para cada una de las mismas, lo cual se espera apoye en la comprensión de los temas expuestos. Asimismo, se presentan ejercicios propuestos utilizando dispositivos de uso actual que son empleados en aplicaciones reales hoy en día. Por su parte, las animaciones presentadas permiten una mejor comprensión de los procedimientos gráficos de programación.

Los capítulos han sido estructurados de manera que se pueda iniciar el estudio del lenguaje a partir de conceptos muy básicos y hasta temas avanzados. El mecanismo de interacción con el lector se ha desarrollado de modo que le permita la navegación no lineal del contenido, para

avanzar a su propio ritmo en el estudio del lenguaje LabVIEW. El uso de recursos didácticos basados en multimedia tiene como objetivo el presentar una gama más variada de elementos de programa, que permitan el entendimiento de conceptos y reglas del lenguaje de una manera más eficiente, intentando que el lector desarrolle sus propias aplicaciones virtuales a partir de la preparación estructurada de esquemas de instrumentación virtual.



# Capítulo 1. Introducción a la instrumentación virtual

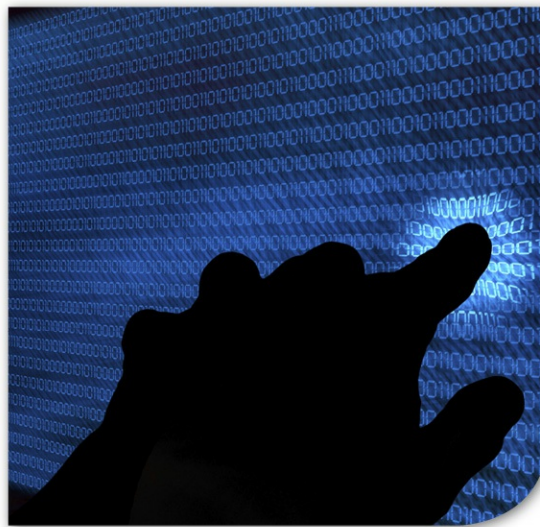


# Introducción a la instrumentación virtual

A lo largo de la última década, el uso de la tecnología ha sido un factor clave para el mejoramiento de los sistemas electrónicos basados en equipos de cómputo, tanto estacionarios como móviles, el uso cada vez más común de dispositivos móviles mediante sistemas distribuidos así como el mejoramiento de los procesos de manufactura y producción representan claramente el constante avance tecnológico de la sociedad actual (Rosenbloom, 2002, pp. 29-30). Todo ello involucra el uso de nuevos sistemas de instrumentación a través de la utilización de modernos equipos de hardware mediante el uso de software novedoso que contrasta el esquema tradicional de los lenguajes de programación.

La instrumentación virtual supone un nuevo enfoque de la instrumentación tradicional que incorpora nuevas características y elementos de sistema añadiendo mejoras tecnológicas basadas en las innovaciones científicas, además de reducir los costos de la producción de los sistemas y beneficiar el uso de nuevas tecnologías logrando un mercado más amplio y una plataforma de diseño extremadamente flexible y eficiente (Denning, 2001, p. 73).

*La instrumentación virtual ha tenido, en los últimos años, un crecimiento exponencial en áreas tecnológicamente a la vanguardia y continuará su progresión hacia horizontes poco imaginables hoy en día.*



## 1.1. Evolución de la instrumentación

Históricamente, los sistemas de instrumentación tradicional se han basado en el uso de aparatos o instrumentos de medición individuales, los cuales incluyen el uso de sensores o transductores para adquirir variables físicas y convertirlas a señales eléctricas que el usuario pueda interpretar para su posterior registro o procesamiento (Denning, 2001). Sin embargo, en dichos sistemas se tienen varios inconvenientes que incluyen el hecho de que se requieran

diferentes aparatos físicos para medir múltiples variables, con la desventaja que representa la portabilidad de los mismos; además, dichos aparatos pueden incluir diferentes interfaces o no incluirlas, lo cual ocasiona que no puedan ingresarse los datos a la computadora de manera automática. Lo anterior representa las mayores desventajas en el uso de sistemas de instrumentación tradicionales, ya que no se tiene interacción con equipos de cómputo en tiempo real, aunado a la nula posibilidad de comunicación inalámbrica y aplicaciones móviles.

Debido a esto, la instrumentación se ha caracterizado por un incremento continuo en cuanto a flexibilidad y escalabilidad de equipos e instrumentos de medición, así como de las interfaces que permitan ingresar datos a alta velocidad en la computadora para su posterior análisis y procesamiento. Todo esto ha llevado al nacimiento de la instrumentación virtual, el cual es un término asociado al uso de instrumentos virtuales (*virtual instruments* o VIs) dado que se encuentran dentro de la computadora y mediante los cuales se pueden desarrollar aplicaciones computacionales basadas en **interfaces gráficas de usuario** (*graphical user interfaces* o GUIs) (Goldberg, 2000, pp. 10-13).

