



**ESCUELA POLITÉNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
E INSTRUMENTACIÓN**

**PROYECTO DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA ESPECIALIDAD
INSTRUMENTACIÓN**

**“Diseño e implementación de un sistema DAQ
y HMI de un Analizador de Calidad de Energía
para la Empresa Eléctrica Bolívar EMELBO
S.A.”**

**CARLOS GERMANICO MUSO CHANGO
SEGUNDO MANUEL PLASENCIA LEMA**

LATACUNGA – ECUADOR

2007

CERTIFICACION

Certificamos que el presente trabajo fue elaborado por los señores:

Carlos Germánico Muso Chango
Segundo Manuel Plasencia Lema

Bajo nuestra dirección y codirección respectivamente, como un requisito para la obtención del título de Ingeniero Electrónico especialidad Instrumentación.

Ing. Julio Acosta
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Nancy Guerrón
CODIRECTOR DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las Distribuidoras de Energía Eléctrica no realizan un análisis real de la calidad de energía, tanto en redes de transmisión, redes de distribución, subestaciones, transformadores de distribución y consumidor final, las mismas que tienen cargas no lineales, conmutaciones, maniobras de cambio de carga o las propias averías de los equipos que ocasionan una mala calidad en el suministro eléctrico, debido a que no poseen un equipo adecuado para el Análisis de la Calidad de Energía, esta carencia implica un alto costo en términos de energía malgastada y tiempos de inactividad innecesarios, creando multas y sanciones por no cumplir con las normas y estándares que rige y exige los índices de calidad en el CONELEC y el CENACE, en una por no enviar una información real y en otra por no cumplir con los puntos señalados.

La calidad de la energía eléctrica constituye un factor determinante en los sectores industriales y de servicios, la falta de este genera varios problemas como pérdidas económicas en los bienes de producción, repercutiendo en el aumento de gastos de operación y competitividad en el mercado a nivel nacional e internacional.

Para lograr mejorar el nivel de calidad de energía eléctrica se creyó necesario realizar un analizador de calidad de energía eléctrica, para lo cual primeramente se adquirió los equipos que permitan sensor las señales de voltaje y corriente del sistema eléctrico, seguido de una etapa de acondicionamiento de las señales a niveles estandarizados, a fin de realizar la conexión a una PC mediante la NI-DAQ USB 6009, es decir, la comunicación hardware-software y finalmente una interfase con el usuario mediante el lenguaje de programación LabVIEW, con el que se elaboró la adquisición y procesamiento de datos, en donde se observan

las señales procesadas tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, facilitando la tarea de adquisición, análisis, presentación y monitoreo de datos, en este caso de las variables eléctricas como son armónicos de tensión, corriente y potencia, distorsión total armónica, potencia real, reactiva y aparente, factor de potencia; se puede también visualizar las formas de onda de tensión y corriente instantánea y simultáneamente, registro continuo de voltios y amperios, es decir permite enfocarse en el análisis del problema de la medición de variables eléctricas asociadas con la energía bajo condiciones reales debido a que se está ante un mercado de gran interés de cara al futuro, pero ni mucho menos maduro en la actualidad, en el que se necesita como primer paso informar a profesionales y consumidores de que posiblemente sus instalaciones y equipos no estén rindiendo lo que deberían debido al consumo de una onda de tensión de baja calidad; es necesario mentalizar al mercado que estamos ante una situación que afecta a todos, grandes y pequeños consumidores, que todo problema tiene su solución, y que pequeñas soluciones de bajo costo pueden aportar importantes ahorros a corto plazo.

Se han elaborado tres capítulos teóricos que permiten comprender de mejor manera el funcionamiento del proyecto. En el capítulo II trata sobre la problemática de la energía eléctrica, así como todos los fundamentos sobre análisis de la calidad de energía y su consecuencia en el consumidor final como son las industrias y residencias, consecuentemente se realizó un análisis de las diferentes plataformas de programación en la cual la más viable para la realización de este proyecto es LabVIEW tanto por sus bondades técnicas y económicas, además la comunicación se realizó mediante una NI-DAQ USB 6009. El capítulo III se enfoca en las consideraciones de diseño tanto de Hardware como de Software y los respectivos diagramas de bloques.

Finalmente en el capítulo IV se procede a realizar la recopilación de datos y análisis de resultados.

Durante el desarrollo de este proyecto, se ha ido recopilando información valiosa, la misma que exponemos en las conclusiones y recomendaciones.

Temas como el software, DAQ, manual del usuario, etc., se incluyen en la sección de anexos.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	PÁG.
TEORÍA DE LA TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	
1.1 Transmisión eléctrica.	3
1.1.1 Sistema de suministro eléctrico.	6
1.1.2 Generación.	7
1.1.3 Transporte.	9
1.1.4 Fallas en los sistemas de transmisión de energía eléctrica (STEE).	10
1.2 Distribución eléctrica.	10
1.2.1 Empresas distribuidoras.	10
1.2.2 Áreas de concesión.	11
1.2.3 Red de distribución de energía eléctrica.	13
1.2.4 Subestaciones reductoras.	13
1.2.5 Distribución.	14
1.2.6 Centro de transformación.	14
1.2.7 Instalación de enlace.	15
1.3 Pérdidas técnicas de energía eléctrica.	15
1.3.1 Introducción.	15
1.3.2 Influencias y consecuencias de las pérdidas de energía eléctrica.	16
1.3.3 Clasificación de las pérdidas de energía eléctrica.	16
1.3.4 Información técnica.	19
1.4 Calidad de la energía eléctrica.	20
1.4.1 Origen de los problemas de calidad de energía.	24
1.4.2 Categorías de problemas.	25
1.4.3 Mecanismos para interpretar los problemas.	26
1.4.4 Normativas sobre calidad de la energía.	27
1.4.5 La calidad de la energía eléctrica en el Ecuador.	29
1.4.6 Reglamentos y regulaciones.	30

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

2.1	Descripción del problema.	32
2.1.1	Mejoramiento de la calidad de la energía mediante un analizador de calidad de energía.	32
2.2	Plataformas de programación.	33
2.2.1	Software de adquisición de datos.	35
2.2.2	El software de LabVIEW.	37
2.3	Sistema de adquisición de datos DAQ's.	46
2.3.1	Hardware de adquisición de datos.	47
2.4	Comunicaciones.	56
2.4.1	USB y firewire.	56
2.4.2	Firewire-IEEE 1394.	58
2.4.3	Componentes del cable USB.	59
2.4.4	Elementos esenciales del DAQ USB de bajo costo.	62

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISEÑO

3.1	Especificaciones del sistema.	66
3.1.1	Requisitos funcionales.	66
3.1.2	Requerimientos del proceso.	68
3.2	Diagrama de bloques.	68
3.3	Diseño del hardware.	70
3.3.1	Consideraciones del diseño.	70
3.3.2	Diseño de la etapa de acondicionamiento de señal.	70
3.3.3	Implementación y pruebas de hardware.	72

3.4	Diseño de software.	73
3.4.1	Consideraciones de diseño.	73
3.4.2	Diseño de software de adquisición de datos.	74

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

4.1	Resultados.	84
4.2	Pruebas experimentales.	85
4.3	Análisis técnico-económico.	99
4.3.1	Sensores.	99
4.3.2	Tarjeta de adquisición de datos.	100
4.3.3	Costo del proyecto.	101

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.	103
5.2	Recomendaciones.	106

BIBLIOGRAFÍA.

ENLACES.

ANEXOS

ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS.

ANEXO B: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

ANEXO C: HOJAS TÉCNICAS.

ANEXO D: CIRCUITO IMPRESO DE LA TARJETA DE
ADQUISICIÓN DE DATOS

CAPÍTULO I

TEORÍA DE LA TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

La energía eléctrica se ha convertido en parte de nuestra vida diaria. Sin ella, difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado.

La energía eléctrica que se utiliza, está sujeta a distintos procesos de generación, transformación, transmisión y distribución, debido a que se produce electricidad mediante combustibles fósiles, energía solar o energía nuclear y se puede transmitir la electricidad generada por pequeños sistemas eólicos y/o fotovoltaicos así como la producida por grandes hidroeléctricas y llevadas a cientos de kilómetros de distancia a muy altos niveles de tensión.

La generación y transporte de la electricidad, es el conjunto de instalaciones que se utilizan para transformar otros tipos de energía en electricidad y transportarla hasta los lugares donde se consume y tiene importancia por las ventajas económicas, debido al costo por unidad generada. Las instalaciones eléctricas permiten utilizar la energía hidroeléctrica a gran distancia del lugar donde se genera, estas instalaciones utilizan corriente alterna porque se puede reducir o elevar el voltaje mediante el uso de transformadores, de esta manera, cada parte del sistema funciona con el voltaje apropiado. Consta de seis elementos principales:

1. La central eléctrica.
2. Los transformadores elevadores.
3. Las líneas de transporte.
4. Las subestaciones.
5. Las líneas de distribución.
6. Los transformadores reductores.

En una instalación normal, los generadores de la central eléctrica suministran voltajes de 26.000 voltios; voltajes superiores no son adecuados por las dificultades que presenta su aislamiento y por el riesgo de cortocircuitos y sus consecuencias. Este voltaje se eleva mediante transformadores a tensiones entre 69.000 y 138.000 voltios para que sea posible transferir la electricidad al sistema de distribución. Cuanto más alta es la tensión en la línea, menor es la corriente y menores son las pérdidas, porque éstas son proporcionales al cuadrado de la intensidad de corriente, la tensión se baja de nuevo con transformadores en cada punto de distribución. La industria pesada suele trabajar a 33.000 voltios y los trenes eléctricos requieren de 15 a 25 kilovoltios. Para el suministro a los consumidores se reduce la tensión: la industria trabaja a tensiones entre 380 y 480 voltios, y las viviendas reciben entre 110 y 220 voltios.

Las líneas de conducción se pueden diferenciar según su función; en líneas de transporte (altos voltajes) y líneas de distribución (bajos voltajes). Las primeras se identifican a primera vista por el tamaño de las torres o apoyos, la distancia entre conductores, las largas series de platillos que presentan los aisladores y la presencia de una línea superior de cable más fino que es la línea de tierra. Las líneas de distribución, son las últimas presentes antes de llegar la electricidad al usuario.

Un sistema de distribución de electricidad requiere de equipos suplementarios para proteger los generadores, transformadores y las líneas de conducción. Se suelen incluir dispositivos diseñados para regular la tensión que se proporciona a los usuarios y corregir el factor de potencia del sistema.

Con el fin de lograr el desarrollo de los mercados de energía eléctrica en un entorno competitivo y dar las señales necesarias para garantizar calidad, expansión y cubrimiento, las empresas distribuidoras trabajan exitosamente en el fortalecimiento y sostenibilidad del marco regulatorio que exige cada uno de los entes reguladores.

Para lograr este fortalecimiento se han definido parámetros regulatorios que permiten asegurar la continuidad en la prestación de servicios de alta calidad al mayor número posible de usuarios y con un mínimo costo.

1.1 TRANSMISIÓN ELÉCTRICA

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo, y a través de grandes distancias, la energía generada en las centrales hidroeléctricas, térmicas, de ciclo combinado o nucleares.

Para ello, los volúmenes de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de tensión. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar el voltaje se reduce la corriente que circulará, reduciéndose las pérdidas por Efecto Joule. Con este fin se emplean subestaciones elevadoras en que dicha transformación se efectúa empleando transformadores.

De esta manera, una red de transmisión emplea usualmente voltajes del orden de 69 kV. y superiores, denominados Alta Tensión.

Parte fundamental de la red de transporte de energía eléctrica son las líneas de transporte. Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias; está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las Torres de alta tensión.

Al estar éstas formadas por estructuras hechas de perfiles de acero, como medio de sustentación del conductor; se emplean *aisladores de disco* (cada aislador soporta 10kV) y herrajes para soportarlos.

De conformidad con la LRSE¹, la prestación del servicio público de transmisión de energía eléctrica desde los centros de producción hasta los centros de consumo, le corresponde a la única empresa de transmisión constituida con los activos del SNT².

La transmisión de energía eléctrica se realiza bajo el régimen de exclusividad regulada, respetando el derecho de libre acceso a sus instalaciones por parte de los Generadores, Distribuidores y Grandes Consumidores, condicionado al pago de una tarifa de transmisión. El transmisor no puede comercializar energía eléctrica, ni otorgar ni ofrecer ventajas o preferencias en el acceso a sus instalaciones.

¹ LRSE.- Ley de Régimen del Sector Eléctrico

² SNT.- Sistema Nacional de Transmisión

Adicionalmente, el transmisor tiene la obligación de expandir el sistema basándose en planes decenales preparados por él y aprobados anualmente por el CONELEC³. La expansión del sistema de transmisión tiene como objetivos satisfacer la demanda y cumplir con las exigencias regulatorias relativas a calidad, seguridad y confiabilidad.

La Empresa Nacional de Transmisión, TRANSELECTRIC⁴ S.A., constituida como una persona jurídica de derecho privado domiciliada en el Ecuador bajo la modalidad de sociedad anónima, cuyo único accionista actual, en nombre del Estado Ecuatoriano, es el Fondo de Solidaridad, inició sus operaciones a partir del 1 de abril de 1999, una vez que el 31 de marzo del mismo año, la vida jurídica del INECEL⁵ llegó a su fin. A partir de esa fecha TRANSELECTRIC S.A. ha asumido las actividades de construcción, instalación, operación y mantenimiento del SNT, con los deberes y atribuciones establecidos en la LRSE y sus reglamentos, así como en las regulaciones emitidas por el CONELEC.

Para la determinación del Costo Medio del Sistema de Transmisión, sobre cuya base se determina la Tarifa de Transmisión, se consideran los costos de inversión, depreciación, administración, operación, mantenimiento y pérdidas de energía. Los costos de inversión provienen del plan de expansión optimizado del sistema para un período de diez años, cuyo estudio, debe ser preparado por el transmisor y aprobado por el CONELEC.

De conformidad con la LRSE y el Reglamento respectivo, la Tarifa de Transmisión debe considerar un cargo por transporte, que se refiere al uso de las líneas y subestaciones del SNT, y un cargo por conexión, que se refiere al uso exclusivo de instalaciones por parte de un agente del Mercado Eléctrico Mayorista, para

³ CONELEC.- “Consejo Nacional de Electricidad” se constituye como un ente regulador y controlador, a través del cual el Estado Ecuatoriano puede delegar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, a empresas concesionarias.

⁴ TRANSELECTRIC.- Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica del Ecuador, responsable de prestar el servicio de transporte de energía eléctrica, desde los usuarios generadores hacia los usuarios distribuidores.

⁵ INECEL.- Instituto Ecuatoriano de Electrificación.

conectarse al SNT. Por el momento la Tarifa de Transmisión considera un cargo único calculado sobre la totalidad de las instalaciones que son de propiedad del transmisor.

1.1.1 SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

En la figura 1.1, se puede observar en un diagrama esquematizado las distintas partes componentes del sistema de suministro eléctrico:

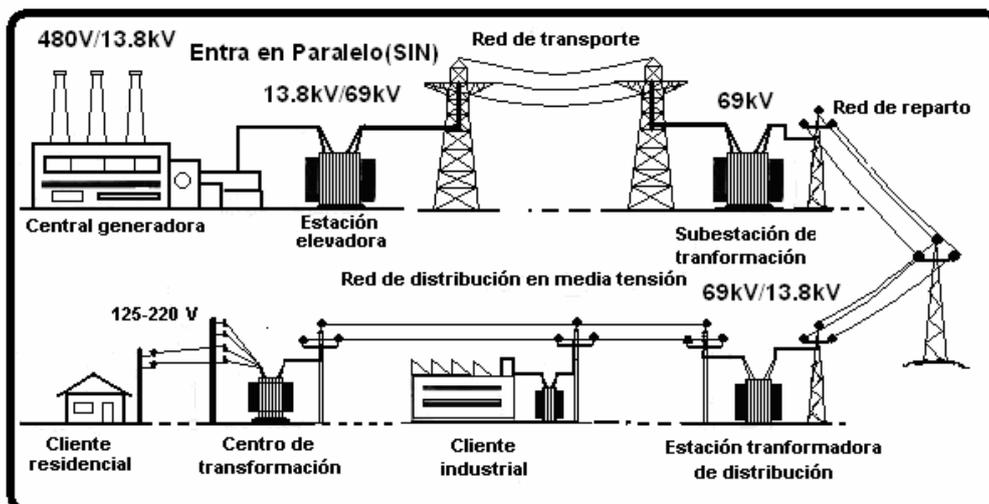


Figura 1.1: Diagrama Esquemático del Sistema de Suministro Eléctrico

1.1.2 GENERACIÓN

La energía eléctrica se genera en las Centrales Eléctricas. Una central eléctrica es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria para hacer girar una turbina que, a su vez, hace girar un alternador, generando así electricidad (Central Hidroeléctrica).

El hecho de que la electricidad, a nivel industrial, no pueda ser almacenada y deba consumirse en el momento en que se produce, obliga a disponer de capacidades de producción con potencias elevadas para hacer frente a las puntas de consumo con flexibilidad de funcionamiento para adaptarse a la demanda.

1.1.2.1 CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Una central hidroeléctrica es aquella que genera electricidad mediante el aprovechamiento de la energía potencial del agua embalsada en una presa situada a más alto nivel que la central como se observa en la Figura 1.2.

El agua es conducida mediante una tubería de descarga a la sala de máquinas de la central, donde mediante enormes turbinas hidráulicas se produce la generación de energía eléctrica en alternadores.



Figura 1.2: Presa Hidroeléctrica

Las Empresas Eléctricas de Generación en nuestro país son: HIDROPAUTE S.A., HIDROAGOYAN S.A., HIDROPUCARA S.A., TERMOESMERALDAS S.A., TERMOPICHINCHA S.A., ELECTROGUAYAS S.A. A inicios del año 2001, Hidroagoyán S.A. absorbió a Hidropucará S.A., a más de estas, existen otras empresas generadoras que proporcionan pequeñas potencias como son Illuchi, Chimbo, etc.

1.1.2.2 SUBESTACION ELECTRICA ELEVADORA

Una Subestación eléctrica es una instalación industrial empleada para la transformación del voltaje. Las subestaciones eléctricas elevadoras como se muestra en la figura 1.3, se ubican en las inmediaciones de las centrales eléctricas para elevar el voltaje a la salida de sus generadores. La razón técnica para realizar esta operación es la conveniencia de realizar el transporte de

energía eléctrica a larga distancia a voltajes elevados para reducir las pérdidas resistivas, que dependen de la intensidad de corriente.



Figura 1.3: Subestación Eléctrica Elevadora.

1.1.3 TRANSPORTE

La red de transporte es la encargada de enlazar las centrales con los puntos de utilización de energía eléctrica. Para un uso racional de la electricidad es necesario que las líneas de transporte estén interconectadas entre sí con estructura de forma mallada, de manera que puedan transportar electricidad entre puntos muy alejados, en cualquier sentido y con las menores pérdidas posibles.

1.1.4 FALLAS EN LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA (STEE)

Los Sistemas eléctricos de transmisión están sometidos a diversos fenómenos (contingencias) que producen distintos tipos de fallas (perturbaciones) eléctricas. Entre los fenómenos físicos causantes de una falla eléctrica, se puede mencionar: viento, incendio de campo, la caída de una torre, maniobras, descargas atmosféricas, etc. Estos fenómenos pueden originar diversos tipos de fallas como por ejemplo: falla monofásica, falla bifásica, falla trifásica, sobretensión, etc.

Las fallas que se producen en un STEE⁶ se despejan mediante la actuación de sistemas automáticos (protecciones), los cuales protegen la salida de servicio de uno o más segmentos del STEE comprometidos por la falla.

Ante una falla, la Empresa de Transporte de Energía Eléctrica debe hacerse cargo de la reposición de las partes afectadas y de los costos de las penalidades que le impone el Ente Regulador, quien fija un marco que regula la relación entre los diferentes agentes del Mercado.

1.2 DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

1.2.1 EMPRESAS DISTRIBUIDORAS.

Lo fundamental en el campo de la distribución, es satisfacer las necesidades de los clientes, bajo la responsabilidad de las empresas distribuidoras, en condiciones de calidad, oportunidad, eficiencia y economía.

⁶ STEE.- Sistema de Transmisión de Energía Eléctrica

De acuerdo a la LRSE, la distribución y comercialización de la energía eléctrica, se hará a través de Empresas, que tendrán un área geográfica de concesión exclusiva y no podrán realizar actividades de generación o transmisión; salvo en aquellos casos de excepción que contempla la Ley.

Por lo tanto, aquellas empresas que cuentan con sistemas de generación que forman parte del S.N.I.⁷, deben separar los mismos, sea escindiéndose en dos empresas o transfiriendo la generación a empresas generadoras existentes o nuevas; o, dando de baja y vendiendo los activos relacionados.

1.2.2 ÁREAS DE CONCESIÓN.

En cumplimiento de las disposiciones de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, se han negociado los contratos de concesión, con las empresas eléctricas distribuidoras para las cuales, se definieron las áreas de concesión correspondientes, cubriendo todo el territorio nacional.

1. Empresa Eléctrica **Ambato**, Regional Centro Norte S.A.
2. Empresa Eléctrica **Azogues** C.A.
3. Empresa Eléctrica de **Bolívar** S.A.
4. Empresa Eléctrica Regional **Centro Sur** C.A.
5. Empresa Eléctrica Provincial **Cotopaxi** S.A.
6. Empresa Eléctrica Regional **El Oro** S.A.
7. Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. –**Emelec**- (Luego CATEG).
8. Empresa Eléctrica Provincial **Galápagos** S.A.
9. Empresa Eléctrica Regional **Guayas – Los Ríos** S.A.
10. Empresa Eléctrica **Esmeraldas** S.A.
11. Empresa Eléctrica **Los Ríos** C.A.

⁷ S.N.I.- Sistema Nacional Interconectado

12. Empresa Eléctrica Regional **Manabí** S.A
13. Empresa Eléctrica **Milagro** C.A.
14. Empresa Eléctrica Regional **Norte** S.A.
15. Empresa Eléctrica **Quito** S.A.
16. Empresa Eléctrica **Riobamba** S.A.
17. Empresa Eléctrica Península de **Santa Elena** C.A.
18. Empresa Eléctrica **Santo Domingo** S.A.
19. Empresa Eléctrica Regional **Sucumbíos** S.A.
20. Empresa Eléctrica Regional del **Sur** S.A.

Las áreas definidas no coinciden con divisiones provinciales, cantonales o parroquiales, sino con la cobertura de redes existentes y la facilidad de servicio a los habitantes, fundamentalmente como se indica en la figura 1.4.



Figura 1.4: Empresas Distribuidoras y Áreas de Concesión

1.2.3 RED DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La red de distribución de la energía eléctrica es un escalón del sistema de suministro eléctrico que es responsabilidad de las compañías distribuidoras de electricidad. La distribución de la energía eléctrica desde las subestaciones de transformación de la red de transporte se realiza en dos etapas.

La primera está constituida por la red de reparto que, partiendo de las subestaciones de transformación, reparte la energía, normalmente mediante anillos que rodean los grandes centros de consumo, hasta llegar a las estaciones transformadoras de distribución. Las tensiones utilizadas están comprendidas entre 25 y 132 KV (en nuestro medio 69 KV). Intercaladas en estos anillos están las estaciones transformadoras de distribución, encargadas de reducir la tensión desde el nivel de reparto al de distribución en media tensión.

La segunda etapa la constituye la red de distribución propiamente dicha, con tensiones de funcionamiento de 3 a 30 KV (generalmente 13.8 KV) y con una característica muy mallada. Esta red cubre la superficie de los grandes centros de consumo (población, gran industria, etc.) uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los centros de transformación, que son la última etapa del suministro en media tensión, debido a que las tensiones de salida de estos centros, es de baja tensión (127/220 ó 277/480 V).

1.2.4 SUBESTACIONES REDUCTORAS.

Están ubicadas en la periferia de las diversas zonas de consumo, enlazadas entre ellas por la red de transporte. En esta zona reduce la tensión de la electricidad de la tensión de transporte a la de distribución, es decir de 69 a 13.8 KV en nuestro medio.

1.2.5 DISTRIBUCIÓN

Desde la subestaciones ubicadas cerca de las áreas de consumo, el servicio eléctrico es responsabilidad de la compañía suministradora (distribuidora) como son las Empresas Eléctricas, que debe construir y mantener las líneas necesarias para llegar a los clientes. Estas líneas, a distintas tensiones, más las instalaciones en que se reduce la tensión hasta los valores utilizables por los usuarios, constituyen la red de distribución. Las líneas de la Red de Distribución Eléctrica pueden ser aéreas o subterráneas.

1.2.6 CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Los Centros de Transformación, dotados de transformadores alimentados por las líneas de distribución en media tensión, son los encargados de realizar la última transformación, efectuando el paso de las tensiones de distribución a la Tensión de utilización (127V / 220V / 480V), como se observa en la figura 1.5.



Figura 1.5: Transformador de Distribución

1.2.7 INSTALACIÓN DE ENLACE

El punto que une las redes de distribución con las instalaciones interiores de los clientes se denomina Instalación de Enlace y está compuesta por: acometida, caja general de protección, líneas repartidoras y derivaciones individuales.

1.3 PÉRDIDAS TÉCNICAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1.3.1 INTRODUCCIÓN

El problema con las pérdidas técnicas radica especialmente en la gestión de las Empresas Eléctricas, es decir en su eficiencia y optimización de recursos. Debido a la situación actual no se puede realizar inversiones en todas las áreas de una empresa, pero con pequeñas inversiones en lugares estratégicos se puede recuperar dicha inversión en un corto plazo.

En la mayoría de los casos las “pérdidas no técnicas” representan el problema más grave, donde la energía que se factura no es la real y en ello inciden muchos factores que van desde lo administrativo de una empresa (comercialización) y el hurto de la energía eléctrica.

Pero todos estos factores que involucran pérdidas a la empresa son transferidos a la tarifa del usuario final, puesto que las empresas tienen que comprar una energía adicional para suplir las pérdidas y somos los usuarios quienes pagamos las consecuencias.

El incremento de las pérdidas eléctricas es un flagelo que ha azotado a las Empresas Eléctricas, ya sea en el marco socioeconómico, desinversión y de necesidad de racionalización del uso de la energía. Es evidente que toda acción que estimule la eficiencia en la producción y distribución como en el uso posterior de la energía eléctrica contribuirá a optimizar los requerimientos de inversión.

La desinversión en los sistemas de distribución y comercialización de la energía eléctrica no solo conduce al deterioro en la calidad de servicio que se presta, sino en los factores contribuyentes al incremento de las pérdidas, tanto técnicas como no técnicas.

1.3.2 INFLUENCIAS Y CONSECUENCIAS DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Las pérdidas de energía eléctrica son un problema que puede ser controlado si la empresa distribuidora de energía a sí lo decide. Las influencias y consecuencias de las pérdidas de energía eléctrica son:

- ☞ En la gestión técnica-económica de las empresas

- ☞ En el orden social y de la seguridad

- ☞ En el orden de la ética y la moral

1.3.3 CLASIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Unas de las principales preocupaciones de una empresa eléctrica es la evaluación del nivel de pérdidas en su área de concesión, en todos los niveles: En la subtransmisión, redes de distribución secundaria, redes de distribución primaria, transformadores, alumbrado público y sistema de medición; de forma

que se deben definir y establecer los mecanismos necesarios para su reducción. En vista que el valor de las pérdidas de energía es uno de los indicadores de la gestión técnico-administrativa de las empresas eléctricas, es conveniente determinar la cantidad de energía (MWH) que se pierde.

En un sistema eléctrico normalmente se identifican dos tipos de pérdidas que son las técnicas y las no técnicas.

1.3.3.1 PERDIDAS TÉCNICAS

Las pérdidas técnicas constituyen la energía que se disipa y que no puede ser aprovechada de ninguna manera, pero que sin embargo pueden ser reducidas a valores aceptables según planes establecidos para dicho efecto. Las pérdidas técnicas se presentan principalmente por la resistencia de los conductores que transportan la energía desde los lugares de generación hasta llegar a los consumidores.

Existen las pérdidas de transmisión de alto voltaje (efecto corona) y las pérdidas en las líneas de distribución (efecto joule) dentro de las ciudades, pueblos y áreas rurales (distribución primaria y secundaria), así como también pérdidas en los transformadores de las subestaciones y de distribución (pérdidas por corriente parásita e histéresis).

a) FACTORES QUE INCIDEN EN LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS

De estudios realizados sobre pérdidas de energía a empresas eléctricas, se tiene como resultado que; en la parte de distribución, concretamente en lo que corresponde a baja tensión es donde se produce el mayor porcentaje de pérdidas, debido a factores que influyen en estas y se muestran en la figura 1.6.

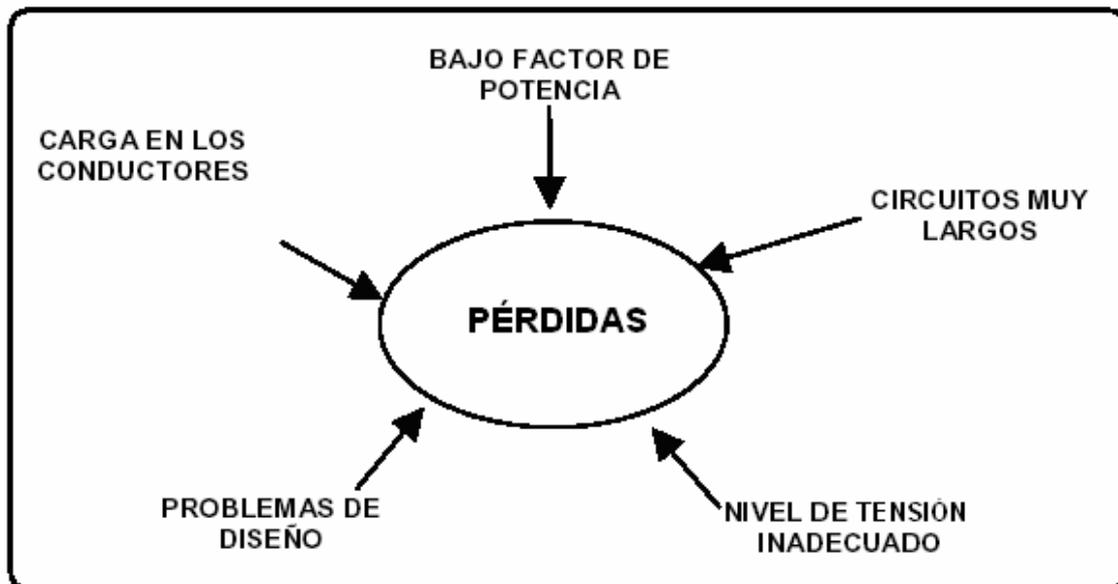


Figura 1.6: Factores que Inciden en las Pérdidas Técnicas

Estos factores inciden en las pérdidas y cabe señalar que al reducir las pérdidas en distribución se descargará todo el resto del sistema de transporte de esta energía.

1.3.3.2 PÉRDIDAS NO TÉCNICAS.

Las empresas deben llevar registros precisos de la energía que se suministra a los usuarios, a fin de cobrar la energía que estos utilizan, pero por ciertas razones no se tienen precisiones en el registro exacto de los consumos, lo cual representa pérdidas para la empresa. Así la diferencia entre la energía que fue entregada a los usuarios y la energía facturada por la empresa determina las pérdidas totales, que incluye las pérdidas originadas por la distribución y no las técnicas.

Entre las pérdidas técnicas y las no técnicas se tiene una diferencia fundamental que a continuación se expone:

☞ Las pérdidas técnicas representan una verdadera pérdida de energía desde el punto de vista físico; es energía que no puede ser utilizada de ninguna manera y cualquier medida que permita reducirla representa un beneficio para la empresa.

☞ Las pérdidas no técnicas por otra parte representan la energía que esta siendo utilizada por algún fin, pero por la cual la empresa no recibe pago alguno. Para las finanzas de la empresa esto es un perjuicio, la cual generalmente es transferida parcial o totalmente a los clientes que si pagan por el servicio de energía eléctrica.

Podemos ver que las pérdidas no técnicas se producen básicamente por el robo de energía y por deficiencias administrativas, algunos ejemplos de deficiencias administrativas y legales son:

☞ Clientes conectados al sistema legalmente, pero que no se les cobra, debido a que no están incluidos en el sistema de facturación;

☞ Clientes con medidores defectuosos que no han sido reemplazados por que no se tienen repuestos, personal disponible o vehículos;

☞ Clientes que están subfacturados por que la instalación no es correcta o por que la empresa no les ha colocado el medidor; y,

☞ Errores de precisión en los medidores y en los procedimientos de información.

1.3.4 INFORMACIÓN TÉCNICA.

La información técnica que se requiere para poder determinar las pérdidas técnicas en el sistema de distribución secundaria corresponde a: los transformadores, red secundaria, luminarias y acometidas, para lo cual toda empresa eléctrica debe tener disponible esta información que se detalla a continuación:

☞ **TRANSFORMADORES.-** La información requerida corresponde a la capacidad, voltajes, pérdidas de cobre nominal y de vacío.

☞ **RED SECUNDARIA.-** Se debe tener información sobre los conductores que constituyen la red (tipo y calibre), resistencia, número de conductores y la carga del nodo (poste) en KVA, que corresponde a la energía consumida por los usuarios conectados al poste llevada a KVA.

☞ **LUMINARIAS.-** Para el caso de las luminarias, se requiere información sobre la potencia real de las mismas, es decir se debe incluir la potencia que consumen sus accesorios, indicando además el tipo y voltaje que usa.

☞ **ACOMETIDA.-** La información requerida corresponde al tipo, calibre y longitud del conductor que alimenta al usuario.

1.4 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Desde hace algunos años se está registrando en los países industrializados una creciente sensibilidad hacia “la calidad de la energía eléctrica”. El consumo de energía eléctrica está creciendo en la actualidad de forma considerable y continuada en todos los países del mundo y el desarrollo de las nuevas tecnologías está transformando la sociedad en general y están aumentando continuamente la productividad. Históricamente este desarrollo tecnológico ha estado unido a la utilización de la energía eléctrica, siendo cada vez mayor el porcentaje de utilización de la electricidad en el conjunto del consumo energético total.

Dentro del marco socio-económico actual las empresas de generación y distribución de energía eléctrica tienen que afrontar dos importantes retos:

a) Aumentar la capacidad de generación y distribución de energía eléctrica para responder a la demanda creciente.

b) Asegurar la calidad de la energía eléctrica suministrada.

Hasta el momento no existe una definición completamente aceptada del término calidad del suministro eléctrico o calidad de la energía eléctrica (“power quality”) en la comunidad internacional. Se puede comprobar como a pesar del tiempo transcurrido, sigue existiendo la indefinición en la utilización del término. A destacar por su excesiva vaguedad son las definiciones genéricas empleadas en los más importantes estándares internacionales de medida de la calidad de la energía eléctrica. El estándar IEC⁸61000-4-30, define power quality como las *“características de la electricidad en un punto dado de una red de energía eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia”*, mientras que el estándar IEEE⁹1159-1995, define la calidad de la energía eléctrica como *“una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica”*.

En general, la calidad del suministro de energía eléctrica se puede considerar como la combinación de la disponibilidad del suministro eléctrico junto con la calidad de la tensión y la calidad de la corriente suministradas, entendiendo la falta de calidad como la desviación de esas magnitudes de su forma ideal, de forma que cualquier desviación se considera como una perturbación o como una pérdida en su calidad.

El problema es complejo por naturaleza, debido a que una característica importante de la electricidad, y que no se presenta en otros productos, es que su utilización por parte de los consumidores modifica sus características. La

⁸ IEC.- Las siglas en inglés (International Electrotechnical Comisión), Comité Electrotécnico Internacional, organismo internacional que se ocupa de normalizaciones y seguridad.

⁹ IEEE.- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

conexión de los aparatos de los clientes al sistema de distribución de energía eléctrica da origen a que circulen corrientes eléctricas proporcionales a la demanda de esos clientes. Estas corrientes al circular por los conductores de la red van a dar origen a caídas de tensión. La amplitud de la tensión suministrada a un cliente va a ser función en todo momento de las caídas de tensión acumuladas en todos los elementos de la red por el que se alimenta el cliente, y que va a estar afectada por su propia demanda y por la demanda simultánea de otros clientes. Como la demanda de cada cliente está variando continuamente, la tensión suministrada también lo hace en la misma forma.

La posibilidad de daños o averías en los elementos que componen el sistema de generación, transporte o distribución de la energía eléctrica, debidos a múltiples causas, como condiciones climáticas, desgaste, envejecimiento, la propia actividad humana, el efecto de los animales u otros, también puede afectar o interrumpir el suministro de energía eléctrica a los clientes.

Por tanto, los factores que definen la calidad de la energía eléctrica dependen tanto del generador y del distribuidor como del propio cliente, por lo que para asegurar unos niveles mínimos de calidad en el suministro eléctrico es necesaria la cooperación de todos los agentes que intervienen en el proceso.

El efecto más importante que produce la pérdida de la calidad de la energía eléctrica es el mal funcionamiento o la avería de los equipos conectados a la red de distribución. Los equipos eléctricos y electrónicos, como los computadores personales, autómatas programables, equipos de iluminación, equipos de electrónica de consumo, etc, pueden funcionar de forma incorrecta si la energía eléctrica suministrada se interrumpe solamente durante unas décimas de segundo o incluso centésimas de segundo. Este mal funcionamiento de los equipos puede originar problemas importantes en un entorno residencial o comercial, pero los efectos económicos que se pueden producir en los procesos industriales, la parada o la avería de los equipos pueden ser muy importantes.

Antes que la electrónica irrumpiera en todo tipo de equipos industriales y de consumo, la compatibilidad significaba únicamente comprobar que la tensión y la frecuencia en la placa del equipo fueran consistentes con la alimentación a la que este se conectaba. En la actualidad, y desgraciadamente, los equipos electrónicos proporcionan mayores capacidades que requieren mayor atención en sus aplicaciones en los sistemas eléctricos, fenómenos que antes eran secundarios como sobretensiones, distorsión armónica, variaciones de frecuencia, etc., son ahora significativos.

La liberalización del sector eléctrico también va a afectar a la calidad de la energía eléctrica, y la utilización de otras formas para la generación de energía, como la utilización de fuentes procedentes de energía eólica o de energía solar, también va a aumentar los niveles de distorsión en las redes de distribución.

Dentro de este marco general, la definición de índices y objetivos en la calidad de la energía eléctrica y el desarrollo de técnicas de medida para la determinación de esos índices se ha convertido no solo en una necesidad en los sistemas eléctricos actuales, para así poder evaluar las características del propio sistema, evaluar la compatibilidad del sistema con las cargas o poder diseñar estrategias de mitigación de esas perturbaciones, si no que en muchos casos se va a convertir en una obligación, ya que en muchos contratos se está empezando a incluir o se van a incluir objetivos en la calidad de la energía eléctrica a cumplir por el suministrador y penalizaciones en el caso de no cumplimiento.

Entre los términos de uso común que debemos conocer para abordar el tema se encuentran:

☞ **Evento de potencia** (power event): Es una observación o medición de los valores de tensión o de corriente fuera de los límites establecidos para los sistemas de monitoreo.

☞ **Disturbio** (disturbance): Es un evento, observado o registrado, que ocasiona una reacción indeseable en el ambiente eléctrico o los sistemas electrónicos.

☞ **Problema de potencia** (power problem): Conjunto de disturbios o condiciones que pueden producir resultados indeseables en las instalaciones, los sistemas o los equipos.

