Sistema de monitoreo de variables eléctricas V, I y P

Francisco Javier Enríquez Aguilera[1], Ernesto Sifuentes de la Hoya[1], Juan de Dios Cota Ruiz[1], Lidia H. Rascón Madrigal[1], José Fernando Estrada Saldaña[1], Francisco Javier López Benavides[1]

[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

En este trabajo se presenta un prototipo para un sistema de monitoreo de las variables eléctricas Voltaje, Corriente y Potencia. El prototipo tiene la capacidad de adquirir voltajes y corrientes en tiempo real y calcular la potencia de un sistema de generación de Corriente Alterna (CA). El prototipo presenta una interfaz de usuario realizada en LabVIEW la cual despliega los parámetros de monitoreo e información adicional requerida por el usuario. El prototipo propuesto cuenta con la capacidad de almacenar y graficar voltaje, corriente y potencia en intervalos programados por el mismo usuario.

Palabras clave: LabVIEW, myDAQ, Corriente Alterna, Monitoreo.

Introducción

Con las nuevas tecnologías, energías verdes y la necesidad de no tener una dependencia muy grande de combustibles fósiles como fuente principal de energía surgen alternativas para sustituirlo, uno de estos son los arreglos de Paneles Fotovoltaicos (FV), los cuales a partir de la radiación solar generan electricidad que puede ser usada en hogares o empresas, pero como la radiación no es constante, tampoco lo es la electricidad generada por las mismas, es por esta razón que estar monitoreando la energía obtenida es indispensable, para así poder realizar un intercambio de conexión de la energía a utilizar.

En el trabajo *Wireless Zigbee System For Performance Monitoring of Photovoltaic Panels*, realizado en el 2011 se menciona un sistema de monitorio de desempeño de celdas FV, utilizando un microcontrolador (µC) con un sistema inalámbrico Zigbee. El sistema propuesto puede ser usado para monitorear el desempeño de un arreglo de celdas FV, detectar condiciones de operación no ideales, ya que varios estudios han mostrado la significativa reducción de potencia de salida y degradación del desempeño del "*máximum power point trackes* (MPPT)" bajo condiciones no ideales de operación. En este trabajo se desarrolló un sistema pequeño y de bajo costo que consiste en un µC, un sistema inalámbrico Zigbee y una interfaz gráfica de usuario para proveer el monitoreo de voltaje, corriente y potencia de un arreglo de celdas FV (Rashidi, Moallem, & Vojdani, 2011).

En el 2014 *Remote GSM module monitoring and Photovoltaic System control* consiste en la implementación de un sistema remoto de monitoreo y control de celdas FV, para aplicaciones independientes en un entorno abierto. La novedad de este enfoque se basa en el hecho que no se ve afectado si

se despliegan más sistemas FV. La solución propuesta consiste en 2 partes esenciales, la primera consta de un robusto y confiable sistema de control y medición basado en la arquitectura estrella para una red de sensores controlado por un µC, y la segunda consta de un software diseñado en LabVIEW para el control de los sensores y un sistema de comunicación digital *full dúplex* usando la infraestructura radio móvil (Belghith & Sbita, 2014).

Celda fotovoltaica

Una celda FV, es un dispositivo que convierte la energía solar en energía eléctrica en forma directa, sin la necesidad de piezas móviles o algún tipo de combustión. El efecto FV, es decir, convertir la luz solar en electricidad se produce en materiales conocidos como semiconductores, las cuales son materiales cuya conductividad puede ser modificada, y además generar una corriente eléctrica con cargas negativas, positivas o ambas (Pereda, 2005).

Inversor

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones desde pequeñas funciones como fuentes de computadora hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos, baterías etc. en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados a la red eléctrica o usarse en instalaciones eléctricas aisladas (National Instruments Corporation, (s.f.).

NI MyDAQ

Esta tarjeta pertenece a la compañía *National Instruments*, cuenta con entradas y salidas para señales analógicas, digitales, de audio y para fuentes de alimentación, también contiene un multímetro digital, es una herramienta que sirve para lograr la adquisición de datos entre el medio real y la computadora, se alimenta a través del cable USB (5V) que a su vez es el protocolo utilizado para enviar y recibir los datos (National Instruments Corporation, s.f.b).