***Dicha interacción entre la computadora y usuario se realiza utilizando un lenguaje de programación gráfico y permite la adquisición de datos, el procesamiento de la información y el despliegue y registro de la misma.***

Actualmente se utiliza la instrumentación virtual en todos los ámbitos de la vida real puesto que tiene una inmensa gama de aplicaciones. Su éxito principal se debe al rápido y constante avance en equipos computacionales, al bajo costo y alto rendimiento que representa, comparado con la instrumentación tradicional; y al creciente desarrollo de sistemas para diseño de *software*, aunado a la fácil accesibilidad para la mayoría de los usuarios.

***Por estas razones, la instrumentación virtual representa una enorme ventaja tecnológica respecto al uso de sistemas de instrumentación tradicionales; lo cual implica el reto natural de adaptarse al continuo avance tecnológico y representa la oportunidad de desarrollar aplicaciones novedosas en infinidad de áreas de estudio, teniendo el suficiente conocimiento y preparación en el modelo de diseño de sistemas basados en instrumentación virtual.***



## 1.2. Adquisición de datos

La adquisición de datos (*data acquisition* o DAQ) es un proceso mediante el cual se miden parámetros físicos reales de variables como voltaje, corriente, temperatura, flujo, nivel, posición, etc. Dicha información se ingresa a la computadora para su posterior análisis y procesamiento con el fin de obtener una salida de información; la cual puede ser almacenada, desplegada en pantalla o enviada a un sitio remoto utilizando algún método de transmisión inalámbrica (Sachenko, 2002, pp. 97-100).



Para realizar el proceso de adquisición de datos se requiere el uso de un **sensor o transductor**, el cual proporciona señales eléctricas proporcionales a la magnitud física de la variable a medir. Dicho sensor se puede conectar a la computadora utilizando tarjetas electrónicas para adquirir señales, o bien, puede provenir de sitios remotos si la adquisición se realiza mediante dispositivos de conexión inalámbrica tales como Bluetooth, WiFi o ZigBee. Además, también se pueden tener señales que provengan de puertos o buses de comunicación asociados a la computadora como son el puerto serial, el puerto USB o interfaces PCI-X. Adicionalmente se puede hacer uso de interfaces industriales como GPIB (*General Purpose Interfaz Bus*) o PXI (*Compact PCI Extensions*), por citar algunas.

En general, la adquisición de datos se puede realizar tanto para ingresar señales a la computadora como para extraer señales de la misma; aunque el término “adquisición” implica solamente adquirir o ingresar datos. El método básico para realizar la manipulación de los datos

incluye el uso de tarjetas de adquisición (DAQ boards), las cuales son dispositivos que se encargan de adquirir señales físicas provenientes de los sensores y de generar señales físicas provenientes de datos procesados por la computadora. Las tarjetas de adquisición son la base de la instrumentación virtual, ya que mediante su uso se realiza la comunicación de parámetros físicos del mundo real con la computadora lo cual permite interactuar físicamente con señales tanto virtuales como reales (Santori, 1990, pp. 36-39).

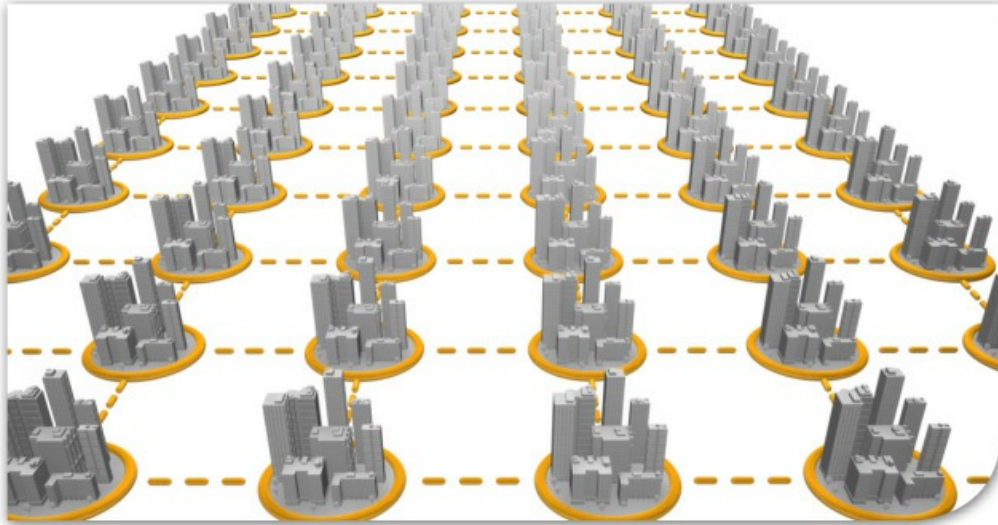
Las tarjetas de adquisición pueden adquirir o generar señales de acuerdo a su funcionalidad y características comerciales. En general, se pueden configurar para su uso en dos modos diferentes, los cuales a su vez se pueden subdividir en tres modos:

