

## INTERFAZ DE MONITOREO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED

**S. B. Jacob<sup>1,2</sup>, G. J. Murcia<sup>1,2</sup>, J. C. Branda<sup>1,2</sup>, J.L. Strack<sup>1,4</sup>, J.A. Suárez<sup>1,2</sup>, E. Garín<sup>1</sup>**

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata

LEyDE (Laboratorio de Ensayos y Desarrollos Energéticos), LIC (Laboratorio de Instrumentación y Control)

Juan B. Justo 4302 CP 7600 Mar del Plata FAX 0223- 4 810046 Tel: 0223 4816600

Email: [sujacob@fi.mdp.edu.ar](mailto:sujacob@fi.mdp.edu.ar)

*Recibido 17/08/14, Aceptado 28/09/14*

### RESUMEN:

En este trabajo se describe la implementación de una interfaz de monitoreo de un sistema fotovoltaico conectado a la red desarrollado mediante LabVIEW 8.2, en el marco del proyecto IRESUD, implementado en la Facultad de Ingeniería de la ciudad de Mar del Plata. Tiene como objetivo ser utilizada para investigación, formación de recursos humanos, y disparador de inquietudes medioambientales relacionadas con la generación y uso de la energía eléctrica en el ámbito universitario y en la comunidad local.

El sistema de adquisición consiste en un analizador de calidad de energía PQube comunicado a una computadora personal mediante Ethernet a través del protocolo Modbus TCP.

El uso de las librerías Modbus y las herramientas de Web Server disponibles, permitieron generar fácilmente una aplicación web para mostrar en tiempo real las principales variables eléctricas de la instalación fotovoltaica. Dada su versatilidad el sistema puede ser replicable a otras instituciones.

**Palabras clave:** generación distribuida, instrumentación virtual, interconexión a la red, sistemas fotovoltaicos, solar.

### INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica en la Argentina es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles como se muestra en la Figura 1. Solo a modo de ejemplo, durante el año 2013, CAMMESA. S.A. en su informe anual, muestra que el 64,1% de la energía eléctrica generada es de origen térmico, el 31,1% es de origen hidroeléctrico, el 4,4% es de origen nuclear y solo el 0,4% es de origen eólico o solar.

En ese mismo año, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) publicó en su informe “Síntesis del Mercado Mayorista Eléctrico”, cuáles son los combustibles fósiles más utilizados, mostrando que el 70,6% de la energía de origen térmico se obtiene de la quema de Gas Natural, el 13,4% de la combustión del Gasoil, el 13,2% del Fueloil y el 2,8% del carbón.

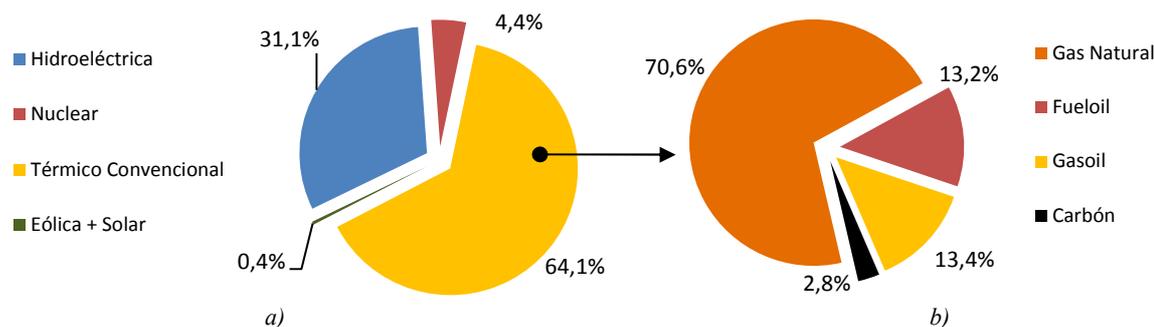


Figura 1: a) Fuentes utilizadas para generar energía eléctrica en la Argentina, año 2013. b) Participación de cada combustible en la generación térmica, año 2013, en unidades equivalentes desde el punto de vista energético.

Paralelamente a esto y como es de público conocimiento, la demanda de energía de los últimos 20 años ha sido siempre creciente (salvo en los años 2002 y 2009), y según la empresa CAMMESA, esta demanda se incrementa a una tasa anual que se ubica entre 2,9% y el 9,2% como se muestra en la Figura 2.

La fuerte dependencia hacia los combustibles fósiles y el constante crecimiento de la demanda eléctrica producen, como es de esperar, un incremento permanente de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, la CNEA afirma que diciembre de 2013 evidenció un incremento del 21,2% en las emisiones en comparación con los valores del 2012, como se muestra en la Figura 3.

<sup>1</sup>Docente UNMDP, <sup>2</sup>Investigador UNMDP, <sup>3</sup>Investigador CONICET, <sup>4</sup>Becario CONICET

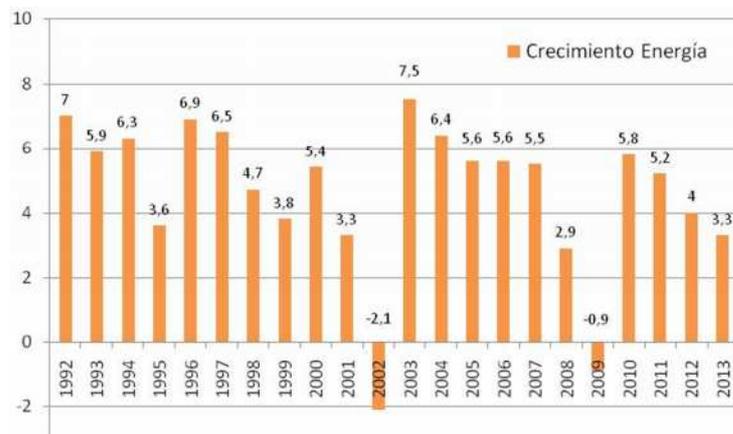


Figura 2: Evolución del crecimiento de la demanda de energía eléctrica en la Argentina de los últimos 20 años.