LabVIEW

Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench (LabVIEW) es un sistema de desarrollo basado en programación gráfica orientado a desarrollar aplicaciones para instrumentación que integra una serie de librerías para comunicación con instrumentos electrónicos como *GPIB*, RS232 o RS485, con tarjetas de adquisición de datos, sistemas de adquisición y acondicionamiento como *VXI* o *SCXI*, comunicaciones en redes *TCP/IP*, *UDP*, o en los estándares de software *COM*, *OLE*, *DDE*, *DLL* o *ActiveX* para *Windows.* Los programas realizados en LabVIEW se llaman instrumentos virtuales "*VI*" ya que tienen la apariencia de los instrumentos reales, sin embargo, poseen analogías con funciones provenientes de lenguajes de programación convencionales (Hoja de datos de sensor ACS758-100LCB-100B , s.f.).

Sensor de corriente ACS758LCB-100B

Este sensor será el que medirá la corriente en el circuito transformándola a voltaje, tiene dos grandes pines en forma de gancho por donde circula la corriente generando un campo magnético, el resultado estará saliendo del sensor en voltaje ya que por cada ampere que registra enviara 20mV. Para el funcionamiento del sensor es necesario alimentarlo con voltaje de 3.3 V a 5 V y realizar un circuito para su acondicionamiento con un capacitor, el sensor trabaja en un rango de -100A hasta 100A. La figura 1 muestra la apariencia del sensor y la identificación de las patillas.

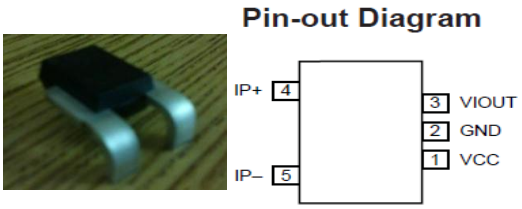


Figura 1. Sensor de corriente ACS758LCB-100B y localización de las patillas.

Diseño e implementación del sistema

El sistema que se propuso a realizar consiste en monitorear el voltaje y corriente para así calcular la potencia de un sistema de generación de CA, mediante un sistema de adquisición de datos independiente que no necesite de una comunicación directa hacia la computadora donde se esté trabajando. A continuación se muestra un diagrama a bloques del proyecto propuesto.

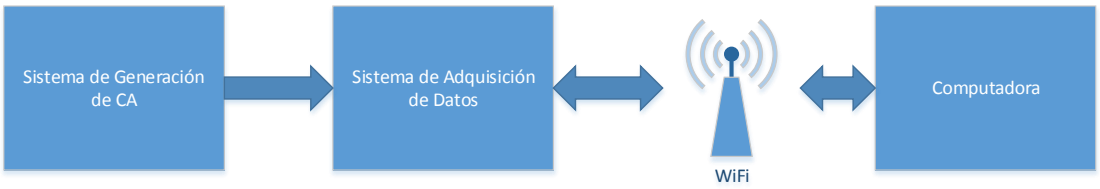


Figura 2. Diagrama a bloques del proyecto propuesto.

Medición de Voltaje

Debido a las características eléctricas de la *NI myDAQ* se optó por utilizar un acondicionamiento para la medición de voltaje, basado en un divisor de voltaje como se muestra en la figura 3, esto con la finalidad de adecuar los valores a medir a las características de entrada de la DAQ y que no sufra algún daño durante su funcionamiento. Además se utilizó un sensor de corriente ACS758LCB-100B.

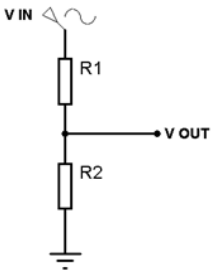


Figura 3. Divisor de voltaje aplicado la fuente de corriente alterna.

Para la determinación de V_{OUT} del divisor fue necesario aplicar la ecuación (1) que es la fórmula del divisor de voltaje:

$$V_{OUT} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot V_{IN} \quad (1)$$

En este trabajo se optaron por utilizar resistencias de precisión, para que su valor fuera más estable a cambios de temperatura, mientras que el voltaje a medir fue tomada de la red de voltaje en la UACJ, sin embargo su valor suele variar en distintas horas del día dependiendo de la demanda que exista en ese momento, por lo que se consideró utilizar un valor de voltaje mayor al que se presenta en condiciones normales. Se propuso que el voltaje pico fuera de 200Vp, cuando en condiciones normales su valor ronda los 180Vp. En caso de un sobre voltaje mayor, el circuito planteado no permitiría que el exceso de voltaje se presentara a la entrada de la myDAQ. Con esto se calcularon los valores de R_1=390kΩ y R_2=10kΩ, con un factor de atenuación regido por la ecuación (1). En este caso el valor máximo que se obtendría con una entrada de 200V_p, sería de 5V, el cual es un valor que se maneja en la entrada análoga de la DAQ.