1.4.1 ORIGEN DE LOS PROBLEMAS DE CALIDAD DE ENERGÍA

Múltiples factores, algunos de los cuales se reseñan a continuación, influyen para que los ingenieros a cargo de estas instalaciones se replanteen una alimentación de energía de alta calidad para todos los equipos:

☞ Instalación de sistemas eléctricos y electrónicos altamente sensibles en instalaciones antiguas.

☞ Instalación de equipos sensibles en instalaciones nuevas que no fueron diseñadas teniendo en mente los posibles problemas de calidad de la energía.

☞ Planes de protección inadecuados o inexistentes.

☞ Diseño inadecuado de las instalaciones eléctricas y los sistemas de puesta a tierra.

La Calidad de la Energía puede ser considerada buena o mala dependiendo del sistema o de la reacción de los equipos específicos; en ocasiones ello depende del tipo de evento. Entre estos factores podemos mencionar:

☞ La naturaleza y origen de los eventos de potencia.

☞ La susceptibilidad de las cargas particulares a esos eventos, y,

☞ El efecto de los eventos sobre las condiciones de operación, productividad o de procesos.

Todas las anomalías se generan en fuentes internas o externas, y luego viajan por la instalación desde el origen de las mismas hacia toda ella.

1.4.2 CATEGORÍAS DE PROBLEMAS

Para iniciar el tratamiento del tema es necesario comprender cuales son las perturbaciones de Calidad de la Energía que pueden ocasionar problemas a las cargas sensibles y estas son:

☞ **Transitorios** (transients).

- ✓ Transitorios de Impulso.
- ✓ Transitorios oscilatorios.

☞ **Variaciones de Tensión.**

- ✓ Baja-tensiones (sags).
- ✓ Sobre-tensiones (swells).
- ✓ Interrupciones (interruptions).

☞ **Desbalance de tensiones.**

☞ **Fluctuaciones de Tensión** (Flicker).

☞ **Variaciones en la frecuencia de la red.**

☞ **Distorsiones de la forma de onda** (waveform distortion):

- ✓ **Inserción de corriente continua** (DC Offset).
- ✓ **Armónicas** (Harmonics).
- ✓ **Ínter - Armónicas** (Interharmonics).

- ✓ **Notching.**
- ✓ **Ruido eléctrico (Noise).**

1.4.3 MECANISMOS PARA INTERPRETAR LOS PROBLEMAS

La comprensión de los problemas asociados con la Calidad de la Energía es el primer paso para poder desarrollar normativas sobre el tema. Ello significa la posibilidad de identificar las causas de los problemas, su impacto en los equipamientos y en los procesos productivos dentro de las instalaciones de los clientes.

Existe un número significativo de desarrollos en curso para ayudar a interpretar los problemas de Calidad de la Energía. Estos se pueden agrupar en tres categorías de investigaciones:

1) **Monitoreo.**- Tanto las distribuidoras de energía como los clientes están efectuando mas y mas monitoreos de la Calidad de la Energía, lo que está dando una buena base de información sobre el tema.

2) **Estudio de casos.**- El estudio de casos es una buena forma de caracterizar los problemas de Calidad de la Energía. Existen numerosos casos estudiados, analizados y combinados para obtener resultados válidos, que pueden ser extrapolados para obtener soluciones generales a los problemas de calidad de la energía.

3) **Herramientas Analíticas.**- Los resultados del monitoreo y del estudio de casos pueden ser utilizados para desarrollar modelos analíticos para la simulación de perturbaciones que pueden servir de ayuda para evaluar los problemas y determinar posibles soluciones.

La ventaja de emplear la simulación es que permite evaluar los sistemas bajo condiciones que no existen actualmente (ejm: expansiones futuras de las plantas).

1.4.4 NORMATIVAS SOBRE CALIDAD DE LA ENERGÍA

Las normas sobre Calidad de la Energía sirven de guía, recomendación y de límites para asegurar la compatibilidad entre los equipamientos empleados por los usuarios y los sistemas de alimentación donde se aplican.

El desarrollo de normativas internacionales está a cargo de la IEC, que definió las denominadas: *Normas de Compatibilidad Electromagnética (EMC)* que cubren los problemas de Calidad de la Energía y las posibles interferencias con los equipos finales.

Las normativas sobre la performance incluyen, como mínimo, los siguientes aspectos:

- ☞ Interrupciones

- ☞ Picos de tensión

- ☞ Regulación de estados instantáneos de tensión

- ☞ Desbalance de tensiones

- ☞ Distorsiones armónicas en la tensión

- ☞ Transitorios de tensión.

Las normas de calidad solicitadas para las Distribuidoras del Servicio Eléctrico se denominan Calidad del Producto Técnico y abarcan a las perturbaciones y el nivel de tensión, considerándose como perturbaciones a las variaciones rápidas de tensión (flicker), las caídas lentas de tensión y las Armónicas.

Las Distribuidoras son responsables de mantener, para cada tipo de perturbación, un nivel razonable de compatibilidad, definido como Nivel de Referencia, que tiene un 5% de probabilidad de ser superado.

La Distribuidora debe arbitrar los medios conducentes a:

☞ Fijar los límites de emisión (niveles máximos de perturbación que un aparato puede generar o inyectar en el sistema de alimentación) para sus propios equipos y los de los usuarios, compatibles con los valores internacionales reconocidos.

☞ Controlar a los Grandes Usuarios, a través de límites de emisión fijados por contrato.

Las variaciones porcentuales de la tensión, medida en los puntos de suministro, con respecto al valor nominal, son las siguientes:

☞ Alta Tensión: -5,0 % + 5,0 %

☞ Alimentación Aérea (MT o BT): -8,0 % + 8,0 %

☞ Alimentación Subterránea (MT o BT): -5,0 % + 5,0 %

☞ Rural: -10,0 % + 10,0 %

Los niveles de tensión se determina a nivel de suministro, mediante campañas de medición, que permitan adquirir y procesar información sobre curvas de carga y nivel de la tensión en suministros, en distintos puntos de la red.

1.4.5 LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL ECUADOR

La calidad de energía prestada por las empresas distribuidoras en nuestro país se miden considerando los aspectos siguientes:

- ☞ Calida del producto

- ☞ Calidad del servicio técnico

- ☞ Calidad del servicio comercial.

En el artículo 9 del Reglamento de suministros del servicio de electricidad se indica que: “los distribuidores deberán proporcionar el servicio con los niveles de calidad acorde con lo exigido en la Ley, su Reglamento General y las Regulaciones pertinentes, para lo cual adecuarán progresivamente sus instalaciones, organización, estructura y procedimientos técnicos y comerciales”. También indica que la calidad del servicio técnico se evaluará considerando la frecuencia de las interrupciones y la duración de las interrupciones.

a) CALIDAD DEL SERVICIO TÉCNICO

La calidad del servicio eléctrico depende fundamentalmente de la continuidad y confiabilidad de este. Los clientes reciben un servicio con calidad cuando se minimiza el número de veces que se les interrumpe el suministro de energía eléctrica y el tiempo que dura cada corte. Si en un alto porcentaje de casos los

trabajos en las redes de distribución se ejecutan desenergizando las líneas esto contribuye a dar un mal servicio y al reclamo de los clientes.

Actualmente las Empresas Distribuidoras de nuestro país tienen firmado los contratos de concesión con el CONECEL, mediante la cual deben cumplir con las disposiciones que establece la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, su Reglamento General, el Reglamento de concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica, el Reglamento de suministro del servicio de electricidad, las Regulaciones dictadas por el CONELEC y las obligaciones establecidas en los contratos de concesión.

Para garantizar a los Consumidores un suministro eléctrico continuo y confiable, es necesario dictar las Regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico.

1.4.6 REGLAMENTOS Y REGULACIONES

☞ Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

☞ Reglamento de Suministros del Servicio de Electricidad.

☞ Reglamento de Concesiones, permisos y licencias para la prestación del servicio de energía eléctrica

☞ Regulación 004/01

a) REGLAMENTO DE SUMINISTRO DEL SERVICIO DE ELECTRICIDAD

Este reglamento contiene las normas que deben observarse para la prestación de servicio eléctrico de distribución y comercialización; y, regula las relaciones entre el Distribuidor y el Consumidor tanto en los aspectos técnicos como en los comerciales. Las disposiciones de este reglamento serán complementados con las regulaciones que apruebe el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados.

Las normas del reglamento de suministros del servicio de electricidad prevalecen sobre las de cualquier otro reglamento de igual o menor jerarquía, relacionados con la materia que trata este reglamento.

b) REGULACION NRO. CONELEC-004/01

El Art. 1, inciso segundo del Reglamento de Suministro de Electricidad, establece que las disposiciones de dicho instrumento serán complementadas con regulaciones aprobadas por el CONELEC y por instructivos y procedimientos dictados por los distribuidores de conformidad con este reglamento.

El objetivo de la presente regulación es establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

En caso de que el Distribuidor no cumpla los procedimientos de reposición establecidos por el CENACE¹⁰ y que por esta causa, se produjeran daños y perjuicios en las instalaciones del consumidor, el distribuidor está obligado a remediar todos los daños.

¹⁰ CENACE.- La Corporación “Centro Nacional de Control de Energía” es el Administrador Técnico y Comercial del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) del Ecuador y de las Interconexiones Internacionales. Fue creado en la Ley de Régimen de Sector Eléctrico publicada en RO 43 del 10/OCT/1996, y su estatuto aprobado mediante acuerdo ministerial 151 del 27/OCT/1998.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1 MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE ENERGÍA MEDIANTE UN ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La Calidad de la Energía Eléctrica conlleva a realizar un análisis en el lugar, para obtener un análisis del resultado de las mediciones y de esta manera emitir procedimientos para la prevención, identificación y resolución de los problemas.

Con la tecnología disponible, este proyecto debe ser altamente efectivo para detectar, resolver y prevenir problemas en los sistemas de distribución y consumo eléctrico, fundamentándose en el uso de herramientas tecnológicas, informáticas y de comunicaciones actualizadas para poder brindar un mejor servicio, evitar las pérdidas, obtener mejores ingresos y en general ser mas competitivos y estar preparados para futuros retos en el sector eléctrico.

El proyecto no sólo debe proporcionar información acerca de las perturbaciones en los sistemas y sus posibles causas, sino que pueda detectar condiciones de problemas en el sistema antes de que lleguen a provocar malfuncionamientos o fallas en los equipos.

Por ello en el presente capítulo se realiza un análisis de las diferentes plataformas de programación, encontrándose que LabVIEW es la más adecuada tanto por sus bondades técnicas y económicas como por su poca complejidad en su programación gráfica, además la comunicación se realiza mediante una tarjeta de adquisición de datos "NI-DAQ USB 6009". A través del puerto USB de la tarjeta hacia la Pc.

2.2 PLATAFORMAS DE PROGRAMACIÓN

Los procesos de automatización para la adquisición y control de instrumentos es una tarea difícil. La inherente dificultad se debe a que los procesos pueden ser confusos. Además pueden tener alto grado de complejidad si las herramientas de programación con las que se trabaja son difíciles de manejar.

Una de las herramientas disponibles hoy en día es el lenguaje de programación gráfica, el cual es útil en aplicaciones de control e instrumentación, ya que son lenguajes de programación de alto nivel que cuentan con funciones para adquisición y procesamiento de datos. Estas plataformas de programación facilitan la tarea de adquisición, análisis y presentación de datos; por lo tanto, solo es necesario el enfoque en el problema original de adquisición o medición.

La filosofía del lenguaje programación gráfica u orientada a objetos, toma como base la estructura de un instrumento tradicional, el cual cuenta con controles, botones e interruptores para configurar el proceso de medición e indicadores para desplegar el valor medido, además poseen un programa o código fuente, que representa el ensamble de componentes electrónicos que desarrollan la función del Instrumento virtual (VI), el cual se construye uniendo bloques (funciones) mediante líneas que llevan el flujo de datos.

Una plataforma de programación gráfica realiza diversas funciones como:

- ☞ Manejo del soporte o canal de comunicación.
- ☞ Manejo de uno o varios protocolos de comunicación (Drive).
- ☞ Manejo y actualización de una Base de Datos.
- ☞ Administración de alarmas (Eventos).
- ☞ Generación de archivos históricos.
- ☞ Interfaces con el operador (HMI)
- ☞ Capacidad de programación (Visual Basic, C, etc.)
- ☞ Transferencia dinámica de datos (DDE)
- ☞ Conexión a redes.

Existen varios proveedores independientes de las plataformas de programación, que no son fabricantes de equipos de medición y control tales como:

- ☞ IFIX.
- ☞ INTOUCH.
- ☞ TAURUS.
- ☞ REALFLEX.
- ☞ GENESIS.
- ☞ LABVIEW

2.2.1 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Independientemente del hardware utilizado, siempre es necesario enviar y recibir información hacia y desde el dispositivo de adquisición de datos. La información que se envía generalmente es de configuración, por ejemplo, las señales de voltaje y corriente. La información que se recibe pueden ser datos, mensajes de estado o mensajes de error.

Hay dos tipos de software para adquisición de datos:

☞ Software de Control

☞ Software de Aplicación

La relación entre el usuario, el software de control y el software de aplicación se muestra en la figura 2.1.

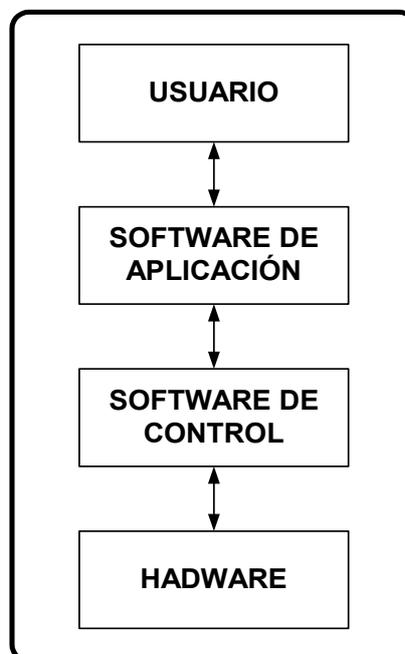


Figura 2.1. Relación entre el software de control y aplicación

a) SOFTWARE DE CONTROL

El software de control permite acceder y controlar las funciones del hardware de adquisición de datos. Entre otras cosas, un software de control básico permite:

- ☞ Enviar y recibir datos desde y hacia la tarjeta de adquisición de datos.
- ☞ Controlar la frecuencia a la cual son adquiridos los datos.
- ☞ Integrar el hardware con los recursos de la computadora tales como interrupciones del procesador y memoria.
- ☞ Integrar el hardware de adquisición de datos con un hardware de acondicionamiento de señal.
- ☞ Acceder a subsistemas múltiples.
- ☞ Acceder a múltiples tarjetas de adquisición de datos.

b) SOFTWARE DE APLICACIÓN

El software de aplicación proporciona una conveniente interfase entre el usuario y el software de control. El software de aplicación permite:

- ☞ Reportar información relevante, por ejemplo, el número de muestras adquiridas.
- ☞ Generar eventos.
- ☞ Manejar los datos almacenados en la memoria de la computadora.
- ☞ Acondicionar las señales adquiridas.

☞ Graficar los datos adquiridos

2.2.2 EL SOFTWARE LabVIEW.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control. LabVIEW permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software. Se puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. LabVIEW es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab, Lenguaje C o Basic. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

LabVIEW es una herramienta diseñada especialmente para monitorear, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General).

Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además estos módulos pueden ser usados en otras tareas, con lo cual permite una programación más rápida y provechosa.

También ofrece la ventaja de “debugging” (puesta a punto) en cualquier punto de la aplicación. Permite la posibilidad de poner “break points” (ventanas), ejecución paso a paso, ejecución hasta un punto determinado y se puede observar como los datos van tomando valores a medida que se va ejecutando la aplicación.

a) FILOSOFÍA DE LabVIEW.

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento, por ello a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (Instrumento Virtual).

Existen dos conceptos básicos en LabVIEW: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block diagram (Diagrama de Bloque). El Panel Frontal es el interfaz que el usuario está viendo y puede ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos, de esta manera el usuario sabe de manera precisa cual es el estado actual de dicho instrumento y los valores de las señales que se están midiendo, El diagrama de bloques muestra la conexión de todos los controles y variables, que tendría cierto parecido al diagrama del esquema eléctrico del instrumento.

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

Es un sistema abierto, en cuanto a que cualquier fabricante de tarjetas de adquisición de datos o instrumentos en general puede proporcionar el driver de su producto en forma de VI dentro del entorno de LabVIEW. También es posible programar módulos para LabVIEW en lenguajes como C y C++, estos módulos son conocidos como Sub-VIs y no se diferencian a los VI creados con LabVIEW salvo por el interfaz del lenguaje en el que han sido programados. Además estos Sub-VIs son muy útiles por ejemplo en el campo de cálculos numéricos complejos que no se encuentran incluidos en las librerías de LabVIEW.

b) EL PANEL FRONTAL Y EL DIAGRAMA DE BLOQUES.

Se podría decir que en cualquier VI existen dos caras bien diferenciadas: El Panel Frontal y el Diagrama de Bloques.

El Panel Frontal es la cara que el usuario del sistema está viendo cuando se está monitoreando o controlando el sistema, o sea, el interfaz del usuario. Este contiene controles e indicadores y existe una gran variedad de ellos, pero además incluso se pueden diseñar controles e indicadores personalizados, lo cual permite tener una amplia gama de dichos controles e indicadores.

Un control puede tomar muchas formas, y muchas de estas formas corresponden al dibujo real usado en instrumentos físicos. Otros son estrictamente conceptos digitales o analógicos. Pero todos los controles tienen una forma visual que indican al usuario cual es el estado de dicho control en el instrumento real.

Es muy importante en un sistema HMI¹¹ que el usuario no tenga que interpretar nada, sino que todo le sea claro y conciso, las interpretaciones pueden dar lugar a falsas actuaciones y, por consiguiente, podrían existir lamentables errores. Además, dos usuarios podrían interpretar de manera diferente cualquier evento.

El Diagrama de Bloques del VI sería la cara oculta del Panel Frontal, una cara que el usuario del sistema no puede ver. En ella están todos los controles e indicadores interconectados, pareciéndose mucho a un diagrama de esquema eléctrico. Esta cara es mucho menos conceptual que el Panel Frontal y para el usuario sería muy difícil entenderla.

¹¹ HMI (Human Machine Interface).- Interfase Humano Máquina

Todos los módulos están interconectados, mediante líneas de conexión, por donde circulan los diferentes datos o valores del VI., de esta manera se logra que el VI funcione como un conjunto de elementos, módulos y sub-módulos.

c) PROGRAMACIÓN GRÁFICA.

Una de las características más poderosas que LabVIEW ofrece es un medio ambiente de programación que es gráfico. Con LabVIEW se puede diseñar instrumentos virtuales a medida; creando interfaces gráficas de usuario en la pantalla de la computadora como se observa en la figura 2.2, con la cual se puede:

- ☞ Operar el programa de instrumentación.
- ☞ Controlar el hardware seleccionado.
- ☞ Analizar datos adquiridos.
- ☞ Visualizar los resultados.

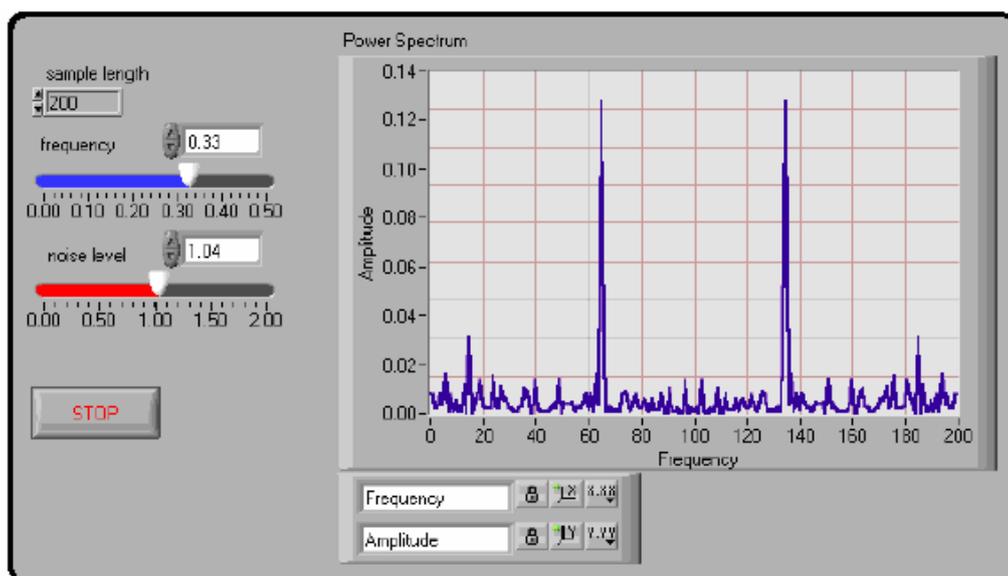


Figura 2.2: Panel Frontal de un Instrumento Virtual hecho en LabVIEW

Se pueden personalizar paneles frontales con perillas, botones, diales y gráficos a fin de emular paneles de control de instrumentación tradicionales, crear paneles de ensayo personalizados o representar visualmente el control y operación de procesos, como se muestra en la figura 2.2. La similitud existente entre los diagramas de flujo y los programas gráficos acorta la curva de aprendizaje asociada con lenguajes tradicionales basados en texto.

Se puede también determinar el comportamiento de los instrumentos virtuales conectando iconos entre si para crear diagramas de bloques, que son notaciones de diseño naturales. Con un lenguaje gráfico se puede desarrollar sistemas más rápidamente que con lenguajes de programación convencionales mientras que conserva la potencia y flexibilidad necesarias para crear una variedad de aplicaciones. La figura 2.3 muestra un diagrama de bloques construido en LabVIEW.

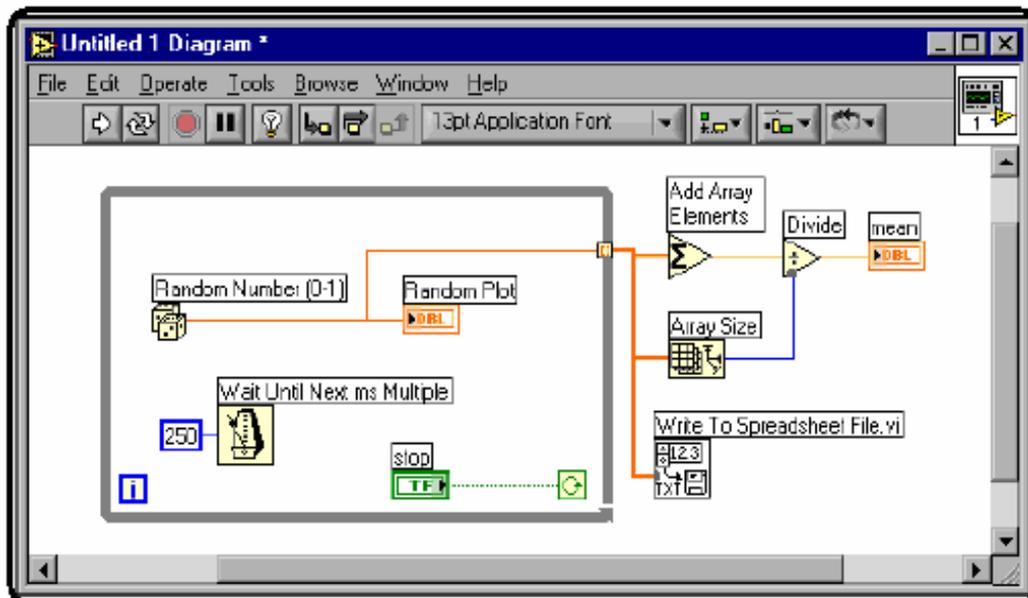


Figura 2.3: Diagrama de bloques de un Instrumento virtual hecho en LabVIEW

d) CONECTIVIDAD Y CONTROL DE INSTRUMENTOS.

La productividad del software de instrumentación virtual es tal que ya incluye el conocimiento de la integración del hardware. Diseñado para crear ensayos, mediciones y control de sistemas, el software de instrumentación virtual incluye una extensa funcionalidad para entradas y salidas prácticamente de cualquier tipo.

LabVIEW posee bibliotecas listas para ser utilizadas con el objeto de integrar instrumentos autónomos, equipos de adquisición de datos, productos para el control de movimientos y de imágenes, instrumentos GPIB/IEEE 488, seriales RS-232 y PLC's, entre otros, lo cual permite construir una solución completa de medición y automatización. LabVIEW también tiene incorporadas las más importantes normas de instrumentación, tal como VISA, una norma que permite la operación entre instrumentos GPIB, seriales y VXI.

e) MEDIO AMBIENTE ABIERTO.

Aunque LabVIEW proporciona las herramientas requeridas para la mayoría de las aplicaciones, también constituye un medio ambiente de desarrollo abierto. El cumplimiento de normas por parte del software se basa principalmente en la habilidad del paquete que se eligió para trabajar bien con otros sistemas de software y hardware de medición y control, y normas abiertas, que definen la capacidad de interactuar entre múltiples fabricantes. Seleccionando el software que cumple con estos criterios se asegura que la empresa y las aplicaciones aprovechen los productos ofrecidos por numerosos proveedores. Además, ajustándose a normas comerciales abiertas, se reduce el costo total del sistema.

Un gran número de fabricantes de hardware y software desarrollan y mantienen centenares de bibliotecas de LabVIEW; manejadores de instrumentos que le ayudan a utilizar fácilmente sus productos con LabVIEW. Sin embargo, esa no es la única forma de proporcionar conectividad a las aplicaciones basadas en LabVIEW. Este software ofrece maneras simples de incorporar programas en ActiveX, bibliotecas dinámicas (DLL's) y bibliotecas compartidas de otras herramientas. Además se puede compartir código hecho en LabVIEW como un DLL, construir un programa ejecutable o utilizar ActiveX.

LabVIEW también ofrece un completo rango de opciones de comunicaciones y estándares de datos como TCP/IP, OPC, SQL y formato de datos en XML.

f) REDUCCIÓN DE COSTOS Y PRESERVACIÓN DE LA INVERSIÓN.

LabVIEW es un producto versátil dado que se puede utilizar una sola computadora equipada con LabVIEW para innumerables aplicaciones y propósitos. No sólo es versátil sino también extremadamente efectivo desde el punto de vista del costo. La instrumentación virtual con LabVIEW demuestra ser económica, no sólo por los reducidos costos de desarrollo sino también porque preserva la inversión del capital a lo largo de un extenso período. A medida que cambian las necesidades, se pueden fácilmente modificar los sistemas sin necesidad de adquirir nuevo equipamiento y crear bibliotecas enteras de instrumentación a un costo menor que el correspondiente a un solo instrumento comercial tradicional.

h) PLATAFORMAS MÚLTIPLES.

La mayoría de los sistemas computacionales utilizan alguna variante del sistema operativo Microsoft Windows; no obstante ello, existen otras opciones que ofrecen

claras ventajas para cierto tipo de aplicaciones. El desarrollo de sistemas operativos de tiempo real y embebido continúa creciendo rápidamente en la mayoría de las industrias a medida que la capacidad de cálculo es incorporada en paquetes más especializados y pequeños. Es importante minimizar las pérdidas resultantes del cambio hacia nuevas plataformas y la elección del software correcto para dicho objetivo es un factor clave.

LabVIEW minimiza esta preocupación ya que corre en Windows 2000, NT, XP, Me, 98, 95 y NT embebido, así como también sobre Mac OS, Sun Solaris y Linux. Con LabVIEW también se puede compilar código que corra en el sistema operativo de tiempo real VenturCom ETS a través del módulo LabVIEW Real-Time. Dada la importancia de los sistemas legacy, National Instruments continúa poniendo a disposición versiones más antiguas de LabVIEW para los sistemas operativos Windows, Mac OS y Sun. LabVIEW es independiente de la plataforma seleccionada; los instrumentos virtuales que se creen en una plataforma pueden ser transportados de manera transparente a cualquier otra plataforma LabVIEW simplemente abriendo el instrumento virtual.

Puesto que las aplicaciones de LabVIEW pueden transportarse entre plataformas, se puede asegurar que el trabajo de hoy será utilizable en el futuro. A medida que emerjan nuevas tecnologías computacionales, se pueden migrar fácilmente las aplicaciones a nuevas plataformas y sistemas operativos. Además debido a que se pueden crear instrumentos virtuales que son independientes de la plataforma y transportarlos entre distintas plataformas, puede ahorrarse tiempo de desarrollo y otros inconvenientes relacionados con la portabilidad entre plataformas.

i) DESARROLLO DISTRIBUIDO.

Con LabVIEW se puede desarrollar fácilmente aplicaciones distribuidas, aún entre diferentes plataformas. Con herramientas de servidores fáciles de usar, se

pueden descargar rutinas que hacen uso intensivo del procesador a otras máquinas para lograr una ejecución más rápida, o crear aplicaciones de monitoreo y control remoto. Una tecnología de servidores poderosa puede simplificar la tarea de desarrollar aplicaciones grandes y que requieran de múltiples computadoras. Además de ello, LabVIEW incluye tecnologías normalizadas de redes, tales como TCP/IP e incorpora protocolos robustos de publicación y suscripción.

j) CAPACIDAD DE ANÁLISIS.

El software de instrumentación virtual requiere complejas herramientas de análisis y procesamiento de señales ya que la aplicación no se detiene justo cuando el dato es recogido. Usualmente, las aplicaciones de medición de alta velocidad en los sistemas de monitoreo y control de maquinaria requieren análisis de orden para lograr obtener datos específicos. Los sistemas de control embebidos de lazo cerrado podrían requerir premedicación punto a punto para lograr que los algoritmos de control mantengan la estabilidad. Además de las bibliotecas de análisis avanzado ya incluidas en LabVIEW, National Instruments proporciona software adicional, tal como el LabVIEW Signal Processing Toolset (Paquete de herramientas para el procesamiento de señales en LabVIEW) a fin de complementar las ofertas de análisis.

k) CAPACIDAD DE VISUALIZACIÓN.

LabVIEW incluye también un amplio conjunto de herramientas de visualización para presentar datos en la interfase del usuario de la instrumentación virtual, tanto para gráficos continuos como también para visualización de gráficos en 2D y 3D. Se puede reconfigurar de manera instantánea los atributos de la presentación de datos, tales como: colores, tamaño de fuentes, tipos de gráfico y más, así como también efectuar rotación, enfoque (zoom) y desplazamiento dinámico en los gráficos con el ratón. En lugar de programas gráficos y todos los atributos

corrientes desde cero, simplemente se arrastra y coloca los objetos dentro de los paneles frontales de los instrumentos.

I) FLEXIBILIDAD Y ESCALABILIDAD.

Los profesionales tienen necesidades y requerimientos que cambian rápidamente. Ellos también necesitan tener soluciones extensas que puedan ser mantenidas y utilizadas por un largo período. Creando instrumentos virtuales basados en un software de desarrollo poderoso, como es LabVIEW, se puede diseñar un ambiente de trabajo abierto que se integre de modo ininterrumpido con el software y el hardware. Esto asegura que sus aplicaciones no sólo funcionarán bien hoy, sino también que se podrán utilizar nuevas tecnologías en el futuro a medida que ellas se hallen disponibles, o extender sus soluciones más allá de su alcance original a medida que se identifiquen nuevos requerimientos. Más aún cada aplicación posee sus propios y únicos requerimientos que precisan una amplia gama de soluciones.

2.3 SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DAQ's.

Son muchas las aplicaciones donde se hace indispensable el tratamiento de señales que nos proporcionen información sobre fenómenos físicos. En general, este tratamiento es necesario hacerlo sobre grandes cantidades de información y con una elevada velocidad de procesamiento; un computador es el encargado de realizar estas tareas debido a su excelente velocidad de procesamiento sobre cantidades elevadas de información. Comúnmente se utilizan las tarjetas de adquisición de datos, que son las que proporcionan al computador la capacidad de adquirir y generar señales, ya sean analógicas o digitales. Sin embargo, estas no son las únicas funciones de las tarjetas de adquisición; entre otras, también disponen de contadores y temporizadores.

Cuando se desea obtener información sobre fenómenos físicos es necesario introducir un nuevo elemento en el sistema que nos suministre un parámetro eléctrico a partir de un parámetro físico, dicho elemento es el transductor. El transductor es el primer elemento que forma un sistema general de adquisición de señales. Generalmente, las señales eléctricas generadas por los transductores no son adecuadas o no son compatibles con las características de entrada de una tarjeta de adquisición de datos. En estos casos se hace necesario el uso de dispositivos de acondicionamiento de señal que realizan un pre-tratamiento de la misma. Entre otras, las funciones más usuales de los acondicionadores son: amplificación, filtrado, aislamiento eléctrico incluso linealización y multiplexado. La figura 2.4 muestra una configuración general de un sistema basado en la adquisición de datos.

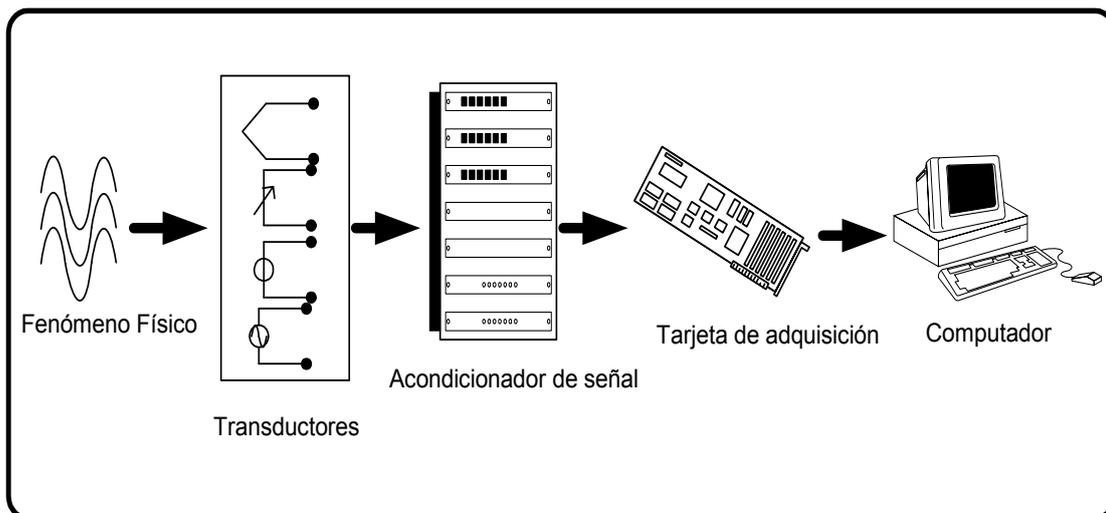


Figura 2.4: Sistema de adquisición de datos

2.3.1 HARDWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS¹²

El hardware de adquisición de datos puede ser interno, instalado directamente en una ranura de expansión dentro de la computadora o externo, conectado a la

¹² Data AcquisitionToolbox User's Guide

computadora a través de un cable de comunicación. En el nivel más simple, el hardware de adquisición de datos se caracteriza por los *subsistemas* que posee. Un subsistema es un componente del hardware de adquisición de datos que ejecuta una tarea especializada. Los subsistemas comunes incluyen.

- ☞ Entrada analógica.
- ☞ Salida analógica.

- ☞ Entrada/salida digital.

- ☞ Contador/temporizador.

Los dispositivos de hardware que contienen múltiples subsistemas, se llaman *tarjetas multifunción*.

a) SENSOR DE VOLTAJE

Es importante señalar que las señales de voltaje que se utilizan en los cálculos para el análisis de calidad de energía se obtienen en las bajantes del transformador de MV/BV debido a que las perturbaciones y armónicos que generan estas señales son las mismas en AV, MV y BV, por la relación de transformación del sistema en general.

Por esta razón para la adquisición de la señal de voltaje, se utilizó un transformador reductor de potencial de 110V a 6V, como se indica en la figura 2.5.



Figura 2.5: Transformador reductor de potencial de 110V a 9V

b) **SENSOR DE CORRIENTE (PINZAS DE CORRIENTE ALTERNA AC CURRENT CLAMP MN211)**

Para sensar la señal de corriente se utiliza un transformador de corriente de núcleo desprendible que son las pinzas amperimétricas como se observa en la figura 2.6.

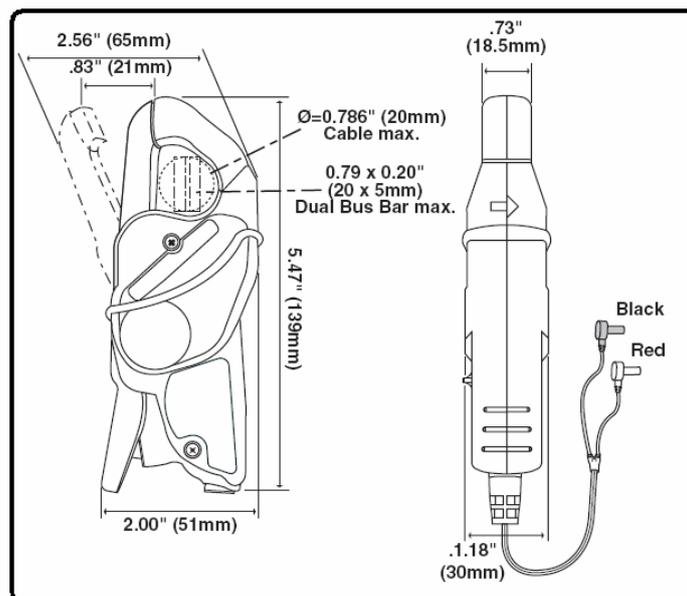


Figura 2.6: Pinza amperimétrica

La pinza de corriente alterna ac current clamp MN211 que se observa en la figura 2.7 es compatible con cualquier instrumento que puede aceptar un conector de BNC normal y es capaz de medir corriente y convertir en rangos de voltajes en mili voltios AC.



Figura 2.7: Pinzas de corriente alterna (ac current clamp MN211)

Las características de la pinza de corriente son:

- ☞ Pequeño y compacto.
- ☞ Rango de medidas: 0.5 – 240 Aca
- ☞ Diseñados para osciloscopios y registradores.
- ☞ Señal de salida 1mAac/Aac
- ☞ Señal de salida de 400mV por cada 1Aac de entrada

Las especificaciones eléctricas de la Pinza de Corriente Alterna (AC CURRENT CLAMP MN211) se detallan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Especificaciones eléctricas de la pinza de corriente

Rango de corriente nominal	10 mA to 6 A
Nivel de salida	400 mV/A
Exactitud (48-65 Hz)	10 mA to 1 A 1% + 5 mA 1 A to 5 A 1%
Típico ancho de Banda	40 Hz to 5 kHz
Voltaje de trabajo	600 V ac rms
Impedancia de carga de entrada del circuito a conectar	>1 M Ω en paralelo 47 pF
Maximum Non-destructive Current	70 A
Duty Cycle	0.01 A to 6 A continuous

c) NI-DAQ USB-6008/6009

La adquisición de datos se lo realiza con la tarjeta de adquisición de datos NI-DAQ 6009, sus partes son: Etiqueta de la cubierta con las Guías de Orientación de los pines (1), Jack Bornera (2), Signo de la Etiqueta (3) y Cable USB (4) como se muestra en la figura 2.8.