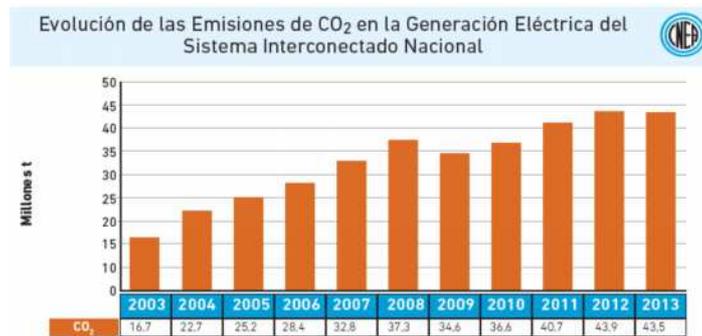


Figura 3: Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los últimos 10 años en la generación eléctrica Argentina.

De lo mencionado anteriormente se entiende que Argentina se enfrenta a un doble desafío: por un lado realizar constantes ampliaciones de la potencia instalada tanto en las centrales como en las líneas de transporte, y por el otro establecer estrategias que permitan la introducción gradual de otras fuentes renovables de energía como la solar y la eólica (Socolovsky et al, 2013) si es que se desean realizar acciones concretas en busca de la protección del medio ambiente.

Una política energética sostenible, que tenga en cuenta los intereses de largo plazo, debería reducir la dependencia de las fuentes no renovables y contaminantes y propiciar el uso de nuevas tecnologías que permitan un balance equilibrado entre éstas y las fuentes renovables y no contaminantes.

Trabajos como los de Jacob y Suárez (2011), han analizado diferentes aspectos del sistema energético, las energías renovables y su contribución a la matriz energética, y el sistema educativo de energías alternativas en la Argentina. Se plantearon la utilización de una matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) como herramienta para el análisis y discusión de los diferentes aspectos intervinientes, y se sugirieron algunas estrategias concretas de acción para aumentar la participación de la energía solar u eólica en nuestro país. Entre las debilidades encontradas que obstaculizan la implementación de estas tecnologías, los autores citaron además de su alto costo, la insuficiente investigación y desarrollo local de las mismas, los escasos recursos humanos formados en el tema, la insuficiente financiación a proyectos de energías alternativas, y el insuficiente relevamiento del recurso eólico o solar que dificulta la toma de decisiones, entre otras.

Con el fin de contribuir a transformar algunas de estas debilidades en fortalezas, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata (FI-UNMdP) decidió participar en el Proyecto IRESUD: “Interconexión de Sistemas Fotovoltaicos a la Red Eléctrica en Ambientes Urbanos”, que tiene entre sus objetivos desarrollar e impulsar el establecimiento de legislación y normativa que promueva en el país sistemas de generación distribuida conectada a la red. La FI-UNMdP participa del proyecto a través de un trabajo conjunto del LEyDE (Laboratorio de Ensayos y Desarrollos Energéticos) y LIC (Laboratorio de Instrumentación y Control) de los Departamentos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica respectivamente.

El proyecto IRESUD, en el que intervienen distintas universidades y entidades oficiales, tiene como objeto impulsar la introducción en el país de tecnologías asociadas a la interconexión a la red eléctrica de sistemas fotovoltaicos (FV) distribuidos en áreas urbanas y periurbanas. A tal fin se propone:

- 1) Desarrollar e impulsar instrumentos de promoción y regulación que promuevan la instalación en el país de sistemas FV distribuidos conectados a la red.
- 2) Instalar sistemas FV en los organismos de ciencia y tecnología involucrados, para análisis, ensayos, determinación de eficiencia y calificación de diseños y componentes del sistema.
- 3) Diseñar, instalar y/o operar sistemas FV piloto ubicados en viviendas, edificios públicos y privados, conectados a la red pública de baja tensión.
- 4) Desarrollar componentes de sistemas FV.
- 5) Formar RRHH en organismos y empresas.

En este marco, la FI-UNMdP adquirió e instaló para investigación y difusión de las energías alternativas 18 paneles solares de 285 Wp en su edificio, junto con 3 inversores provistos por IRESUD que inyectan la energía generada en la red de la Facultad. Este sistema se complementa con un analizador de calidad de energía que registra las principales variables, comunicado vía Ethernet a una computadora personal.

Este trabajo muestra el diseño de una interfaz para presentar en una página web la información recolectada del sistema de generación fotovoltaico. Esta instalación FV además de ser utilizada para investigación pretende ser formadora de recursos humanos capacitados, al actuar como elemento didáctico para distintas asignaturas de la Facultad y a la vez disparador de inquietudes medioambientales relacionadas con la generación y uso de la energía eléctrica en los alumnos de grado, futuros implementadores de esta tecnología a nivel local.

## MATERIALES Y MÉTODO

La instalación fotovoltaica instalada en la FI-UNMdP para fines de investigación y formación de futuros egresados, consta de 3 arreglos de 6 paneles de 285Wp cada uno conectados en serie, lo que hace un total de 1710Wp por arreglo, como se ve en la Figura 4.



Figura 4: Fotografía de la instalación FV tomada el 21 de junio al medio día solar (13 hs.).

Cada arreglo inyecta energía a la red de la Facultad mediante 3 inversores marca SIRIO de 1,5kW. Los parámetros eléctricos se monitorean mediante un analizador de calidad de energía marca PQube, que adquiere todas las magnitudes a la entrada de un inversor y a la salida de los tres inversores, como se muestra en la Figura 5.

A la entrada de un inversor (lado de corriente continua) se utiliza un módulo acondicionador ATT2 y un sensor de efecto Hall (solo se monitorea un arreglo de los tres instalados hasta el momento). A la salida de cada inversor (lado de corriente alterna) se miden las corrientes inyectadas mediante transformadores de medida 50/5A y clase 0,2.