Posteriormente se decidió añadir una etapa de protección para la tarjeta myDAQ, el cual se conforma de dos diodos Zenner, como se muestra en la figura 4. Con esto se logra utilizar los diodos en polarización inversa como reguladores de voltaje a 5V y en polarización directa pueden conducir la señal a leer siempre y cuando se sobrepase la barrera de potencial del dispositivo. Esto mantiene el voltaje en un rango simétrico dado por el voltaje del zener.

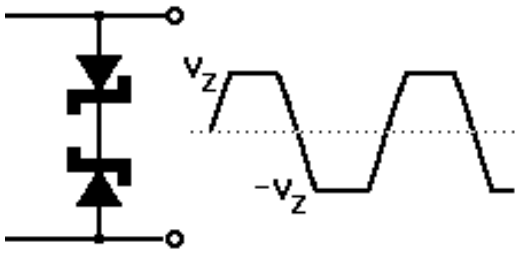


Figura 4. Señal de salida de diodos Zenner.

Medición de Corriente

Después de adquirir el voltaje, obtener la corriente fue el siguiente paso, esto se llevó a cabo utilizando un sensor pequeño para medir la corriente del circuito. Como se había mencionado anteriormente, la tarjeta solamente puede medir voltajes, por lo que para solucionar este problema se buscó un sensor que pudiera convertir la corriente consumida por la carga en voltaje. En este caso fue necesario abrir el circuito y acoplar el sensor de corriente, para posteriormente realizar la medición de voltaje en sus terminales de interconexión, como se presenta en la figura 5

Figura 5. Acoplamiento de sensor de corriente al sistema.

Programación en LabVIEW

La programación realizada presenta varias etapas. En la siguiente figura se muestra una explicación del seguimiento del sistema.

Figura 6. Diagrama de flujo del programa principal.

La identificación consiste en colocar el nombre y el número asignado del usuario para que la adquisición de los datos pueda realizarse. Si el valor introducido es erróneo no iniciara la adquisición de los datos hasta que sea el valor correcto.

En la Adquisición de datos, se inicia la adquisición de la información del voltaje y corriente proveniente de las cargas que se utilizan para ser enviadas a la NI myDAQ.

La información recabada se procesa para obtener el valor real que se desea medir, quitando la atenuación de la medición por software y además quitando un voltaje de Offset que se presenta en el sensor de corriente utilizado. Además, se realiza el cálculo del valor promedio obtenido y su desviación estándar.

Por último la información obtenida se almacena y se grafica en la interfaz de usuario para poder observar el comportamiento cuando se añaden cargas al sistema de alimentación y así poder visualizar el comportamiento de la corriente.

El código de la adquisición de datos en modo manual se presenta en la figura 7.

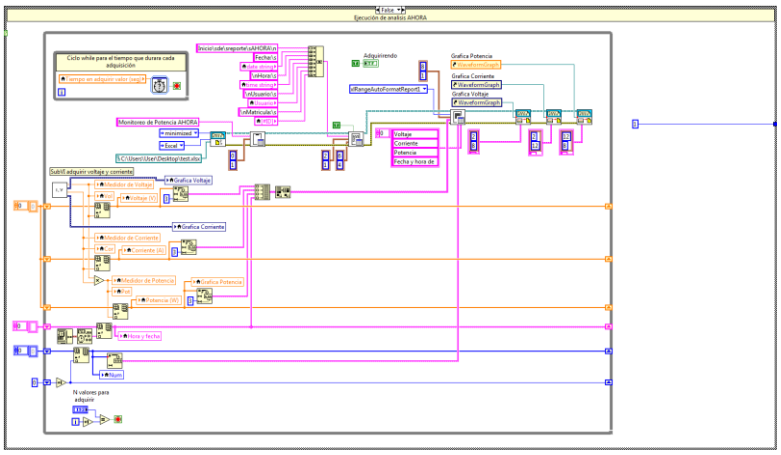


Figura 7. VI de la Adquisición de datos manual.

Este modo de adquisición es manual ya que el usuario lo debe seleccionar, se programó un modo de adquisición automático, donde el usuario puede configurar el día, la hora y la cantidad de muestras a tomar. Las mediciones realizadas se almacenan en un archivo en formato Excel para que puedan ser analizadas posteriormente. En la figura 8 se presenta la programación utilizada para el modo automático.