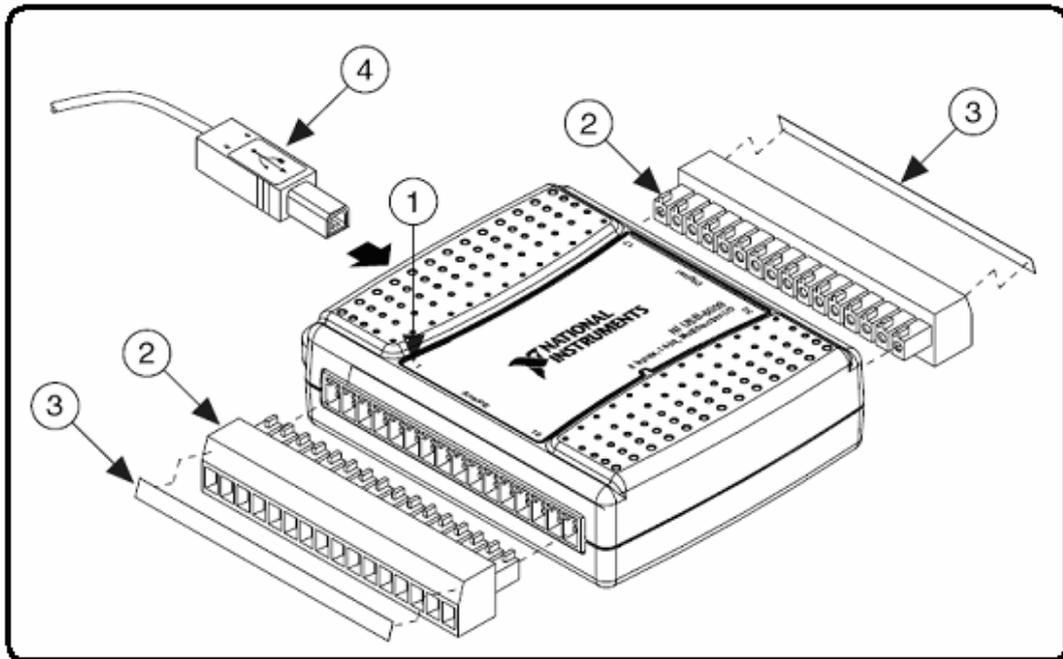


Figura 2.8: Partes de la NI-DAQ USB 6009

La DAQ NI USB-6009 posee 8 entradas analógicas, 2 salidas analógicas como se observa en la tabla 2.2; 12 entradas/salidas digitales, 1 bit de sincronización PF10, 2 alimentaciones Vcc (+2.5V y +5V) como se observar en la tabla 2.3 y una interfase USB de alta velocidad con contador de 32 bit.

Tabla 2.2: Terminales Analógicas de la NI-DAQ 6009

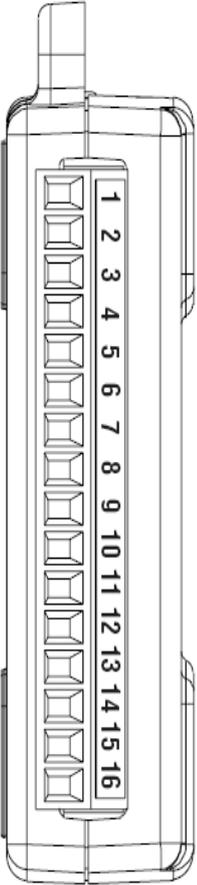
Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Tabla 2.3: Terminales digitales, Sincronización y alimentación Vcc NI-DAQ 6009

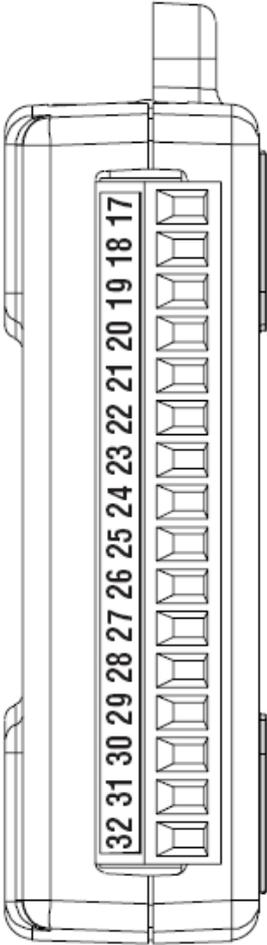
Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0 6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Tabla 2.4: Descripción de los pines NI-DAQ USB 6009

NOMBRE DE LA SEÑAL	REFERENCIA	DIRECCION	DESCRIPCION
GND	-	-	Tierra.- Punto de referencia para señales de voltajes y corrientes analógicas y digitales (IN/OUT).
AI (0...7)	Varies	Input	Entradas Analógicas.
AO 0	GND	Output	Salida Analógica AO.0
A0 1	GND	Output	Salida Analógica AO.1
PI (0...3) PO (0...7)	GND	Input or Output	Señales digitales de IN/OUT (configurables)
+2.5 V	GND	Output	Alimentación de 2.5 Vcc.
+5 V	GND	Output	Alimentación de 5 Vcc. A 200 mA.
PFI 0	GND	Input	PFI 0.- Configurable tanto para un disparo digital como para un contador de eventos.

2.4 COMUNICACIONES

La estandarización de protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores como Fieldbus Foundation, Profibus, Hart; que están diseñados para instrumentación de control de procesos. En cambio DeviceNet y SDC están optimizados para los mercados de los dispositivos discretos (on-off) de detectores, actuadores e interruptores, donde el tiempo de respuesta y repetibilidad son factores críticos.

La conectividad USB, siempre presente a través de los usuarios de PCs portátiles y de escritorio, ahora provee las velocidades de transferencia de datos para acomodarse a sus sistemas de adquisición de datos de alto desempeño. Uno de estos sistemas de adquisición de datos plug - and - play es la plataforma de medición SCXI de National Instruments, la cual incluye conectividad USB. Se puede configurar el sistema NI SCXI, el cual proporciona los beneficios USB incluyendo autodetección y configuración, para lanzar y ejecutar automáticamente una aplicación de prueba una vez la conexión USB esté establecida.

2.4.1 USB y FIREWIRE

Los puertos paralelos y seriales: gruesos conectores con múltiples contactos que se sujetaban a la parte posterior de la computadora con tornillos o a presión. Impresoras, escáneres, ratones, módems y otros dispositivos usaban esos tipos de interfaz para enviar o recibir información de la computadora. Durante años fueron suficientes, pero las velocidades requeridas por elementos como las cámaras digitales, los discos duros externos, DAQ's, así como la cantidad de dispositivos que una sola computadora requiere soportar obligaron al desarrollo

de nuevas interfaces, más simples, más rápidas y más económicas, entre las que destacan USB y FireWire.

USB (Bus en Serie Universal) comenzó a desarrollarse en 1994 a partir de diversos estudios que realizaron las empresas Compaq©, Intel©, Microsoft© y NEC©, partiendo de tres elementos claves:

- a) La conexión de la computadora personal a los servicios de telefonía, que hasta ese año había sido una industria por separado, previniendo la expansión de las telecomunicaciones e Internet en todos los ámbitos.
- b) La facilidad de uso, en contraposición a las interfaces de esa época que implicaban el uso de diversos controladores, constantes configuraciones y un bajo rendimiento.
- c) La expansión de puertos, hasta entonces limitada a la inserción de tarjetas de circuitos en la propia computadora personal y, en consecuencia, una muy limitada flexibilidad de elementos, dispositivos y programas compatibles.

La primera especificación comercial de USB fue liberada el 23 de septiembre de 1998. Un año después, USB era ya una interfaz común en la mayoría de los equipos de cómputo personal. El objetivo se cumplió: permitir que dispositivos de diversos fabricantes pudieran comunicarse entre sí en una arquitectura abierta.

Desde la perspectiva del usuario, los puertos e interfaces USB son muy sencillos de emplear, comenzando por los cables, cuyos conectores sólo son de dos tipos e imposibles de colocar de manera errónea. Cuando un dispositivo nuevo USB se asocia a una computadora, el sistema operativo detecta su presencia e instala el controlador correspondiente o bien, puede solicitar al usuario el disco de instalación de ese periférico. Después de trabajar con el dispositivo, el usuario puede desconectarlo directamente del puerto USB, sin riesgo de perder la configuración o dañar el aparato.

Un cable USB está compuesto por cuatro conductores: dos de potencia y dos de datos, rodeados de una capa de blindaje para evitar interferencias. Por los conductores de potencia pueden proporcionarse cinco voltios a aquellos dispositivos que así lo requieran (como cámaras de videoconferencia y lectores de tarjetas de memoria), o recibir las comunicaciones de dispositivos con mayor consumo de energía (impresoras, discos, quemadores). Cuando se deben conectar más dispositivos de los que ya ocupan puertos USB, es indispensable usar un concentrador USB (Hub). El concentrador amplía la cantidad de puertos disponibles para otros dispositivos. Una sola computadora, combinando cables de no más de cinco metros de longitud cada uno y concentradores, puede tener asociados hasta 127 dispositivos USB.

2.4.2 FireWire – IEEE 1394

Este estándar para conexiones de alta velocidad fue desarrollado originalmente por Apple Computer© en 1986, adoptándolo la IEEE en 1995 como la norma 1394. Debido a que tienen mayor velocidad de transmisión que un USB, los principales productos que son compatibles con FireWire – IEEE 1394 son cámaras, videocaseteras DV y DVB, así como reproductores de audio digital. Todas las comunicaciones son en tiempo real y síncronas, por lo que los datos se transfieren sin degradación perceptible.

De manera similar a la operación de USB, FireWire soporta elevados anchos de banda, Posee flexibilidad de conexiones. Se pueden conectar hasta 63 dispositivos en un bus, incluyendo computadoras. Los dispositivos asociados a FireWire se reconocen de manera automática en el sistema, pudiendo lanzar las aplicaciones correspondientes sin intervención del usuario.

USB y FireWire – IEEE 1394 han revolucionado la forma de conectar periféricos a las computadoras. Sin embargo, su impacto va más allá: las velocidades que alcanzan obligan a pensar en la sustitución de no sólo los antiguos puertos

seriales y paralelos (ya hay muchas computadoras que no los incluyen), sino también en modificar las interfaces de comunicación internas: discos duros, lectores de discos compactos y DVDs, tarjetas de video y de audio, DAQ's y enlaces de red.

Ambos tipos de interfaz tienden a ser un estándar para la interconexión de todo tipo de aparatos a relativa corta distancia. La convergencia digital de televisiones, reproductores caseros de DVD, sistemas de teatro en casa, cámaras y grabadoras de audio y video conectadas a la computadora es ya una posibilidad. Otras aplicaciones incluyen la producción de televisión y radio con alta calidad, evitando el uso de diversos cables así como la degradación de la señal que, combinado con los sistemas de transmisión directa al hogar y la televisión de alta definición, llevarán imagen y voz sin distorsiones desde el estudio hasta la pantalla del espectador.

2.4.3 COMPONENTES DEL CABLE USB



Figura 2.9: Cable USB

El sistema de bus serie universal USB consta de tres componentes: controlador, hubs o concentradores y periféricos

a) Controlador.

Reside dentro del PC y es responsable de las comunicaciones entre los periféricos USB y la CPU del PC. Es también responsable de la admisión de los periféricos dentro del bus, tanto si se detecta una conexión como una desconexión. Para cada periférico añadido, el controlador determina su tipo y le asigna una dirección lógica para utilizarla siempre en las comunicaciones con el mismo. Si se producen errores durante la conexión, el controlador lo comunica a la CPU, que, a su vez, lo transmite al usuario. Una vez que se ha producido la conexión correctamente, el controlador asigna al periférico los recursos del sistema que éste precise para su funcionamiento.

El controlador también es responsable del control de flujo de datos entre el periférico y la CPU.

b) Hubs o Concentradores.

Son distribuidores inteligentes de datos y alimentación, y hacen posible la conexión a un único puerto USB de 127 dispositivos. De una forma selectiva reparten datos y alimentación hacia sus puertas descendentes y permiten la comunicación hacia su puerta de retorno o ascendente. Un hub de 4 puertos, por ejemplo, acepta datos del PC para un periférico por su puerta de retorno o ascendente y los distribuye a las 4 puertas descendentes si fuera necesario.

Los concentradores también permiten las comunicaciones desde el periférico hacia el PC, aceptando datos en las 4 puertas descendentes y enviándolos hacia el PC por la puerta de retorno.

Además del controlador, el PC también contiene el concentrador raíz. Este es el primer concentrador de toda la cadena que permite a los datos y a la energía pasar a uno o dos conectores USB del PC, y de allí a los 127 periféricos que, como máximo, puede soportar el sistema. Esto es posible añadiendo concentradores adicionales. Por ejemplo, si el PC tiene una única puerta USB y a ella le conectamos un hub o concentrador de 4 puertas, el PC se queda sin más puertas disponibles. Sin embargo, el hub de 4 puertas permite realizar 4 conexiones descendentes. Conectando otro hub de 4 puertas a una de las 4 puertas del primero, habremos creado un total de 7 puertas a partir de una puerta del PC. De esta forma, es decir, añadiendo concentradores, el PC puede soportar hasta 127 periféricos USB.

La mayoría de los concentradores se encontrarán incorporados en los periféricos. Por ejemplo, un monitor USB puede contener un concentrador de 7 puertas incluido dentro de su chasis. El monitor utilizará una de ellas para sus datos y control y le quedarán 6 para conectar otros periféricos.

c) Periféricos.

USB soporta periféricos de baja y media velocidad. Empleando dos velocidades para la transmisión de datos de 1.5 y 12 Mbps se consigue una utilización más eficiente de sus recursos . Los periféricos de baja velocidad tales como teclados, ratones, joysticks, y otros periféricos para juegos, no requieren 12 Mbps. Empleando para ellos 1,5 Mbps, se puede dedicar más recursos del sistema a periféricos tales como monitores, impresoras, módems, scanner, equipos de audio, etc., que precisan de velocidades más altas para transmitir mayor volumen de datos o datos cuya dependencia temporal es más estricta .

En las figuras 2.10 y 2.11, se puede ver cómo los hubs proporcionan conectividad a toda una serie de dispositivos periféricos.

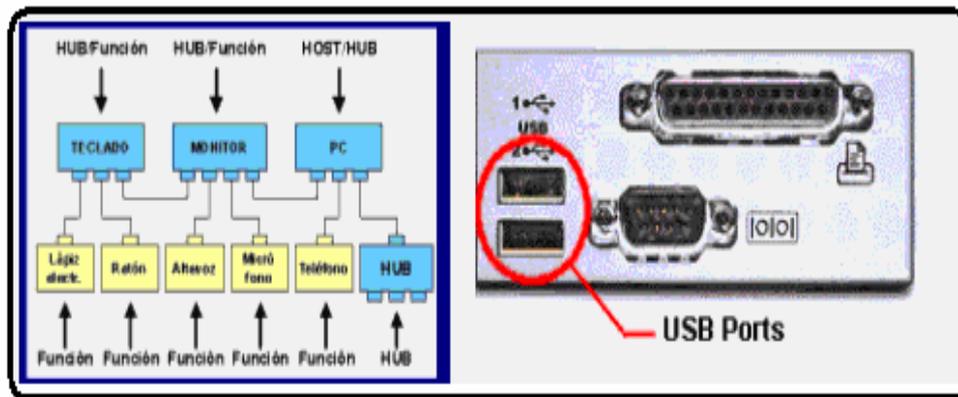


Figura 2.10: Posible esquema de conexiones del Bus USB.

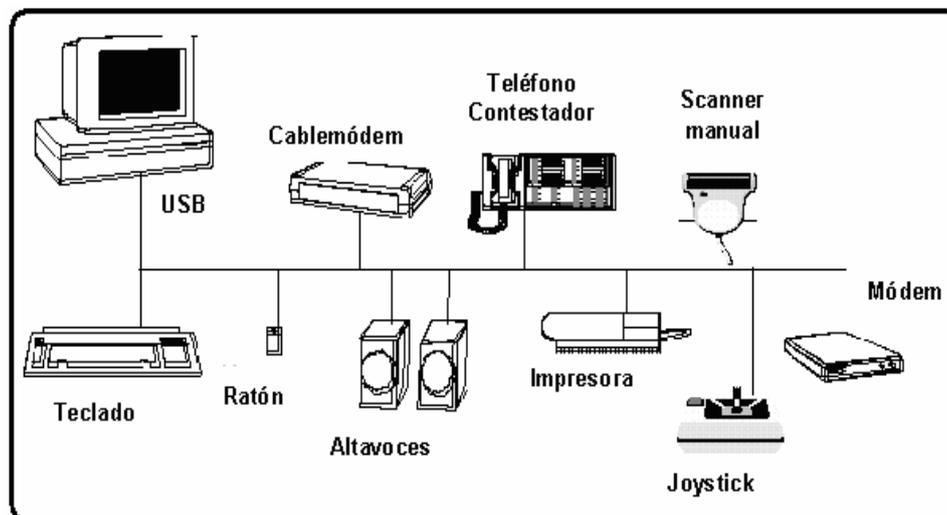


Figura 2.11: Dispositivos USB conectados a una PC.

2.4.4 ELEMENTOS ESENCIALES DEL DAQ USB DE BAJO COSTO

En la figura 2.12 se pueden observar los elementos de la NI-DAQ 6009.

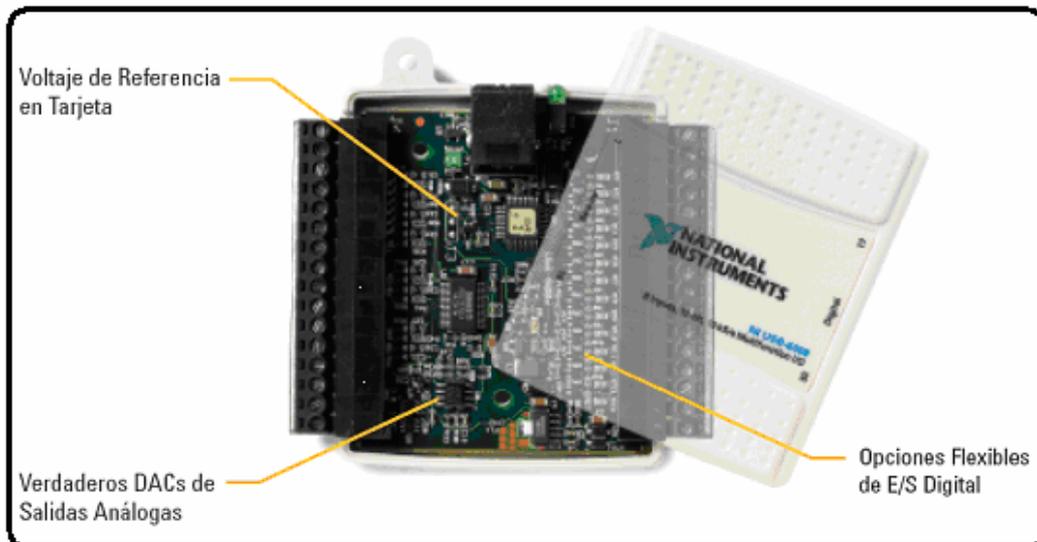


Figura 2.12: Circuito interno del NI DAQ- USB 6008/6009

Los dispositivos de adquisición de datos de bajo costo de NI reducen sus costos sin comprometer la calidad.

Se considera un dispositivo de adquisición de datos USB de bajo precio, porque no requiere muestreo de alta velocidad o temporización ni sincronización avanzada. Sin embargo, la presencia o ausencia de ciertas características pueden hacer la diferencia en la exactitud, confiabilidad y uso de su dispositivo de medición basado en USB.

a) VOLTAJE DE REFERENCIA EN TARJETA

El voltaje del bus USB puede variar ampliamente desde 4.1 V hasta 5.25 V así que usar ésta como el voltaje de referencia para salida análoga (AO) puede resultar en una exactitud pobre para el AO. No obstante, muchos dispositivos de adquisición de datos USB de bajo costo sacrifican la exactitud AO. Para una señal AO exacta, asegúrese que el dispositivo de adquisición de datos USB de bajo costo que seleccione incluya una referencia estable de voltaje en la tarjeta.

b) DAC DE SALIDAS ANÁLOGAS

Un convertidor digital/análogo (DAC) es parte esencial de la exactitud de la salida analógica. Algunos proveedores renuncian al costo de una DAC y construyen un circuito no costoso usando un modulador de ancho de pulso (PWM¹³) y un filtro. Los circuitos PWM sacan un tren de pulso digital con un ciclo de trabajo variable. Cuando esta salida se pasa a través del filtro, este produce un voltaje DC con algo de rizado en él. Un simple filtro pasabajo ahorra dinero sobre un filtro de mayor orden, pero una gran cantidad de este rizado aparece aún en la medición como ruido. El filtro también incrementa el tiempo de establecimiento del circuito. Un dispositivo de adquisición de datos USB con DACs en lugar de PWMs produce señales AO exactas con mínimo ruido y sin retraso extra de tiempo en el establecimiento.

c) OPCIONES FLEXIBLES DE E/S DIGITAL

Existen dos configuraciones comunes en la circuitería de E/S digital (abrir-drenar y empujar-halar). Una configuración abrir-drenar solo puede drenar corriente, pero una configuración empujar-halar puede entregar o drenar corriente.

d) SOFTWARE CONTROLADOR INTUITIVO

Se puede programar un dispositivo con un DLL básico o librería de VI, pero no muy fácilmente. Para minimizar el tiempo de desarrollo de una aplicación con el hardware de adquisición de datos USB de bajo costo, se debe obtener un software controlador que incluya lo siguiente:

- ☞ Software listo para correr para mediciones rápidas.
- ☞ Configuración interactiva para reducir el tamaño del código.

¹³ PWM.- Modulación por ancho de pulso.

☞ Numerosos programas ejemplo para que nunca inicie con una pantalla en blanco.

☞ Soporte para múltiples ambientes de desarrollo de aplicación para que pueda seleccionar el lenguaje de programación que usted prefiera.

☞ Una interfaz de programación intuitiva de fuente abierta que sea fácil de aprender y entender.

Los dispositivos DAQ multifunción de bajo costo USB-6008 y USB-6009 de NI incluyen las características para proveer mediciones más exactas y confiables con fácil programación, pero muchos productos en el mercado entregan solo unas o ninguna de estas.

CAPÍTULO III:

ANÁLISIS Y DISEÑO

3.1. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.

En el presente capítulo se describen las técnicas a utilizar para el desarrollo del Sistema HMI así como el detalle de las características del hardware, software y firmware¹⁴ que se disponen para la ejecución del mismo. Es importante mencionar que la tecnología actual tiende a la estandarización, siendo éste un factor importante para el desarrollo del proyecto, lo cual hace posible integrar diferentes tecnologías como National Instruments con su software LabVIEW y el hardware NI-DAQ USB 6009 y a Intel(R) con su respectiva PC.

3.1.1 REQUISITOS FUNCIONALES.

Este proyecto nos permite monitorear y analizar el comportamiento de los siguientes parámetros:

- ☞ Voltaje eficaz (V_{rms}).
- ☞ Corriente eficaz (A_{rms}).
- ☞ Frecuencia (Hz).

¹⁴ Se denomina *firmware* al programa de aplicación de un microcontrolador, NI-DAQ que, a diferencia del *software*, reside y se ejecuta en una memoria no volátil.

- ☞ Potencia activa (W).
- ☞ Potencia reactiva (VAR).
- ☞ Potencia aparente (VA).
- ☞ Factor de potencia (PF).
- ☞ Consumo de energía en kWh.
- ☞ Armónicos hasta el orden 51°.
- ☞ Distorsión total armónica (THD) de voltaje y corriente.
- ☞ Desfase entre voltaje y corriente.
- ☞ Presentación instantánea de las formas de onda de tensión y corriente.
- ☞ Generar una base de datos mediante el registro continuo de voltaje y corriente.

Bajo estas consideraciones se ha diseñado un sistema DAQ para poder adquirir las señales de corriente y voltaje de las líneas; el elemento primario de este sistema de adquisición de datos está constituido por transductores de corriente (Pinza amperimétrica AC current clamp MN211) y transformadores reductores de voltaje, encargados de adquirir las señales, las mismas que son acondicionadas a valores estandarizados que ingresan a la NI-DAQ USB 6009 y posteriormente al computador; con el objeto de adquirir, procesar y monitorear los datos en la plataforma de LabVIEW y realizar los análisis respectivos.

3.1.2 REQUERIMIENTOS DEL PROCESO.

- ☞ Transformador reductor de corriente TC (pinza amperimétrica).
- ☞ Transformador reductor de voltaje 110/6 [V].
- ☞ Circuito de acondicionamiento de señal.
- ☞ NI-DAQ USB 6009.
- ☞ LabVIEW 8.0 versión student edition
- ☞ Pc P4 1.7 GHz; 40 HD, 256 Mb RAM.
- ☞ Elementos de protección (varistores, fusibles).
- ☞ Caja de protección (sockets de IN).
- ☞ Cables para la conexión de Voltaje (lagartos, bananas)
- ☞ Carga instalada.

3.2. DIAGRAMA DE BLOQUES.

En la figura 3.1 se observa el diagrama de bloques del sistema.

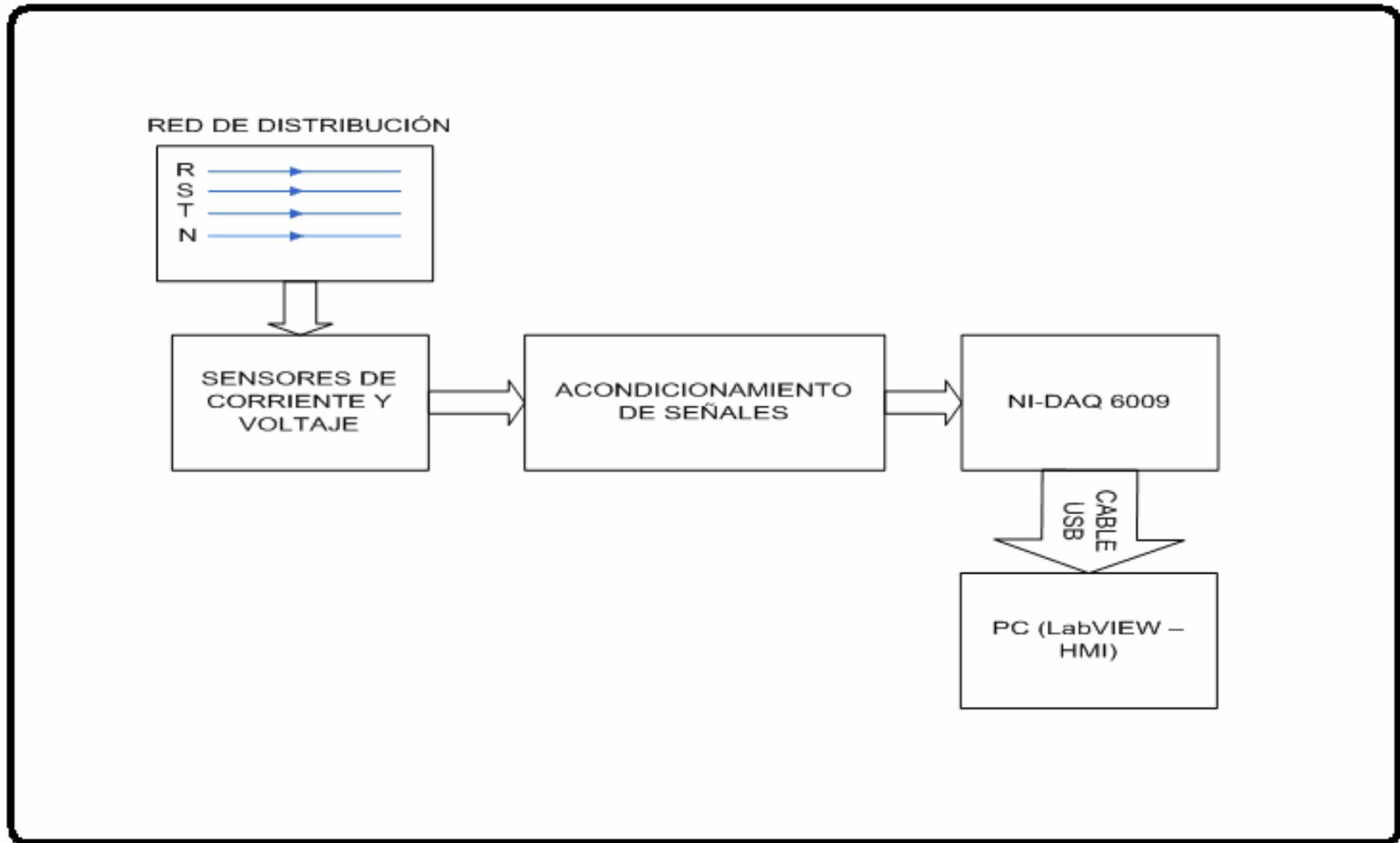


Figura 3.1 Diagrama de Bloques del Sistema

3.3. DISEÑO DEL HARDWARE

En esta aplicación el hardware y el *firmware* (NI-DAQ USB 6009), se desarrollan en forma simultánea. Esta consideración es necesaria para aprovechar eficientemente la NI-DAQ USB 6009 sobre la base de los recursos disponibles, limitaciones y sobretodo de las consideraciones de diseño.

3.3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

☞ La NI-DAQ USB 6009 satisface la necesidad de adquirir simultáneamente las señales de Voltaje y Corriente previo acondicionamiento de las señales.

☞ La transmisión de los datos adquiridos hacia la PC deberá hacerse por medio de la interfase USB y a una velocidad de 42 Kilo muestras/segundo.

3.3.2 DISEÑO DE LA ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

A la NI-DAQ USB 6009 deben ingresar las señales de voltaje y corriente con valores estandarizados motivo por la cual es necesario realizar los circuitos de acondicionamiento que se muestran en la Figura 3.2.

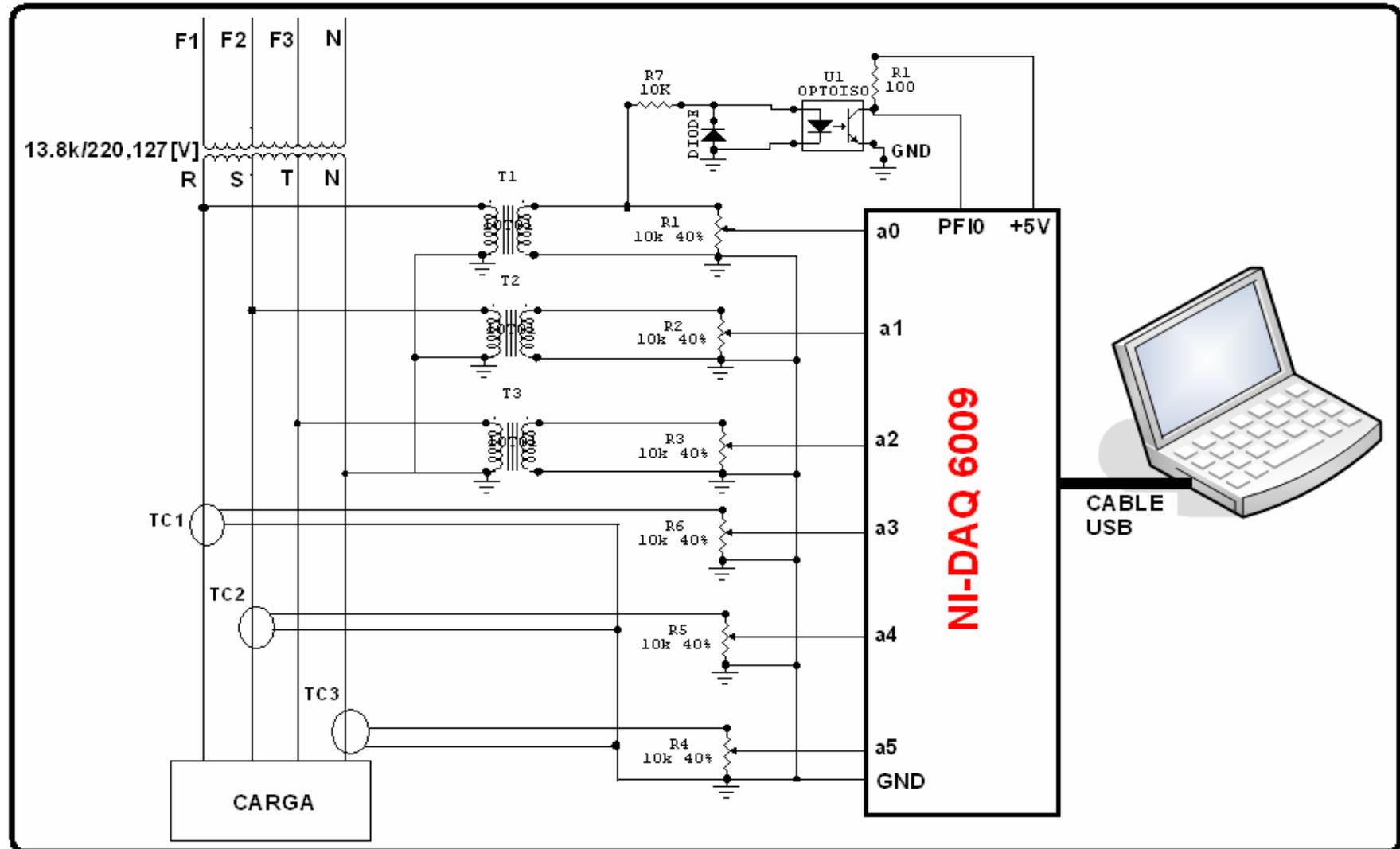


Figura 3.2 diseño del hardware.

Adicionalmente se diseñó un circuito de cruce por cero como se muestra en la figura 3.2 para que proporcione un disparo digital a la NI-DAQ 6009 (PFI0¹⁵) y poder de esta manera estabilizar las señales recibidas.

3.3.3 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DE HARDWARE

Las pruebas de funcionamiento de la NI-DAQ 6009 se realizaron utilizando un software básico de comunicación (implementado en LabVIEW). Los resultados de las señales de voltaje y corriente obtenidos fueron satisfactorios, como se puede apreciar en la Figura 3.3

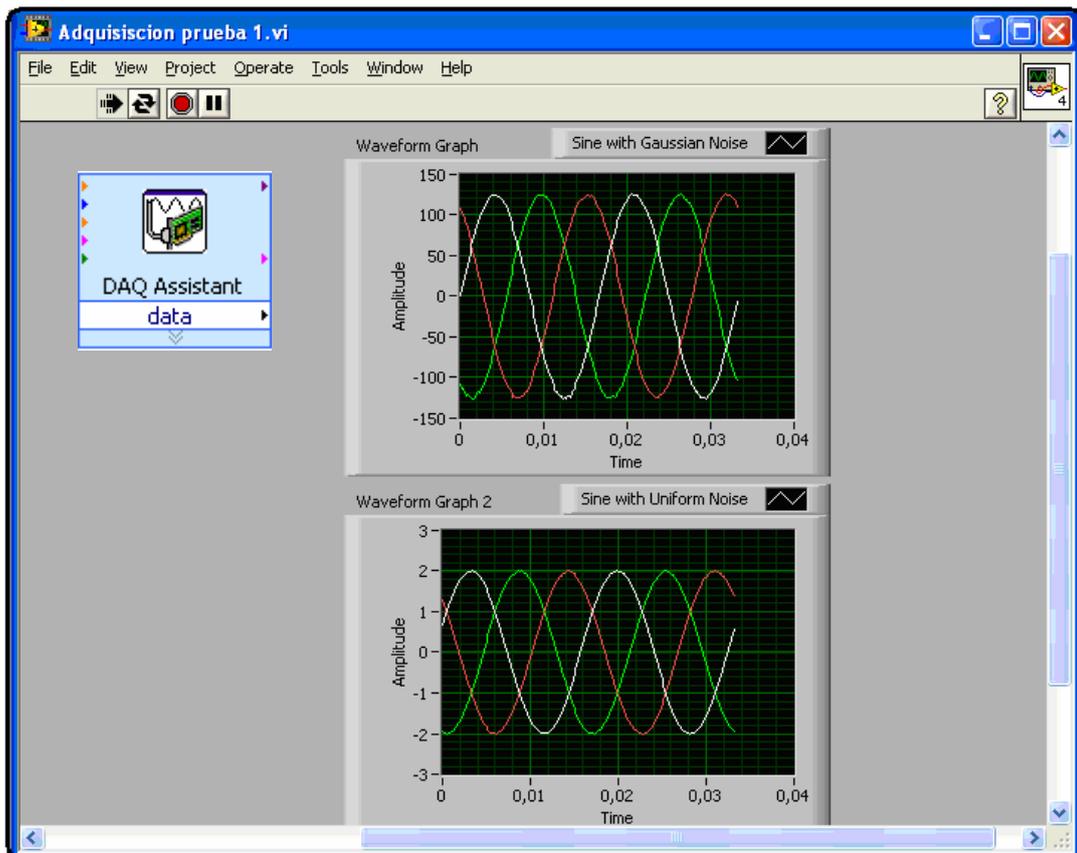


Figura 3.3: Programa para realizar pruebas de hardware.

¹⁵ Hojas Técnicas.- Especificaciones y Guía de Usuario NI-DAQ 6008/6009_Pág. 13

3.4. DISEÑO DEL SOFTWARE

El diseño del software de adquisición y procesamiento de datos se realizó completamente utilizando el lenguaje de programación gráfica LabVIEW. Se escogió este programa debido a su gran facilidad para el manejo de los recursos de la PC (especialmente el puerto serial USB) y a su excelente interfaz gráfica. Estas características permitieron que el desarrollo del software se cumpla en un tiempo relativamente corto.

3.4.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El software de adquisición, procesamiento y análisis de datos debe cumplir con las siguientes consideraciones de diseño:

☞ Debe ser completamente compatible con la tarjeta de adquisición de datos. Esto implica que será capaz de detectar errores y posibles interrupciones en la transmisión.

☞ La interfase gráfica de usuario debe ser amigable, es decir, la visualización de parámetros se hará de la forma más clara posible y tendrá funciones de fácil acceso.

☞ Los procesos de transmisión/recepción y procesamiento de datos deben ejecutarse en forma eficiente para evitar pérdidas de datos.

☞ El sistema del Analizador de Calidad de Energía proveerá la información necesaria en caso de detectarse una falla o variación del rango de los parámetros de calidad de energía eléctrica establecidos por los Reglamentos y Regulaciones relacionadas con los estándares mínimos de calidad y procedimientos técnicos de medición y evaluación a los que deben someterse las Empresas Distribuidoras del Servicio Eléctrico y específicamente la Regulación Nro. CONELEC-004/01 que

establece los niveles de calidad de energía eléctrica a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras, sin embargo es el usuario quién deberá corroborar la veracidad de esta información por medio del análisis estadístico de los históricos almacenado en la base de datos del sistema.

☞ Debe tener la capacidad de manejar archivos: guardar, abrir, emigrar hacia una hoja de cálculo (Excel) e imprimir reportes de la base de datos.

3.4.2 DISEÑO DEL SOFTWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

a) La NI-DAQ 6009 inicia con la recepción de las señales acondicionadas de voltaje y corriente, y mediante la interfase USB se comunica con la PC (LabVIEW). Por lo tanto el primer paso consiste en realizar la adquisición de las señales con la ayuda del puerto de comunicación (DAQ Assistant).

b) Luego se selecciona el tipo de señal que se a recibir (Analog Input) como se muestra en la figura 3.4.