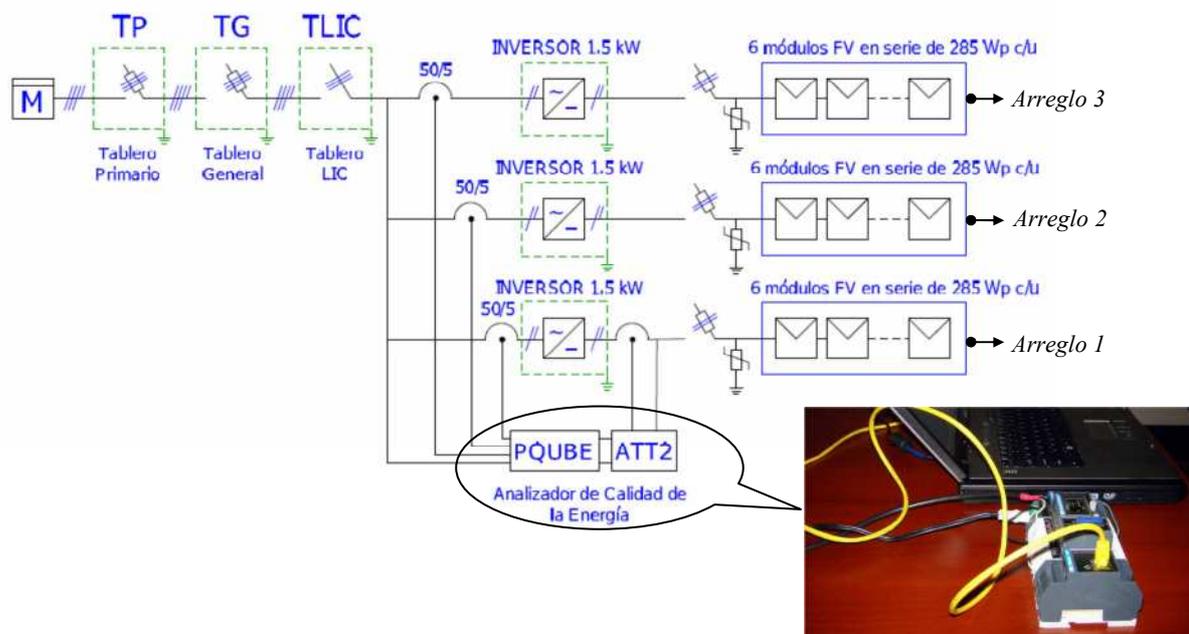


Figura 5: Esquema unifilar de la instalación FV realizada en la FI-UNMdP.

El analizador de calidad de energía fue configurado para almacenar y procesar los datos medidos, realizar estadísticas y guardar eventos asociados con ellos en una memoria SD. Estas mediciones están disponibles en un sitio web propio del instrumento, pero para hacer más amigable su visualización e interpretación se desarrolló un nuevo sitio web utilizando el software LabVIEW de National Instruments en su versión 8.2, comunicado vía Modbus TCP con el mismo.

## IMPLEMENTACION

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

1. es público
2. su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
3. maneja bloques de datos sin suponer restricciones

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales: Modbus RTU y Modbus ASCII.

Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. También existe la versión Modbus/TCP que es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP, utilizando el puerto del sistema 502.

Todos los dispositivos habilitados para comunicación Modbus tienen una lista de “registros Modbus” en donde se almacenan las variables a intercambiar. Por convención, existe una “dirección base” para numerar los registros de esa lista, entonces, en todo dispositivo, cada registro se identifica por un número que indica qué tan lejos se encuentra de la dirección de base. A cada registro se puede acceder en modo lectura, escritura o lecto-escritura por medio de las llamadas “Funciones Modbus” que están estandarizadas. Se recomienda recurrir a [www.modbus.org](http://www.modbus.org) si se requiere profundizar en los detalles de este protocolo.

*Ubicación de los registros Modbus en el analizador de calidad de energía.*

El analizador de calidad de energía PQube utiliza Modbus/TCP para transferir las lecturas a un programa cliente que se ejecute en una computadora. Este es el protocolo utilizado para la comunicación con la nueva interfaz.

Como lo establece el manual de usuario, los registros Modbus de PQube se enumeran desde la dirección base 7000 y tienen 16 bits de longitud. Estos registros se actualizan cada segundo aproximadamente.

La mayoría de las variables eléctricas de interés para este proyecto se almacenan en formato IEEE 754 (es decir, formato de punto flotante de 32 bits de precisión simple) dentro del analizador, por lo que es necesario consultar dos registros de 16 bits para armar uno de 32, y así obtener en una PC el valor de la variable buscada.

La tabla I extractada del manual de usuario muestra algunos de los registros disponibles con su dirección (dada por 7000+offset), la variable que almacenan, su formato, unidad y un comentario de aclaración. Como se puede ver, la tensión de la fase L1 respecto del neutro por ejemplo, se encuentra en dos registros de 16 bits en las direcciones 7008 y 7009, por lo que habrá que consultarlos y “transformarlos” en uno de 32 bits para encontrar el valor de tensión eficaz en Volts.

PQube Modbus Register Table				
Firmware Version 2.0				
Offset	Register	Format	Units	Comments
0-1	L1-E	Float	RMS Volts	L1 to earth - U <sub>rms012</sub>
2-3	L2-E	Float	RMS Volts	L2 to earth - U <sub>rms012</sub>
4-5	L3-E	Float	RMS Volts	L3 to earth - U <sub>rms012</sub>
6-7	N-E	Float	RMS Volts	Neutral to earth - U <sub>rms012</sub>
8-9	L1-N	Float	RMS Volts	L1 to neutral - U <sub>rms012</sub>
10-11	L2-N	Float	RMS Volts	L2 to neutral - U <sub>rms012</sub>
12-13	L3-N	Float	RMS Volts	L3 to neutral - U <sub>rms012</sub>
14-15	L1-L2	Float	RMS Volts	L1 to L2 - U <sub>rms012</sub>
16-17	L2-L3	Float	RMS Volts	L2 to L3 - U <sub>rms012</sub>
18-19	L3-L1	Float	RMS Volts	L3 to L1 - U <sub>rms012</sub>
20-21	AN1-E	Float	RMS Volts	Analog1 to Earth - U <sub>rms012</sub>
22-23	AN2-E	Float	RMS Volts	Analog2 to Earth - U <sub>rms012</sub>
24-25	AN1-AN2	Float	RMS Volts	Analog1 to Analog2 - U <sub>rms012</sub>
26-27	Frequency	Float	Hertz	
28-29	L1 Current	Float	RMS Ampos	A <sub>rms012</sub>
30-31	L2 Current	Float	RMS Ampos	A <sub>rms012</sub>
32-33	L3 Current	Float	RMS Ampos	A <sub>rms012</sub>

Tabla I: Extracto de la tabla de registros Modbus del analizador PQube.