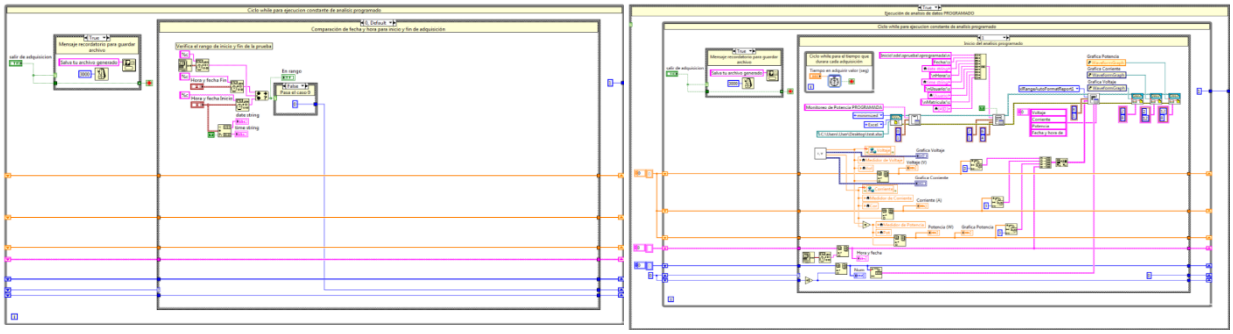
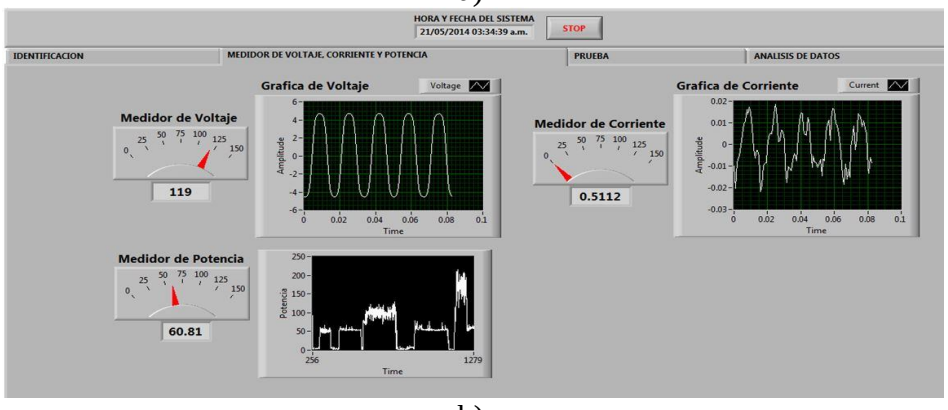


Figura 8. VI de la Adquisición de datos automática.

Parte de la interfaz de usuario se presenta en la figura 9, donde se puede apreciar a) El modo de autentificación y b) La medición en modo manual.

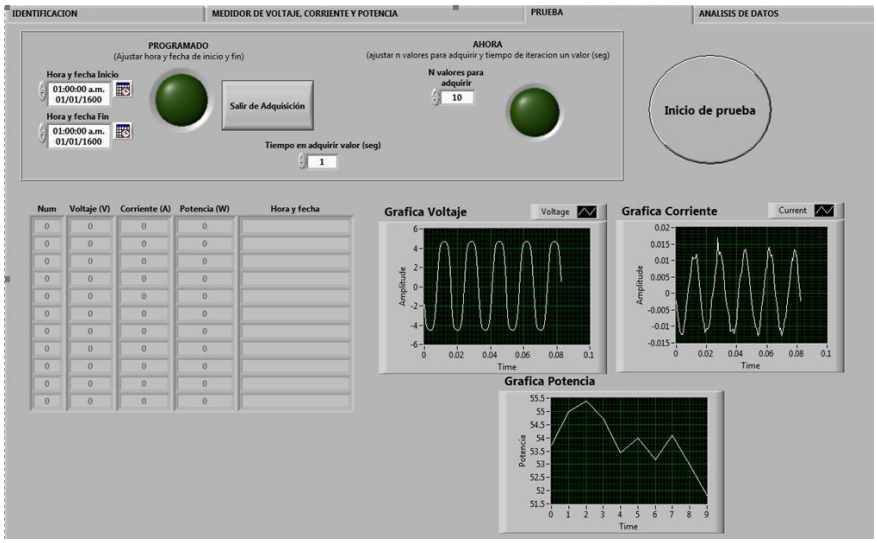
En las figura 10 se presenta la continuación de la interfaz de usuario, a) Medición en modo programado y por último b) la media y desviación de las muestras tomadas

a)