Adquirir señales	Generar señales
Adquisición de señales analógicas	Generación de señales analógicas
Adquisición de señales digitales	Generación de señales digitales
Adquisición de señales de un contador/temporizador	Generación de señales de un contador/temporizador

En estos seis casos diferentes se pueden manipular señales tanto analógicas como digitales provenientes de sensores que midan algún parámetro físico o generar señales físicas procesadas por la computadora. Ejemplos de parámetros físicos medidos y/o generados por las tarjetas de adquisición son:

<b>Voltaje</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Corriente</b>	<b>Resistencia</b>
<b>Frecuencia</b>	<b>Posición</b>	<b>Presión</b>	<b>Fuerza</b>
<b>Aceleración</b>	<b>Anchos de pulso</b>	<b>Posición lineal o angular</b>	<b>Conteo de transiciones o flancos de subida (<i>rising edge</i>) o bajada (<i>falling edge</i>)</b>

El uso de las tarjetas de adquisición involucra el uso de convertidores análogo-digital (ADCs) y convertidores digital-análogo (DACs) para la conversión de las señales de analógica a digital y de digital a analógica, respectivamente, ya que las señales procesadas por la computadora son señales digitales y se requiere del proceso de conversión. Además, se tienen procesos de acondicionamiento de las señales para su manipulación correcta, los cuales involucran métodos de amplificación, filtrado, aislamiento y/o linealización para evitar efectos negativos como el ruido, sobrecargas, *aliasing*, no linealidad y otros. Lo anterior indica que el uso correcto de las tarjetas de adquisición conlleva la aplicación de conocimientos en diferentes áreas de ingeniería, la cual representa una herramienta poderosa para el diseño y desarrollo de aplicaciones relacionadas con la instrumentación virtual.



### 1.3. Lenguajes de programación virtual

Hoy en día se tienen varios lenguajes de programación los cuales pueden utilizarse para desarrollar aplicaciones de instrumentación virtual en diferentes áreas de estudio. Estos lenguajes tienen en común el hecho de que se basan en conjuntos de instrucciones de texto creando líneas de código. Como ejemplos de estos lenguajes se tienen: C/C++, C#, Java, Python, por mencionar los más utilizados. Dichos lenguajes ofrecen diferentes ventajas y desventajas entre sí, las cuales permiten el desarrollo de interfaces virtuales aplicables a la instrumentación.



Sin embargo, la instrumentación virtual se basa en la interacción del usuario con interfaces computacionales gráficas para el control y monitoreo de sistemas físicos, por lo cual los lenguajes gráficos ofrecen mayores ventajas respecto a los lenguajes tradicionales basados en texto (Goldberg, 2000). El lenguaje gráfico —también llamado lenguaje G— más utilizado para desarrollar aplicaciones de instrumentación virtual es el **LabVIEW®** (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) desarrollado por la empresa National Instruments en 1986, el cual elimina múltiples detalles sintácticos asociados con los lenguajes basados en texto, ya que se trata de un modelo de programación gráfica con el cual se tienen diferentes ventajas en relación a los lenguajes mencionados anteriormente. Por esta razón, se ha constituido, en la actualidad, como el estándar para aplicaciones de instrumentación virtual (*National Instruments, 2011*).

Los códigos gráficos incluyen una interfaz de usuario completamente gráfica y un código fuente basado en el uso de bloques de conexión interconectados mediante cables. La creación de los lenguajes de programación gráfica, y su inherente evolución, ha permitido el desarrollo de múltiples protocolos e interfaces de comunicación creados con el objetivo de abarcar una amplia gama de aplicaciones industriales programables en lenguaje gráfico, lo cual ha constituido la base de la instrumentación virtual.

## 1.4. Buses y protocolos de comunicación en instrumentación virtual

En la actualidad existen diferentes protocolos de comunicación utilizados para transmitir y recibir datos de múltiples dispositivos. En el ámbito de la instrumentación virtual se encuentra un conjunto de protocolos e interfaces de comunicación aplicables a la transferencia de datos entre la computadora con la aplicación virtual ejecutándose y los periféricos externos. Dichos protocolos e interfaces son:

### RS232 y RS485

Se trata de dos estándares de comunicación seriales ampliamente utilizados en los últimos años para aplicaciones de baja velocidad en procesos industriales (Tracht, 1993, pp. 45-47).

En el caso del RS485 se trata de una interfaz diferencial que permite la conexión de 32 dispositivos en un bus serial a una velocidad máxima de 10 Mbps mediante el uso de una conexión de red multipunto.