El protocolo TCP (Transmission Control Protocol) se describe en la RFC793 y otras posteriores. Es un protocolo de la capa de transporte orientado a conexión. Como se muestra en la Figura 6, una conexión básica implica tres pasos: abrir una conexión, intercambiar datos y cerrar la conexión (Lajara Viscaíno y Pelegri Sebastián, 2007)

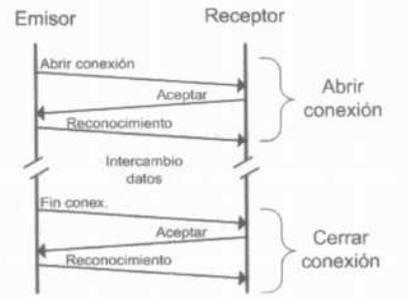


Figura 6: Pasos en una conexión TCP.

Abrir una conexión, intercambiar datos y cerrar una conexión TCP es sumamente fácil desde LabVIEW. Abrir una conexión TCP puede hacerse accediendo a la paleta <Data Communication, Protocols, TCP> y luego seleccionando el sub-vi “TCP Open Connection”, en el que solo es necesario indicar la dirección IP del dispositivo al que se pretende acceder y el puerto especificado (502 para este caso), como se muestra en la Figura 7.

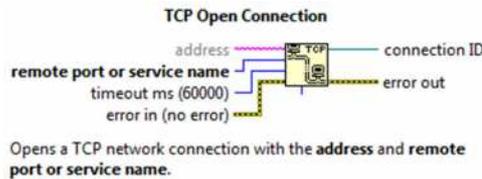


Figura 7: Herramienta para abrir una conexión TCP en LabVIEW.

Una vez abierta la conexión TCP puede recurrirse al uso de la biblioteca NI Modbus para LabVIEW, que es un conjunto de bloques de función que se pueden obtener gratis y brindan comunicación Modbus desde cualquier Ethernet o puerto serial estándar. Esta biblioteca implementa el protocolo Modbus en software y ofrece funcionalidad master y slave. Dentro de esta librería podemos hacer uso de la herramienta “MB Ethernet Master Query Read Holding Registers.vi”, que a partir de una dirección de inicio nos entrega un array con la cantidad de registros solicitados, como se muestra en la Figura 8.

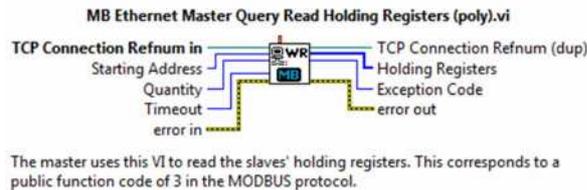


Figura 8: Sub-vi utilizado en recepción de datos vía Modbus TCP en labVIEW.

Cerrar una conexión TCP puede hacerse accediendo a la paleta <Data Communication, Protocols, TCP> y luego seleccionando “TCP Close Connection”.

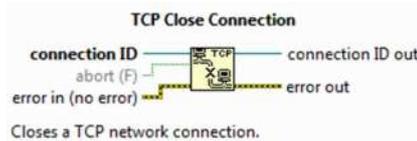


Figura 9: Herramientas para cerrar una conexión TCP en LabVIEW.

La Figura 10 muestra un sub-vi de prueba en el que se programa una toma de datos sobre el analizador PQube cada segundo, utilizando la dirección IP 10.2.11.74 asignada por la red de la FI-UNMdP sobre el puerto 502. A la derecha se observa el array binario que contiene algunos de los registros de 16 bits de la tabla I.

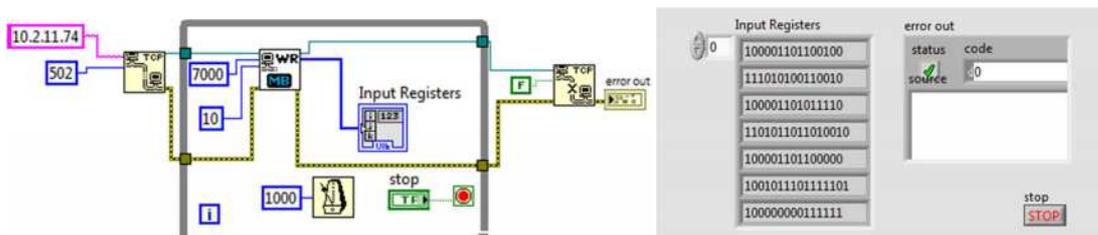


Figura 10: Sub-vi de prueba para la toma de datos vía Modbus TCP en labVIEW.

*Conversión de los registros Modbus a valores decimales.*

Como se mencionó, las variables almacenadas en los registros Modbus de PQube siguen el formato IEEE-754 de 32 bits. La arquitectura del formato IEEE-754 permite armar un número decimal a partir de datos binarios gracias a la siguiente expresión:

$$N = \text{Signo} \times 2^E \times M \tag{1}$$

Donde:

N: es el número en formato decimal de punto flotante

Signo, E y M son valores numéricos que se extraen a partir de una palabra de 32 bits de la manera que se explica a continuación.