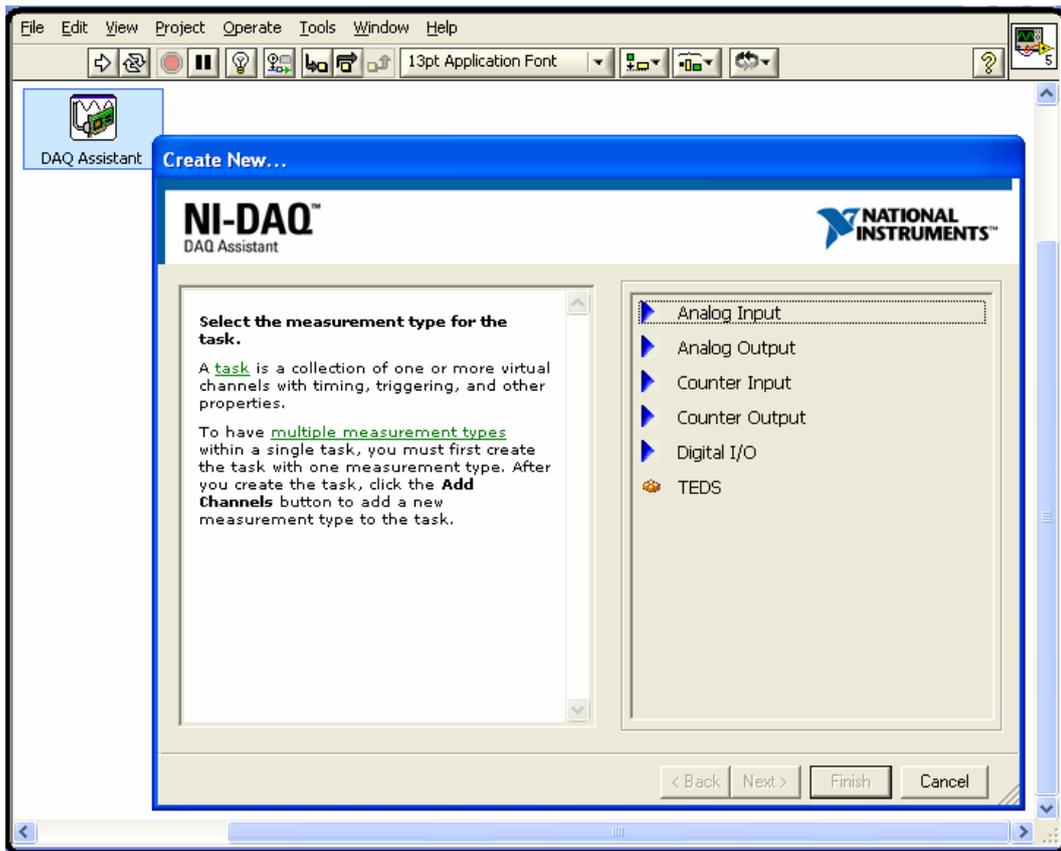


Figura 3.4: Inicialización de la NI-DAQ Assistant

c) Luego se establece si las señales a recibir son de voltaje o corriente (VR, VS, VT, IR, IS, IT) como se muestra en la figura 3.5; y el pin de entrada a la NI-DAQ 6009 (a0, a1, a2, a3, a4 y a5 respectivamente).

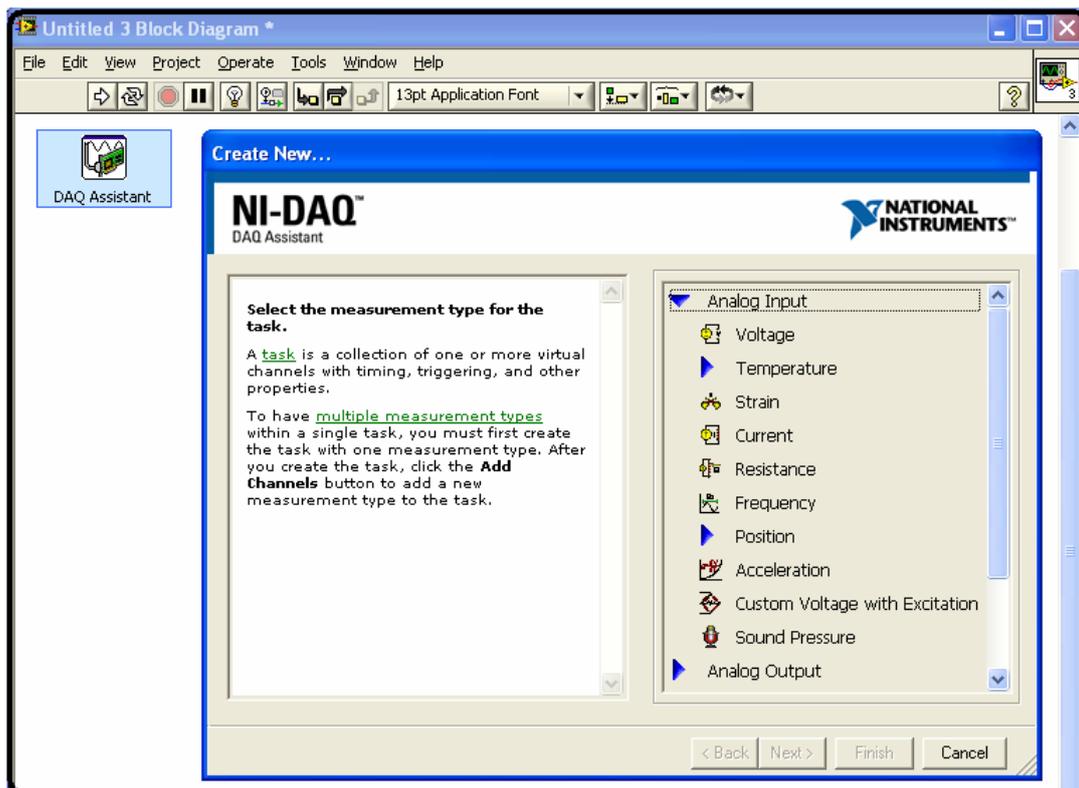


Figura 3.5: Selección de la señal a recibir.

d) Se configura la señal de entrada (-10 y 10)¹⁶, debido a que las señales de entrada tienen referencia a tierra, en el terminal de configuración se selecciona RSE¹⁷, como se recibió un número determinado de muestras (capacidad de muestreo de la NI DAQ 6009 es de 42 KS/s)¹⁸ se debe seleccionar el modo de adquisición (N samples), como se muestra en la figura 3.5.

¹⁶ Hojas Técnicas.- User Guide And Specifications USB-6008/6009_Pág. 11

¹⁷ Hojas Técnicas.- User Guide And Specifications USB-6008/6009_Pág. 12

¹⁸ Hojas Técnicas.- User Guide And Specifications USB-6008/6009_Pág. 1

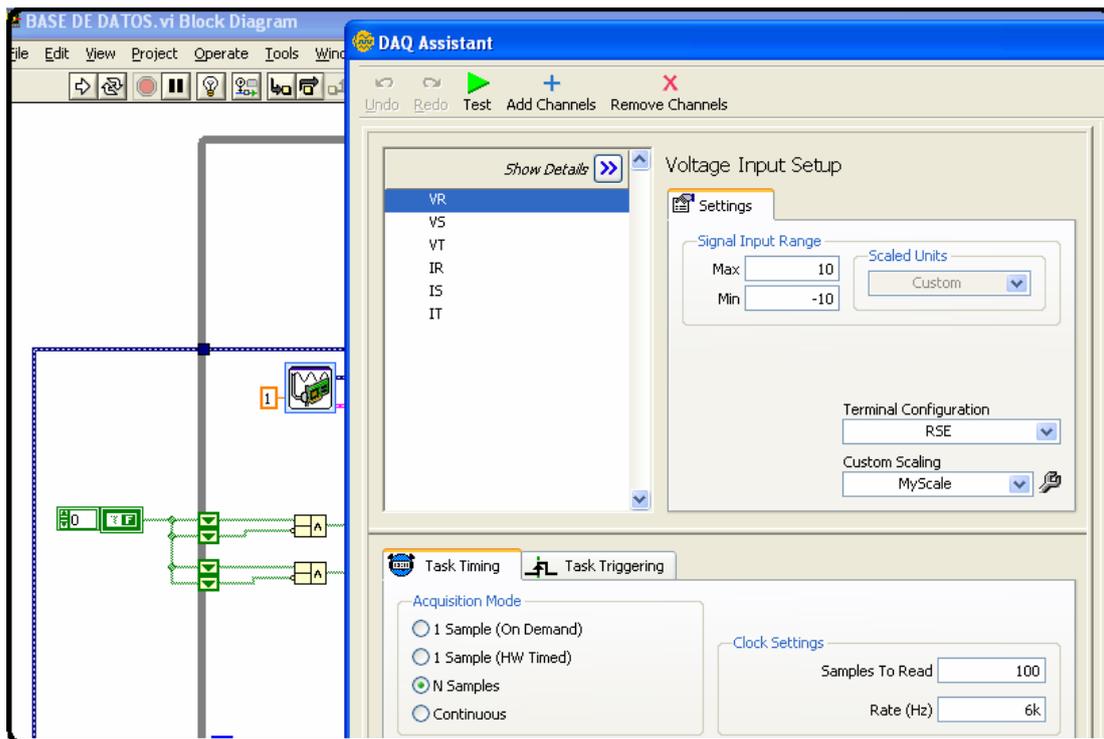


Figura 3.5 Configuración de las señales de entrada

e) La adquisición se lo realiza en base al número de muestras que lee la NI DAQ 6009 (42 Kilo muestras/segundo), razón por la cual las muestras a leer y la relación (rate) se obtienen de la siguiente manera:

$$rate(Hz) = \frac{Muestras_lee_NI - DAQ6009}{\#señales_entrada} \quad (3.1)$$

$$rate(Hz) = \frac{42k_{muestras}}{6} = 7k$$

Para tener una mejor visualización de las ondas, es aconsejable que la relación del reloj sea múltiplo de la frecuencia fundamental (60Hz), como nos da 7k un múltiplo cercano a este es 6k.

$$samples_to_read = \frac{Muestras_lee_NI - DAQ6009(nIN)}{\#IN * f} \quad (3.2)$$

$$samples_to_read = \frac{42k}{6 * 60} = 116.66 \approx 100$$

f) El voltaje y la corriente eficaz se obtuvieron utilizando el SubVI de medida de nivel y configuración de amplitud (configure amplitude and level measurements), como se muestra en la figura 3.6.

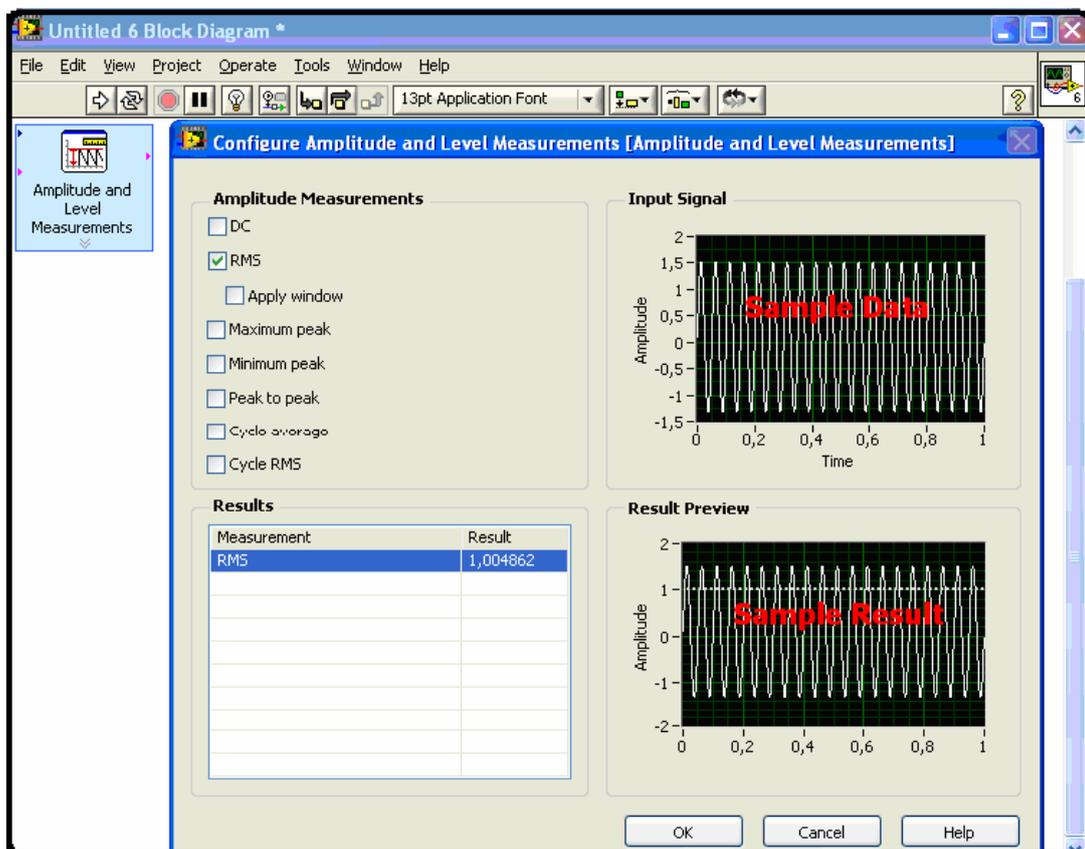


Figura 3.6: Configuración de la Corriente y Voltaje (RMS)

g) Para la obtención de la frecuencia se utilizó el SubVI configure tone measurements, como se muestra en la figura 3.7

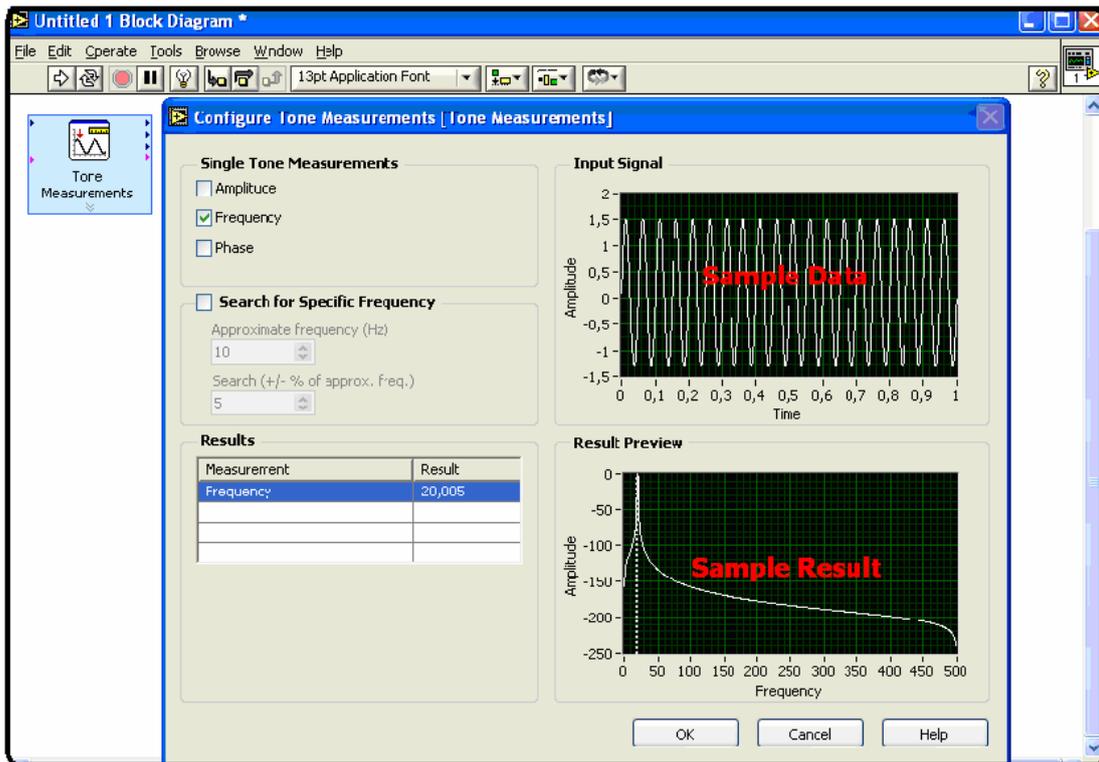


Figura 3.7: Configuración de la Frecuencia

h) Para el cálculo de la potencia activa, reactiva, aparente y el $\cos\theta$ (factor de potencia) en redes trifásicas, se lo hizo con la ayuda de la transformada de Fourier como se muestra en la Figura 3.9 y figura 3.10., aplicando las siguientes ecuaciones:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n V_i I_i \cos \theta}{\sqrt{3}} \quad (3.3)$$

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n V_i I_i \sin \theta}{\sqrt{3}} \quad (3.4)$$

$$S = \frac{V_{rms} * I_{rms}}{\sqrt{3}} \quad (3.5)$$

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad (3.6)$$

Donde:

P = Potencia Activa

Q = Potencia Reactiva

S = Potencia Aparente

V_i = Armónica de Voltaje

I_i = Armónica de Corriente

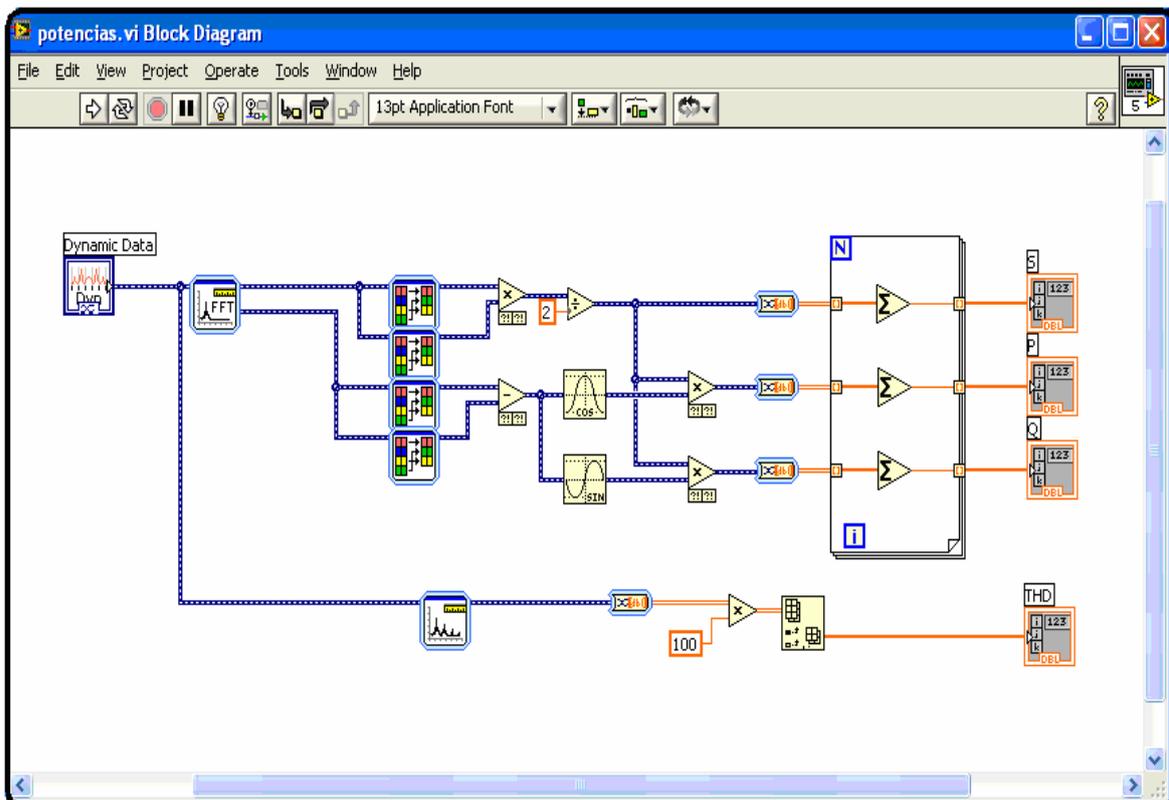


Figura 3.9 Cálculo de la Potencia activa, reactiva, aparente y el $\cos \phi$ por fase

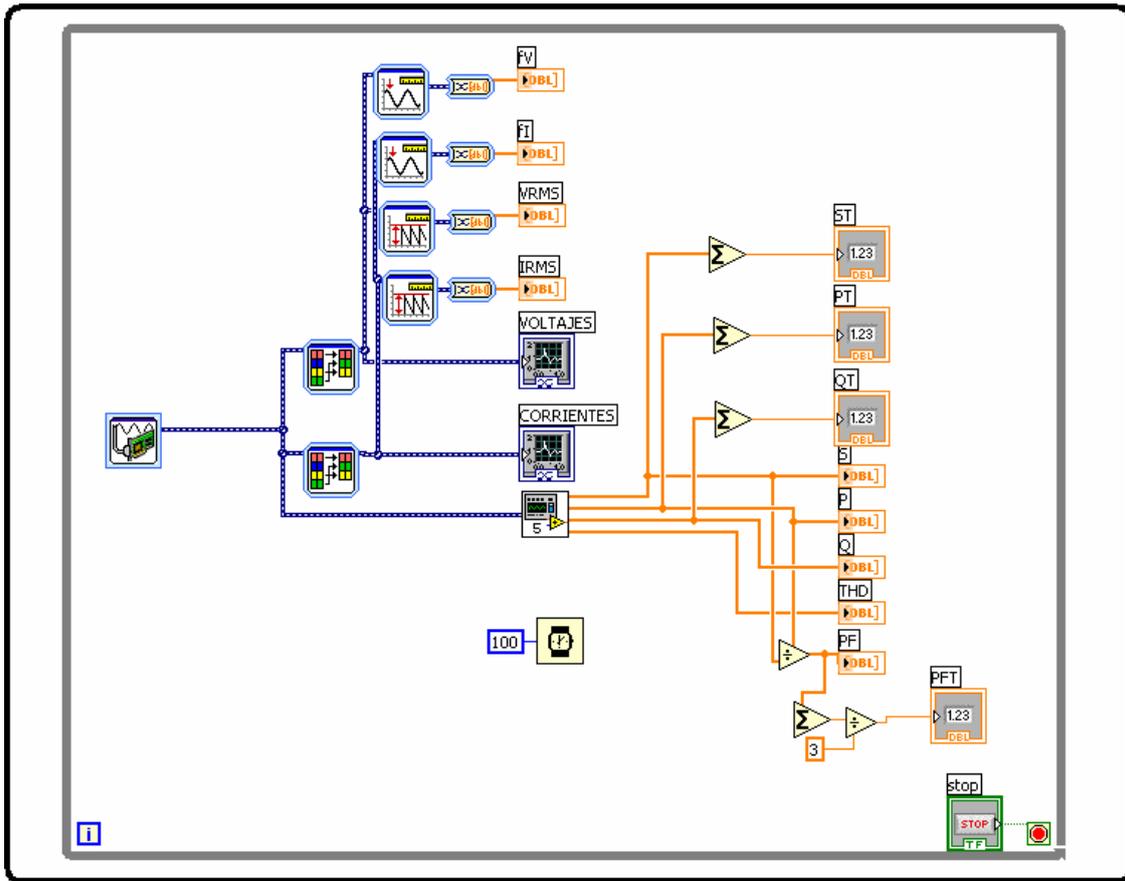


Figura 3.10 Cálculo de las Potencia totales, RMS, f, $\cos\phi$ total.

i) Para la obtención del consumo de energía en KWh, se lo realiza multiplicando las potencias obtenidas anteriormente por el tiempo de consumo de la carga instalada.

j) Para la obtención de los armónicos de tensión y corriente hasta el orden 51°, distorsión total armónica (THD) se los obtuvo con la ayuda del Sub VI Distortion Measurements como se muestra en las Figuras 3.11a y 3.11b.

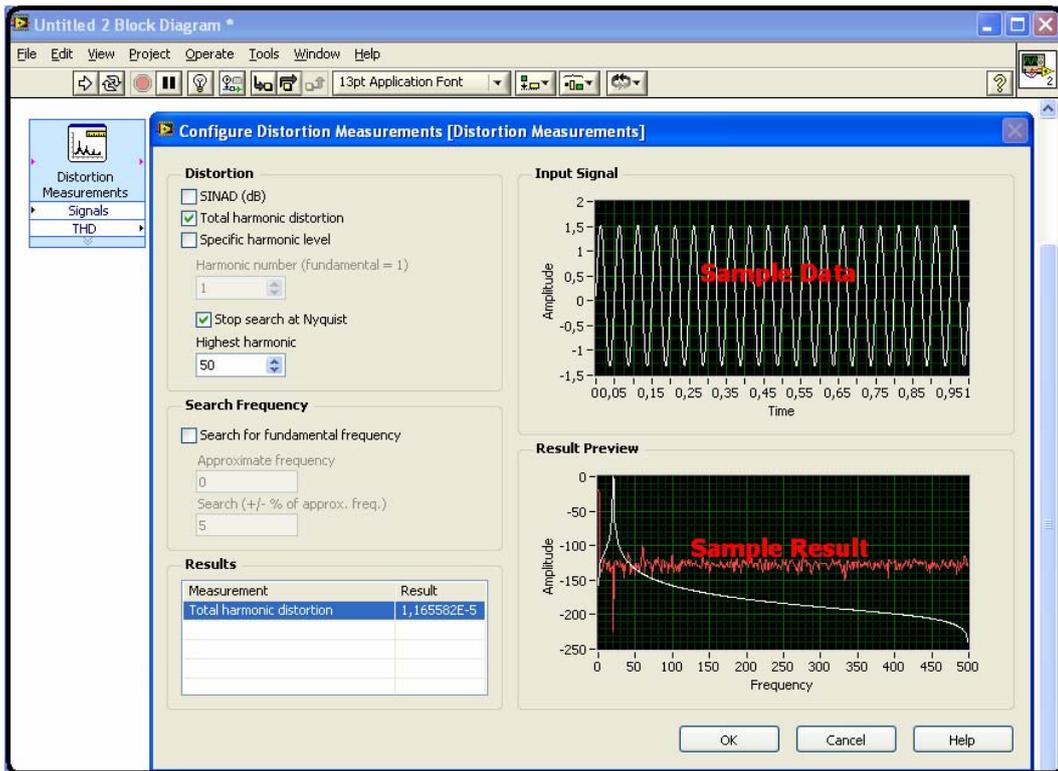


Figura 3.11a: Configuración para la Distorsión Armónica TDH.

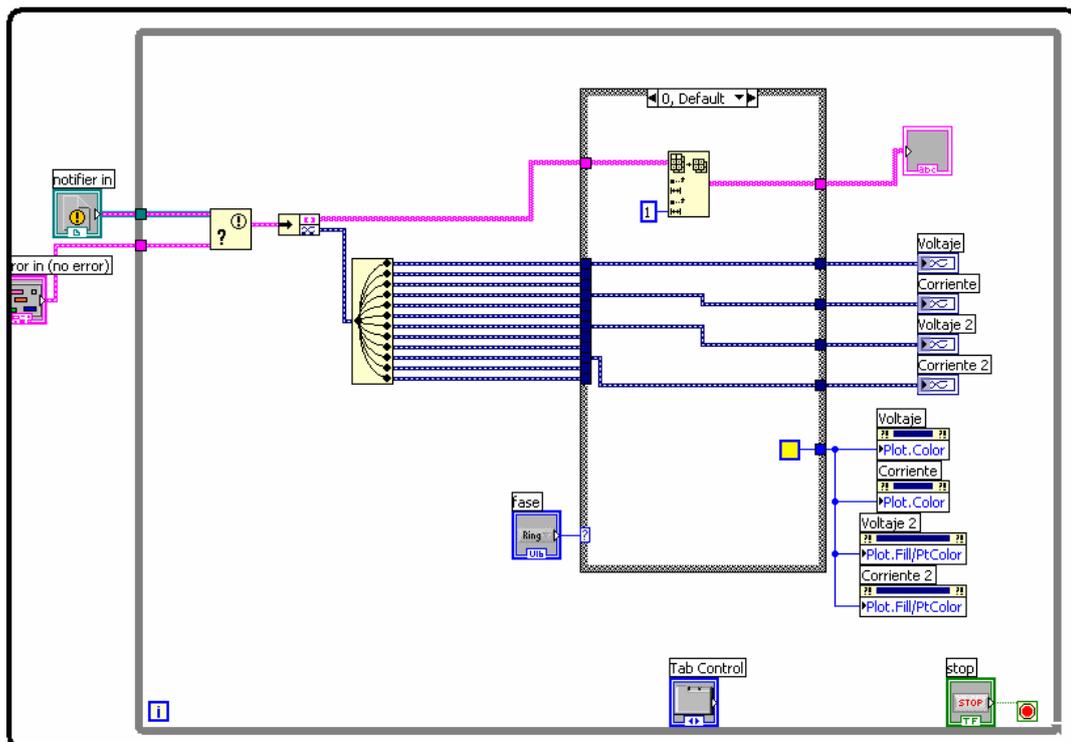


Figura 3.11b: Obtención de la Distorsión Armónica TDH.

k) El ángulo de fase de los diferentes armónicos se los realizó utilizando SubVI Harmonic Analyzer, frequency domain, los mismos que son presentados en forma instantánea al igual que las ondas de tensión y corriente.

l) Se generó una base de datos mediante el registro continuo de voltios y amperios como se indica en la figura 3.12 los mismos que se pueden observar en el HMI del proyecto.

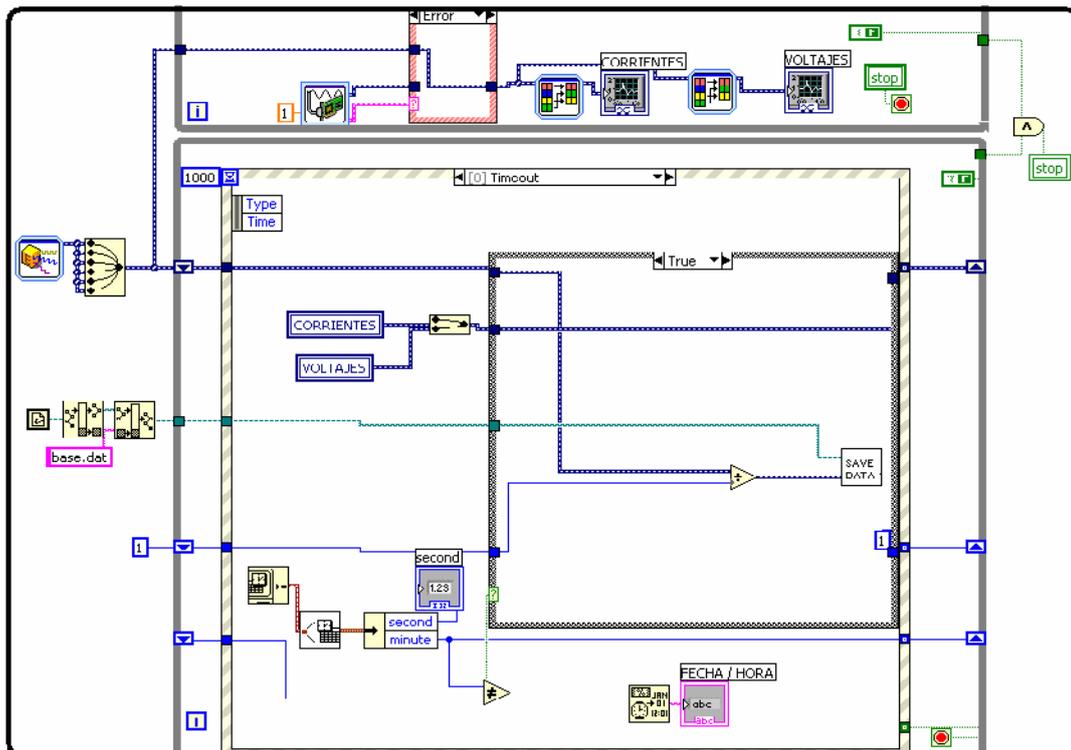


Figura 3.12 Generación de la Base Datos

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

4.1. RESULTADOS.

La recopilación de datos se realizó monitoreando una red trifásica 110/220V con su respectiva carga, en la cual se tomaron las mediciones de las señales: V_{rms} , I_{rms} , frecuencia, etc.

Para verificar el desempeño del sistema DAQ del Analizador de Calidad de Energía Eléctrica se instaló paralelamente al instrumento virtual, un Analizador de Calidad de Energía Eléctrica Modelo 3945; se obtuvo resultados equivalentes aproximados, los mismos que se describen a continuación:

☞ Cuando varias cargas se alimentan del mismo transformador, el contenido de armónicos resultante, es el fasor suma de las corrientes armónicas individuales y el nivel de THD se reduce; esto significa que la combinación de cargas siempre arroja distorsiones resultantes menores que con cargas tomadas individualmente. Esto se pudo observar cuando se analizaron los resultados obtenidos en el centro de transformación de la ESPEL y en el variador de frecuencia del Laboratorio de Máquinas Eléctricas.

☞ Para realizar el análisis de cargas no lineales (presentes en equipos y dispositivos actuales), se requiere conocer en detalle sus circuitos y

componentes, que en muchas ocasiones no es posible por ser reservados por los propios fabricantes. Para sortear este obstáculo se utilizó la ventaja del software que nos permite hacer el análisis de la transformada de Fourier de las señales de corriente de distintas cargas no lineales.

☞ La diferencia existente entre el número de KWH medido por el analizador de calidad de energía y por el medidor electromagnético instalado, se debe a la instalación defectuosa de la acometida, la calidad (clase) de los medidores instalados, muchos de los cuales han cumplido su ciclo de funcionamiento con evidentes señales de recalentamiento de las bobinas de corriente o hurto de energía, lo cual se pudo observar en la Base de Guerra Electrónica Nro. 21 “Latacunga”

☞ Las señales de voltaje se muestran completamente sinusoidales en tanto que las señales de corriente se distorsionan debido a la carga a la que estén expuestas, esto se pudo apreciar, en las formas de onda resultantes de las pruebas experimentales.

4.2. PRUEBAS EXPERIMENTALES.

Centro de Transformación de la ESPEL (100 KVA)

Los resultados obtenidos se detallan en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 y visualmente se pueden observar las formas de onda obtenidas en las figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7, que a continuación se presentan:

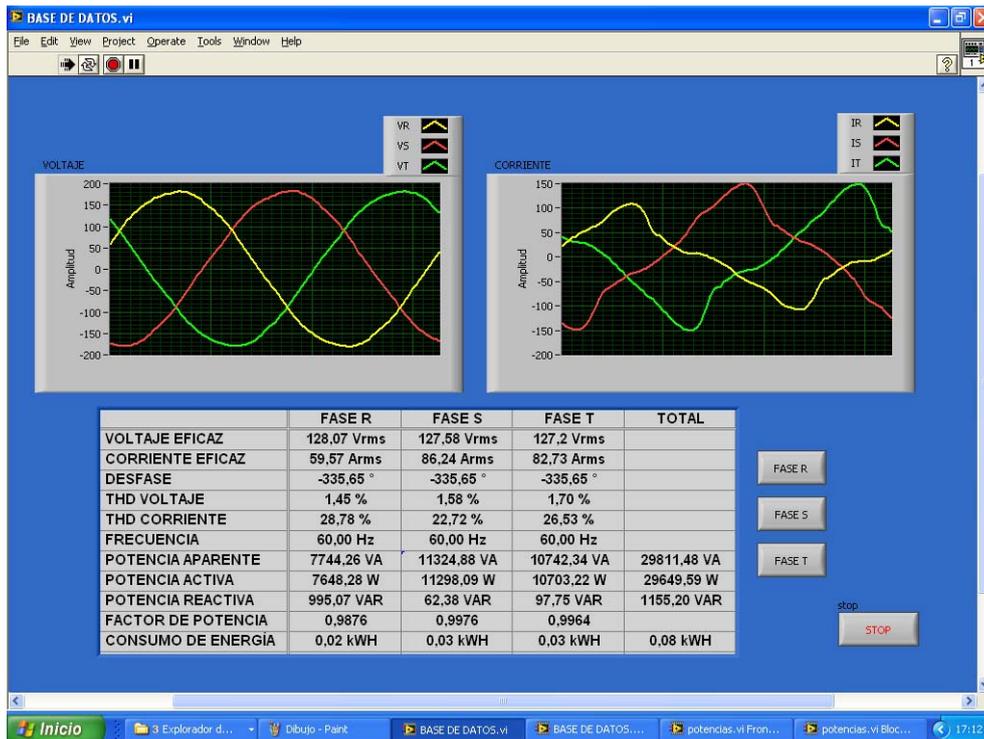


Figura 4.1: Prueba Centro de Transformación ESPEL Fases R, S, T.