En el caso del RS232 se trata probablemente de la interfaz más utilizada para comunicación con la computadora ya que se trata del protocolo Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) perteneciente al puerto serial de las computadoras. Se trata de una interfaz serial referenciada a tierra con velocidad de transmisión del orden de Kbps y distancia máxima de 12 metros. Su uso principal se basa en la interacción con adaptadores seriales a Bluetooth para comunicaciones inalámbricas, así como el hecho de que múltiples tarjetas controladoras utilizan su protocolo. Además, actualmente, todos los microcontroladores incluyen puertos seriales adaptables a esta interfaz.



Figura 1.1 Interfaz RS232.  
National Instruments de México®

### GPIB

General Purpose Interface Bus (GPIB) es una interfaz de comunicaciones desarrollada por Hewlett Packard en la década de 1960 para comunicar instrumentos de medición con las computadoras. Dicha interfaz fue reconocida como un estándar por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en 1975 creando las normas de especificación de dicha interfaz y denominándola IEEE-488, con lo cual se convirtió en la interfaz más utilizada para instrumentación en los años siguientes (Tracht, 1993).

El área de aplicación de esta interfaz incluye la comunicación entre varias computadoras, así como entre computadoras y equipo de medición como multímetros, osciloscopios, generadores de señal, analizadores de espectro, escáneres, y múltiples equipos de medición utilizados en la industria.

El bus GPIB es un bus paralelo que permite la conexión en red de varios dispositivos mediante una dirección específica. Al tratarse de un bus paralelo incluye transmisión de datos en formato ASCII utilizando bytes de información mediante paquetes de mensajes. El requisito indispensable para realizar la comunicación GPIB, entre periféricos y computadoras, es tener precisamente una tarjeta de adquisición con interfaz GPIB conectada a la computadora utilizando un cable GPIB, ya que dicho estándar no forma parte de los buses de un equipo de cómputo estándar. Las tarjetas GPIB para computadoras incluyen diferentes interfaces de conexión como son: PCI (Peripheral Component Interconnect), PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) y USB (Universal Serial Bus).



Figura 1.2 Interfaz GPIB.  
National Instruments de México®

### PXI

**Compact PCI Extensions for Instrumentation (PXI)** es un bus industrial creado en 1997 por National Instruments para aplicaciones de control e instrumentación entre periféricos y equipos de cómputo. Combina características del bus PCI y el bus Compact PCI. Su uso abarca aplicaciones militares, aeroespaciales y automotrices así como prueba y verificación de sistemas industriales y de manufactura (Tracht, 1993).

Los sistemas básicos PXI están formados por tres componentes básicos que son:

El chasis	El controlador del sistema	Los módulos periféricos
Se refiere a la estructura principal del sistema que incluye múltiples ranuras de conexión para diferentes dispositivos basados en protocolos y conectores.	Se refiere a un dispositivo embebido que incluye un CPU, disco duro, RAM, periféricos y sistema operativo similar a una computadora con la ventaja que está dedicada para aplicaciones específicas de control de los módulos PXI.	Son el conjunto de periféricos que se conectan al chasis para realizar el control de las aplicaciones.



Existen actualmente más de 1500 módulos PXI desarrollados por más de 70 proveedores. La arquitectura PXI proporciona ventajas respecto a otros estándares de comunicación como son ancho de banda superior y menor latencia en el canal de transmisión lo cual permite realizar aplicaciones en áreas de alta frecuencia, de manera eficiente, al proporcionar velocidades del orden de GHz.

Figura 1.3 Sistema PXI  
National Instruments de México®

### VXI

**VME Extensions for Instrumentation (VXI)** es otro estándar de instrumentación introducido en 1987 por Hewlett Packard, el cual se basa en la arquitectura del bus VME (IEEE 1014) con algunas mejoras que permiten un mayor rendimiento, aunque mayor precio que el bus PXI (Tracht, 1993). Se utiliza para desarrollar interfaces de automatización de procesos y análisis de señales industriales. Al igual que el bus PXI, incluye un chasis, un controlador y módulos de conexión aunque el número máximo de módulos conectados al chasis es de 13.

La trascendencia de este bus en la historia de la instrumentación se basa en ser el predecesor del bus PXI así como de la creación de los estándares **Virtual Instruments Software Architecture (VISA)** los cuales permitieron la interconexión de millones de periféricos a la computadora mediante el uso de drivers o controladores de instrumentos disponibles para su uso en paquetes de software como LabVIEW y Matlab.



Figura 1.4 Sistema VXI.  
National Instruments de México®

### CompactDAQ

Es un sistema de instrumentación modular para adquisición de datos con una computadora mediante interfaces USB y/o Ethernet con lo cual se puede tener aplicaciones de campo ya que su uso principal incluye el uso de computadoras móviles (laptops y netbooks). Un sistema basado en **Compact DAQ** incluye un chasis, una computadora de escritorio o portátil y módulos de entrada/salida (E/S) interconectados al chasis para aplicaciones en múltiples áreas de ingeniería.