Según la norma IEEE-754, los valores de “Signo”, “E” y “M” de (1) se obtienen al procesar los 32 bits de un registro que tiene la estructura de la Figura 11:

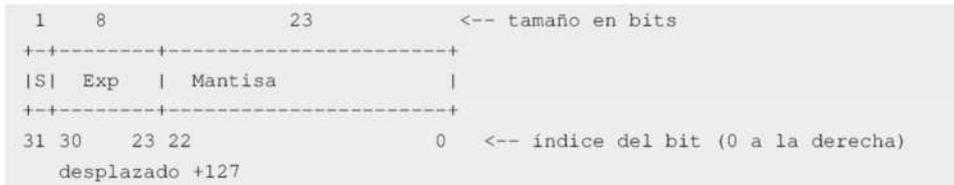


Figura 11: Estructura de un registro de 32 bits utilizado para representar un número de punto flotante en formato IEEE-754.

El valor de “Signo” de (1) está determinado por “S” (el bit más significativo o bit 31 del registro de la Figura 11). Si “S” vale “0” entonces “N” es positivo, si “S” es “1” entonces “N” es negativo. Por lo tanto “S” actúa como un bit de signo.

El valor de “E” de (1) está determinado por “Exp” (8 bits en las posiciones 23 a 30 del registro de la Figura 11). Ya que “Exp” es un número desplazado en 127 para los números normalizados, convirtiendo “Exp” de binario a decimal se puede calcular “E” como lo indica la ecuación 2, al sumarle el número decimal 127 y revertir este desplazamiento:

$$E = \text{Exp}_{10} + 127_{10} \tag{2}$$

El valor de “M” de (1) está determinado por “Mantisa” (los 23 bits menos significativos del registro de la Figura 11). “Mantisa” es un número entre 0 y 1 decimal pero escrito en binario. Representa en el formato IEEE-754 la fracción en binario que va entre los números decimales 1 y 2, por lo tanto, convirtiendo “Mantisa” de binario a fracción decimal y sumándole la unidad se tiene:

$$M = (1 + \text{Mantisa})_{10} \tag{3}$$

El siguiente sub-Vi en LabVIEW 8.2 permite realizar la conversión entre el formato IEEE-754 comentado y el formato decimal, al unir dos registros consecutivos de 16 bit para formar uno de 32. Se ve que distintas compuertas AND actúan como “máscaras” para extraer “S”, “Exp” o “Mantisa”, y luego con distintas estructuras tipo “for”, “case” y “while” se realiza el procesamiento comentado para obtener “N” de la ecuación 1.

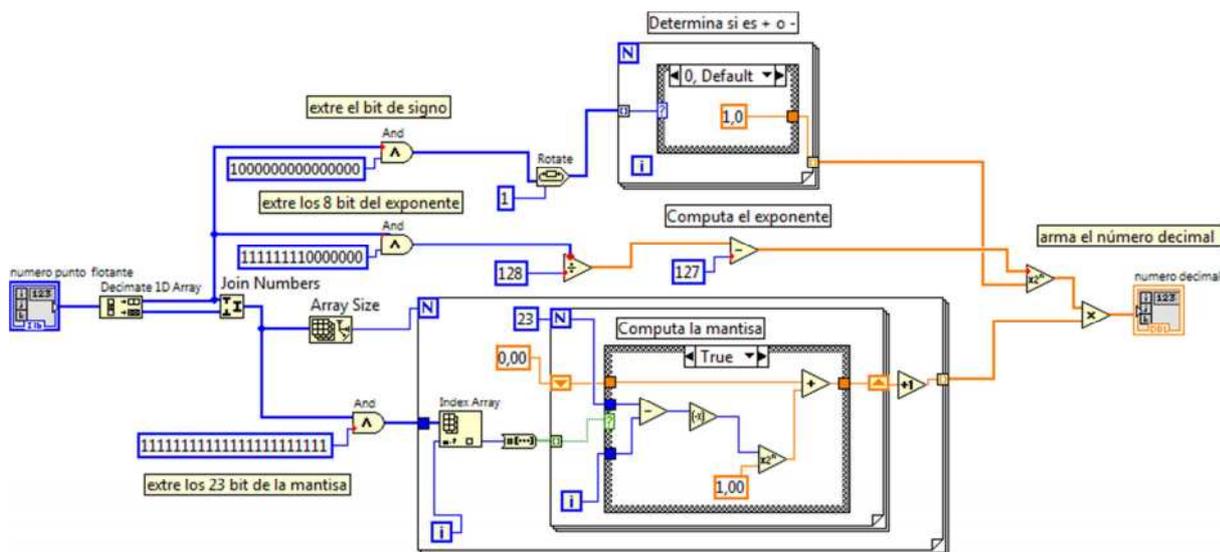


Figura 12: Sub-vi para conversión de datos en formato punto flotante 32bit (IEEE 754) a decimal.

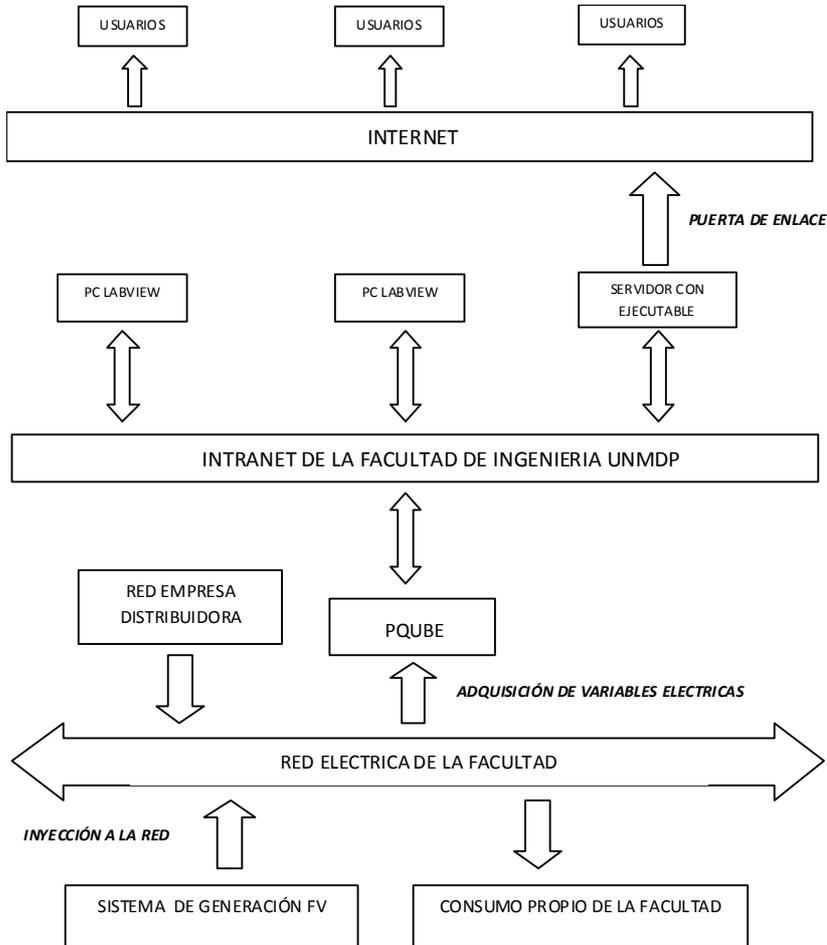
Tomando el sub-vi mostrado en la Figura 10, e incorporándole el sub-vi de la Figura 12 al array de los registros Modbus que se obtienen del PQube, se construyó una aplicación para mostrar en una pantalla los valores más relevantes para la investigación y difusión de los proyectos FV.