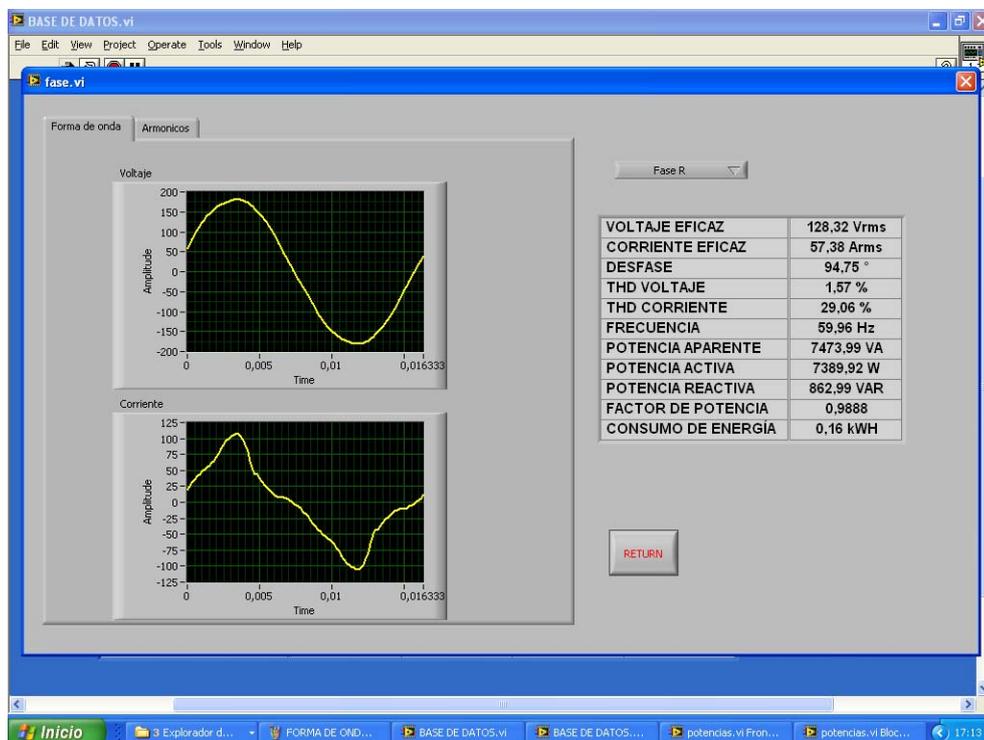


Figura 4.2: Formas de onda Fase R

Tabla 4.1: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y el Analizador POWER PAD AEMC Instruments MODELO 3945 (FASE R)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA ANALIZADOR POWER PAD AEMC Instruments Modelo 3945
Voltaje Eficaz	128.32 Vrms	130.11 Vrms
Corriente Eficaz	57.38 Arms	56.53 Arms
Desfase	94,76 ⁰	106,64 ⁰
THD Voltaje	1.57%	1.54%
THD Corriente	29.06%	29.04%
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Potencia Aparente	7473.99 VA	7489.35 VA
Potencia Activa	7389.92 W	7341.21 W
Potencia Reactiva	862.99 VAR	863.03 VAR
Factor de Potencia	0.9888	0.9803
Consumo de Energía	0.02KWH	0.02KWH

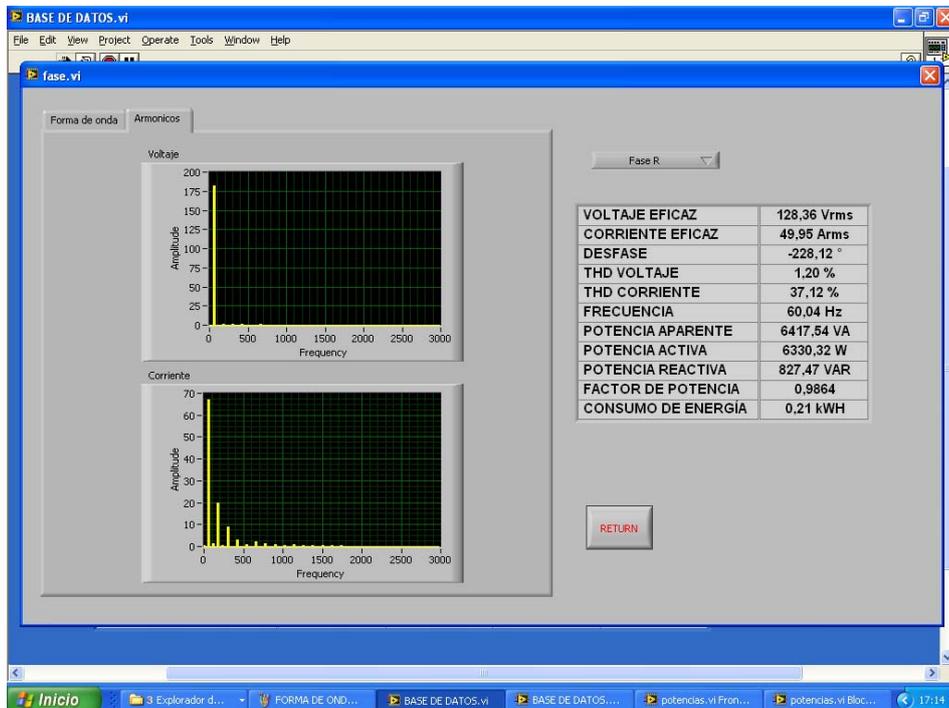


Figura 4.3: Forma de Onda de Armónicos Fase R

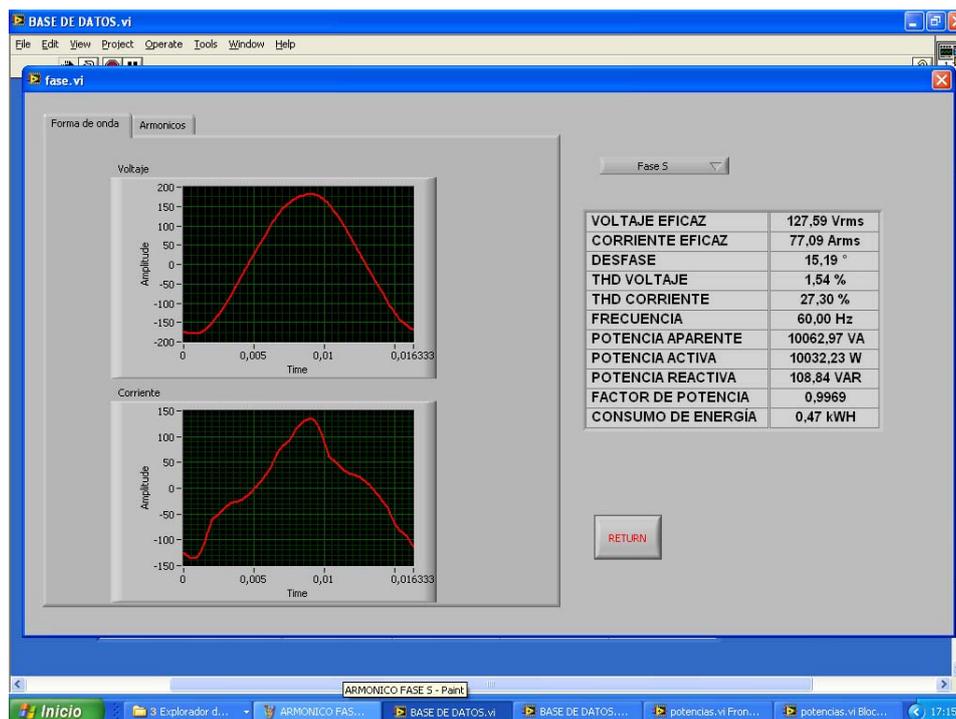


Figura 4.4: Formas de onda Fase S

Tabla 4.2: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y el Analizador POWER PAD AEMC Instruments MODELO 3945 (FASE S)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA ANALIZADOR POWER PAD AEMC Instruments Modelo 3945
Voltaje Eficaz	127.59 Vrms	124.76 Vrms
Corriente Eficaz	77.09 Arms	81.53 Arms
Desfase	15.19 ⁰	44,12 ⁰
THD Voltaje	1.54%	1.59%
THD Corriente	27.30%	25.04%
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Potencia Aparente	10062.97 VA	10132.32 VA
Potencia Activa	10032.23 W	10295.29 W
Potencia Reactiva	108.84 VAR	104.98VAR
Factor de Potencia	0.9969	0.9874
Consumo de Energía	0.03KWH	0.03KWH

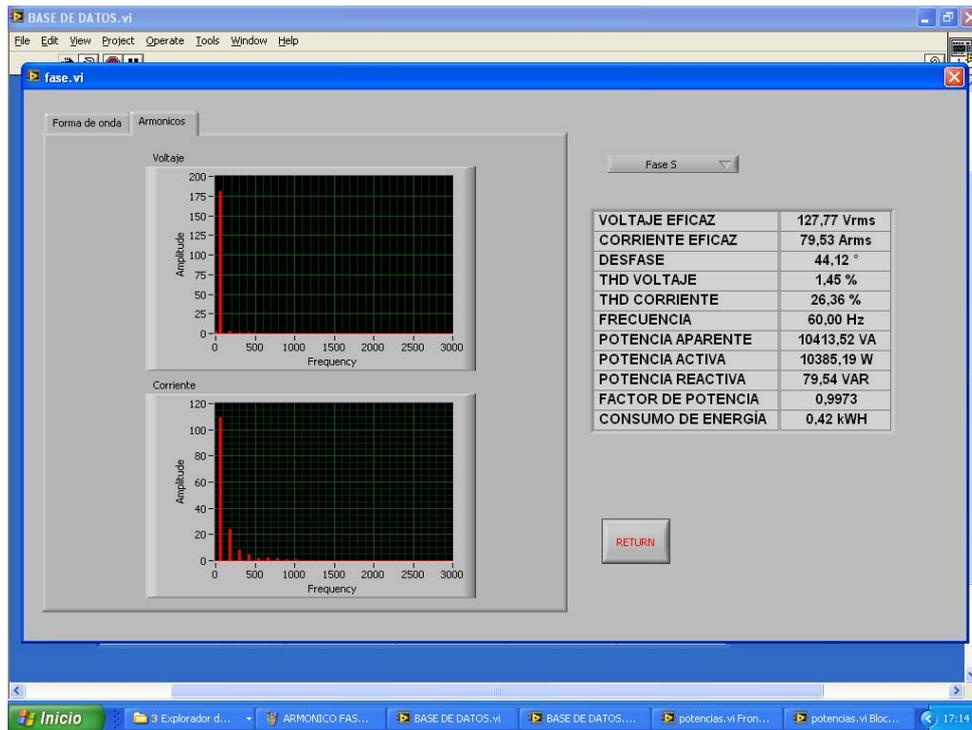


Figura 4.5: Forma de Onda de Armónicos Fase S

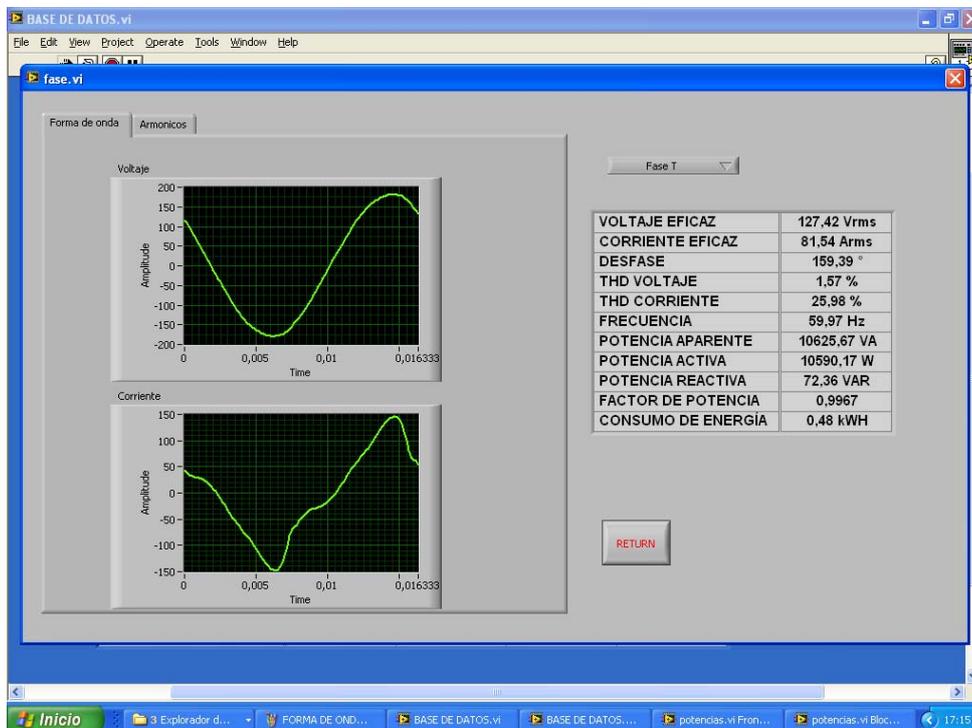


Figura 4.6: Formas de onda Fase T

Tabla 4.3: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y el Analizador POWER PAD AEMC Instruments MODELO 3945 (FASE T)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA ANALIZADOR POWER PAD AEMC Instruments Modelo 3945
Voltaje Eficaz	127.42 Vrms	126.59 Vrms
Corriente Eficaz	81.54 Arms	83.39 Arms
Desfase	159.39 ⁰	186,64 ⁰
THD Voltaje	1.57 %	1.62%
THD Corriente	25.98 %	25.22%
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Potencia Aparente	10625.67 VA	10736.98 VA
Potencia Activa	10590.17 W	10513.87 W
Potencia Reactiva	72.36 VAR	77.21VAR
Factor de Potencia	0.9967	0.9754
Consumo de Energía	0.03KWH	0.03KWH

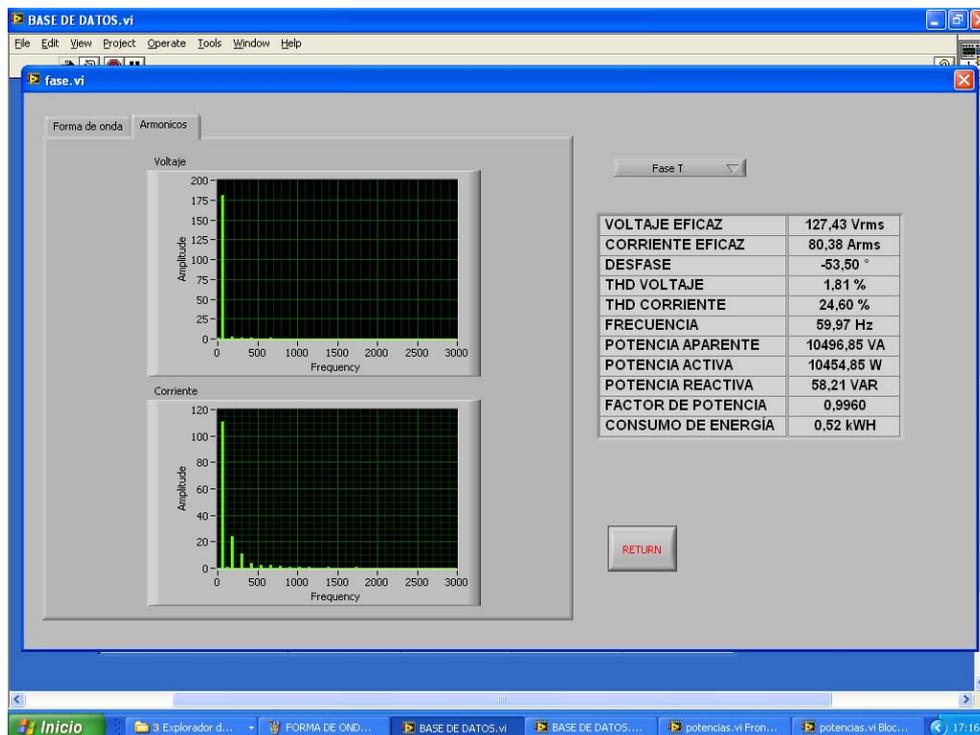


Figura 4.7: Forma de Onda de Armónicos Fase T

Laboratorio de Máquinas Eléctricas ESPEL (Variador de Frecuencia)

Los resultados obtenidos se detallan en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6 y visualmente se puede observar en la forma de onda de la figura 4.8 que a continuación se detalla:

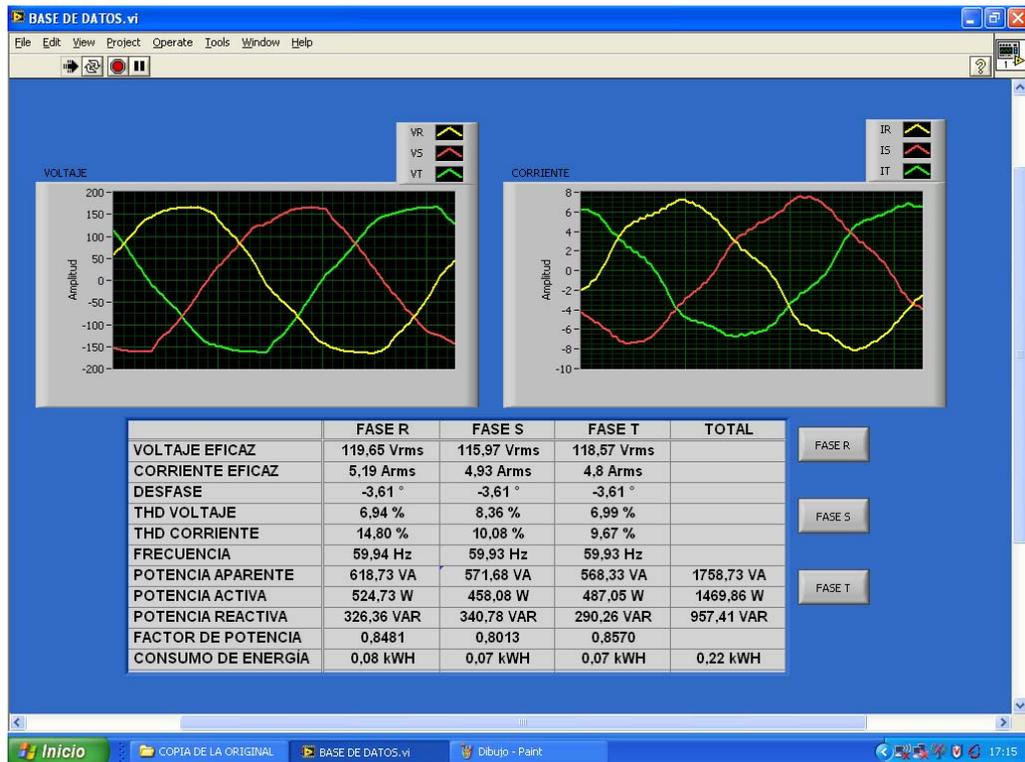


Figura 4.8: Prueba Laboratorio de Máquinas Eléctricas ESPEL Fases R, S, T.

Tabla 4.4: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y el Analizador POWER PAD AEMC Instruments MODELO 3945 (FASE R)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA ANALIZADOR POWER PAD AEMC Instruments Modelo 3945
Voltaje Eficaz	119.65 Vrms	120.01 Vrms
Corriente Eficaz	5.19 Arms	5.53 Arms
Desfase	3.61 ⁰	3.92 ⁰
THD Voltaje	6.94%	6.76%
THD Corriente	14.80%	15.02%
Frecuencia	59.94 Hz	59.91 Hz
Potencia Aparente	618.73 VA	616.35 VA
Potencia Activa	524.73 W	520.21 W
Potencia Reactiva	326.36VAR	320.24VAR
Factor de Potencia	0.8481	0.8903
Consumo de Energía	0.08 KWH	0.09 KWH

Tabla 4.5: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y el Analizador POWER PAD AEMC Instruments MODELO 3945 (FASE S)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA ANALIZADOR POWER PAD AEMC Instruments Modelo 3945
Voltaje Eficaz	115.97 Vrms	115.45 Vrms
Corriente Eficaz	4.93 Arms	5.07 Arms
Desfase	-3.61 ⁰	-3.91 ⁰
THD Voltaje	8.36%	9.04%
THD Corriente	10.08%	10.67%
Frecuencia	59.93 Hz	59.91Hz
Potencia Aparente	571.68 VA	572. VA
Potencia Activa	458.08 W	459.29 W
Potencia Reactiva	340.79 VAR	337.51VAR
Factor de Potencia	0.8013	0.8989
Consumo de Energía	0.07 KWH	0.08 KWH

Tabla 4.6: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y el Analizador POWER PAD AEMC Instruments MODELO 3945 (FASE T)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA ANALIZADOR POWER PAD AEMC Instruments Modelo 3945
Voltaje Eficaz	118.57 Vrms	120.30 Vrms
Corriente Eficaz	4.8 Arms	5.1 Arms
Desfase	-3.61 ⁰	-3.91 ⁰
THD Voltaje	6.99 %	6.02%
THD Corriente	9.67 %	9.05%
Frecuencia	59.93 Hz	59.91 Hz
Potencia Aparente	568.33 VA	564.88 VA
Potencia Activa	487.05 W	479.35 W
Potencia Reactiva	290.26 VAR	284.21VAR
Factor de Potencia	0.8570	0.8967
Consumo de Energía	0.07KWH	0.08KWH

Centro de Transformación de MV/BV de la Base de Guerra Electrónica Nro. 21 “Latacunga” (150 KVA)

Los resultados obtenidos se detallan en las tablas 4.7, 4.8 y 4.9 y visualmente se puede observar en las formas de onda de las figuras 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15 que a continuación se detallan:

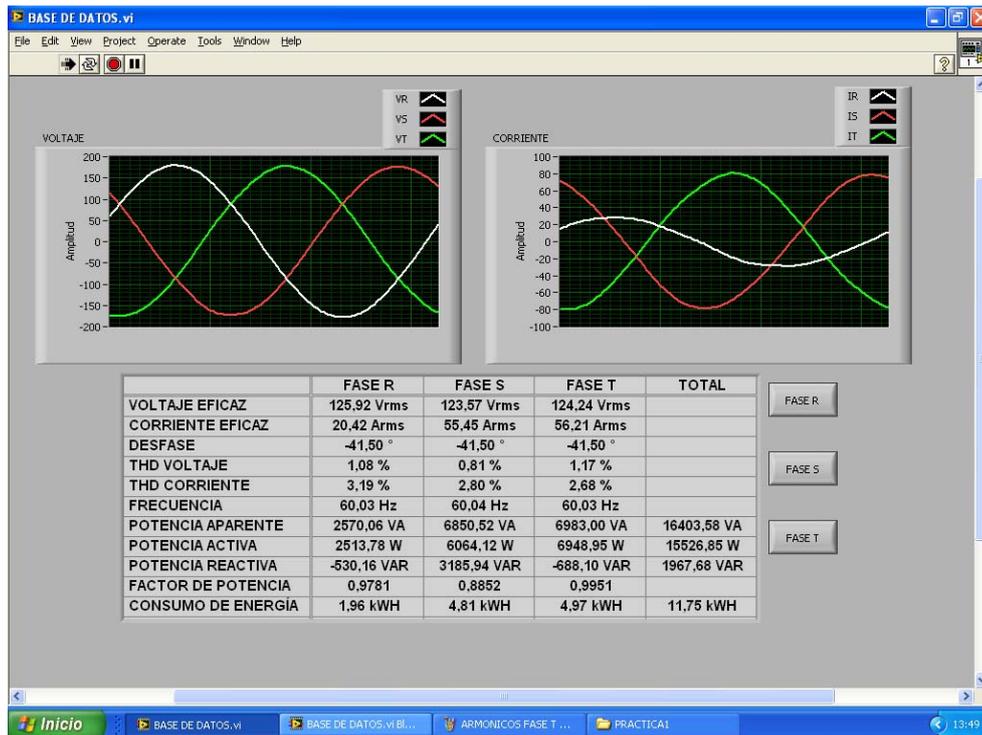


Figura 4.9: Prueba Centro de Transformación BGE-21 "Latacunga" Fases R, S, T.

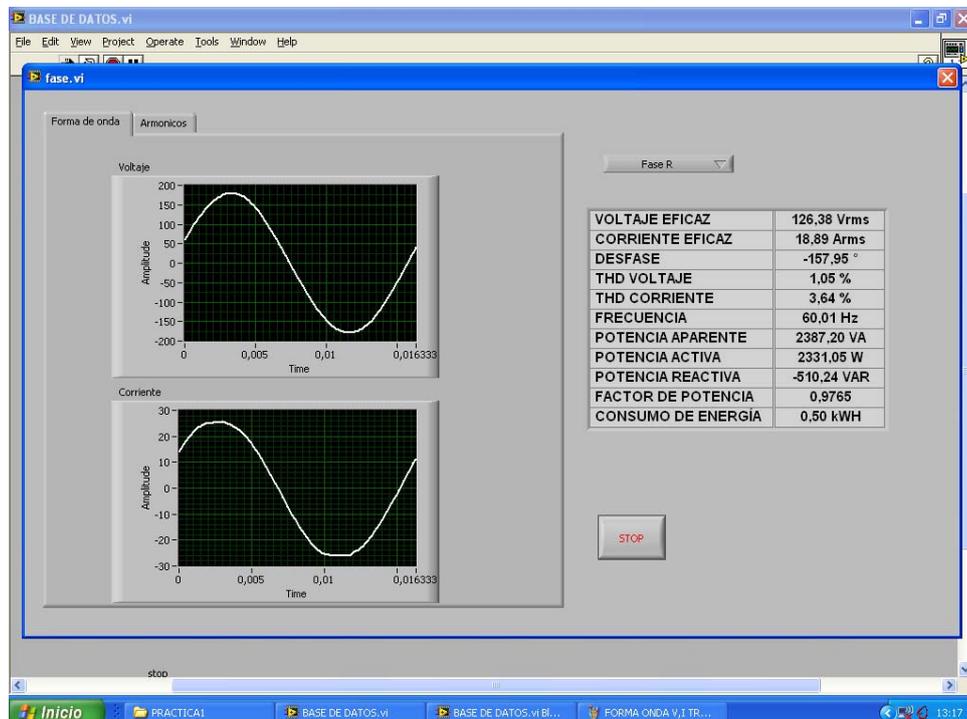


Figura 4.10: Formas de onda Fase R

Tabla 4.7: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y la Pinza Voltamperimétrica FLUKE 335 (FASE R)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA FLUKE 335
Voltaje Eficaz	126.38 Vrms	125.89 Vrms
Corriente Eficaz	18.89 Arms	20.40 Arms
Desfase	-157.95 ⁰	
THD Voltaje	1.05%	
THD Corriente	3.64%	
Frecuencia	60.01 Hz	60 Hz
Potencia Aparente	2387.20 VA	2568.15 VA*
Potencia Activa	2331.05 W	2507.80 W*
Potencia Reactiva	-510.24 VAR	553.47 VAR*
Factor de Potencia	0.9765	
Consumo de Energía	0.50 KWH	

* Valores calculados tomando en cuenta el factor de potencia medido

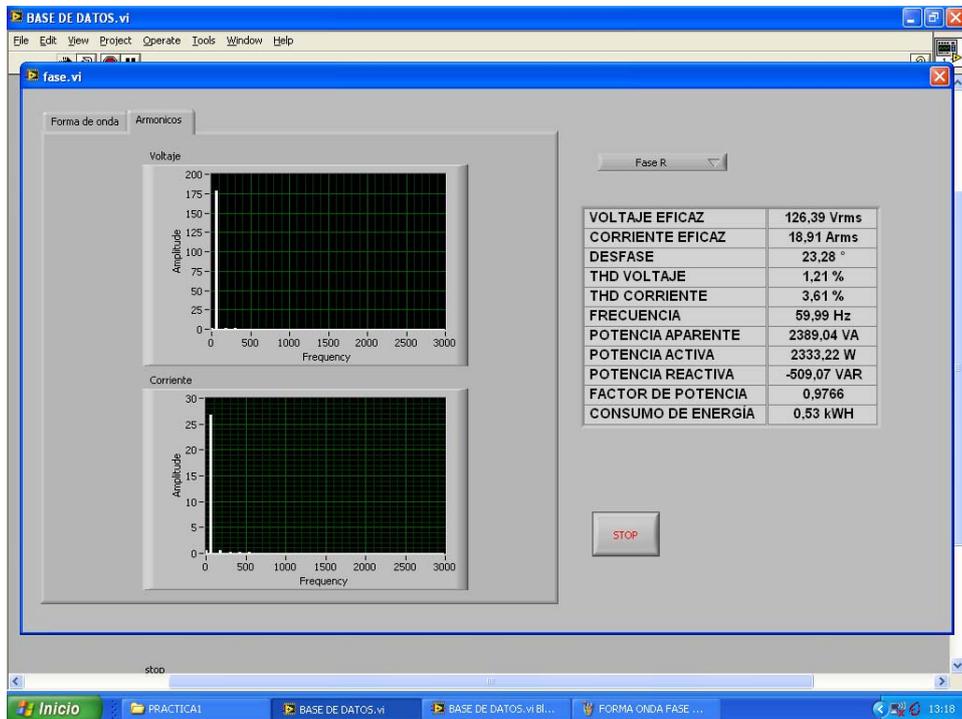


Figura 4.11: Forma de Onda de Armónicos Fase R

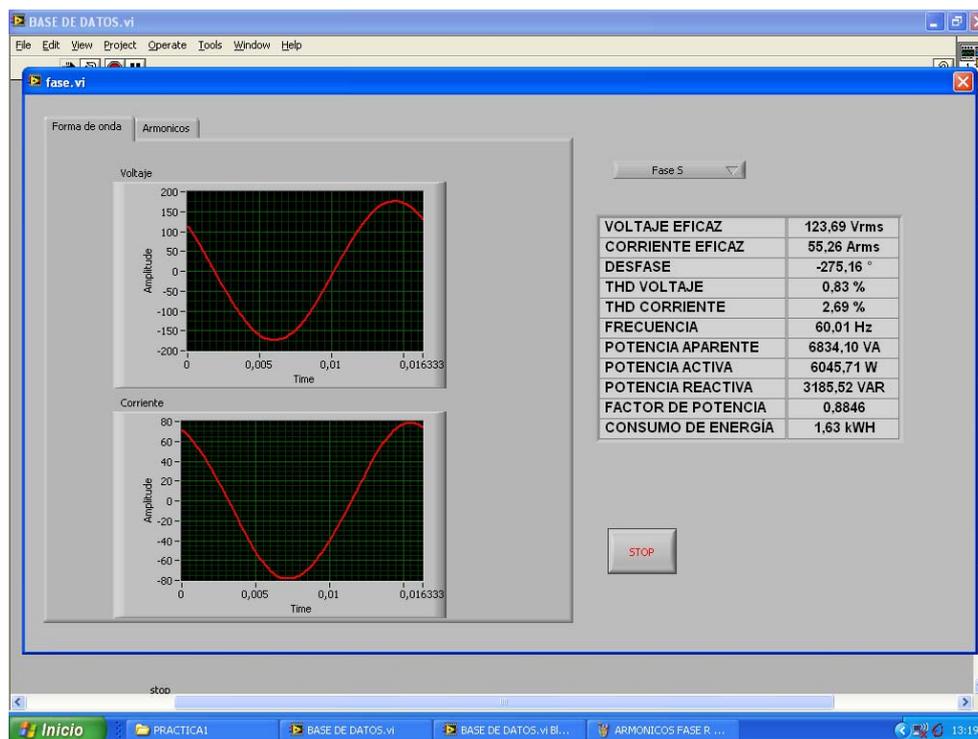


Figura 4.12: Formas de onda Fase S

Tabla 4.8: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y la Pinza Voltamperimétrica FLUKE 335 (FASE S)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA FLUKE 335
Voltaje Eficaz	123.69 Vrms	124.01 Vrms
Corriente Eficaz	55.26 Arms	56.12 Arms
Desfase	-275.26 ⁰	
THD Voltaje	0.83%	
THD Corriente	2.69%	
Frecuencia	60.01 Hz	60 Hz
Potencia Aparente	6834.10 VA	6959.44 VA*
Potencia Activa	6045.71 W	6156.32 W*
Potencia Reactiva	3185.52 VAR	3245.53 VAR*
Factor de Potencia	0.8846	
Consumo de Energía	1.63 KWH	

* Valores calculados tomando en cuenta el factor de potencia medido

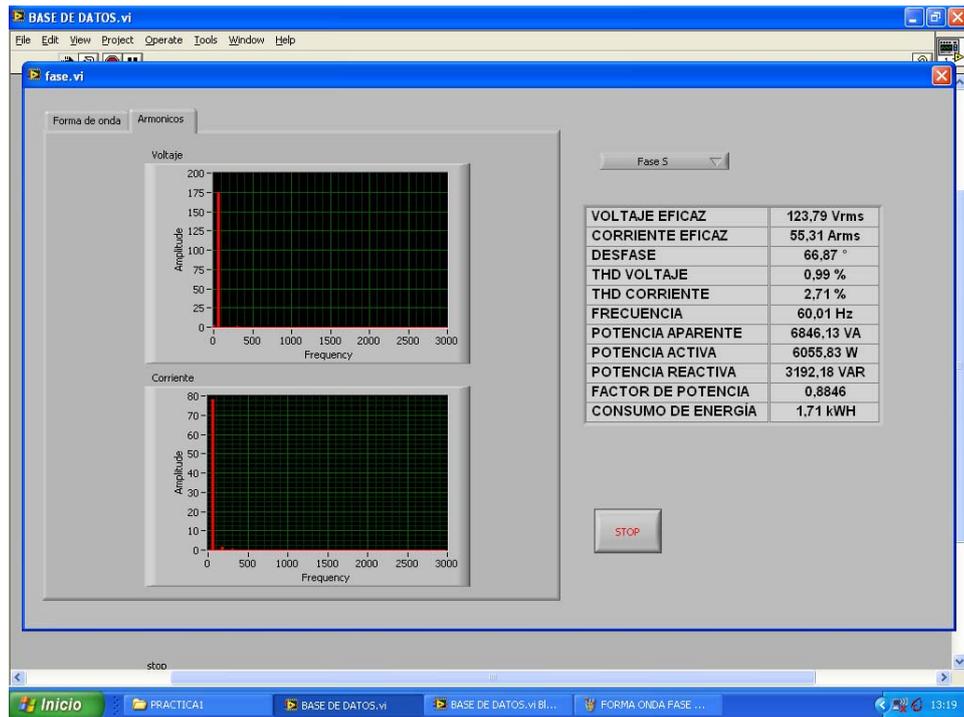


Figura 4.13: Forma de Onda de Armónicos Fase S

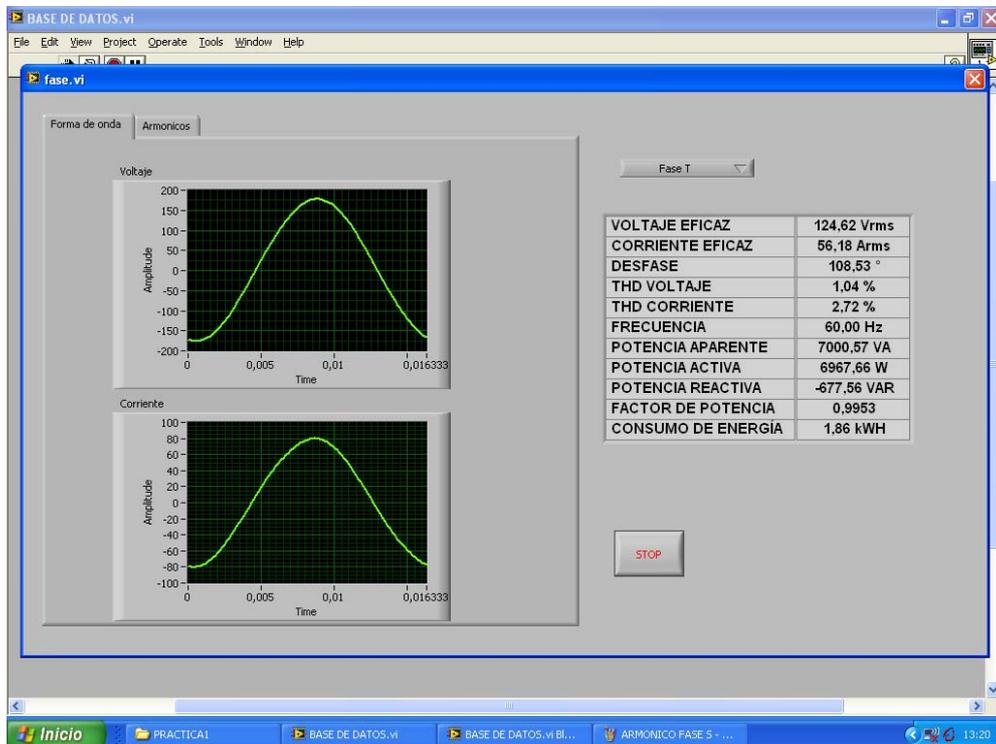


Figura 4.14: Formas de onda Fase T

Tabla 4.9: Valores obtenidos con el Analizador de calidad de energía del proyecto y la Pinza Voltamperimétrica FLUKE 335 (FASE T)

MAGNITUD	MEDIDA ANALIZADOR DEL PROYECTO	MEDIDA FLUKE 335
Voltaje Eficaz	124.62 Vrms	125.15 Vrms
Corriente Eficaz	56.18 Arms	51.90 Arms
Desfase	108.53 ⁰	
THD Voltaje	1.04 %	
THD Corriente	2.72 %	
Frecuencia	60.00 Hz	60 Hz
Potencia Aparente	7000.53 VA	6495.28 VA*
Potencia Activa	6967.66 W	6464.75 W*
Potencia Reactiva	-677.56 VAR	629.02 VAR*
Factor de Potencia	0.9953	
Consumo de Energía	1.86 KWH	

* Valores calculados tomando en cuenta el factor de potencia medido

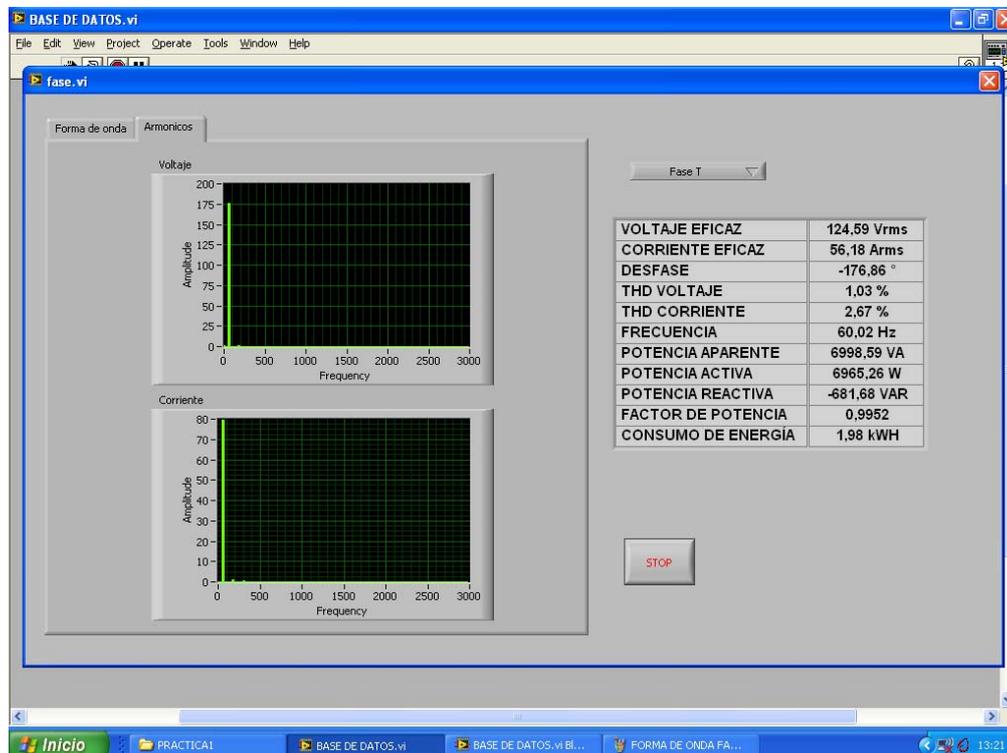


Figura 4.15: Forma de Onda de Armónicos Fase T

4.3. ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO.

El análisis técnico - económico, es un tema relevante en el diseño de proyectos, razón por la cual se detallan los costos de la realización del proyecto, frente a costos de insumos existentes en el mercado que poseen las mismas características con los que se han diseñado, tomando en consideración las características visuales que confrontan este tipo de dispositivos Vs. El sistema DAQ construido.

4.3.1 SENSORES

a) Sensores de Corriente.

En la tabla 4.10 se presentan los valores en el mercado local de algunos sensores de corriente.

Tabla 4.10: Cotizaciones de los sensores de Corriente

Item	Descripción	Costo	Características	Catálogo AMC INSTRUMENTS
1	MN211	165 USD	0.5-240Aca 100mAac/Aac	2115.73
2	MN106	200 USD	2-240Aca 100mAac/Aac	1031.17
3	MD303	250 USD	4-500 Aca	1201.21

b) Sensores de Voltaje

En la tabla 4.11 se presentan los valores en el mercado local de algunos sensores de voltaje.

Tabla 4.11: Cotizaciones de los sensores de Voltaje

Item	Descripción	Costo	Características
1	LP425	3 USD	110/6V
2	LP-425	6 USD	110-220/9V

4.3.2 NI-DAQ

En la tabla 4.12 se presentan las cotizaciones de algunos NI DAQ.

Tabla 4.12 Cotizaciones de las NI-DAQ

Item	Descripción	Costo	Características	Adicional
1	NI USB - 6009	396 USD	IN/OUT 48 kS/s 42 kS/s	LabVIEW 8.0 versión student
2	NI USB - 6008	320 USD	IN/OUT 10 kS/s	LabVIEW 8.0 versión student
3	NI USB- 6211	649 USD	IN/OUT 250 kS/s	LabVIEW 8.0 versión student
4	NI USB- 6218	999 USD	IN/OUT 250 kS/s	LabVIEW 8.0 versión student
5	NI PCI-6010	799 USD	IN/OUT 200 kS/s	LabVIEW 8.0 Signal Express
6	NI PCI-6280	1.449 USD	IN/OUT 500 kS/s	LabVIEW 8.0 Signal Express

4.3.3 COSTO DEL PROYECTO

Para la realización de este proyecto se seleccionó los equipos y materiales más adecuados los mismos que se detallan en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13: Costo de materiales utilizados en el proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	COSTOS (USD)
1	Sensor de corriente (MN211)	\$495,00
2	Sensor de voltaje LP425 (110/6V)	\$9,00
3	NI-DAQ 6009	\$396,00
4	Pc. Laptop HP, Procesador 1.73 Ghz, Memoria 250 MB de RAM	\$1.250,00
5	Caja, materiales y placa para el Acondicionamiento de señal.	\$200,00
6	Material de oficina	\$ 300,00
7	Uso Internet	\$ 250,00
8	Otros	\$ 300,00
	TOTAL	\$ 3.200,00

El instrumento Analizador de Calidad de Energía Eléctrica construido tiene un costo total de \$ 3.000 y puede ser empleado en las diferentes Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica. Tiene la ventaja de ser un instrumento virtual muy práctico de fácil manejo, con un ambiente amigable al usuario en la que se presentan las formas de onda de voltajes, corrientes y armónicos de las diferentes fases, un cuadro de valores de las potencias activa, reactiva, aparente, factor de potencia, distorsión armónica total de voltaje y corriente en cada fase, la

frecuencia, el desfase y el consumo de energía en kWh por fase y el consumo total; además se puede generar una base de datos en archivos independientes y luego emigrar a una tabla de Excel para su posterior análisis y comparación de datos, es decir contiene los parámetros necesarios para un adecuado análisis de la energía eléctrica frente a analizadores de calidad de energía existente en el mercado que superan los \$7.000. Resulta entonces relativamente bajo el costo del Sistema DAQ-HMI del Analizador de Calidad de Energía Eléctrica construido.