Figura 1.5 Módulo CompactDAQ.  
National Instruments de México®

### CompactRIO

Esta interfaz fue desarrollada por National Instruments y se basa en el uso de tecnología FPGA (Field Programmable Gate Array) de E/S reconfigurable (Reconfigurable I/O o RIO). Incluye un chasis con ranuras de conexión, un controlador reconfigurable basado en un FPGA y módulos para interfaces externas. El software para reconfiguración de estos sistemas incluye un controlador de automatización programable (PAC) que brinda un sistema de alto rendimiento confiable y preciso para aplicaciones de instrumentación virtual. Estos sistemas son los más utilizados en la actualidad para áreas de aplicación de sistemas automotrices, industria aeroespacial/aviónica, dispositivos médicos, robótica, controladores industriales, sistemas de potencia y uso eficiente de energía así como para aplicaciones militares y de industria petroquímica por mencionar algunas (NI, 2011). CIA (Personal Computer Memory Card International Association) y USB (Universal Serial Bus).



Figura 1.6 Módulo CompactRIO.  
National Instruments de México®

### Compact Field Point

Es un controlador industrial desarrollado por National Instruments utilizado para comunicación de una computadora con controladores lógicos programables (PLCs) mediante el uso de un controlador de automatización programable (PAC). Se usa principalmente en aplicaciones industriales de automatización de procesos mediante PLCs a través de interfaces virtuales en las computadoras (NI, 2011). Incluyen un chasis con ranuras de conexión, un controlador con un procesador PowerPC y memoria RAM así como interfaces de redes (TCP/IP, UDP, Modbus) y servidores web (HTTP) y de archivos (FTP). Además incluye módulos reconfigurables para comunicación con periféricos.



Figura 1.7 Módulo Compact Field Point.  
National Instruments de México®

### Redes inalámbricas de sensores

**Wireless Sensor Network (WSN)** consiste en una plataforma de red creada por National Instruments que incluye nodos inalámbricos de conexión para cubrir múltiples sensores que permiten el monitoreo y control de aplicaciones en áreas remotas a través del uso de redes inalámbricas. Su arquitectura básica incluye el uso de un **host controller** en una computadora de escritorio o portátil, una **puerta de acceso** o **Gateway con interfaz Ethernet**, **nodos de medición de parámetros físicos** y el **software de instrumentación virtual** que permite la comunicación con los sensores remotos.

Al tratarse de una arquitectura de red se pueden utilizar conexiones de red en configuración o topología de estrella o malla para obtener hasta 36 nodos WSN. Este estándar es relativamente nuevo y se encuentra en proceso de crecimiento constante, debido a las tendencias inalámbricas actuales, por lo que se estima que en los próximos años tome el liderazgo de las aplicaciones de instrumentación virtual. Sus áreas de aplicación actual incluyen el monitoreo en sistemas ambientales, energéticos, industria de la construcción, sistemas distribuidos y estructurales; además se utiliza en transportación, monitoreo industrial y asistencia médica (NI, 2011).



Figura 1.8 Módulos WSN.  
National Instruments de México®

## 1.5. Aplicaciones reales de instrumentación virtual

La instrumentación virtual involucra muchas áreas de conocimiento mediante las cuales se puede realizar un sinnúmero de aplicaciones. Para poder desarrollar dichas aplicaciones se requiere la ejecución de tres etapas básicas que son:

- Adquisición de señales
- Procesamiento de datos

- Despliegue de resultados

Para la **adquisición de señales** se requiere utilizar algún método de captura de parámetros físicos en la computadora descritos anteriormente (Santori, 1990).

Posteriormente, ya que se tienen los datos en la computadora, se requiere procesar dicha información mediante el uso de algoritmos o técnicas de análisis y procesamiento de señales de acuerdo al área de aplicación requerida. Dentro de los algoritmos utilizados para procesamiento de señales en un sistema de instrumentación virtual se tienen:

- **Análisis espectral** (transformadas, JTFA, estimaciones, espectrogramas Fourier, Gabor, Choi-Williams, Wigner-Ville).
- **Filtrado digital** (FIR, IIR, adaptivos-LMS).
- **Filtrado punto a punto** (Butterworth, Chebyshev, Chebyshev inverso, elíptico, Savitzky-Golay).
- **Métodos de ventanas** (Hanning, Hamming, Blackman, Parzen, flat top, Kaiser-Bessel, Bohman, Welch, Barlett-Hanning, Blackman-Harris, Parzen).
- **Ecuaciones diferenciales** (Radau IIA, cash carp, Euler, Runge Kutta, Rosenbrock, Adams-Moulton).
- **Interpolación y extrapolación** (polinomiales, racionales, *grids*, Lagrange, Hermite).
- **Operaciones con señales** (convolución, autocorrelación, correlación cruzada, deconvolución, decimación, normalización).
- **Análisis de distorsión y ruido** (SINAD, THD, potencia de espectro, densidad espectral).