*Descripción de la interfaz desarrollada*

La interfaz para mostrar el desempeño de la instalación FV montada en el edificio de la FI\_UNMdp fue desarrollada en LabVIEW 8.2, por su facilidad para crear un archivo ejecutable o un archivo de instalación que permite migrarla a distintas PC que tengan o no instalado dicho software.

Además otra ventaja importante es que fácilmente se puede publicar en la web el panel frontal, al hacer uso de las herramientas de Web Server suministradas por NI, lo que permite crear una página web que facilita el acceso desde dentro o fuera de la Facultad.

En la Figura 13 se muestra un diagrama de flujo que describe el proceso de toma de datos del sistema eléctrico, procesamiento y publicación de los mismos en la intranet de la Facultad y la posibilidad de publicación en internet.



*Figura 13: Diagrama de flujo de datos.*

El panel frontal que ya publicado tiene el aspecto mostrado en la Figura 14 presenta tres secciones principales: la sección izquierda, la central y la derecha.

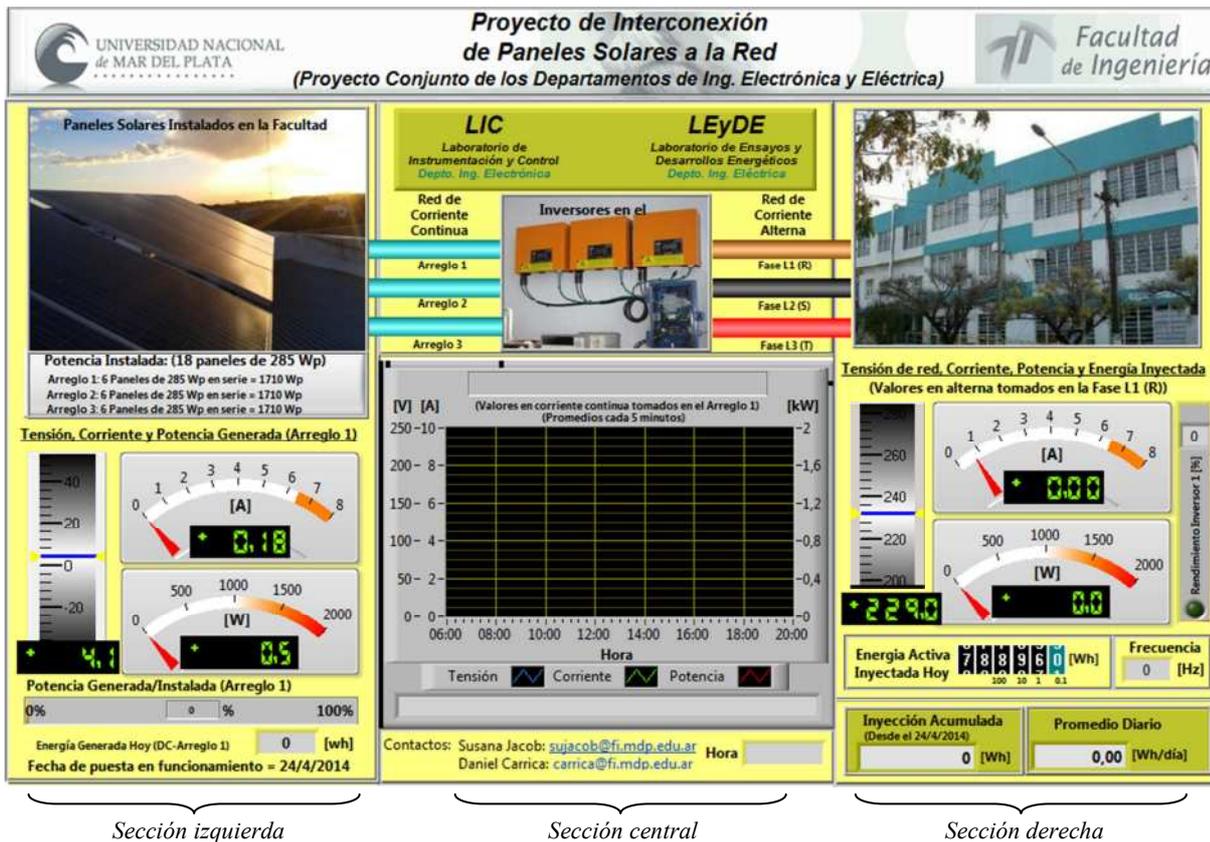


Figura 14: Panel frontal de la interfaz desarrollada publicada en la web.

En la sección izquierda se muestra con distintos indicadores numéricos la tensión, corriente y potencia generada por el Arreglo 1 mostrado en la Figura 4, actualizados cada 1 segundo, junto con un control “Slide” que indica la potencia generada como porcentaje de la potencia instalada. También se muestra la energía eléctrica producida en el día y una serie de imágenes que cambiando cada 10 segundos muestran el proceso de instalación de los paneles fotovoltaicos en la FI-UNMDP.