A continuación en la tabla 4.14 se muestra la relación de costo del proyecto frente a los existentes en el mercado.

Tabla 4.14: Relación de costo del proyecto frente a los analizadores existentes en el mercado

Ítem	Descripción	Costo	Catalogo
1	Sistema DAQ-HMI Analizador de Calidad de Energía eléctrica	3.000 USD	-----
2	Analizador Power PAD AEMC Instruments Modelo 3945	7.200 USD	Feria virtual Interempresas .net
2	Analizador trifásico de calidad eléctrica Fluke 1760	16.500 USD	Feria virtual Interempresas.net
3	Analizadores trifásicos de calidad eléctrica Fluye 43B	13.200 USD	Feria virtual Interempresas.net

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

☞ Al finalizar el proyecto se logró cumplir con el objetivo general “Diseñar e Implementar un Sistema DAQ y HMI de un Analizador de Calidad de Energía Eléctrica”, este cumple con las especificaciones técnicas de otros Analizadores existentes en el mercado nacional.

☞ Se implementó una aplicación HMI para el análisis de la Calidad de Energía que permite la toma de decisiones por parte de los técnicos de las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica, sobre la base de las mediciones realizadas y almacenadas en una Base de Datos.

☞ Las empresas distribuidoras de energía eléctrica buscan poner en el mercado su producto en las mejores condiciones técnico-económicas y en cantidad tal que en los procesos de producción, transporte y distribución se pierda la menor cantidad posible de energía eléctrica, dentro de este contexto el analizador de calidad de energía eléctrica construido, contribuirá a alcanzar los objetivos trazados por las empresas distribuidoras con un relativo costo de inversión.

☞ El uso de este sistema DAQ-HMI Analizador de Calidad de Energía, permitirá realizar un análisis de calidad de energía eléctrica en redes trifásicas, sin

embargo también se lo puede realizar en redes monofásicas y bifásicas, sin realizar modificaciones de hardware ni software.

☞ Se ha construido un hardware para adquisición de datos eficiente y de bajo costo, empleando una NI-DAQ 6009 y sensores de voltaje y corriente que son elementos de fácil adquisición en el mercado local a través de la cadena de distribuidores autorizados, con la única desventaja de que los tiempos de entrega, son extensos por falta de stock en ciertos componentes que ameritan su importación bajo pedido.

☞ Se eligió la integración del hardware y software de National Instruments, por las bondades que presenta tanto en la parte técnica y económica. El integrar el hardware y software del mismo fabricante permite mejorar la velocidad de conexión entre los dispositivos físicos y el HMI, es por esta razón que la mayoría de las empresas desarrolladoras lo hacen con software dedicado para una marca exclusiva de hardware y viceversa.

☞ La NI DAQ-USB 6009 facilita la adquisición y transmisión de datos, porque puede trabajar a una velocidad adecuada para el análisis de datos (48 Ks/s con una sola entrada y 42 Ks/s con varias entradas) y con una conectividad plug and play con la Pc.

☞ El software de programación LabVIEW facilitó el monitoreo y sobre todo el análisis de datos porque cuenta con funciones definidas para el análisis realizado en este proyecto.

☞ Como elemento primario, se emplearon dispositivos que poseen un funcionamiento eficiente en la adquisición de datos, así se tiene, el transformador reductor de tensión y la pinza amperimétrica MN211.

☞ LabVIEW presenta un ambiente amigable para el usuario, debido a que en su panel frontal dispone de controles fáciles de manejar y dispositivos de visualización muy comprensibles, que hacen que las HMI se puedan diseñar de forma muy intuitiva.

- ☞ Los valores de voltaje medidos en los diferentes lugares varía según la carga instalada (demanda), tiende a disminuir al aumentar la carga, sin embargo esto depende de la potencia disponible en el transformador de distribución instalado.

- ☞ El protocolo de comunicación entre la PC y la NI DAQ-USB 6009, se desarrolla mediante software, LabVIEW brinda la comunicación mediante un solo icono "NI DAQ Assistant", quien configura directamente el puerto.

- ☞ El diseño de las pantallas de la aplicación HMI contienen información necesaria y no abundante de manera que sean amigables para el usuario final, el mismo que no está obligado a conocer los detalles técnicos de la parte electrónica del equipo.

- ☞ El levantar una base de datos en tiempo real, permite realizar el monitoreo de las variables principales, como son: voltajes y corrientes y hacer una comparación entre los valores obtenidos en un instante y los generados en la base de datos (históricos).

- ☞ Los elementos de medición y análisis diseñados requieren de patrones de referencia adecuados para su pleno funcionamiento. La exactitud del equipo es directamente proporcional a la calibración realizada con un elemento patrón como es el Analizador de Calidad de Energía Eléctrica POWER PAD AEMC INSTRUMENTS MODELO 3945.

- ☞ El sistema DAQ-HMI puede ser fácilmente instalado y acoplado a un SCADA que permita realizar el control y supervisión de la energía a las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica.

4.2 RECOMENDACIONES

☞ Tener cuidado con las polarizaciones, es esencial en este proyecto, la mala conexión puede afectar y producir daños a la circuitería, en especial a la NI-DAQ 6009 propenso a recibir daños que no son reparables, a pesar de las protecciones que posee tanto para las entradas de voltaje como de las corrientes.

☞ Para realizar el acondicionamiento de las señales se debe tener presente las características de cada uno de los sensores, debido a que cada sensor tiene su propia curva característica de respuesta y por tanto su propia forma de acondicionamiento.

☞ Tener cuidado con el uso de los sensores de corriente (pinzas amperimétricas), ya que se debe usar las pinzas adecuadas de acuerdo al rango de corriente que va a ser medido en las líneas de distribución

☞ Cuando se utilicen cables largos es aconsejable trenzarlos para lograr reducir la introducción de EMI/RFI en la tarjeta.

☞ Se recomienda analizar las características de cada elemento antes de realizar un diseño.

☞ En forma general, se debe manejar adecuadamente los manuales y hojas de datos de los dispositivos de adquisición, ya que estos datos técnicos dados por el fabricante garantizarán el buen funcionamiento de los mismos, y permitirán una vida útil de los equipos.

BIBLIOGRAFIA:

- ☞ RODRÍGUEZ José, "Instrumentación Industrial", Folleto didáctico, ESPE-L, Latacunga, 1999.
- ☞ ENRIQUEZ HARPER, G. Líneas de TX y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica.
- ☞ COOPER, Willam, HELFRICK, Albert: Instrumentación Electrónica Moderna y Técnica de Medición, Primera edición, Editorial Prentice Hall, México 1991.
- ☞ LAZARO, Antonio. Programación gráfica para el control de instrumentos.
- ☞ McGranaghan, M. (1995). Effects of voltage sags in process industry applications. Proceedings of Stockholm Power Tech International Symposium on Electric Power Engineering, 18-22 June 1995, Stockholm, Sweden, IEEE.
- ☞ Wagner, V. E., A. A. Andreshak, et al., "Power quality and factory automation." IEEE Transactions on Industry Applications 26(4): 620-6. (1990).
- ☞ Bollen, M. H. J. (2000). Understanding Power Quality Problems, Voltage Sags and Interruptions. New York, IEEE Press.
- ☞ ESKOM Standard NRS 048-2 (1996), "Power Quality", South Africa.
- ☞ IEEE Standard 493-1997, "Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems", Appendix N, December 1997.
- ☞ IEEE Standard 1564 draft 6 (2004), "Recommended Practice for the Establishment of Voltage Sags Indices".
- ☞ Leborgne, R. C., J. M. C. Filho, et al. (2003). Alternative methodology for characterization of industrial process sensitivity to voltage sags. 2003 IEEE Bologna PowerTech, 23-26 June 2003, Bologna, Italy, IEEE.
- ☞ URSEA, "REGLAMENTO DE CALIDAD DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA", Montevideo, 24 diciembre 2003.
- ☞ ISA.(1997)The ISA Fieldbus Guide, ed Research Triangle Park Instrument Society of America
- ☞ National Instruments.(2000) 322857A-01. Foundation Fieldbus Overview. National Instruments Corporation, Austin. Texas. USA
- ☞ Bela G Liptak. (1972) Instrumenst Engineers' Handbook.

ENLACES:

- ☞ <http://www.ni.com/>
- ☞ http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_suministro_el%C3%A9ctrico
- ☞ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203671>
- ☞ <http://www.ni.com/fn/global/esa/content.htm>
- ☞ <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/B9Document&node75001/esa>
- ☞ <http://www.ni.com/labview/>
- ☞ <http://www.ni.com/device/>
- ☞ <http://www.ni.com/labview/whatis/esa/>
- ☞ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/203671>
- ☞ <http://www.ni.com/fn/global/esa/content.htm>
- ☞ <http://digital.ni.com/worldwide/latam.nsf/web/all/B90D96B17DCA63968625708>
- ☞ <http://www.ni.com/dataacquisition/mseries.htm>
- ☞ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/201759>
- ☞ http://www.fluke.nl/comx/show_product.aspx?pid=5177&product=PHASE1&ty

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ENERGÍA ELÉCTRICA:

-A-

Ampere o amperio (a).- Unidad que mide la intensidad de una corriente eléctrica. Representa la cantidad de electrones que circulan en un conductor en un segundo.

Anomalías eléctricas.- Defecto técnico que presenta el equipo de medición y/o error en la facturación no imputable al cliente.

-C-

Calidad de producto técnico.- Está dada en función de la reducción de las pérdidas técnicas y no técnicas, en la mejora de la calidad de servicio y de las condiciones de seguridad.

Calidad de servicio técnico.- Se mide en base a dos parámetros: 1) cantidad de interrupciones (cortes x cliente x año) y 2) tiempo medio de interrupción del servicio (horas x cliente x año).

Calidad de servicio comercial.- Debe tener en cuenta: los tiempos utilizados para responder a pedidos de conexión, errores en la facturación y facturación estimada, y demoras en la atención de los reclamos del usuario.

CENACE.- La Corporación “Centro Nacional de Control de Energía” es el Administrador Técnico y Comercial del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) del Ecuador y de las Interconexiones Internacionales. Fue creado en la Ley de Régimen de Sector Eléctrico publicada en RO 43 del 10/oct/1996, y su estatuto aprobado mediante acuerdo ministerial 151 del 27/oct/1998.

Centrales eléctricas.- Instalación donde se realiza la generación o adecuación de cualquier tipo de energía eléctrica.

Cliente normalizado.- Es quien recibe el suministro en forma reglamentaria.

Clientes auto conectados.- Clientes con servicio suspendido por falta de pago, que se han conectado ilegalmente a la red. Ver: Pérdidas no técnicas.

Comercializadores.- Agentes del mercado que participan del mismo realizando actividades de compra-venta de energía en bloque a través de contratos.

CONELEC.- “Consejo Nacional de Electricidad” se constituye como un ente regulador y controlador, a través del cual el Estado Ecuatoriano puede delegar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, a empresas concesionarias.

Conexiones clandestinas.- Son las realizadas con fines de hurto, generalmente en forma precaria. Suelen ser muy peligrosas.

Contrato de concesión.- Es el celebrado entre el poder concedente (Estado Nacional o Provincial) y el adjudicatario, siguiendo lo establecido en el pliego respectivo y de conformidad (en el orden nacional) con las disposiciones de las leyes 15.336, 23.696, 24.065 y sus modificatorias, complementarias y/o reglamentaciones de las mismas.

Cuadro tarifario.- Fija el valor unitario de los cargos que se utilizan en la facturación del servicio eléctrico.

-D-

Demanda.- Potencia en kW de las redes eléctricas.

Distribuidor.- Quien dentro de su zona de concesión es responsable de abastecer a usuarios finales que no tengan la facultad de contratar su suministro en forma independiente.

Disyuntor diferencial.- Aparato que sirve para desconectar automáticamente el paso de la corriente eléctrica ante la mínima pérdida de energía a tierra que pueda producirse por algún desperfecto de la instalación. Se utiliza para la protección de personas.

-E-

Empresa Distribuidora.- Tienen la responsabilidad de prestar el servicio eléctrico a los consumidores ubicados en su zona de concesión, dentro de los niveles de calidad establecidos, en virtud de lo que señala la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, los Reglamentos Aplicables, el contrato de concesión y las Regulaciones correspondientes.

Energía eléctrica.- Es la producida por un generador cuando su rotor gira en un campo electromagnético. El generador produce una energía que es igual a la potencia (W) requerida multiplicada por el tiempo de funcionamiento. La energía eléctrica se mide en vatios por hora (Wh); 1000 Wh = 1kWh.

-F-

Fondo nacional de la energía eléctrica.- Se constituye por un recargo sobre las tarifas que pagan los compradores del mercado mayorista. Está administrado por el CFEE, que destina el 60% al Fondo Subsidiario para Compensaciones Regionales de Tarifas a Usuarios Finales y el 40% al Fondo para el Desarrollo Eléctrico del Interior.

Fraude eléctrico.- Manipulación de los medidores y/o acometidas, por parte del suscriptor a fin de lograr que sus registros sean inferiores a los que realmente deberían ser.

-G-

Generación.- Producción de energía eléctrica. Ver: Centrales eléctricas.

Generador.- Titular de una central eléctrica o concesionario de servicios de explotación que coloca su producción en forma total o parcial en el sistema de transporte y/o distribución sujeto a jurisdicción nacional.

Gran cliente.- Todo Cliente cuya demanda máxima promedio de 15 minutos consecutivos sea igual o superior a 20 kW.

Grandes usuarios.- Quienes contratan en forma independiente y para consumo propio su abastecimiento de energía eléctrica con el generador y/o distribuidor. Los Grandes Usuarios, en el MEM¹⁹, responden a tres categorías (por su nivel de consumo): GUMA, GUME y GUPA.

GUMA.- Grandes Usuarios Mayores, con demandas de potencia para consumo propio mayor o igual a 1 MW y de energía igual o superior a 4.380 MWh anuales.

GUME.- Grandes Usuarios Menores, con demandas de potencia para consumo propio mayor o igual que 100 kW y menor a 2.000 kW.

GUPA.- Grandes Usuarios Particulares. Deben tener una demanda de potencia para consumo propio mayor o igual a 50 kW y menor a 100 kW.

-L-

LAT.- Línea de Alta Tensión. En el Ecuador es 69kV.

LBT.- Línea de Baja Tensión (conforman las de distribución domiciliaria), de 380/220 voltios.

LRSE.- El 10 de Octubre de 1996, en el Suplemento al Registro Oficial No. 43, se publica la “Ley de Régimen del Sector Eléctrico” la cual sustituye a la Ley Básica de Electrificación. Mediante esta Ley y sus reformas del: 2 de enero, 19 de febrero y 30 de septiembre de 1998, 13 de marzo y 18 de agosto de 2000, como respuesta a la necesidad de reformular el grado de participación estatal en este sector, y plantea como objetivo proporcionar al país un servicio eléctrico de alta calidad y confiabilidad, para garantizar su desarrollo económico y social, dentro de un marco de competitividad en el mercado de producción de electricidad, para lo cual, se promoverán las inversiones de riesgo por parte del sector privado. Todo

¹⁹ MEM.- Mercado Eléctrico Mayorista.

lo anterior, estará orientado fundamentalmente a brindar un óptimo servicio a los consumidores y a precautelar sus derechos, partiendo de un serio compromiso de preservación del medio ambiente.

-M-

MEM.- Mercado Eléctrico Mayorista. El MEM es administrado por el CENACE.

-P-

Pérdidas no técnicas.- Es la energía consumida en el sistema, la cual no es facturada, excluyendo las pérdidas técnicas. Puede ser por fraude, anomalías, clientes auto conectados o servicio directo.

Pérdidas técnicas.- Es la energía consumida por los equipos propios de los sistemas de generación, transmisión y distribución y que no es facturada.

Potencia.- Es la capacidad de producir o demandar energía por unidad de tiempo. Se mide en vatios (W).

Potencia instalada.- Es la capacidad de la instalación eléctrica.

Producto técnico.- Nivel de tensión en el punto de alimentación y las perturbaciones (variaciones rápidas, caídas lentas de tensión y armónicas).

-R-

Redistribuidor.- Otro Ente prestador del servicio público de electricidad dentro de su área de concesión, y destinado a esa actividad específica (Cooperativas de Servicios Públicos).

Resolución.- Disposiciones oficiales cuyo origen puede emanar de la Secretaría de Energía o de algún Ente Regulador sobre asuntos controvertidos.

-S-

Servicio directo.- Usuario conectado ilegalmente al sistema de distribución eléctrica.

Servicio técnico.- Involucra a la frecuencia y duración de las interrupciones en el suministro.

-T-

Tarifa.- Es el precio que los usuarios deben pagar por el servicio público de distribución de energía eléctrica.

Tarifa media.- Es el precio promedio por kWh consumido, en un determinado período.

TRANSELECTRIC.- Compañía Nacional de Transmisión Eléctrica del Ecuador, responsable de prestar el servicio de transporte de energía eléctrica, desde los usuarios generadores hacia los usuarios distribuidores. Gestión desarrollada en el

Mercado Eléctrico Mayorista ecuatoriano, constituido por 14 empresas generadoras, 18 empresas distribuidoras y 62 grandes consumidores.

Transmisión.- Sistema constituido por el conjunto de líneas, de alta tensión, cables y subestaciones transformadoras.

Transporte.- Sistema de transmisión de las líneas de alta tensión.

Transportista.- Titular de una concesión de transporte de energía eléctrica responsable de la transmisión y transformación vinculada a ésta, desde el punto de entrega por el generador hasta el de recepción por el distribuidor o gran usuario.

SOFTWARE LabVIEW:

-A-

Automatic scaling (Escala automática).- Capacidad de ajustar la escala a un rango de valores trazados. En la escala del gráfico, el autoscaling determina los valores de escala máximos y mínimos.

-B-

Block diagram (Diagrama de bloques).- Contiene el código que controla el funcionamiento de los objetos del panel frontal.

-C-

Controls palette (Paleta de control).- Está disponible sólo en el panel frontal. Contiene los controles e indicadores utilizados para construir el interfaz gráfico del

VI. Aparece al hacer clic derecho en el panel frontal o seleccionando View» *Controls Palette* en la barra de menús.

-D-

DAQ (Sistema de Adquisición de Datos).- Adquiere y mide las señales eléctricas analógicas o digitales de los sensores, transductores de adquisición, y sondas de la prueba.

DAQ Assistant.- Interfaz gráfica para tareas de configuración de medidas, canales y escalas.

DAQ device.- Dispositivo que adquiere o genera los datos y puede contener múltiples canales y dispositivos de conexión.

Device.- Es un instrumento o controlador que se puede acceder como una única entidad que controla o monitorea puntos de entrada/salida en el mundo real.

-E-

Express VI.- Es un SubVI diseñado para ayudar en las tareas de medidas comunes. Se puede configurar un Express VI usando la caja de diálogos de configuración.

-F-

Front panel (Panel frontal).- Es la interfase de usuario. Contiene los controles e indicadores que son los terminales de entrada y salida del VI, respectivamente.

Functions palette (Paleta de funciones).- Está disponible sólo en el diagrama de bloques. Contiene los VI's y funciones utilizados para elaborar el código fuente. Aparece al hacer clic derecho en el diagrama de bloques o seleccionando View» *Functions Palette* en la barra de menús.

-G-

General Purpose Interface Bus (Bus de interfase de propósito general).- GPIB. Sinónimo con HP-BIRF. El BUS estándar usado para controlar los instrumentos electrónicos con una computadora. También llamado bus IEEE 488 porque este fue definido por ANSI/IEEE Normas 488-1978, 488.1-1987, y 488.2-1992.

-L-

Label.- El objeto del texto para nombrar o describir objetos o regiones en el tablero delantero o diagrama del bloque.

LabVIEW.- Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. LabVIEW es un lenguaje de programación orientado a la instrumentación. Utiliza un entorno gráfico en lugar de líneas de texto para crear aplicaciones.

-M-

Measurement & Automation Explorer.- La configuración y diagnóstico de Hardware de instrumentos de National Instrument en ambiente para Windows.

Measurement device.- Los dispositivos de DAQ como el E Serie multifunction I/O (MIO) los dispositivos, SCXI, señal que condiciona los módulos, y módulos del interruptor.

-O-

Operating tool.- Herramienta para entrar los datos en los mandos y operarlos.

-P-

Palette.- Pantalla de objetos o herramientas con las que usted puede usar para construir en el panel frontal o en el diagrama de bloques.

-R-

RMS.- Raíz media cuadrada

-S-

Sample (Muestra).- solo entrada analógica o digital o punto de datos de rendimiento.

Scale (escala). Parte de gráfico, trace, y algunos mandos numéricos e indicadores que contienen una serie de marcas o puntos a los intervalos conocidos para denotar unidades de medida.

String.- Representación de un valor como texto.

Structure (Estructura).- Las estructuras son representaciones gráficas de lazos y sentencias condicionales de los lenguajes de programación basados en texto. Las estructuras se usan en el diagrama de bloques para repetir bloques de código, ejecutar código en forma condicional o en un orden específico. Todas las estructuras tienen un borde de tamaño variable que encierra la sección del diagrama (subdiagrama) de bloques que se ejecuta de acuerdo a las reglas de la estructura.

SubVI.- VI usado en el diagrama del bloque de otro VI. Comparable a un subprograma.

-T-

Tool.- El cursor especial para realizar los funcionamientos específicos.

Tool paletts (paleta de herramientas).- Está disponible en el panel frontal y en el diagrama de bloques. Una herramienta es un modo de operación del cursor del mouse. Aparece al hacer clic derecho mientras se presiona la tecla *Shift* o seleccionando *View» Tools Palette*.

Toolbar.- Barra que contiene los botones del orden para correr y poner a punto VIs.

-V-

VI (Instrumento virtual).- Un programa hecho en LabVIEW se denomina instrumento virtual (VI) porque generalmente modela la apariencia y funcionamiento de un instrumento físico. Los VI's están compuestos de dos pantallas principales: El PANEL FRONTAL y el DIAGRAMA DE BLOQUES.

-W-

Waveform (Forma de onda).- Lecturas de señales múltiples tomadas a una proporción específica.

Waveform chart.- Indicador que traza los puntos de los datos a una cierta proporción.

Wiring tool.- Herramienta para definir los caminos de los datos entre los términos.

ADQUISICIÓN DE DATOS:

-A-

Acondicionamiento de Señales para Entrada Analógica.- Capacidad integrada para establecer interfaz con señales no estándares como son niveles de voltaje mayores a ± 10 V.

Acondicionamiento de Señales para E/S Digital.- Capacidad integrada para establecer interfaz con señales digitales no estándares como lo son altos voltajes y corrientes.

Acondicionamiento de Señales para Contadores/Temporizadores.- Capacidad integrada para establecer interfaz con señales digitales no estándares como lo son altos voltajes y corrientes.

Ajustes de Señal en Línea.- La habilidad de cambiar en línea la configuración del instrumento, como deformaciones de señal y cambios de frecuencia. Esta característica puede mejorar de manera dramática el rendimiento de la generación.

Ancho de Banda.- El rango de frecuencia por el que la señal de entrada puede pasar a través del frontal analógico con una mínima pérdida de amplitud - desde la punta de prueba a la entrada del adc. El ancho de banda se especifica conforme la frecuencia en que una señal de entrada sinusoidal se disminuye a 70.7% de su amplitud original, también conocido como punto de -3 db.

Ancho de Banda en Tiempo Real (solo RF).- La cantidad de espectro en tiempo real que un dispositivo RF puede generar.

Ancho de Banda Dedicado.- Disponible desde y para cualquier instrumento en dispositivos pci express y pxi express. Al añadir múltiples instrumentos a un sistema, el total del rendimiento del sistema aumenta de manera lineal.

-B-

Banco.- Otra topología de aislamiento implica agrupar varios canales para compartir un solo amplificador de aislamiento. En esta topología la diferencia de voltaje en modo común entre canales es limitado, pero el voltaje en modo común entre el banco de los canales y la parte no aislada del sistema de medida puede ser grande. Los canales no están aislados individualmente, pero los bancos de los canales están aislados de otros bancos y de la tierra. Esta topología es una solución de aislamiento de bajo costo ya que este diseño comparte un solo amplificador de aislamiento y fuente de alimentación.

Bus de Sincronización (RTSI).- RTSI significa Real-Time System Integration (Integración de Sistema en Tiempo Real). Es un bus presente en varios dispositivos de National Instruments, que al ser cableado junto con un cable RTSI, es usado para compartir e intercambiar señales de temporización y control entre múltiples tarjetas. Por lo general se usa para fines de sincronización.

-C-

Canales de Salida Analógica.- Salidas para generar señales continuas (no señales digitales o binarias) que son por lo general de voltaje o corriente.

Canales de E/S Digital.- Salidas/entradas para leer o actualizar valores binarios (0 o 1). Los niveles de voltaje y corriente son generalmente definidos por estándares como 5V TTL y CMOS.

Canales bidireccionales (DIO) - canales que pueden usarse como entradas o salidas.

Canales de entrada únicamente (DI) - canales que pueden usarse como entradas.

Canales de salida únicamente (DO) - canales que pueden usarse como salidas.

Canales de Entrada Analógica.- Entradas para medir señales continuas (no señales digitales o binarias) que son por lo general de voltaje o corriente. Los canales de una sola terminal (SE) tienen todas las entradas referidas a una tierra en común que está conectada a la tierra de la PC.

Capacidad de Corriente.- La capacidad de corriente es la habilidad de un generador de señal o una salida de tarjeta DAQ para disipar corriente de señales de salida analógica o digital. El primer número indica la máxima capacidad de corriente por canal. El segundo número (en paréntesis) especifica el total de capacidad de corriente para todos los canales.

Capacidad de reloj T.- Un método de sincronización de patente pendiente desarrollado por NI a través del cual otro dominio de señales de reloj es usado para habilitar la alineación de relojes de muestreo y la distribución y recepción de disparos. La sincronización de estos disparos puede ser implementada a pico segundo.

Característica de Impedancia.- La impedancia característica es un parámetro de línea de transmisión que determina cómo las señales de transmisión son transmitidas o reflejadas en la línea.

Categoría de Voltaje.- La categoría de voltaje es la clasificación del voltaje de un conmutador como se especifica en la International Electrotechnical Commission (IEC) que determina su habilidad para resistir picos de voltaje aplicados a través de un nivel de resistencia específico (especificado como CAT I, CAT II, CAT III o CAT IV).

Certificaciones de Productos.- Las certificaciones de los productos son aquellas con las que el módulo ha cumplido.

Contadores/Temporizadores.- Entradas que establecen interfaz con señales digitales y que pueden medir frecuencia, eventos o periodo. Las salidas para contador/temporizador pueden generar series de pulso, relojes y disparos.

Compatible con Tiempo Real.- Compatibilidad con el Módulo NI LabVIEW Real-Time que ofrece ejecución determinística para sistemas de control y fiabilidad extrema para sistemas de prueba con tareas críticas.

Conversión Digital a Banda-Base.- Solo está soportado por dispositivos de conversión digital a banda-base (DDC). El DDC toma los datos y luego los filtra y los disminuye para obtener datos protegidos de alias del ancho de banda solicitado. Los datos de salida del DDC se guardan en la memoria a esta mínima velocidad de muestreo cómo pares IQ complejos.

Conectividad.- La conectividad se refiere a las opciones disponibles para conectar al módulo de conmutación (bloque de terminal, juego de conector/backshell, cables y más).

Configuración del Multiplexor/Matriz.- La configuración de un conmutador, o topología, es una representación de los canales y relés en un módulo de conmutación. Los renglones son conexiones horizontales en la cuadrícula matriz de un conmutador, las columnas son conexiones verticales en la cuadrícula de la matriz del conmutador y los bancos representan el número de matrices individuales o segmentos de multiplexor en el módulo.

Configuración de Dirección de Línea por Ciclo.- La habilidad de cambiar en ambos sentidos entre generación y adquisición de datos en un canal en un ciclo del reloj. Para esto no se requiere hacer pausa en la sesión de generación o adquisición para configurar la tarjeta. A esta característica también se le puede llamar triestado por ciclo ya que se requiere alta impedancia de estado para soportar esta capacidad.

Comparación de Datos de Hardware.- La habilidad de un dispositivo de comparar los datos esperada con los datos obtenidos en tiempo real en el

dispositivo. El instrumento de E/S digitales es pre cargado con estímulo y respuesta de datos esperada y después hace comparaciones en tiempo real conforme los datos son adquiridos.

-D-

Densidad de Canales.- Esto clasifica un módulo de acuerdo a un bajo, medio o alto número de canales.

Demora de Datos.- La habilidad para configurar el tiempo en sub periodos, conocido cómo posición de los datos, en el cual cada muestra de forma de onda es generada y adquirida. Cada canal se puede configurar para generar o adquirir datos en el borde ascendiente del tiempo, en el borde descendiente o la posición de los datos seleccionada en el periodo.

Digital Down Conversion (DDC).- Un proceso que toma una porción programable del espectro Nyquist del ADC y lo mueve a banda base (centrado a 0 Hz). DDC se realiza primero traduciendo la frecuencia del centro de la banda a 0 Hz. Después los datos son filtrados y disminuidos para obtener datos protegidos de alias del ancho de banda solicitado. Los datos de salida del DDC se guardan en la memoria a esta mínima velocidad de muestreo cómo pares IQ complejos.

Dígitos de Resolución.- Un término usado para especificar la resolución de un multímetro. El término "dígitos" data desde 1970 cuando los vendedores de multímetros estaban orgullosos de cuantos dígitos sus productos podían mostrar. Para un DMM moderno, como el multímetro de NI basado en PC, el término "dígitos" se refiere al rendimiento del dispositivo.

Distorsión Armónica Total (THD).- La razón de la señal RMS total debido a distorsión armónica de la señal RMS en general, en dB o porcentaje.

Disparo.- Una señal externa digital o analógica que inicia o detiene una adquisición o actualización.

Dispositivo Sinking.- Un dispositivo sinking brinda una trayectoria a tierra para la corriente y no es responsable de energizar el dispositivo. Los términos que se usan para describir dispositivos sinking incluyen NPN, Colector Abierto, Normalmente Alto y Lógica IEC Negativa.

Dispositivo Sourcing.- Un dispositivo sourcing brinda la potencia o un potencial positivo. Los dispositivos sourcing "empujan" la corriente a través de la carga. Los términos que se usan para describir dispositivos sourcing incluyen PNP, Emisor Abierto, Normalmente Bajo y Lógica IEC Positiva.

-E-

Eliminación de Rebotes y Ruido en Transiciones.- Las señales ruidosas que contienen rebotes representan un reto especial para algunas medidas de contadores/temporizadores. El ruido puede ser introducido en la fuente de la señal con relés electromecánicos o en la conexión si hay fuentes de interferencia en las inmediaciones del sistema.

Entre Canales.- La topología de aislamiento más robusta es el aislamiento entre canales. En esta topología, cada canal es aislado de manera individual entre sí y de otros componentes del sistema no aislados. Además, cada canal tiene su propia fuente de alimentación aislada.

EMF Térmico.- Un voltaje se crea cuando se unen dos metales no similares. Este voltaje es conocido como la fuerza electromotiva (EMF) o el voltaje de Seebeck. En un conmutador estos voltajes se crean por lo general entre las terminales de los relés electromecánicos, los cuales están compuestos de metales de aleación y el PCB de un módulo de conmutación el cual está compuesto generalmente de cobre o cobre de aleación

Estados de Encendido Programables de E/S Digital.- Con los estados de encendido programables, usted puede configurar en el software los estados de salida inicial para asegurar operaciones libres de rebotes al conectarse con actuadores industriales tales como bombas, válvulas, motores y relés. Un dispositivo soporta estos estados de E/S después de recibir potencia, así su PC

puede arrancar. Los estados de encendido programables son libres de rebotes, lo cual quiere decir que las salidas nunca pasan por un estado incorrecto durante el encendido.

Cada línea puede ser configurada como entrada de alta impedancia, salida alta o salida baja. El módulo de E/S digital almacena la configuración en la memoria interna no volátil.

Estabilidad de Tiempo.- La estabilidad de tiempo puede ser importante cuando necesita realizar medidas de alta calidad. En un caso ideal, la frecuencia de oscilación sería constante, pero en realidad muchos factores influyen en el comportamiento de un oscilador. Una medida de calidad comúnmente usada para un oscilador es estabilidad. Las unidades usadas para estabilidad por lo general son partes por millón (ppm) y partes por billón (ppb). Por ejemplo, la frecuencia de un oscilador de 10 MHz con estabilidad de 10 ppm puede ser $10 \text{ MHz} \pm 100 \text{ Hz}$; con estabilidad de 10 ppb puede ser $10 \text{ MHz} \pm 1 \text{ Hz}$.

-F-

Familia de Productos.- Grupo de productos que comparten juegos de características comunes.

Fase de Ruido (desfase @ 10 kHz).- Ruido en un sistema de señales debido a modulación de fase y frecuencia en la señal. El ruido de fase es normalmente muy cercano a la portadora y se mide en decibeles relativos a la frecuencia de la portadora (dBc).

Filtros de Entrada Programables de E/S Digital.- Los filtros de entrada programables eliminan ruido, rebotes y picos en entradas y también brindan eliminación de rebotes para conmutadores digitales y relés. Esto es importante para aplicaciones en ambientes industriales ruidosos para prevenir lecturas falsas a causa del ruido. Usted puede configurar el filtro de entrada programable para cada línea digital al establecer el tiempo del filtro en segundos. Cualquier ruido,

rebote o pico que sea más corto que la mitad del tiempo especificado será bloqueado por el dispositivo de e/s digital para prevenir lecturas inválidas.

Flujo de Corriente.- Sinking y Sourcing son términos usados para definir el control del flujo directo de corriente en una carga.

Frecuencia Máxima de la Fuente.- La frecuencia máxima de la fuente representa la velocidad de la señal más rápida que el contador puede contar. Si usted usa frecuencia más alta, puede alcanzar mayor resolución. Por ejemplo, un contador de 80 MHz puede contar pulsos que están separados 12.5 ns ($1/80 \times 10^6$). Usted puede utilizar prescaladores para aumentar la frecuencia máxima de la fuente por evento y medida de frecuencia.

-G-

Generación de Pulso.- Usted puede programar cada salida para generar un número finito de pulsos o para generar pulsos continuamente. Usted puede establecer de manera programable el tiempo de encendido y apagado para cada serie de pulso de salida, establecer el número de pulsos que se enviarán e iniciar y detener la serie de pulsos.

-I-

Interfaz Digital.- Cualquier interfaz paralela, donde múltiples líneas paralelas y digitales transmiten datos simultáneamente o una interfaz serial, donde un solo canal se usa para transmitir datos digitales en bits a mismo tiempo.

Impedancia de Entrada.- La impedancia medida a través de las terminales de entrada de un circuito. Esta impedancia es una combinación de resistencia, inductancia y capacitancia.

Impedancia de Salida.- La oposición exhibida por las terminales de salida del dispositivo al flujo de una corriente alterna (AC) de una frecuencia en particular como resultado de resistencia, inducción y capacitancia.

-L-

Lógica Diferencial.- "Las señales diferenciales usan dos cables, o señales, configurados como un par para transmitir datos digitales. El receptor digital interpreta las señales basadas en la diferencia de voltaje entre el par de señales - sin referencia a tierra, que es la manera cómo los sistemas de una sola terminal funcionan. Para la señal digital diferencial que se recibe como un "0" lógico, la señal +V debe ser menor que la señal -V por más que un valor definido. Las señales diferenciales tienen diferentes ventajas ante los sistemas de una sola terminal - son inmunes a la mayoría de los tipos de ruido de señal, requieren menos potencia y por lo general son capaces de generar de razones de datos más rápidos."

-M-

Marca de Bit de Datos.- Un evento que le permite exportar cualquiera de los 16 bits de datos de forma de onda a cualquier destino válido en el dispositivo. Hasta cuatro de los 16 bits de datos de forma de onda pueden ser exportados una vez.

Máximo Rango de Entrada.- El máximo rango de corriente o voltaje que el dispositivo puede leer con precisión definida.

Máximo Rango de Salida.- El máximo rango de corriente o voltaje que el dispositivo puede producir con precisión definida.

Máximo Voltaje en Modo Común.- Una medida de la habilidad de un instrumento para rechazar una señal no deseada que es común en ambas terminales de entrada.

Máxima Memoria Interna.- La memoria interna está disponible en ciertos dispositivos para almacenar formas de onda de salida y permitir mayores razones de datos que son posibles al escribir desde la memoria del sistema a través de un bus PCI estándar. Esta especificación por lo general muestra cuánta memoria está disponible por canal.

Máximo Rango de Tiempo.- La razón máxima a la cual la señal digital puede ser generada por el instrumento de E/S digital.

Máxima Razón de Datos.- La razón máxima a la cual la señal digital puede ser generada por el instrumento de E/S digitales. La mayoría de los dispositivos de E/S digital de NI operan en un solo modo de razón de datos (SDR), el cual significa que la razón de datos es igual a la velocidad de reloj de la tarjeta, que está especificada en megahertz (MHz). La única excepción es el dispositivo NI 656x, el cual soporta doble modo de razón de datos (DDR). Los instrumentos usan en formato NRZ (sin regreso a cero) para que el máximo rango de conmutación de los dispositivos sea la mitad de la máxima razón de datos.

Máxima Memoria Interna.- La memoria interna está disponible en ciertos dispositivos para almacenar formas de onda de salida y permitir mayores razones de datos que son posibles al escribir desde la memoria del sistema a través de un bus PCI estándar. Esta especificación por lo general muestra cuánta memoria está disponible por canal. Por ejemplo, un dispositivo de 32 canales con memoria de 64 Mbits/canal tiene un total de memoria de 256 MB. Para los dispositivos basados en PCI Express, la memoria interna no es necesaria ya que cada dispositivo permite un ancho de banda por dirección de por lo menos 250 Mbytes/segundo.

Máxima Corriente de Conmutación.- Máxima corriente de conmutación se refiere a la máxima corriente que un canal en el módulo puede conectar.

Máxima Corriente de Arrastre.- Máxima corriente de arrastre se refiere a la máxima corriente que un canal en el módulo puede enrutar de manera segura después de cerrarse.

Máxima Capacidad de Corriente.- La máxima capacidad de corriente es la corriente máxima que el módulo puede suministrar (solo módulos controladores de relés).

Máxima Potencia de Conmutación.- Máxima potencia de conmutación se refiere a la máxima potencia en watts que el módulo de conmutación puede manejar.

Máximo Voltaje de Conmutación de AC.- Voltaje de conmutación se refiere al máximo voltaje AC de señal que el módulo de conmutación puede mantener de manera segura.

Máxima Capacidad de Voltaje.- La máxima capacidad de voltaje es el voltaje máximo que el módulo puede suministrar (solo módulos controladores de relés).

Máximo Voltaje de Conmutación de DC (Pollution Degree 1).- Voltaje de conmutación se refiere al máximo voltaje DC de señal que el módulo de conmutación puede mantener de manera segura en ambientes con 1 grado de contaminación (en un lugar limpio).