- **Generación de señales y ruido** (Gaussiano, Bernoulli, gamma, binomial, Poisson).
- **Probabilidad y estadística** (histogramas, momentos, media, mediana, moda, varianza, desviación estándar, correlación, percentiles, coeficientes Spearman, Kendall's Tau).
- **Transformadas** (Hilbert, Fourier FFT, DFT, DCT, DST, Laplace, Wavelet, Walsh-Hadamard, Chirp, Hartley, Dauvechies).
- **Integración y diferenciación** (trapezoidal, regla de Simpson, regla de Bode).
- **Funciones polinomiales y solución de raíces** (máximo común divisor, mínimo común múltiplo, euclideo, raíces reales, complejas, pares conjugados).
- **Mediciones de amplitud y niveles** (DC, RMS, pico, promedio, *trigger*, *duty cycle*).
- **Optimización** (lineal, cuadrática, Brent, Golden, aproximación de Chebyshev).

Para el **despliegue o visualización de los datos procesados** en la computadora se pueden utilizar gráficas, archivos de datos, hojas de cálculo, animaciones en 3D, y cualquier elemento visual que permita y facilite el entendimiento y comprensión de los datos procesados para el usuario.

Dentro de las áreas de aplicación en las cuales se utiliza la instrumentación virtual se encuentran las relacionadas con la ingeniería:

- Eléctrica
- Electrónica
- Mecatrónica
- Mecánica
- Biomédica
- Biomecánica
- Biotecnología
- Ciencias computacionales

- Telecomunicaciones
- Robótica
- Diseño y manufactura
- Automotriz
- Aviónica y aeroespacial

*Con todo lo anterior se puede tener un amplio espectro de aplicaciones relacionadas con el uso de la instrumentación virtual que hoy en día se utilizan cotidianamente y en los próximos años su uso irá creciendo debido al constante avance tecnológico.*

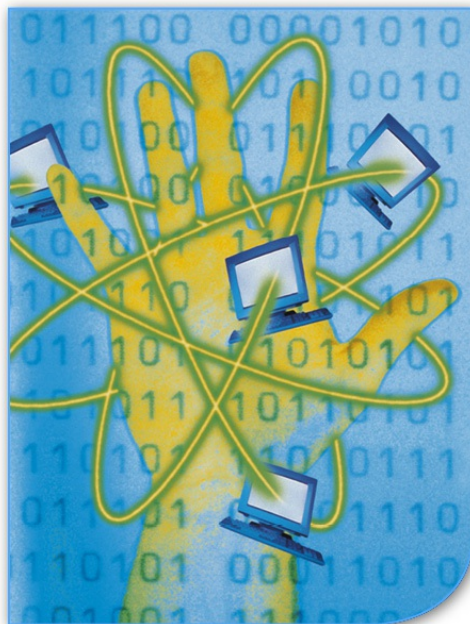


## 1.6 Tendencias actuales en la instrumentación virtual

En la actualidad se tiene el uso de la instrumentación virtual que permite, a través de instrumentos virtuales, interactuar con ambientes gráficos computacionales desarrollando aplicaciones en diferentes áreas de estudio las cuales se encuentran en constante evolución debido a los rápidos avances tecnológicos. Las tendencias actuales de la instrumentación incluyen aplicaciones en áreas de:

- Algoritmos genéticos
- Eficiencia energética y sistemas sustentables
- Programación dinámica
- Programación lineal y no lineal
- Control y automatización de procesos

- Sistemas embebidos y lógica reconfigurable
- Reconocimiento de patrones
- Inteligencia artificial y redes neuronales
- Robótica y visión artificial
- Interfaces hápticas inteligentes
- Controladores programables
- Energía renovable y sistemas ambientales
- Sistemas de energía nuclear
- Redes de sensores
- Manufactura inteligente
- Tecnologías inalámbricas
- Aplicaciones médicas



## 1.7. Futuro de la instrumentación virtual

La instrumentación virtual ha sufrido una constante evolución desde sus inicios y se ha enfatizado en la última década principalmente por los avances tecnológicos; aunado a esto se ha tenido el incremento de áreas de investigación y estudio así como la invención de nuevas tecnologías de áreas de ingeniería (Santori, 1990). Es por ello que en la actualidad se pueden ejemplificar un sinnúmero de aplicaciones de la instrumentación virtual que hace apenas unos años era imposible de imaginar. Por lo anterior, en los próximos años será más evidente el incremento de los sistemas basados en instrumentación virtual en diferentes áreas de aplicación de la sociedad.