En la sección derecha se muestra con distintos indicadores numéricos la tensión, corriente y potencia inyectada por el inversor sobre la fase L1, proveniente del Arreglo 1 mostrado en la Figura 4, actualizados cada 1 segundo, junto con un control “Slide” que indica el rendimiento de este inversor al relacionar las potencias de ambos lados del mismo. También se muestra la energía eléctrica inyectada en el día, la energía acumulada y el promedio diario del Arreglo 1.

En la sección central se observa un gráfico que muestra la evolución de la tensión, corriente y potencia generada por el Arreglo 1 a lo largo del día en curso, junto con una leyenda que indica la potencia máxima instantánea generada.

La Figura 15 muestra una imagen del archivo generado con alguno de sus campos. Además, si se detecta una posible falla en el funcionamiento del inversor (que podría descubrirse por la existencia de tensión generada pero no corriente inyectada) se envía un correo electrónico a los encargados de supervisar el sistema, alertando de la situación.

A1	Auxiliar	tiempo[s]												
1	Auxiliar	tiempo[s]	Fecha	Hora	Tension L1[V]	Corriente L1[A]	Potencia L1 [W]	Tension Bus cc [V]	Corriente Bus cc [A]	Potencia Bus cc [W]	Energia Acum L1 [kwh]	Tension Max L1 [V]	Corriente Max L1 [A]	
2	29099	01/07/2014	08:05:01	227,217238	0,215396	3,724043	89,029609	0,162942	9,484418	300935,0938	230,158859	0,1		
3	29399	01/07/2014	08:10:01	220,776003	0,215308	3,662682	91,250837	0,175023	11,348902	300930,375	228,303102	0,1		
4	29699	01/07/2014	08:15:01	226,650046	0,219997	3,649375	151,139368	0,198075	24,145314	300935,6875	227,993866	0,1		
5	29999	01/07/2014	08:20:01	225,407088	0,21278	3,655629	205,214991	0,194136	28,612001	300935,9688	227,272217	0,1		
6	30299	01/07/2014	08:25:01	224,217195	0,228227	6,651504	236,541957	0,203483	36,699047	300936,5313	227,014481	0,1		
7	30599	01/07/2014	08:30:01	222,067129	0,525928	74,61433	218,802246	0,491753	105,00229	300942,7813	224,334015	0,5		
8	30899	01/07/2014	08:35:01	220,147717	0,693629	121,08613	215,960106	0,672368	144,92646	300952,9063	222,169022	0,8		
9	31199	01/07/2014	08:40:01	221,74894	0,853567	164,20384	229,257782	0,871667	200,41006	300966,5938	223,406158	0,9		
10	31499	01/07/2014	08:45:01	222,223312	0,987796	197,942186	230,720159	0,988138	229,28711	300983,1875	223,61235	1,0		
11	31799	01/07/2014	08:50:01	221,61776	1,127281	231,983121	231,042103	1,131171	261,994945	301002,5625	223,509262	1,1		
12	32099	01/07/2014	08:55:01	224,77619	1,242662	263,040671	235,590209	1,260204	298,487193	301024,5313	227,739613	1,3		

Figura 15: Parte del contenido de uno de los archivos generados (mes de julio de 2014) con algunos de sus campos visibles.

En la Figura 16 se muestra el diagrama de bloques de esta aplicación. Como puede verse allí, también se realiza el promedio de todas las variables de interés para el proyecto, y cada 5 minutos se los guarda en un archivo de texto cuyo nombre cambia automáticamente con cada mes.