Máximo Voltaje de Conmutación de DC (Pollution Degree 2).- Voltaje de conmutación se refiere al máximo voltaje DC de señal que el módulo de conmutación puede mantener de manera segura en ambientes con 2 grados de contaminación (condiciones de trabajo normales).

Modulación Estándar.- El tipo de modulación que soporta el instrumento.

Muestreo Simultáneo.- Múltiples entradas son muestreadas simultáneamente para anular desfases entre entradas. El muestreo simultáneo es una descripción aplicada generalmente a entradas analógicas.

-N-

Niveles Lógicos.- Las familias lógicas soportadas para adquisición y generación. Los dispositivos con niveles de voltaje seleccionables son compatibles únicamente con las familias lógicas nombradas. Los niveles de voltaje programables permiten al usuario configurar el dispositivo para tener alto voltaje y bajos niveles por separado para los canales de generación y adquisición.

Niveles Lógicos.- Los niveles de voltaje y corriente pueden causar que las salidas y entradas cambien entre 1 y 0 (en encendido o apagado)

Familia Lógica	Rango de Voltaje	Tipo
CMOS/TTL	0 a 5 V	De Una Sola Terminal
LVTTL/LVCMOS	0 a 3.3 V	De Una Sola Terminal
LVDS	1.03 a 1.38 V	Diferencial

Noise Floor (salida @ -50 dBm).- El nivel de ruido por debajo del cual las señales no pueden ser detectadas en las mismas condiciones de medida.

Noise Floor (salida @ -50 dBm).- El nivel de ruido por debajo del cual las señales no pueden ser detectadas en las mismas condiciones de medida.

Número de Rangos de Entrada Analógica.- Rangos de entrada que amplifican o atenúan la señal entrante. Maximizan la resolución del dispositivo de adquisición de datos igualando el rango de señal de entrada con el rango ADC.

Número de Relés.- Esto representa el número total de relés de uso general en un módulo de conmutación. Los relés son clasificados por el número de polos y el número de tiros. El polo de un relé es la terminal común para cada trayectoria. Cada posición en donde el polo puede conectarse se llama tiro. Un relé puede tener n polos y m tiros. Por ejemplo, un relé SPST tiene un polo y un tiro. Los relés son clasificados por formas. Las formas de los relés se clasifican por el número de polos y tiros así como la posición predeterminada del relé.

Número de Canales.- Esto representa el número de relés de una sola bobina/2 bobinas que el módulo controlador de relé puede controlar.

-O-

Operaciones a Búfer y DMA.- Los contadores/temporizadores de National Instruments pueden capturar numerosos puntos de datos sin tiempos muertos. Estos tipos de medidas, llamadas operaciones a búfer, son excelentes en aplicaciones que van desde análisis estadístico en líneas de producción a experimentos en química molecular. Por ejemplo, cuando usted configura un contador para medida periódica a búfer, los datos se mueven del contador al búfer.

Cada transición que inicia una medida también causa una transferencia del contador al búfer. Con operaciones a búfer, los datos se transfieren a la memoria de la PC usando DMA o interrupciones. DMA ofrece una considerable ventaja en rendimiento; si su aplicación requiere este rendimiento de manera simultánea en múltiples contadores/temporizadores, usted debe saber cuántos canales DMA están disponibles en un dispositivo contador/temporizador particular. Por ejemplo, si un dispositivo contiene tres canales DMA y ocho contadores/temporizadores, usted puede realizar simultáneamente tres operaciones a búfer de alta velocidad y cinco de baja velocidad basadas en interrupción.

-P-

Patrón de E/S.- Con patrón de E/S usted puede introducir o imprimir patrones a una razón constante para aquellas aplicaciones que requieren intervalos fijos entre transferencias. Usted puede controlar las E/S usando un reloj interno o un reloj externo. La opción del reloj externo es importante si usted desea que el paso de la operación de E/S digital sea igual a las demás operaciones, como la de E/S analógica. Por ejemplo, el patrón de E/S es útil si usted desea usar el dispositivo DIO para monitorizar parte de un circuito de señal mixta, que es un circuito que tiene componentes digitales y analógicos.

Pérdida Protegida de Alias.- El rango dinámico utilizable antes de que el ruido con espurio interfiera o distorsione la señal fundamental.

Pérdida de Inserción (Típica).- Cuando una señal de alta frecuencia atraviesa un módulo conmutador, se atenúa por resistencias en serie, absorción dieléctrica y por reflexiones desde desfases de impedancia. Esta atenuación se llama pérdida de inserción.

Potencia de Plano Trasero PXI Opcional.- La habilidad de la fuente de poder de DC de ejecutarse en un plano trasero PXI, pero a una potencia de salida limitada.

Potencia de Salida Total.- La máxima potencia suministrada a todos los canales por una fuente de poder de DC.

Protocolo de Sincronización de E/S.- Cuando usted necesita que su dispositivo DIO se comunique con un dispositivo periférico o un sistema externo, debe usar protocolo de sincronización de E/S para que los datos sean transferidos únicamente cuando la PC y el sistema externo están listos.

Normalmente hay dos o tres líneas de control involucradas en el protocolo y la temporización de las señales define el protocolo de sincronización. Algunos dispositivos de NI ofrecen un total de seis modos para protocolo proporcionándole flexibilidad al instalar su dispositivo DIO para comunicar con sistemas externos. Para ofrecer la facilidad de establecer interfaz usted puede definir la polaridad de todas las señales de protocolo con cinco de los seis protocolos.

-R-

Rango Dinámico (solo RF).- La razón del más alto nivel de señal que un circuito puede manejar al nivel de señal más bajo (generalmente igual al nivel de ruido), normalmente expresado en dB.

Rango Dinámico.- La razón del nivel de señal más alto al nivel más bajo de señal que un circuito puede manejar (generalmente igual al nivel de ruido), normalmente expresado en dB.

Rango de Frecuencia.- El rango completo de generación del dispositivo de salida analógica.

Rango de Frecuencia.- El rango completo de medida del dispositivo de entrada analógica.

Rango de Potencia (solo RF).- La fuerza de la señal que se puede adquirir por medio de un instrumento de RF.

Rango de Medida de Capacitancia.- El rango completo de medida del DMM.

Rango de Medida de Inductancia.- El rango completo de medida del DMM.

Rango de Medida de Resistencia.- El rango completo de medida del DMM.

Rango de Muestreo Aleatorio (RIS).- Una forma de muestreo equivalente de tiempo que aumenta velocidades de muestreo aparentes de señales repetitivas al combinar varias formas de onda de disparo. Ya que el tiempo de disparo ocurre manera aleatoria entre dos muestras, el digitalizador toma muestras de diferentes puntos en la forma de onda en adquisiciones consecutivas y puede reconstruir la forma de onda con una velocidad de muestreo equivalente en tiempo.

Rango de Potencia de RF.- La fuerza de la señal que se puede adquirir por medio de un instrumento de RF.

Razón de Actualización para Salida Analógica.- La razón en que usted puede actualizar puntos nuevos en la señal de salida.

Radio de Señal-a-Ruido y Distorsión (SINAD).- La razón de la señal de entrada a la suma de ruido y armonías.

Rastreo de Cuenta de Relés.- El rastreo de cuenta de relés es una característica en la que la EEPROM en algunos módulos de conmutación rastrea el número de veces que un relé del módulo ha sido activado (abierto y cerrado). Esto ayuda a obtener un mantenimiento predictivo del módulo.

Razón de Muestreo.- Esto se refiere a la velocidad a la cual el módulo de conmutación puede escanear a través de sus canales.

Relé Forma A.- Relés de Forma A son SPST con un estado predeterminado de normalmente abierto.

Relé Forma B.- Relés de Forma B son SPST con un estado predeterminado de normalmente cerrado.

Relé Forma C.- Relés de Forma C son SPDT y rompen la conexión con un tiro antes de hacer contacto en el otro (romper antes de hacer).

Reloj Externo.- La habilidad de reemplazar un reloj interno por un reloj interno definido por el usuario (base de tiempo).

Resistencia a la Trayectoria (Típica).- La resistencia a la trayectoria es la resistencia de una trayectoria completa de señal desde la fuente a las terminales de destino en un módulo de conmutación. El total de la resistencia incluye la resistencia de los trazos en el PCB, relés y conectores.

Resolución de Entrada Analógica.- El cambio más pequeño que puede ser detectado en la señal de entrada que un ADC puede medir. Medido en bits. Para un ADC con resolución de 16 bits, el cambio más pequeño que puede ser detectado es una parte de 65,536 (2^{16}) o 0.0015% de la escala completa.

Resolución de Salida Analógica.- El intervalo más pequeño en que la señal de salida puede ser dividida. Para un DAC (convertidor D/A) con resolución de 16 bits, el intervalo más pequeño es una parte de 65,536 (2^{16}) o 0.0015% del rango de señal completo.

Ruido/Onda.- La especificación de ruido de una fuente de poder de DC.

-S-

Saltos/Barridos de Frecuencia.- La habilidad de un generador de señal para rápidamente saltar de frecuencia en frecuencia y/o moverse de una frecuencia a otra a pasos predeterminados.

Segmentos de Enlace.- Referido también como scripting. Las tarjetas que cuentan con esta característica le permiten al usuario enlazar y ciclar múltiples formas de onda en una operación de generación usando un script, el cual es una serie de instrucciones que indican cómo las formas de onda almacenadas en la memoria interna deben salir. Los scripts más complejos especifican el orden en el cual las formas de onda son generadas, el número de veces que son generadas y los disparos asociados con la generación.

Sincronización GPS.- Usted puede correlacionar medidas realizadas en una extensa área usando Global Positioning System (GPS). Usted puede correlacionar datos desde varios chasis PXI, determinar el tiempo en que un evento de hardware se produce o generar un pulso en un tiempo especificado por el usuario.

Soporte para SO.- Software de nivel base que controla una PC, ejecuta programas, interactúa con los usuarios y se comunica con el hardware instalado y dispositivos periféricos.

-T-

Tamaño del Contador/Temporizador o Número de Bits.- El tamaño del contador o número de bits indica que tan alto puede contar. Por ejemplo, un contador de 32 bits puede contar hasta $2^{32}-1$ o 4, 294, 967, 295 antes de girar. Un número alto de bits es beneficioso en casos como medidas de ancho de pulso donde se requiere un amplio rango dinámico. Por ejemplo, si usted mide anchos de pulso con una resolución de 12.5 ns (80 MHz) usando un contador/temporizador con 32 bits, usted puede medir anchos de pulso hasta 53 s $[(2^{32}-1) \times 12.5 \text{ ns}]$ con resolución de 12.5 ns.

Temporización de E/S Digital.- Especifica la actualización temporizada por hardware o la velocidad de muestreo de líneas digitales de E/S o si las líneas no están temporizadas por hardware.

Temporización.- Una tarjeta es temporizada por hardware (HW) o software (SW). Un dispositivo temporizado por HW genera señales basadas en un reloj. Un dispositivo temporizado por SW no tiene reloj, lo cual limita el rango de actualización y no es determinístico.

Terminado.- Esto determina si una trayectoria está conectada a tierra.

Tipos de Medida.- Capacidad integrada de medida de sensor o señal.

Tipo de Aislamiento.- Aislamiento es una manera de separar físicamente y eléctricamente dos partes de un dispositivo de medida. El aislamiento eléctrico se refiere a eliminar trayectorias de tierra entre dos sistemas eléctricos. Al brindar aislamiento eléctrico usted puede romper lazos de tierra, aumentar el rango de modo común del sistema de adquisición de datos y nivelar la referencia de señal a tierra a un solo sistema de tierra.

Tipo de Aislamiento.- El tipo de aislamiento que ofrece un instrumento (esto es, entre bancos o entre canales).

Tipos de Forma de Onda.- Tipos de formas de onda que se pueden generar con este instrumento.

Tipo de Relé.- Esto indica si los tipos de relés usados en el módulo son electromecánicos, Reed o EFT así como si los relés están enganchados o no.

Tipo de Conmutador.- El tipo de conmutador determina si el módulo es un multiplexor, matriz, conmutador de uso general, controlador externo de relé o si es adecuado para aplicaciones de RF.

Tipo de Bus.- Al seleccionar un sistema de medida para una aplicación de alta velocidad, el bus de la PC es una consideración importante. Un bus de PC es una colección de cables que transmiten datos de una parte de la PC a otra. El bus interno de la PC permite que todos los componentes internos se conecten al CPU y la memoria principal.

El tamaño de bus, conocido por su ancho, determina cuántos datos se pueden transferir a la vez. La velocidad de esta transferencia es controlada por la velocidad del reloj del bus. Una rápida velocidad de reloj permite que los datos sean transferidos más rápido.

La tecnología del bus seleccionada determina los métodos disponibles para transferencia de datos. Los dispositivos PCI, ISA y IEEE 1394 ofrecen transferencias basadas en interrupción y DMA mientras que los dispositivos PCMCIA y USB utilizan únicamente transferencias basadas en interrupción (transferencias más lentas). El método de transferencia elegido afecta el rendimiento alcanzable de su dispositivo DAQ.

La siguiente tabla resume las características de cada tecnología de bus de expansión respaldada por productos de NI. Los rendimientos enlistados son teóricos; en operación actual, los estados de espera, interrupciones y otros factores de protocolo se combinan para reducir el ancho de banda teórico.

Bus	Rendimiento	Velocidad de Reloj	Ancho
PCI/PXI Express	0.2 - 3.2 GB/s	2.5 GHz	x1-x16 líneas
PCI/PXI	132 MB/s	33 MHz	4 bytes
ISA*	8 MB/s	8 MHz	2 bytes
USB	60 MB/s	N/A	N/A
IEEE 1394 (FireWire)	50 MB/s	N/A	N/A
PCMCIA	20 MB/s	10 MHz	2 bytes

*El bus ISA toma 2 ciclos de reloj para transferencia de datos.

Velocidad de Muestreo de Entrada Analógica.- La razón a la cual se puede medir una señal de entrada o un grupo de señales de entrada. Para dispositivos que comparten un convertidor A/D (ADC) para varios canales de entrada, como dispositivos de multiplexado, la velocidad de muestreo por canal es la velocidad total dividida entre el número de canales escaneados.

Vida Mecánica del Relé.- Los contactos de los relés mecánicos se desgastan con el uso y los contactos gastados tienen más alta resistencia de contacto. La especificación de la vida mecánica es por lo general el número de ciclos de conmutación antes de que la resistencia de contacto aumente por encima de 1 ohm. Esta clasificación supone que no hay carga eléctrica entre contactos durante la ejecución.

VSWR (Típica).- Razón de Onda de Voltaje Permanente (VSWR) en una línea de transmisión es la razón del voltaje máximo a mínimo voltaje en un patrón de ondas permanentes. El VSWR es una medida de desfase de impedancia entre la línea de transmisión y su carga. Mientras más alto el VSWR, mayor el desfase. El VSWR mínimo es 1 (qué son impedancias de carga y línea de transmisión perfectamente iguales). $VSWR = V_{max} / V_{min} = (1 + |\gamma|) / (1 - |\gamma|)$, en donde gamma es el coeficiente de reflexión.

Watchdogs de E/S Digital.- Los watchdogs de E/S digital son una tecnología innovadora que brinda protección contra una amplia variedad de condiciones de falla:

- ☞ Falla de PC - falla total de SO
- ☞ Falla de aplicación - la aplicación de software deja de responder
- ☞ Falla de controlador - el controlador del dispositivo deja de responder
- ☞ Fallo del bus de PCI - las comunicaciones dejan de responder

Con watchdogs, las salidas digitales van a un estado seguro cuando una condición de falla es detectada y el temporizador watchdog expira para una recuperación segura. Los watchdogs son importantes siempre que el módulo esté conectado a los actuadores como bombas, válvulas, motores y relés. El módulo

de E/S digital monitorea a la aplicación de software y si ésta no responde en un límite de tiempo, automáticamente fija las líneas de salida a un estado seguro definido por el usuario. El módulo permanece en el estado watchdog hasta que el temporizador watchdog es desactivado por la aplicación y los nuevos valores de E/S son escritos, el dispositivo es restaurado o la PC se inicia nuevamente.

ANEXO B

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

SISTEMA DAQ-HMI DE UN ANALIZADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

DESCRIPCIÓN GENERAL

El analizador de calidad de energía eléctrica fue diseñado e implementado para realizar el análisis en tiempo real de la calidad de la energía eléctrica en redes monofásicas, bifásicas y trifásicas, por tal motivo, puede ser utilizado en las diferentes Empresas Distribuidoras de Energía del País.

Acoplada directamente a la red trifásica, permite monitorear el comportamiento de los siguientes parámetros:

- ☞ Voltaje eficaz (Vrms).
- ☞ Corriente eficaz (Arms).
- ☞ Frecuencia (Hz).
- ☞ Potencia activa (W).
- ☞ Potencia reactiva (VAR).
- ☞ Potencia aparente (VA).
- ☞ Factor de potencia (PF).
- ☞ Consumo de energía en kWh.
- ☞ Armónicos hasta el orden 51°.
- ☞ Distorsión total armónica (THD) de voltaje y corriente.
- ☞ Desfase entre voltaje y corriente.
- ☞ Presentación instantánea de las formas de onda de tensión y corriente.
- ☞ Generar una base de datos mediante el registro continuo de voltaje y corriente.

COMPONENTES Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

☞ Dimensiones



Alto : 8 cm.
Largo : 18 cm.
Fondo: 15 cm.

☞ Sensores de voltaje y corriente



- ✓ El sensor de voltaje es un transformador de 110-220V/6V.
- ✓ El sensor de corriente es una pinza amperimétrica MN211, con un rango de medida de 0 a 250 A

☞ Entadas trifásicas de voltaje y corriente

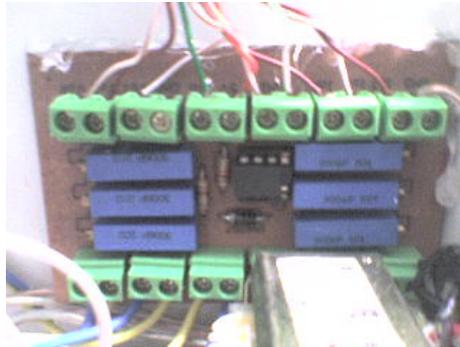


☞ Protecciones



- ✓ Tiene 3 varistores (250 Vrms).
- ✓ Posee 3 fusibles (0 - 10 A, 10 – 100 A, 100 -250 A).

☞ Tarjeta de acondicionamiento de señal



Posee 3 potenciómetros de precisión para la calibración de las entradas de las señales de voltaje y 3 para la calibración de las entradas de las señales de corriente.

☞ Tarjeta de adquisición de datos NI-DAQ USB 6009



CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS

- ☞ Entradas de voltaje 110/220 V
- ☞ Entradas de corriente 0 – 250 A
- ☞ Exactitud: 1,2%, con respecto al analizador patrón

CONEXIÓN DEL HARDWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Se debe seguir los siguientes pasos:

- a) Conectar los sensores de voltaje y corriente a la caja del hardware del Analizador de Calidad de Energía. Asegúrese que los conectores se conecten en forma correcta.



b) Conectar los sensores de voltaje y corriente a la red de baja tensión trifásica, bifásica o monofásica.



c) Conectar el puerto USB en la NI-DAQ 6009 y en la PC.

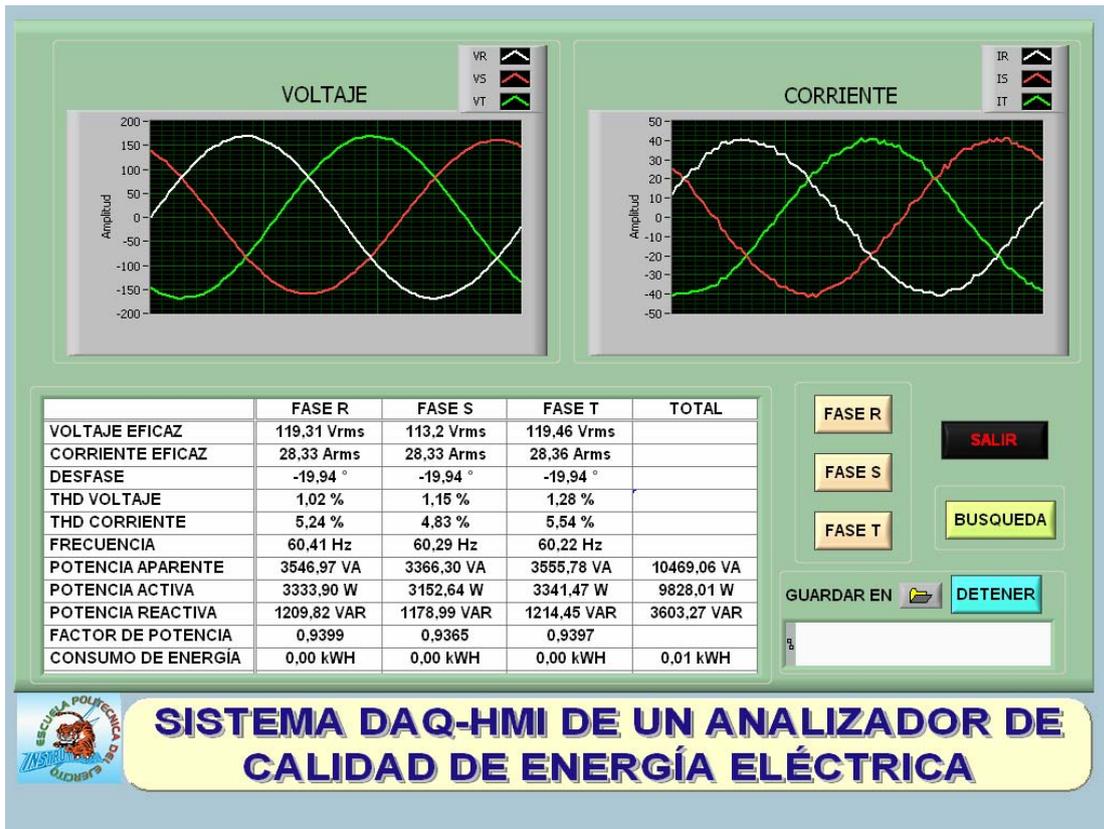


SOFTWARE DE APLICACIÓN

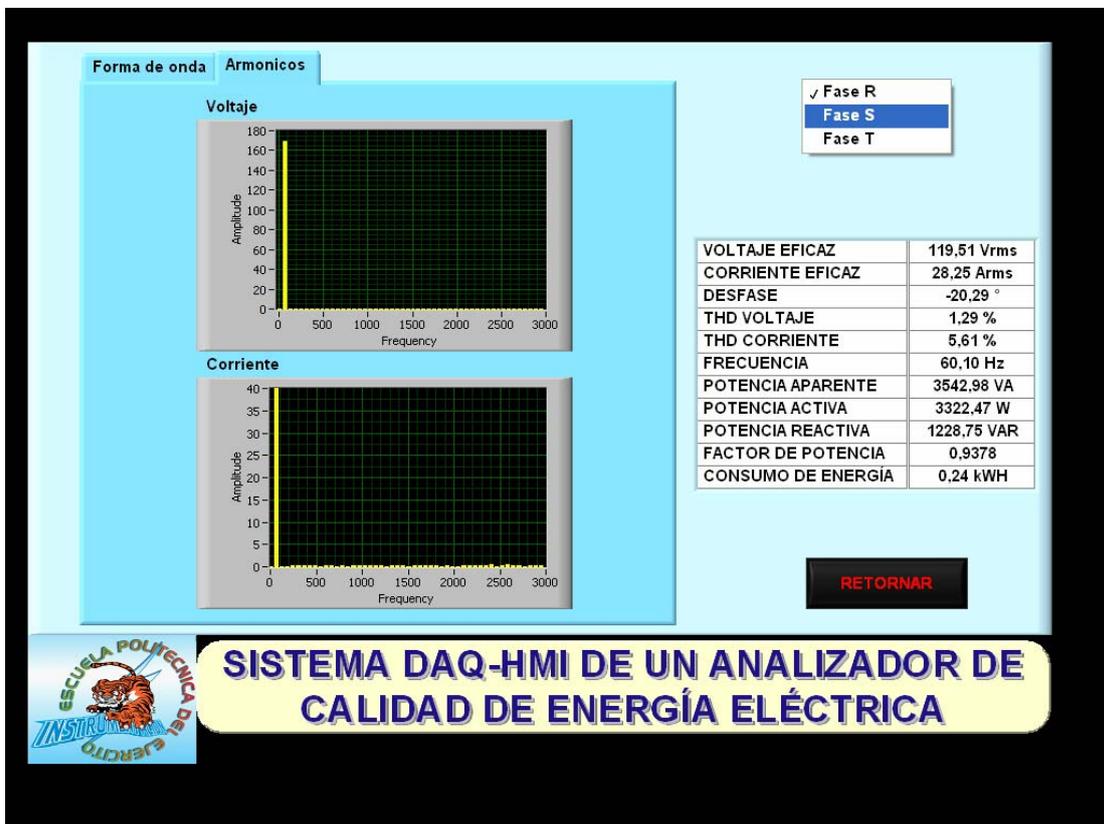
- a) Con el Hardware instalado ejecute el programa de aplicación.
- b) Pantalla de presentación.



c) Pantalla principal de análisis



d) Pantalla de presentación de armónicos



e) Pantalla de generación de base de datos

Tabla 1

FECHA	HORA	SR	SS	ST
15/05/2007	12:25:06	12611,097318	3,146615	14332,099442
15/05/2007	12:25:07	12534,041055	2,904554	14315,699843
15/05/2007	12:25:07	12670,442051	2,710827	14379,455018
			2,848768	14604,955505
			2,91339	14865,508757
			3,024365	15087,721177
			2,94764	15209,953262
			2,846769	15181,130119
			2,971544	15167,315597
			3,003418	15143,535919
			2,967719	14874,793372
			2,649602	14313,881609
			2,579278	14311,292013
			2,654396	14311,04331

IS	IT
121,747814	103,666942
123,310982	101,651069
124,210806	102,02687
122,272337	104,608834
121,759615	101,568462
121,093607	107,826907
122,171545	102,222611
121,839025	102,249774
122,782648	101,895796
120,158217	101,877189
121,908389	102,01005
121,720558	107,367872
121,649048	102,955643
120,636961	101,508211

MANTENIMIENTO

Comprobar periódicamente que las conexiones estén sólidamente unidas (circuito de acondicionamiento de señal y NI DAQ 6009).

Limpiar periódicamente el equipo con un solvente eléctrico y tela cruda.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

PROBLEMA	POSIBLE SOLUCIÓN
Mediciones erróneas	☞ Verificar la secuencia de conexión de los sensores de voltaje y corriente.
Ondas distorsionadas	☞ Revisar la conexión a tierra. ☞ Revisar los rangos de corriente (swiches).
No existe presencia de las señales medidas	☞ Verificar que la conexión este correcta.
Pc no responde	☞ Revise el cable USB, puede estar mal conectado.

RECOMENDACIONES

- ☞ Se recomienda utilizar como mínimo un computador Pentium III con 2.56 MB de RAM y con una velocidad de 1,5 GB.
- ☞ Tener cuidado con las conexiones eléctricas para no dañar el equipo.
- ☞ Verifique que el programa se ejecute correctamente.
- ☞ Si se realiza mediciones de más de 250 A utilizar TC's para mayor carga.

ANEXO C

HOJAS TECNICAS

NI-DAQ 6008/6009

PINZA AMPERIMÉTRICA MN211

USER GUIDE AND SPECIFICATIONS USB-6008/6009

This guide describes how to use the National Instruments USB-6008/6009 data acquisition (DAQ) devices and lists specifications.

Introduction.

The NI USB-6008/6009 provides connection to eight analog input (AI) channels, two analog output (AO) channels, 12 digital input/output (DIO) channels, and a 32-bit counter with a full-speed USB interface.

Note This manual revision updates naming conventions to reflect the conventions used in NI-DAQmx. Table 1 notes the correlation between the old and updated names.

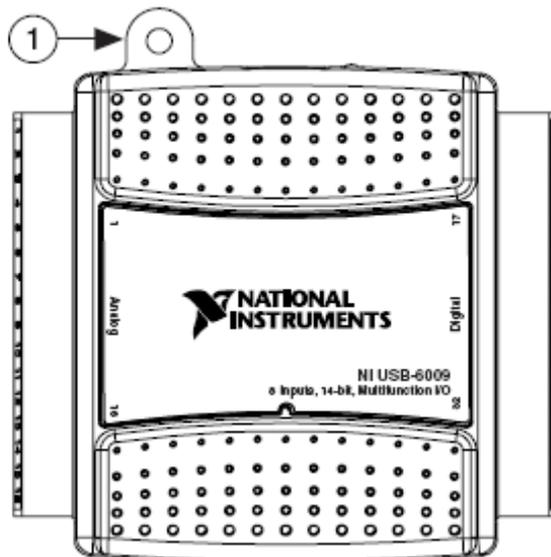
Hardware Functionality	NI-DAQmx Terminology
Open-drain	Open collector
Push-pull	Active drive

Table 1. Digital Output Driver Type Naming Conventions

Feature	USB-6008	USB-6009
AI Resolution	12 bits differential, 11 bits single-ended	14 bits differential, 13 bits single-ended
Maximum AI Sample Rate, Single Channel*	10 kS/s	48 kS/s
Maximum AI Sample Rate, Multiple Channels (Aggregate)*	10 kS/s	42 kS/s
DIO Configuration	Open collector	Open collector or active drive

* Might be system dependent.

Table 2. Differences Between the USB-6008 and USB-6009



1 USB Cable Strain Relief

Figure 1. USB-6008/6009

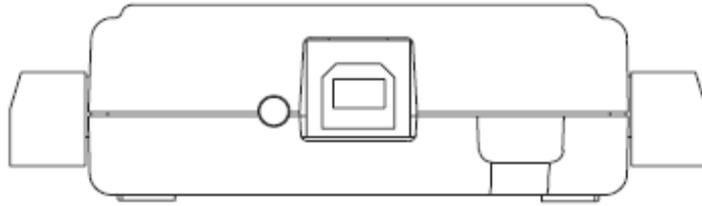


Figure 2. USB-6008/6009 Back View

Safety Guidelines.

Caution Operate the hardware only as described in these operating instructions. The following section contains important safety information that you must follow when installing and using the USB-6008/6009.

Do not operate the USB-6008/6009 in a manner not specified in this document. Misuse of the device can result in a hazard. You can compromise the safety protection built into the device if the device is damaged in any way. If the device is damaged, contact National Instruments for repair. Do not substitute parts or modify the device except as described in this document. Use the device only with the chassis, modules, accessories, and cables specified in the installation instructions. You must have all covers and filler panels installed during operation of the device.

Do not operate the device in an explosive atmosphere or where there may be flammable gases or fumes. If you must operate the device in such an environment, it must be in a suitably rated enclosure. If you need to clean the device, use a dry cloth. Make sure that the device is completely dry and free from contaminants before returning it to service.

Operate the device only at or below Pollution Degree 2. Pollution is foreign matter in a solid, liquid, or gaseous state that can reduce dielectric strength or surface resistivity. The following is a description of pollution degrees:

- Pollution Degree 1 means no pollution or only dry, nonconductive pollution occurs. The pollution has no influence.
- Pollution Degree 2 means that only nonconductive pollution occurs in most cases. Occasionally, however, a temporary conductivity caused by condensation must be expected.
- Pollution Degree 3 means that conductive pollution occurs, or dry, nonconductive pollution occurs that becomes conductive due to condensation.

You must insulate signal connections for the maximum voltage for which the device is rated. Do not exceed the maximum ratings for the device. Do not install wiring while the device is live with electrical signals. Do not remove or add connector blocks when power is connected to the system. Avoid contact between your body and the connector block signal when hot swapping modules. Remove power from signal lines before connecting them to or disconnecting them from the device.

Operate the device at or below the Measurement Category I²⁰. Measurement circuits are subjected to working voltages²¹ and transient stresses (overvoltage) from the circuit to which they are connected during measurement or test. Measurement categories establish standard impulse withstand voltage levels that commonly occur in electrical distribution systems. The following is a description of measurement categories:

²⁰ Measurement Category as defined in electrical safety standard IEC 61010-1. Measurement Category is also referred to as Installation Category.

²¹ Working Voltage is the highest rms value of an AC or DC voltage that can occur across any particular insulation.

- Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as MAINS²² voltage. This category is for measurements of voltajes from specially protected secondary circuits. Such voltaje measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.
- Measurement Category II is for measurements performed on circuits directly connected to the electrical distribution system. This category refers to local-level electrical distribution, such as that provided by a standard wall outlet (for example, 115 V for U.S. or 230 V for Europe). Examples of Measurement Category II are measurements performed on household appliances, portable tools, and similar E Series devices.
- Measurement Category III is for measurements performed in the building installation at the distribution level. This category refers to measurements on hard-wired equipment such as equipment in fixed installations, distribution boards, and circuit breakers. Other examples are wiring, including cables, bus-bars, junction boxes, switches, socket-outlets in the fixed installation, and stationary motors with permanent connections to fixed installations.
- Measurement Category IV is for measurements performed at the primary electrical supply installation (<1,000 V). Examples include electricity meters and measurements on primary overcurrent protection devices and on ripple control units.

Software

²² MAINS is defined as a hazardous live electrical supply system that powers equipment. Suitably rated measuring circuits may be connected to the MAINS for measuring purposes.

Software support for the USB-6008/6009 for Windows 2000/XP is provided by NI-DAQmx.

The NI-DAQmx CD contains example programs that you can use to get started programming with the USB-6008/6009. Refer to the *NI-DAQmx for USB Devices Getting Started Guide*, that shipped with your device and is also accessible from **Start»All Programs»National Instruments» NI-DAQ** for more information.

Note For information about non-Windows operating system support, refer to ni.com/info and enter rddqld.

VI Logger

The NI-DAQmx CD includes VI Logger Lite which is an easy-to-use configuration-based tool specifically designed for data logging applications. The application is available at **Start»All Programs» National Instruments»VI Logger**.

Hardware

The following block diagram shows key functional components of the USB-6008/6009.

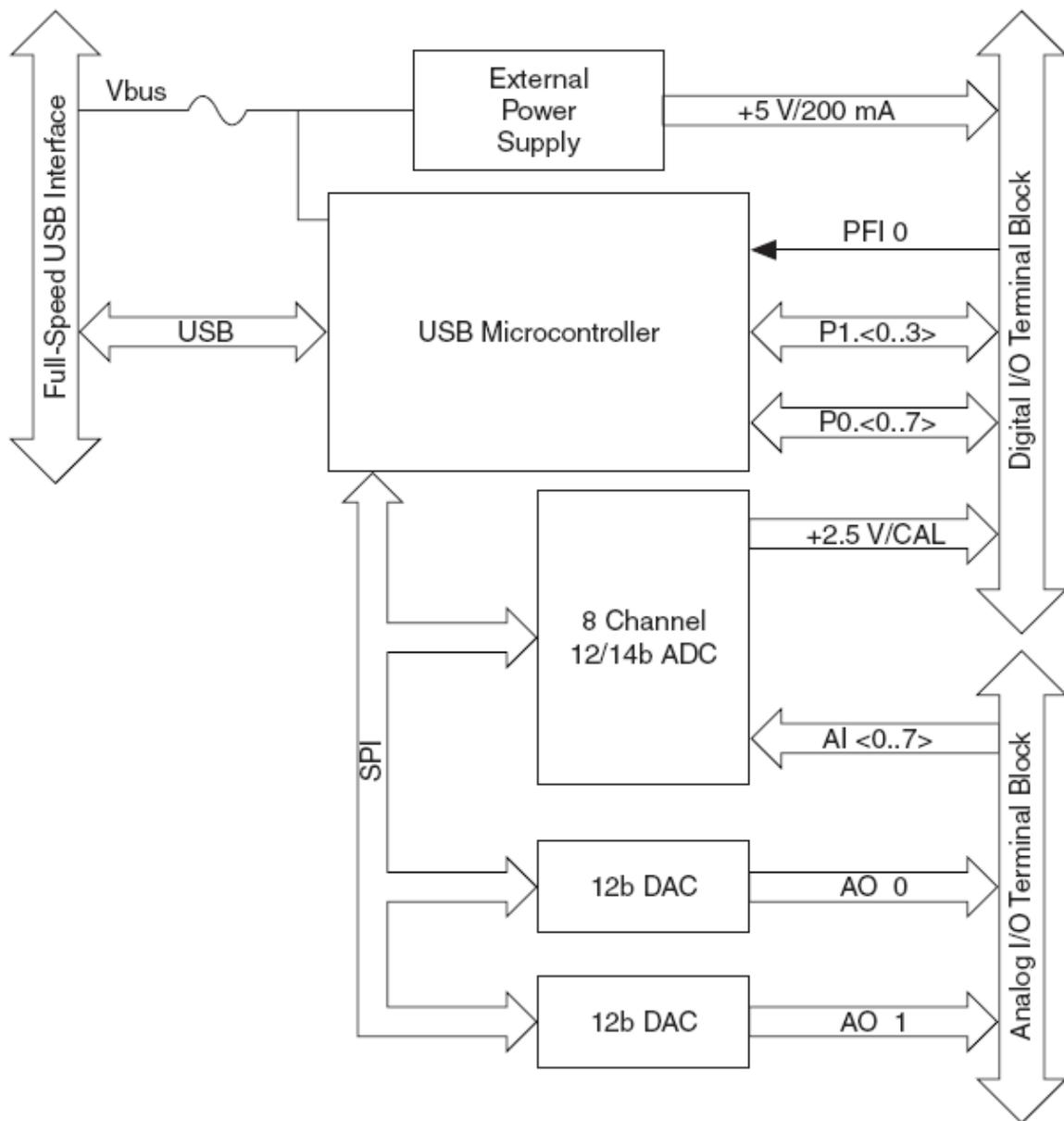


Figure 3. Device Block Diagram

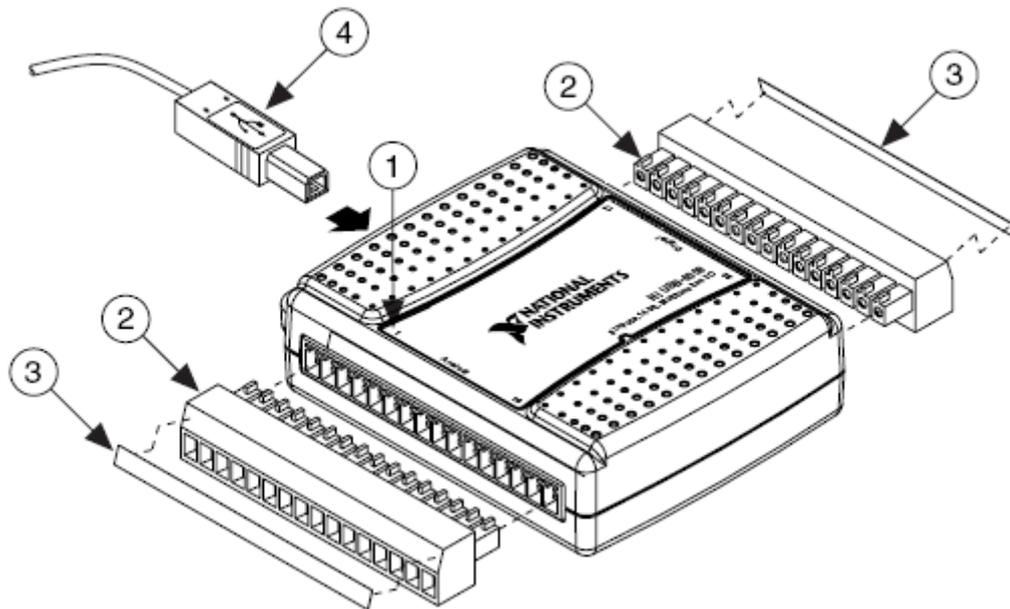
Setting Up Hardware

Complete the following steps to set up the hardware:

1. Install combicon screw terminal blocks by inserting them into the combicon jacks.

Note The USB-6008/6009 kit ships with signal labels. You can apply the signal labels to the screw terminal blocks for easy signal identification.