Dentro de las áreas de aplicación en las que serán más evidentes los avances en el ámbito de la instrumentación virtual, se tienen los siguientes:



El uso de **dispositivos móviles** es ya una realidad, sin embargo, en los próximos años tendrá una tendencia de mayor consumo en la sociedad y la instrumentación virtual tendrá, en este tipo de dispositivos, una gama importante de aplicaciones mediante el uso de redes inalámbricas e interfaces hápticas que permitan interactuar con sistemas inteligentes desarrollados en ambientes gráficos.



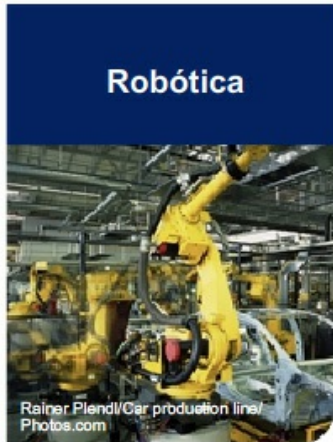
El futuro de los **sistemas de monitoreo y medición de procesos industriales** incluirá el uso de dispositivos reconfigurables en tiempo real, con entradas y salidas mixtas de alta velocidad, que permitan interactuar con sistemas multiplataforma que sean adaptables a cualquier fabricante.



En el ámbito de la **medicina** existirá una expansión de los sistemas de instrumentación virtual los cuales ya se encuentran en etapa de estudio e investigación en la actualidad. Por lo que en un futuro no muy lejano se tendrán comúnmente esquemas de telecirugía vía realidad virtual, utilizando avances en robótica, sistemas inteligentes y nanominiaturización de sistemas electrónicos permitiendo la colaboración en procesos operatorios de cirujanos ubicados en lugares remotos. Adicionalmente también se tendrán sistemas inteligentes de rehabilitación de pacientes con afecciones motrices y mentales que permitan evoluciones positivas en su recuperación en intervalos de tiempo menores que los que existen en la actualidad.



La tendencia creciente en el desarrollo de **sistemas ecológicos sustentables** prevee que, en el futuro, la instrumentación virtual incluya la comunicación de sistemas computacionales virtuales con el medio ambiente para interactuar con el usuario mejorando la eficiencia de los procesos, mediante métodos de sustentabilidad que permitan su adaptación con el medio ambiente utilizando fuentes de energía renovable.



La **robótica** tendrá en los próximos años un incremento considerable en la sociedad, tanto para desarrollar procesos industriales como para consumo personal, de modo que la instrumentación virtual tendrá presencia en los dispositivos robóticos para interactuar con los usuarios en la ejecución de tareas que permitan facilitar actividades que hoy en día son realizadas por seres humanos. Adicionalmente, se tendrá una expansión exponencial en el uso de humanoides y robots móviles para interacción con la sociedad.



El uso de los **controladores de automatización programables** (PACs) será crucial para el desarrollo de aplicaciones más eficientes en áreas de control y automatización de procesos industriales por lo que el uso de estos dispositivos continuará su avance natural incluyendo mejoras en la comunicación y adaptabilidad de protocolos industriales (Rosol, Pilat y Turnau, 2010, pp. 1-6).

# Conclusiones

## Capítulo 1. Introducción a la instrumentación virtual

El presente capítulo ofrece una introducción al concepto de instrumentación virtual, desde sus orígenes hasta la actualidad, mostrando la evolución sufrida a lo largo de los años hasta convertirse en el tema de actualidad para el desarrollo de cientos de aplicaciones de la vida cotidiana. Asimismo, se ha explicado el concepto de adquisición de datos y los diferentes elementos que lo forman, así como los instrumentos de medición más comunes para el desarrollo de sistemas de adquisición modernos. En el ámbito de los lenguajes de programación virtual, se ha enfatizado en el uso de programación gráfica ligada a los sistemas de instrumentación virtual, dadas las ventajas que representa respecto a los métodos tradicionales que han sido reemplazados, paulatinamente, por sistemas virtuales basados en códigos gráficos.

Por otra parte, se han ilustrado los buses y protocolos de comunicación utilizados en los sistemas de instrumentación virtual industriales, que se pueden encontrar en la actualidad en las empresas e industrias de todos los ámbitos de la sociedad. Además, se ha incluido una descripción de las áreas de aplicación en las que se desarrollan sistemas de instrumentación virtual hoy en día, así como el tipo de algoritmos utilizados en dichos sistemas, y las tendencias actuales en este concepto tan de moda para diferentes áreas de estudio.

Finalmente, se ha realizado un análisis de lo que se viene en los próximos años en relación a los sistemas de instrumentación virtual, basado en los temas tecnológicos del momento y su impacto económico, social, cultural y ambiental; así como en las tendencias tecnológicas que hoy en día suponen la constante evolución de los sistemas basados en el uso de la instrumentación virtual.