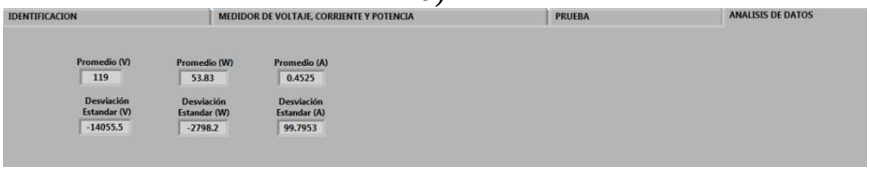


b)

Figura 9. Interfaz de usuario para las pestañas a) Autentificación y b) Adquisición en modo manual.



a)



b)

Figura 10. Interfaz de usuario para las pestañas a) Adquisición en modo programado y b) Análisis de datos.

Resultados y Discusión

En la primer prueba se utilizó un foco incandescente de 60 W (figura 11), para iniciar el análisis se eligió que fuera programado colocando la fecha y hora de inicio y cada iteración se estableció de 20 segundos durante 5 minutos que fue el tiempo que transcurrió para detenerse en la fecha y hora asignada de la prueba y posteriormente se almaceno en una hoja de Excel.

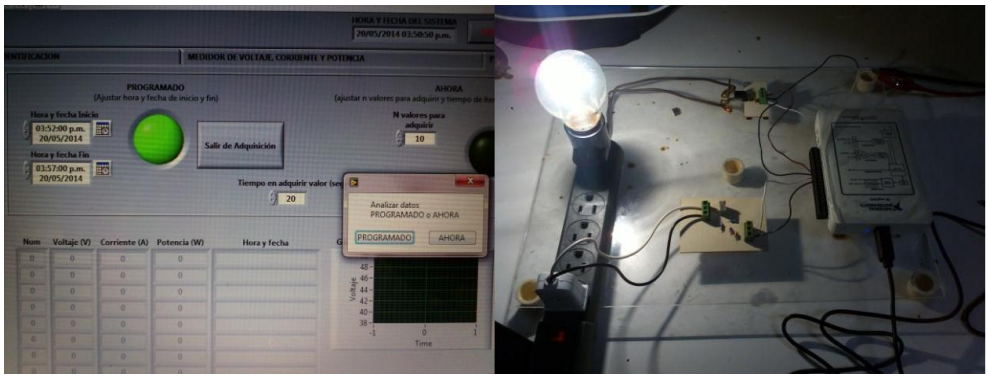


Figura 11. Prueba programada, utilizando un foco incandescente.

Al término de la prueba en la figura 12 se muestran los registros obtenidos de la hoja de Excel.

Inicio de prueba programada
Fecha: 20/05/2014
Hora: 03:52:00 p.m.
Usuario: Luis Castillo
Matricula: 92132

	Voltaje	Corriente	Potencia	Fecha y hora de medición
1	111.872	1.261	141.049	20/05/2014 03:52:00 p.m.
2	113.146	0.51	57.659	20/05/2014 03:52:20 p.m.
3	108.212	0.558	60.419	20/05/2014 03:52:40 p.m.
4	113.796	0.494	56.238	20/05/2014 03:53:00 p.m.
5	111.635	0.611	68.215	20/05/2014 03:53:20 p.m.
6	114.937	0.499	57.378	20/05/2014 03:53:40 p.m.
7	110.094	0.601	66.139	20/05/2014 03:54:00 p.m.
8	110.567	0.631	69.739	20/05/2014 03:54:20 p.m.
9	110.636	0.564	62.447	20/05/2014 03:54:40 p.m.
10	112.476	0.677	76.151	20/05/2014 03:55:00 p.m.
11	113.194	0.518	58.629	20/05/2014 03:55:20 p.m.
12	112.303	0.77	86.489	20/05/2014 03:55:40 p.m.
13	113.648	0.524	59.52	20/05/2014 03:56:00 p.m.
14	114.552	4.558	522.107	20/05/2014 03:56:20 p.m.
15	116.113	0.576	66.937	20/05/2014 03:56:40 p.m.
16	112.302	1.987	223.201	20/05/2014 03:57:00 p.m.

Figura 12. Información de las lecturas almacenadas en una hoja de Excel.