2. Refer to Table 3 and Figure 4 for label orientation and affix the provided signal labels to the screw terminal blocks. Until the signal labels are applied, you can insert the screw terminal blocks into either of the combicon jacks. Refer to Figure 4 for more information about signal label orientation.



- 1 Overlay Label with Pin Orientation Guides
- 2 Combicon Jack
- 3 Signal Labels
- 4 USB Cable

Figure 4. Signal Label Application Diagram

Note Once you label the screw terminal blocks, you must only insert them into the matching combicon jack, as indicated by the overlay label on the USB-6008/6009 device.

3. Connect the wiring to the appropriate screw terminals.

I/O Connector.

The USB-6008/6009 ships with one detachable screw terminal block for analog signals and one detachable screw terminal block for digital signals. These terminal blocks provide 16 connections that use 16 AWG to 28 AWG wire.

Table 3 lists the analog terminal assignments, and Table 4 lists the digital terminal assignments.

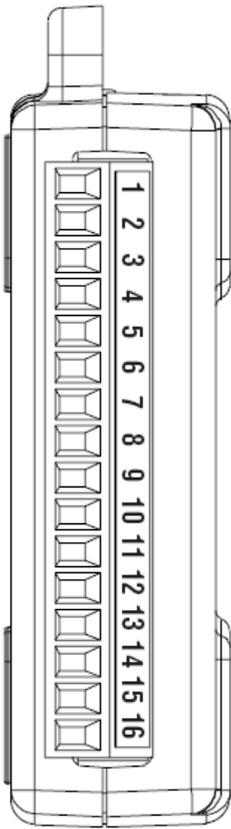
Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Table 3. Analog Terminal Assignments

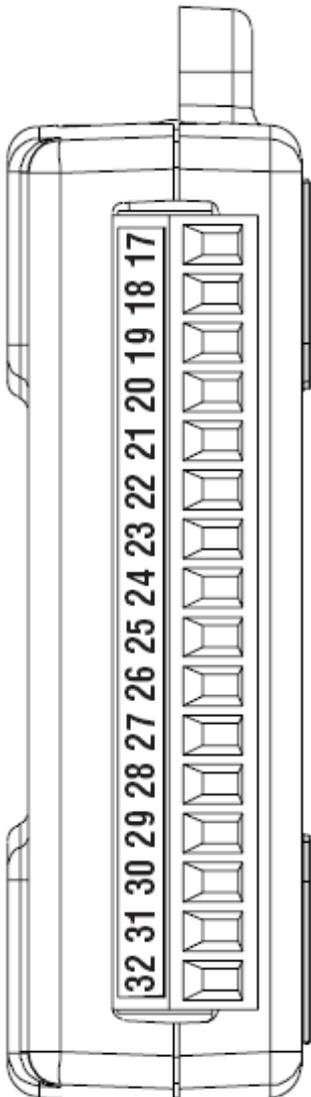
Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Table 4. Digital Terminal Assignments

Signal Descriptions.

Table 5 describes the signals available on the I/O connectors.

Signal Name	Reference	Direction	Description
GND	—	—	Ground —The reference point for the single-ended AI measurements, bias current return point for differential mode measurements, AO voltages, digital signals at the I/O connector, +5 VDC supply, and the +2.5 VDC reference.
AI <0..7>	Varies	Input	Analog Input Channels 0 to 7 —For single-ended measurements, each signal is an analog input voltage channel. For differential measurements, AI 0 and AI 4 are the positive and negative inputs of differential analog input channel 0. The following signal pairs also form differential input channels: <AI 1, AI 5>, <AI 2, AI 6>, and <AI 3, AI 7>.
AO 0	GND	Output	Analog Channel 0 Output —Supplies the voltage output of AO channel 0.
AO 1	GND	Output	Analog Channel 1 Output —Supplies the voltage output of AO channel 1.
P1.<0..3> P0.<0..7>	GND	Input or Output	Digital I/O Signals —You can individually configure each signal as an input or output.
+2.5 V	GND	Output	+2.5 V External Reference —Provides a reference for wrap-back testing.
+5 V	GND	Output	+5 V Power Source —Provides +5 V power up to 200 mA.
PFI 0	GND	Input	PFI 0 —This pin is configurable as either a digital trigger or an event counter input.

Table 5. Signal Descriptions

Analog Input.

You can connect analog input signals to the USB-6008/6009 through the I/O connector. Refer to Table 5 for more information about connecting analog input signals.

Analog Input Circuitry.

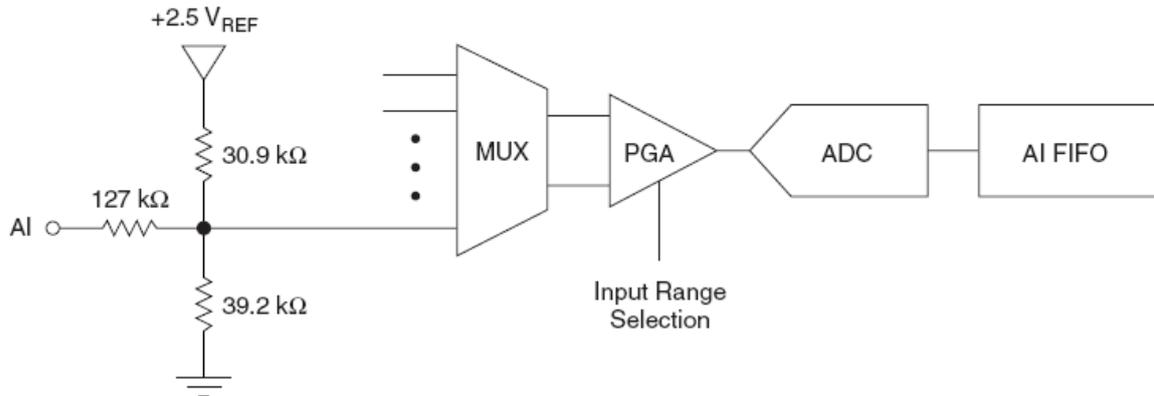


Figure 5 illustrates the analog input circuitry of the USB-6008/6009.

MUX

The USB 6008/6009 has one analog-to-digital converter (ADC). The multiplexer (MUX) routes one AI channel at a time to the PGA.

PGA

The programmable-gain amplifier provides input gains of 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, or 20 when configured for differential measurements and gain of 1 when configured for

single-ended measurements. The PGA gain is automatically calculated based on the voltage range selected in the measurement application.

A/D Converter.

The analog-to-digital converter (ADC) digitizes the AI signal by converting the analog voltage into a digital code.

AI FIFO

The USB-6008/6009 can perform both single and multiple A/D conversions of a fixed or infinite number of samples. A first-in-first-out (FIFO) buffer holds data during AI acquisitions to ensure that no data is lost.

Analog Input Modes.

You can configure the AI channels on the USB-6008/6009 to take single-ended or differential measurements. Refer to Table 5 for more information about I/O connections for single-ended or differential measurements.

Connecting Differential Voltage Signals.

For differential signals, connect the positive lead of the signal to the AI+ terminal, and the negative lead to the AI– terminal.

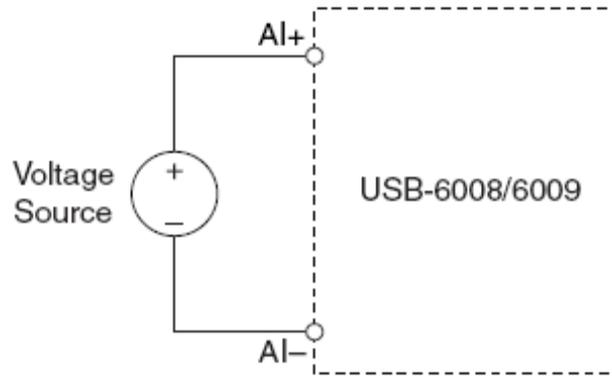


Figure 6. Connecting a Differential Voltage Signal

The differential input mode can measure ± 20 V signals in the ± 20 V range. However, the maximum voltage on any one pin is ± 10 V with respect to GND. For example, if AI 1 is +10 V and AI 5 is -10 V, then the measurement returned from the device is +20 V.

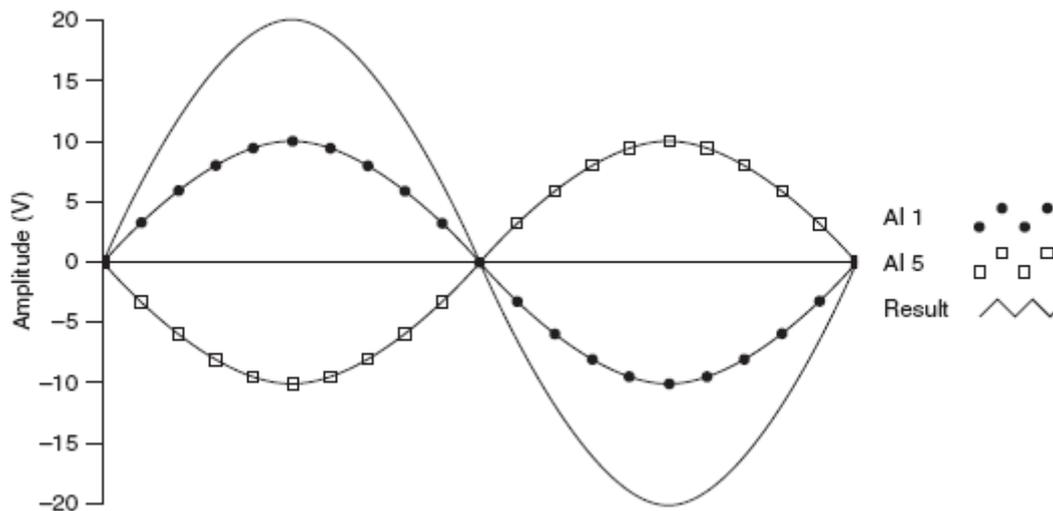


Figure 7. Example of a Differential 20 V Measurement

Connecting a signal greater than ± 10 V on either pin results in a clipped output.

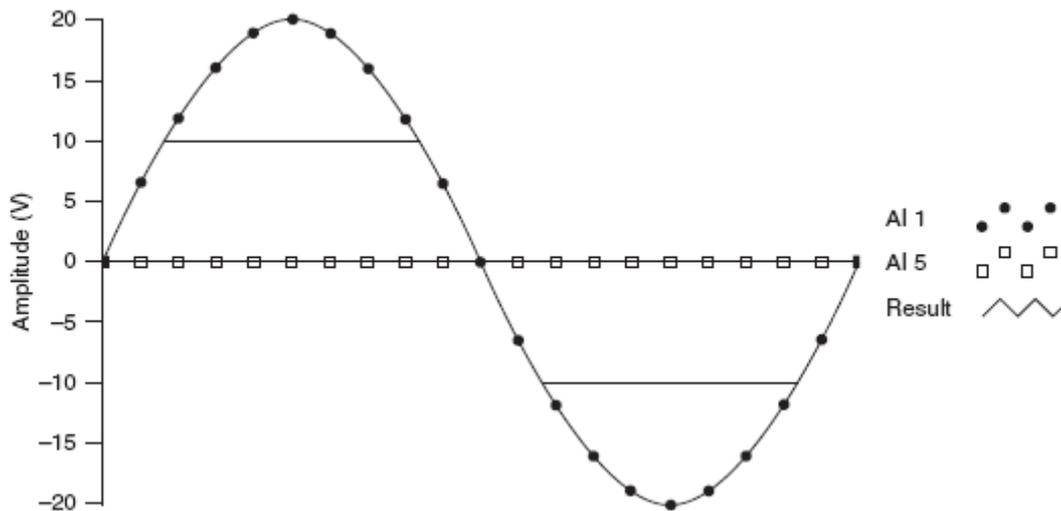


Figure 8. Exceeding +10 V on AI Returns Clipped Output

Connecting Reference Single-Ended Voltage Signals.

To connect reference single-ended voltage signals (RSE) to the USB-6008/6009, connect the positive voltage signal to the desired AI terminal, and the ground signal to a GND terminal.

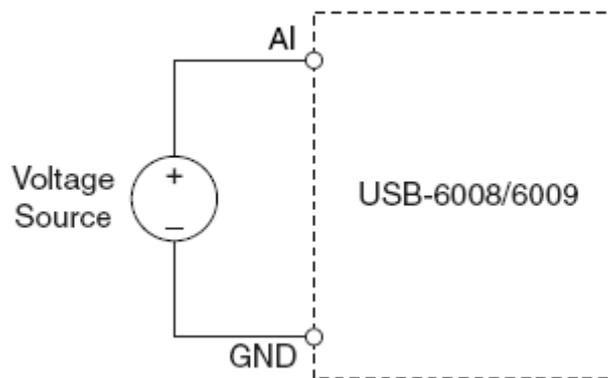


Figure 9. Connecting a Reference Single-Ended Voltage Signal

Digital Trigger.

When an AI task is defined, you can configure PFI 0 as a digital trigger input. When the digital trigger is enabled, the AI task waits for a rising edge on PFI 0

before starting the acquisition. To use ai/Start Trigger with a digital source, specify PFI 0 as the source and select rising edge.

Analog Output.

The USB-6008/6009 has two independent AO channels that can generate outputs from 0–5 V. All updates of AO lines are software-timed.

Analog Output Circuitry.

Figure 10 illustrates the analog output circuitry for the USB-6008/6009.

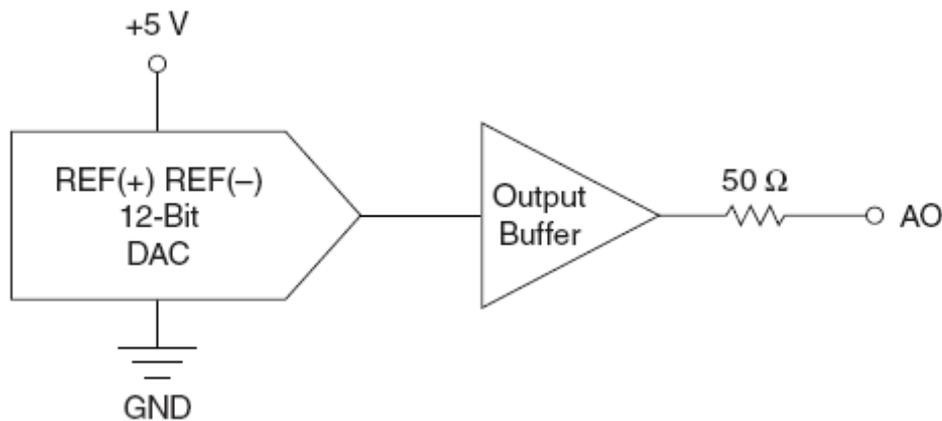


Figure 10. Analog Output Circuitry

DACs

Digital-to-analog converters (DACs) convert digital codes to Analog voltages.

Connecting Analog Output Loads

To connect loads to the USB-6008/6009, connect the positive lead of the load to the AO terminal, and connect the ground of the load to a GND terminal.

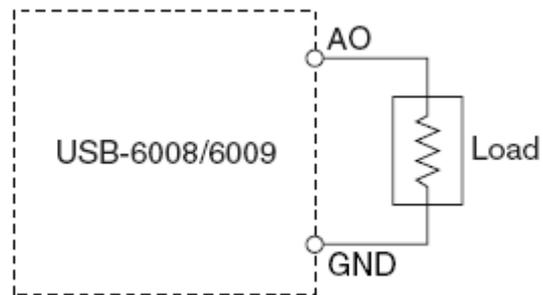


Figure 11. Connecting a Load

Minimizing Glitches on the Output Signal

When you use a DAC to generate a waveform, you may observe glitches in the output signal. These glitches are normal; when a DAQ switches from one voltage to another, it produces glitches due to released charges. The largest glitches occur when the most significant bit of the DAC code changes. You can build a low-pass deglitching filter to remove some of these glitches, depending on the frequency and nature of the output signal. Refer to ni.com/support for more information about minimizing glitches.

Digital I/O.

The USB-6008/6009 has 12 digital lines, P0.<0..7> and P1.<0..3>, which comprise the DIO port. GND is the ground-reference signal for the DIO port. You can individually program all lines as inputs or outputs.

Digital I/O Circuitry

Figure 12 shows P0.<0..7> connected to example signals configured as digital inputs and digital outputs. You can configure P1.<0..3> similarly.

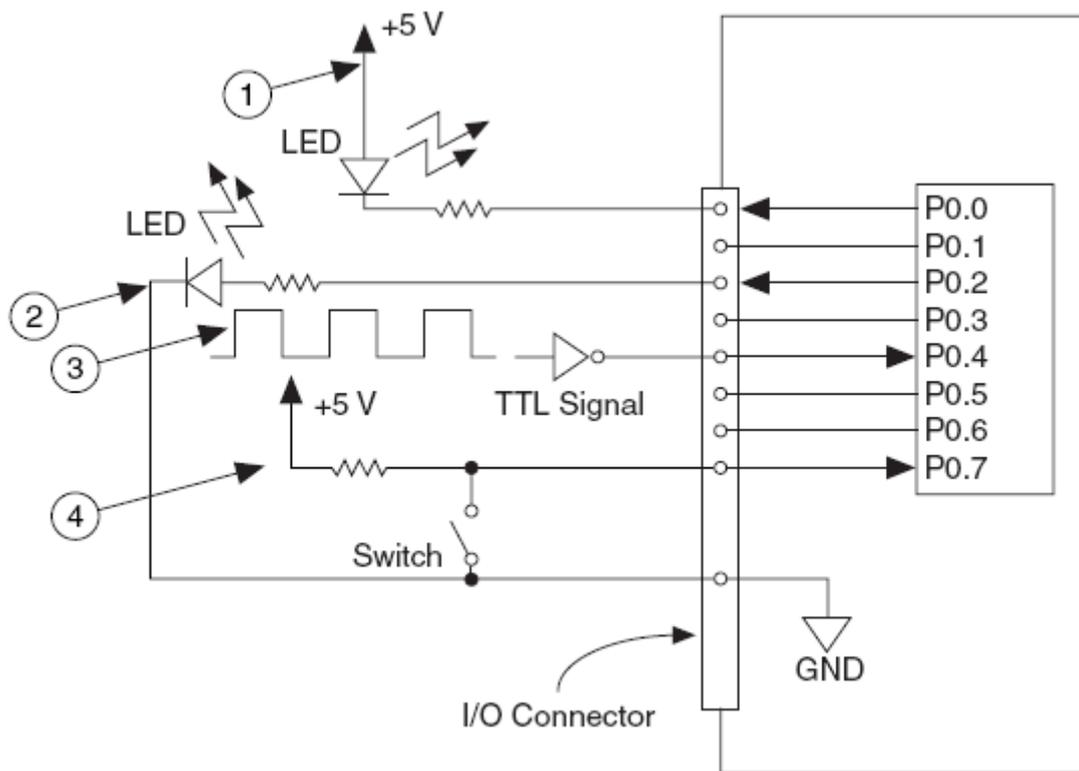


Figure 12. Example of Connecting a Load

- 1 P0.0 configured as an open collector digital output driving a LED.
- 2 P0.2 configured as a active drive digital output driving a LED.
- 3 P0.4 configured as a digital input receiving a TTL signal from a gated invertor.
- 4 P0.7 configured as a digital input receiving a 0 V or 5 V signal from a switch.

Caution Exceeding the maximum input voltage ratings or maximum output ratings, which are listed in the [Specifications](#), can damage the DAQ device and the computer. National Instruments is not liable for any damage resulting from such signal connections.

Source/Sink Information.

The default configuration of the USB-6008/6009 DIO ports is open collector, allowing 5 V operation, with an onboard 4.7 k Ω pull-up resistor. An external, user-provided, pull-up resistor can be added to increase the source current drive up to a 8.5 mA limit per line as shown in Figure 13. The USB-6009 ports can also be configured as active drive using the DAQmx API, allowing 3.3 V operation with a source/sink current limit of ± 8.5 mA. Refer to the *NI-DAQmx Help* for more information about how to set the DIO configuration.

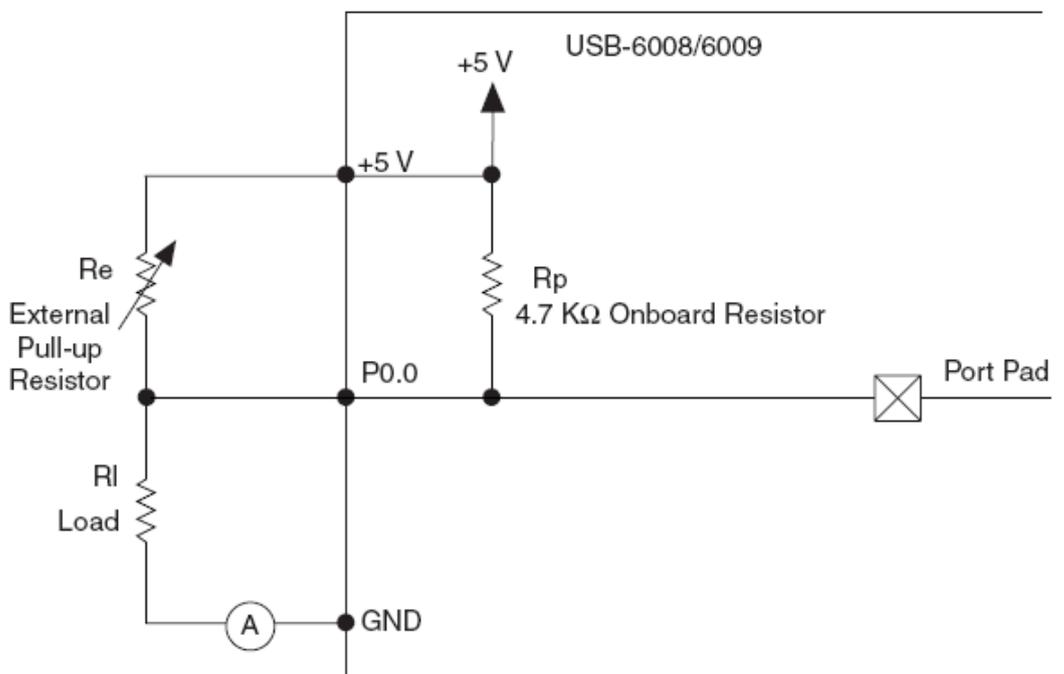


Figure 13. Example of Connecting External User-Provided Resistor

Complete the following steps to determine the value of the user-provided pull-up resistor:

1. Place an ammeter in series with the load.
2. Place a variable resistor between the digital output line and the +5 V.
3. Adjust the variable resistor until the ammeter current reads as the intended current. The intended current must be less than 8.5 mA.
4. Remove the ammeter and variable resistor from your circuit.
5. Measure the resistance of the variable resistor. The measured resistance is the ideal value of the pull-up resistor.
6. Select a static resistor value for your pull-up resistor that is greater than or equal to the ideal resistance.
7. Re-connect the load circuit and the pull-up resistor.

I/O Protection.

To protect the USB-6008/6009 against overvoltage, undervoltage, and overcurrent conditions, as well as ESD events, you should avoid these fault conditions by using the following guidelines:

- If you configure a DIO line as an output, do not connect it to any external signal source, ground signal, or power supply.

- If you configure a DIO line as an output, understand the current requirements of the load connected to these signals. Do not exceed the specified current output limits of the DAQ device.

National Instruments has several signal conditioning solutions for digital applications requiring high current drive.

- If you configure a DIO line as an input, do not drive the line with voltages outside of its normal operating range. The DIO lines have a smaller operating range than the AI signals.
- Treat the DAQ device as you would treat any static sensitive device. Always properly ground yourself and the equipment when handling the DAQ device or connecting to it.

Power-On States.

At system startup and reset, the hardware sets all DIO lines to high-impedance inputs. The DAQ device does not drive the signal high or low. Each line has a weak pull-up resistor connected to it.

Static DIO.

Each of the USB-6008/6009 DIO lines can be used as a static DI or DO line. You can use static DIO lines to monitor or control digital signals. All samples of static DI lines and updates of DO lines are software-timed.

Event Counter.

You can configure PFI 0 as a source for a gated inverter counter input edge count task. In this mode, falling-edge events are counted using a 32-bit counter. For more information about event timing requirements, refer to the Specifications section.

Reference and Power Sources.

The USB-6008/6009 creates an external reference and supplies a power source.

+2.5 External References.

The USB-6008/6009 creates a high-purity reference voltage supply for the ADC using a multi-state regulator, amplifier, and filter circuit. The resulting +2.5 V reference voltage can be used as a signal for self test.

+5 V Power Source.

The USB-6008/6009 supplies a 5 V, 200 mA output. This source can be used to power external components.

Note While the device is in USB suspend, the output is disabled.

Specifications.

The following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted.

Analog Input

Converter typeSuccessive approximation

Analog inputs.....8 single-ended, 4 differential, software selectable

Input resolution

USB-600812 bits differential, 11 bits single-ended

USB-600914 bits differential, 13 bits single-ended

Max sampling rate²³ Single channel

USB-6008.....10 kS/s

USB-6009.....48 kS/s

Multiple channels (aggregate)

USB-6008.....10 kS/s

USB-6009.....42 kS/s

AI FIFO512 bytes

Timing resolution41.67 ns (24 MHz timebase)

Timing accuracy100 ppm of actual sample rate

Input range

Single-ended.....±10 V

Differential±20 V, ±10 V, ±5 V, ±4 V, ±2.5 V, ±2 V, ±1.25 V, ±1 V

²³ Might be system dependent.

Working voltage±10 V

Input impedance144 kΩ

Overvoltage protection±35

Trigger source Software or external digital

Trigger source Software or external digital Trigger

System noise

USB-6008, differential..... 1.47 mVrms

USB-6009, single-ended..... 2.93 mVrms

USB-6009, differential..... 0.37 mVrms

USB-6009, single-ended..... 0.73 mVrms

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±10	14.7	138

Absolute accuracy at full scale, single ended

Range	Typical at 25 °C (mV)	Maximum over Temperature (mV)
±20	14.7	138
±10	7.73	84.8
±5	4.28	58.4
±4	3.59	53.1
±2.5	2.56	45.1
±2	2.21	42.5
±1.25	1.70	38.9
±1	1.53	37.5

Absolute accuracy at full scale, differential²⁴

²⁴ Input voltages may not exceed the working voltage range.

Analog Output.

Converter type.....	Successive approximation
Analog outputs	2
Output resolution.....	12 bits
Maximum update rate	150 Hz, software-timed
Output range.....	0 to +5 V
Output impedance	50 Ω
Output current drive.....	5 mA
Power-on state	0 V
Slew rate	1 V/us
Short circuit current	50 mA
Absolute accuracy (no load)	7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale

Digital I/O

Digital I/O	
P0.<0..7>	8 lines
PI.<0..3>	4 lines

Direction control.....Each channel individually programmable as input or output

Output driver type

USB-6008Open collector (open-drain)

USB-6009Each channel individually programmable as active drive (push-pull) or open collector (open-drain)

CompatibilityTTL, LVTTTL, CMOS

Absolute maximum voltage range.....-0.5 to 5.8 V with respect to GND

Pull-up resistor.....4.7 kΩ to 5 V

Power-on stateInput (high impedance)

Level	Min	Max	Units
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	uA
Output low voltage (I = 8.5 mA) Output high voltage	—	0.8	V
Active drive (push-pull), I = -8.5mA	2.0	3.5	V
Open collector (open-drain), I = -0.6mA, nominal	2.0	5.0	V
Open collector (open-drain), I = -8.5mA, with external pull-upresistor	2.0	—	V

External Voltage

+5 V output (200 mA maximum) +5 V typical, +4.85 V minimum

+2.5 V output (1 mA maximum) +2.5 V typical

+2.5 V accuracy 0.25% max

Reference temperature drift 50 ppm/°C max

Counter.

Number of counters..... 1

Resolution 32 bits

Counter measurements Edge counting (falling-edge)

Pull-up resistor 4.7 kΩ to 5 V

Maximum input frequency..... 5 MHz

Minimum high pulse width 100 ns

Minimum low pulse width 100 ns

Input high voltage 2.0 V

Input low voltage 0.8 V

Bus Interface.

USB specification USB 2.0 full-speed

USB bus speed 12 Mb/s

Power Requirements.

USB

4.10 to 5.25 VDC.....	80 mA typical, 500 mA max
USB suspend	300 μ A typical, 500 μ A max

Physical Characteristics.

If you need to clean the module, wipe it with a dry towel.

Dimensions

Without connectors.....6.35 cm \times 8.51 cm \times 2.31 cm (2.50 in. \times 3.35 in. \times 0.91 in.)

With connectors.....8.18 cm \times 8.51 cm \times 2.31 cm (3.22 in. \times 3.35 in. \times 0.91 in.)

I/O connectors....USB series B receptacle, (2) 16 position terminal block plug headers

Weight.

With connectors.....84 g (3 oz)

Without connectors.....54 g (21 oz)

Screw-terminal wiring16 to 28 AWG

Torque for screw terminals.....0.22 to 0.25 N \cdot m (2.0 to 2.2 lb \cdot in.)

Safety

Standards

The USB-6008/6009 is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1
- CAN/CSA-C22.2 No. 61010-1

Note For UL and other safety certifications, refer to the product label, or visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Voltages.

Connect only voltages that are within these limits.

Channel-to-GND..... ± 30 V max, Measurement Category I

Measurement Category I is for measurements performed on circuits not directly connected to the electrical distribution system referred to as *MAINS* voltage. *MAINS* is a hazardous live electrical supply system that powers equipment. This category is for measurements of voltages from specially protected secondary circuits. Such voltage measurements include signal levels, special equipment, limited-energy parts of equipment, circuits powered by regulated low-voltage sources, and electronics.

Caution Do not use this module for connection to signals or for measurements within Measurement Categories II, III, or IV.

Hazardous Locations.

The USB-6008/6009 are not certified for use in hazardous locations.

Environmental

The USB-6008/6009 device is intended for indoor use only.

Operating temperature

(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2) 0 to 55 °C

Operating humidity

(IEC 60068-2-56) 10 to 90% RH, noncondensing

Maximum altitude 2,000 m (at 25°C ambient temperature)

Storage temperature

(IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2) -40 to 85 °C

Storage humidity

(IEC 60068-2-56) 5 to 90% RH, noncondensing

Pollution Degree (IEC 60664) 2

Electromagnetic Compatibility.

Emissions.....EN 55011 Class A at 10 m FCC Part 15A above 1 GHz

ImmunityIndustrial levels per EN 61326:1997 + A2:2001, Table 1

EMC/EMICE, C-Tick, and FCC Part 15 (Class A) Compliant

Note The USB-6008/6009 may experience temporary variations in analog input readings when exposed to radiated and conducted RF noise. The device returns to normal operation after RF exposure is removed.

CE Compliance.

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows:

Low-Voltage Directive (safety).....73/23/EEC

Electromagnetic Compatibility Directive (EMC).....89/336/EEC

Note Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

1. PINZA AMPERMÉTRICA AC CURRENT PROBE MODEL MN211



The model MN211 is the latest in compact AC current probes. It is designed to meet the most stringent demands in industry and electrical contracting. Model 211 meets EN 61010, 600V, Cat III safety standards and is CE Marked and UL approved.

The Model MN211 has a 0.78” (20mm) jaw opening and can accommodate conductors up to 250MCM. The unique hooked jaw design facilitates clamping and hooking onto conductors. Polycarbonate materials and ultrasonic welding are used throughout to ensure ruggedness and overall lasting reliability.

The Model MN211 uses tape-wound cores to further improve its high and low end performance. Rated at 200Arms it has a measurement range to 240Arms.

FEATURES.

- Small, compact size.
- Measurement range of 0.5 to 240^a.
- Large jaw opening accommodates conductors up to 250MCM.
- Design for DMMs, loggers, recorders and oscilloscopes.
- 40Hz to 10kHz response.
- 1 mAac/ac output signals.
- Designed to EN61010, 600v Cat. III safety standard
- UL approved for Canada and U.S.
- Doble insulation CE Mark

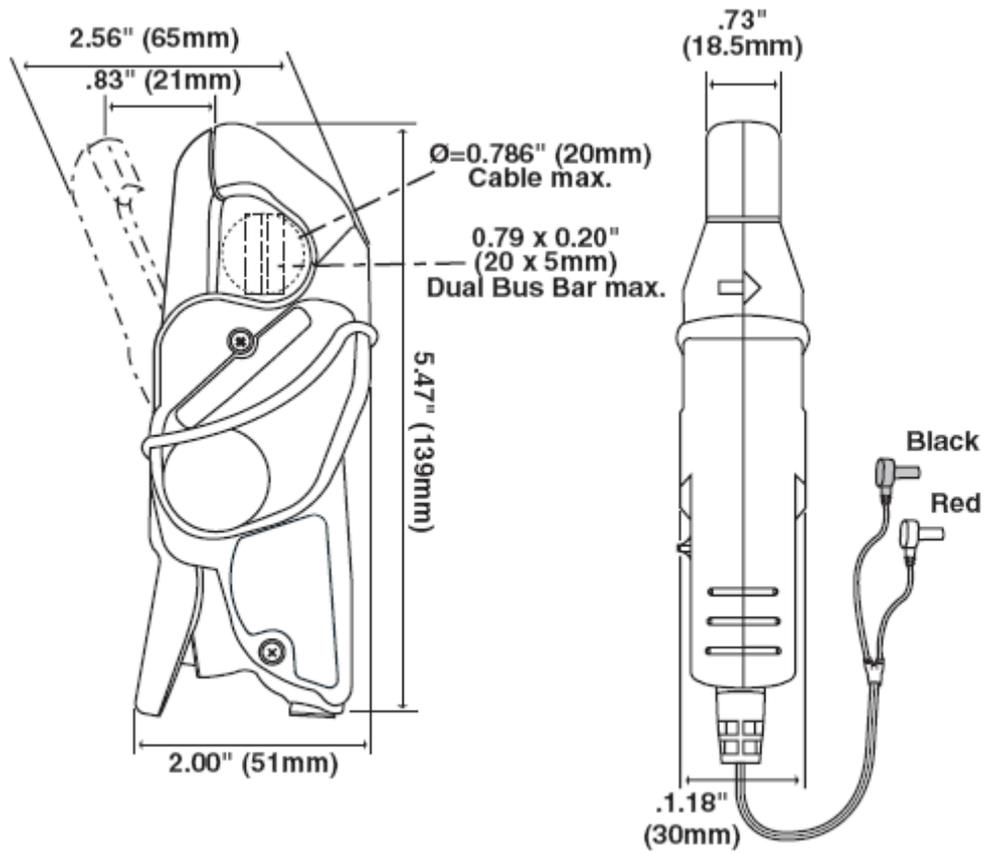
APPLICATIONS.

- Measuring in breaker panels.
- Industrial loads.
- HVAC.
- Residential and commercial sites.
- 5A secondary current transformers (CTs) monitoring.
- Data Logging/recording

SPECIFICATIONS.

MODEL	MN211
ELECTRICAL	
Nominal Range	200A
Measurement Range	0.5 to 240A
Transformation Ratio	1000: 1
Output Signal	1mA/A on 1Ω
Accuracy (200A Range)	
0.5 to 10A	3.0% of Reading ± 0.5A
10 to 40A	2.5% of Reading ± 0.5A
40 to 100A	2.0% of Reading ± 0.5A
100 to 240A	1.0% of Reading ± 0.5A
Phase Shift (200A Range)	
0.5 to 10A	Not Specified
10 to 40A	≤5.0°
40 to 100A	≤3.0°
100 to 240A	≤2.5°
Overload	240A for 10 min ON, 30 min OFF
Frequency Range	40 to 10kHz
Limit Operating Conditions	200A permanently to 1kHz; Derating above 3kHz: 200A x (1/0.333F), F in kHz
Crest Factor	3 @ 200Arms with an error (due to CF) of 4%
Working/Common Mode Voltage	600Vrms
Output Termination	5 ft Lead
MECHANICAL	
Operating Temperature	14° to 131°F (-10° to 55°C)
Storage Temperature	-40° to 158°F (-40° to 70°C)
Operating Relative Humidity	10 to 35°C 85% RH (without roll-off above 35°C)
Jaw Opening	0.83" (21mm)
Maximum Conductor Size	0.78" (20mm)
Dimensions	5.47 x 2.00 x 1.18" (139 x 51 x 30mm)
Weight	6.5 oz (180g)
Polycarbonate Material	Polycarbonate with fiberglass charge, UL94 V0
SAFETY	
Electrical	EN 61010-2-32
Double Insulation <input type="checkbox"/>	Yes
CE Mark	Yes

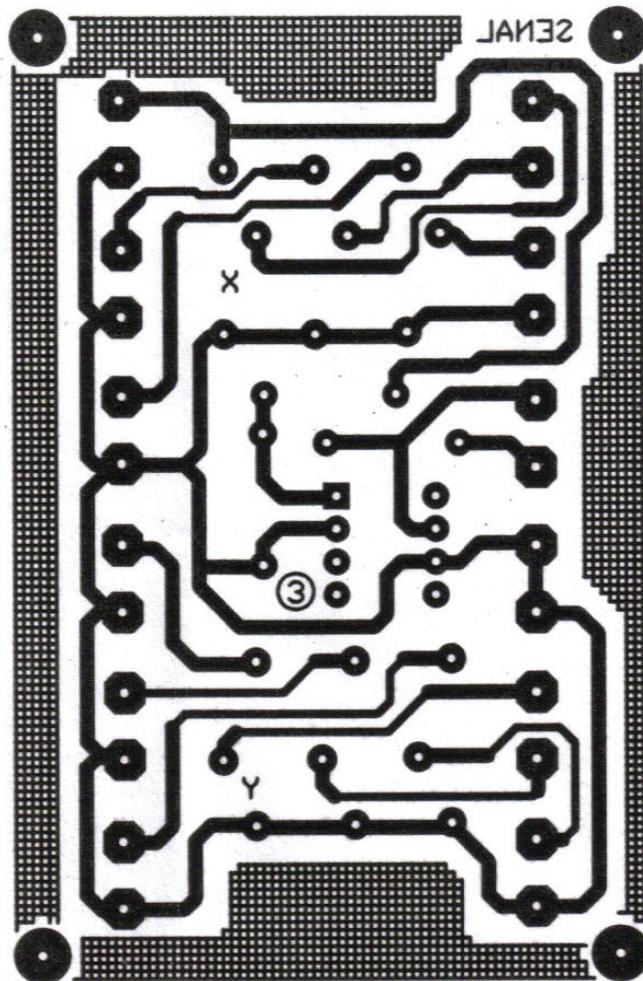
Note: Reference conditions: 20 to 26°C, 20 to 75% RH, external magnetic field <40^a/m, 48 to 65Hz sine wave, distortion factor less than 1%, no DC component, no external current carrying conductor, test conductor, test sample centered. Load impedance > 1Ω.



Leads:
 Double/reinforced
 5 ft (1.5m) lead
 with safety 4mm
 banana plug

ANEXO D

CIRCUITO IMPRESO DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



Latacunga, Junio del 2007

ELABORADO POR:

Carlos Germánico Muso Chango

Segundo Manuel Plasencia Lema

CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRÓNICA

Ing. Armando Álvarez

EL SECRETARIO ACADEMICO

Dr. Eduardo Vásquez