# Actividades del capítulo 1

[Ejercicio integrador](#)

# Resumen del capítulo

## Capítulo 1. Introducción a la instrumentación virtual

- La instrumentación ha mantenido una constante evolución desde sus inicios con los aparatos y dispositivos reales que miden variables físicas hasta la invención de la instrumentación virtual que involucra el uso de sistemas de cómputo y la adquisición de datos.
- La instrumentación virtual se refiere a la utilización de tecnología computacional para desarrollar instrumentos virtuales que proporcionen una interfaz gráfica intuitiva en el diseño de sistemas de instrumentación y representa una evolución natural de la instrumentación tradicional.
- LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico utilizado para la implementación de interfaces gráficas empleadas en sistemas de instrumentación virtual que ofrece ventajas respecto a los lenguajes de programación basados en texto.
- La adquisición de datos es un proceso para ingresar y/o extraer datos hacia o desde la computadora y forma parte de cualquier sistema de instrumentación virtual.
- Las tarjetas de adquisición se utilizan para la adquisición de parámetros físicos obtenidos de sensores o transductores y para la generación de señales provenientes de la computadora.
- Las tarjetas de adquisición pueden ser configuradas para adquirir o generar señales analógicas, digitales y/o contadores/temporizadores de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Una vez adquiridas las señales en la computadora se ejecutan técnicas y algoritmos de procesamiento digital de señales mediante funciones proporcionadas por lenguajes de programación.
- Las etapas en que se divide un sistema de instrumentación virtual son: la adquisición de datos, el procesamiento de la información y el despliegue o visualización de los datos procesados.
- Los protocolos e interfaces de comunicación permiten a los sistemas de instrumentación virtual la interacción de las señales físicas con la computadora. Los más utilizados incluyen: RS232, RS485, GPIB, PXI, VXI, *CompactDAQ*, *CompactRIO*, *Compact Field Point* y redes inalámbricas de sensores.
- Las áreas de ingeniería que abarcan las aplicaciones de instrumentación virtual son: eléctrica, electrónica, mecatrónica, mecánica, biomédica, biomecánica, biotecnología, ciencias computacionales, telecomunicaciones, robótica, diseño y manufactura, automotriz, aviónica y aeroespacial.
- Las tendencias actuales de la instrumentación virtual incluyen el estudio y la implementación de sistemas basados en algoritmos genéticos, control y automatización de procesos, sistemas embebidos y lógica reconfigurable, reconocimiento de patrones, inteligencia artificial y redes neuronales; así como robótica, visión artificial, interfaces hápticas, controladores programables, aplicaciones médicas, sistemas de energía renovable y energía nuclear, entre otros.
- El futuro de la instrumentación virtual aparenta un sinnúmero de aplicaciones de acuerdo a los avances tecnológicos constantes y manifiesta un énfasis en áreas relacionadas con el uso de dispositivos móviles, las redes de telecomunicaciones, la robótica para fines médicos y uso

personal, así como de los controladores de automatización programables mediante sistemas multiplataforma adaptivos utilizando dispositivos reconfigurables en tiempo real.

# Recursos del capítulo 1

## Aplicaciones en industria y casos de estudio

Portal para descarga de casos documentados de aplicaciones industriales y académicas utilizando productos de National Instruments.

<http://www.ni.com/solutions/esa/>

<http://sine.ni.com/cs/app/main>

### Facebook

Red social para comunicación y compartición de contenido relacionado al lenguaje gráfico de LabVIEW con usuarios.

<http://www.facebook.com/labview>

### National Instruments

Sitio web de la empresa desarrolladora del hardware y software utilizado y referenciado en el presente ebook.

<http://www.ni.com/>

### Twitter

Red social basada en *microblogging*, para envío y publicación de mensajes instantáneos, SMS o interfaces web con contenido relacionado con LabVIEW.

<http://twitter.com/#!/labview>

Denning, P. J. (2001). *Origin of virtual machines and other virtualities*. En *IEEE Annals of the History of Computing*, 23(3), 73.

Goldberg, H. (2000). *What is virtual instrumentation?* En *IEEE Instrumentation and Measurement Magazine*, 3(4), 10-13.

National Instruments (2011). Recuperado el 12 de abril, 2011, de

<http://www.ni.com>

Rosenbloom, A. (2002). *How the virtual inspires the real*. En *Communications of the ACM*, 45(7), 29-30.

Rosol, M., Pilat, A. y Turnau, A. (2010). *Real-time controller design based on NI compact RIO*. En *IEEE International Multiconference on Computer Science and Information Technology*, 1-6.

Sachenko, A. (2002). *Intelligent data acquisition and advanced computing systems*. En *Computer Standards & Interfaces*, 24(2), 97-100.

Santori, M. (1990). *An instrument that isn't really*. En *IEEE Spectrum*, 27(8), 36-39.

Tracht, A.E. (1993). *Adapting laptops to data acquisition*. En *IEEE Spectrum* 30(10), 45-47.