La segunda prueba se realizó utilizando un cautín como carga, en la figura 13 se observa los resultados, se programaron 20 valores cada 5 segundos y sus resultados fueron los siguientes.

	Voltaje	Corriente	Potencia	Fecha y hora de medición
1	112.706	0.428	48.256	20/05/2014 04:58:43 p.m.
2	117.143	0.414	48.509	20/05/2014 04:58:49 p.m.
3	109.501	0.401	43.917	20/05/2014 04:58:53 p.m.
4	111.67	0.838	93.561	20/05/2014 04:58:58 p.m.
5	114.359	2.954	337.85	20/05/2014 04:59:03 p.m.
6	113.115	0.98	110.847	20/05/2014 04:59:08 p.m.
7	114.032	0.586	66.769	20/05/2014 04:59:13 p.m.
8	110.065	0.35	38.551	20/05/2014 04:59:18 p.m.
9	113.207	1.452	164.335	20/05/2014 04:59:23 p.m.
10	111.324	0.382	42.527	20/05/2014 04:59:28 p.m.
11	116.834	4.302	502.647	20/05/2014 04:59:33 p.m.
12	112.531	0.38	42.812	20/05/2014 04:59:38 p.m.
13	117.494	3.314	389.408	20/05/2014 04:59:43 p.m.
14	114.491	0.71	81.261	20/05/2014 04:59:48 p.m.
15	117.558	1.972	231.806	20/05/2014 04:59:53 p.m.
16	117.493	0.389	45.693	20/05/2014 04:59:58 p.m.
17	112.802	0.361	40.72	20/05/2014 05:00:03 p.m.
18	117.928	1.174	138.469	20/05/2014 05:00:08 p.m.
19	110.633	0.374	41.418	20/05/2014 05:00:13 p.m.
20	116.556	1.158	135.006	20/05/2014 05:00:18 p.m.

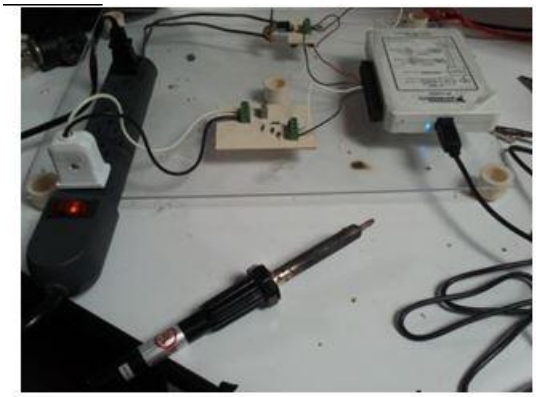


Figura 13. Información de las lecturas, utilizando de carga un cautín.

Conclusiones

El prototipo realizado funcionó correctamente y se pudo medir la potencia que consumen diferentes cargas con ayuda de un sensor de corriente y una tarjeta myDAQ. Se utilizó el software LabVIEW para crear la interfaz del usuario donde se visualizan los resultados de los parámetros de interés. Fue de gran ayuda las aplicaciones de *Report Generation* que contiene el mismo software ya que permitió enviar los datos hacia una hoja de Microsoft Excel donde se realizó el reporte de los

resultados obtenidos. Se logro monitorear de manera satisfactoria la generación y consumo de energía eléctrica que entregan un conjunto de celdas solares y su respectivo inversor.

Como trabajo futuro se tiene contemplado emigrar hacia un proyecto de medición y almacenamiento por medio de un sistema fotovoltaico

Referencias

Belghith, O., & Sbita, L. (2014, March). Remote GSM module monitoring and Photovoltaic system control. In Green Energy, 2014 International Conference on (pp. 188-192). IEEE.

Hoja de datos de sensor ACS758-100LCB-100B, (s.f.). [Online]. Disponible: http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/299824/ALLEGRO/ACS758LCB-100B-PFF-T.html

National Instruments Corporation, (s.f.a). "www.ni.com," [Online]. Available: http://www.ni.com/labview/esa/

National Instruments Corporation, (s.f.b). "www.ni.com," [Online]. Available: http://www.ni.com/pdf/manuals/373061f.pdf

Pereda, I. (2005). Celdas fotovoltaicas en generación distribuida. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial Mención Electricidad, Pontifica Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Santiago de Chile.

Rashidi, Y., Moallem, M., & Vojdani, S. (2011, June). Wireless Zigbee system for perormance monitoring of photovoltaic panels. In Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2011 37th IEEE (pp. 003205-003207). IEEE.