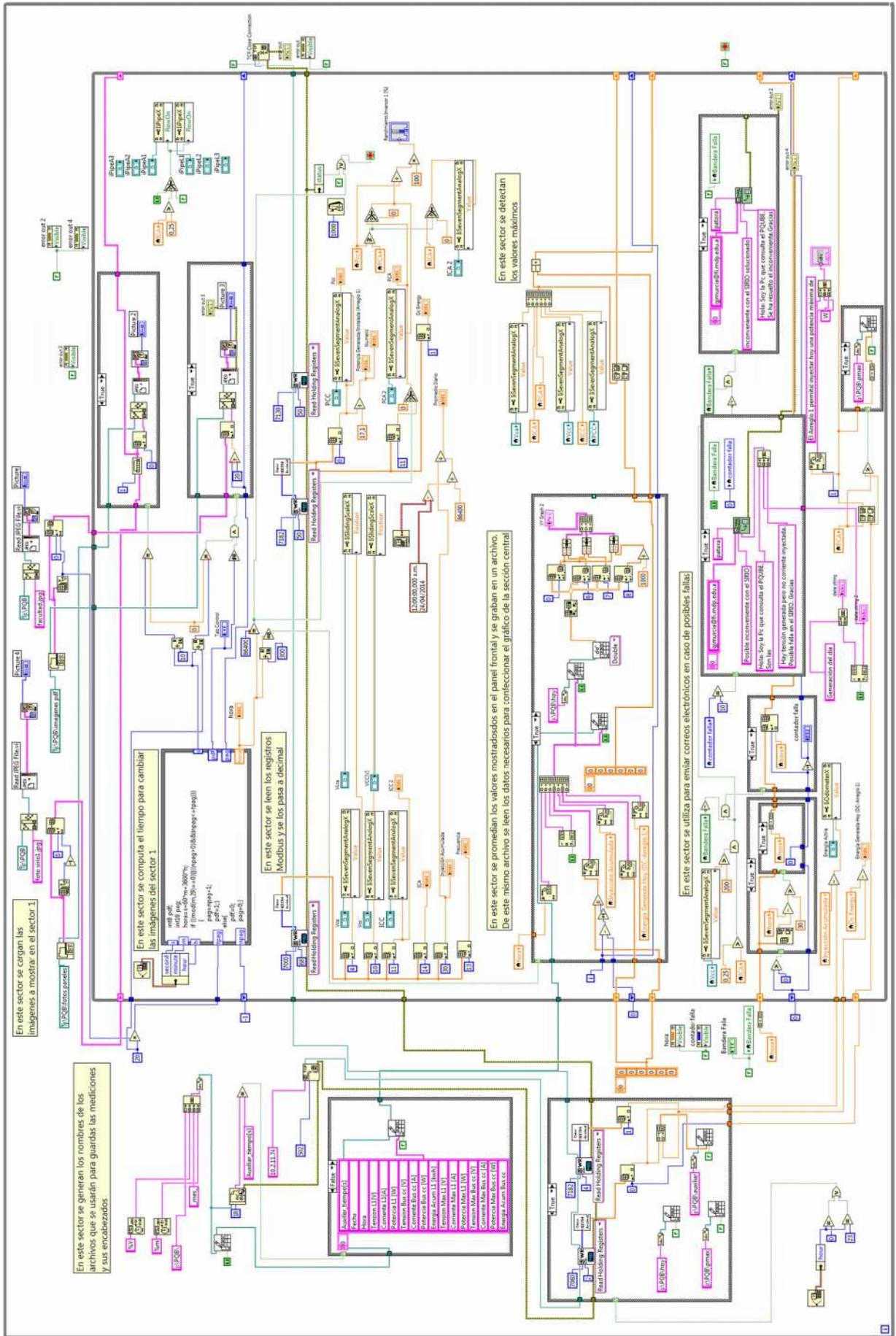


Figura 16: Diagrama de Bloques de la interfaz desarrollada.

## CONCLUSIONES

El uso de las librerías Modbus y las herramientas de Web Server disponibles en LabVIEW 8.2 o superiores permitieron generar fácilmente una aplicación web para mostrar en tiempo real las principales variables eléctricas de la instalación fotovoltaica instalada en la FI-UNMDP.

Procesar las mediciones, mostrarlas en pantalla y posteriormente almacenarlas es de utilidad para la investigación y difusión de las energías alternativas en la formación de grado de los futuros ingenieros.

Las primeras pruebas y exhibiciones preliminares de la interfaz despertaron el interés de alumnos y docentes de diferentes especialidades. Por este motivo se está trabajando para hacerla accesible desde el exterior de la institución en la dirección [www3.fi.mdp.edu.ar/solar\\_mdp.edu.ar](http://www3.fi.mdp.edu.ar/solar_mdp.edu.ar), y desde el hall de acceso de la Facultad, como estrategia de difusión local de los sistemas FV en la ciudad de Mar del Plata.

Si bien el objetivo de este trabajo no es presentar las mediciones efectuadas ni las investigaciones que se deriven de ellas, los resultados preliminares muestran que la energía diaria promedio para el mes de junio de 2014 resultó de 4870 Wh/día por arreglo, para una inclinación de panel de 30° y orientación NORTE, lo que equivale a decir una producción diaria por panel de 810 Wh/día para ese mes. Esto demuestra la potencial utilidad del conjunto interfaz-sistema de adquisición para investigación y difusión, el cual permite ser replicado en otras instituciones que forman parte del proyecto IRESUD que así lo requieran.

Para determinar el efecto de la nubosidad sobre la generación de energía y otros como la presencia de sombras parciales sobre los paneles (shading), ángulos de inclinación u orientación, etc, se espera perfeccionar la interfaz al agregar la medición de aspectos climáticos como temperatura, radiación solar, humedad, etc, aprovechando la versatilidad que ofrecen los instrumentos virtuales proporcionados por LabVIEW.

## REFERENCIAS

- CAMMESA. Informe Anual 2013. Mercado Eléctrico Mayorista, disponible en <http://portalweb.cammesa.com/MEMNet1/Documentos%20compartidos/VAnual13.pdf> al 27 de julio de 2014.
- CNEA. Secretaría de Energía (2014). Informe del Sector Eléctrico, disponible en [http://www.cnea.gov.ar/pdfs/sintesis\\_mem/12\\_2013.pdf](http://www.cnea.gov.ar/pdfs/sintesis_mem/12_2013.pdf) al 27 de julio de 2014
- Socolovsky H., Wortman E., Muñoz S., Di Santo J., Durán G., Martínez Bogado M. y Durán J. (2013). Estado de avance del proyecto "Interconexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica en ambientes urbanos. Acta de la XXXVI Reunión de ASADES. Vol. 1, pp 04.45-04.51, 2013. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5.
- Jacob S. y Suárez J. (2011). Necesidad y Oportunidad para la Enseñanza de Energías Renovables. Noveno Congreso Latinoamericano de Generación y Transporte de Energía Eléctrica, CLAGTEE 2011, Mar del Plata, Argentina. ISBN. 978-85-64689-00-8.
- PQube. Installation & User's Manual. Firmware Rev 2.0. Power Standards Lab. Alameda CA 94501 USA. [www.PowerStandards.com](http://www.PowerStandards.com)
- Protocolo TCP, disponible en [www.rfc-es.org/rfc/rfc0793-es.txt](http://www.rfc-es.org/rfc/rfc0793-es.txt) al 27 de julio de 2014
- Lajara Viscaíno y Pelegri Sebastián, (2007). LabVIEW, Entorno Gráfico de Programación. Editorial MARCOMBO S.A. ISBN 84-267-1426-9.
- IEEE 754: Standard for Binary Floating-Point Arithmetic, disponible en <http://grouper.ieee.org/groups/754/> al 27 de julio de 2014.

**ABSTRACT** In this work the implementation of a monitoring interface of a networked PV system developed by LabVIEW 8.2, IRESUD under the project, implemented in the Faculty of Engineering of the city of Mar del Plata is disclosed. It aims to be used for research, training of human resources, and trigger environmental concerns related to the generation and use of electricity in the university and the local community.

The acquisition system consists of a PQube power quality analyzer connected to PC via Ethernet Modbus TCP protocol. Using the Modbus libraries and tools available Web Server, allow easily generate a web application to display in real time the main electrical variables of the PV system. Given its versatility verified that the system can be replicated in other institutions

**Key Words:** distributed generation, virtual instrumentation, interconnection to the grid, photovoltaic, solar systems