

SISTEMA DE MEDICIÓN Y REGISTRO DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN UNA RED MONOFÁSICA IMPLEMENTANDO MATHSCRIPT

SYSTEM FOR MEASURING AND RECORDING ELECTRICAL VARIABLES IN A SINGLE-PHASE NETWORK IMPLEMENTING MATHSCRIPT

Marcos Daniel Ochoa Carrillo

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
marcos.dan8a@gmail.com

Francisco Javier Enríquez Aguilera

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
fenrique@uacj.mx

Ernesto Sifuentes de la Hoya

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
esifuent@uacj.mx

Gabriel Bravo Martínez

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
gbravo@uacj.mx

Juan de Dios Cota Ruiz

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
jcota@uacj.mx

David García Chaparro

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
dagarcia@uacj.mx

Quirino Estrada Barbosa

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México
quirino.estrada@uacj.mx

Recepción: 26/julio/2024

Aceptación: 15/marzo/2025

Resumen

En este trabajo se presenta la elaboración de una interfaz y prototipo utilizando la tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ para medir los parámetros de salida de un sistema eléctrico; se desarrolló un diagrama de bloques en LabVIEW al que se le integró un bloque de Mathscip para obtener el desfase de las señales, factor de

potencia, corrección de factor de potencia, valores eficaces de las señales, potencia activa, reactiva y aparente, logrando la realización de la interfaz y su adquisición de datos de una forma sencilla de entender para el usuario.

Palabras Clave: Calidad de la energía, Factor de potencia, Mathscript, Red monofásica, LabVIEW.

Abstract

This paper presents the development of an interface and prototype using the NI myDAQ data acquisition card to measure the output parameters of an electrical system; a block diagram was developed in LabVIEW to which a Mathscript block was integrated to obtain the phase shift of the signals, power factor, power factor correction, effective values of the signals, active, reactive and apparent power, achieving the realization of the interface and its data acquisition in a way that is easy for the user to understand.

Keywords: Power quality, Power factor, Mathscript, Monophasic grid, LabVIEW.

1. Introducción

El monitoreo de una red eléctrica es una actividad que ayuda a mantener en buenas condiciones la instalación, y a tener una buena calidad de la energía, esto se logra al supervisar y mantener los parámetros eléctricos dentro de una serie de valores o condiciones deseables. Al conocer los parámetros del sistema, y tener un punto de referencia con el cual determinar el buen o mal estado en que se encuentren dichos elementos, es posible llevar a cabo distintas acciones en beneficio de la instalación. Tales acciones incluyen “la capacidad de diagnosticar incompatibilidad entre la carga y la fuente de suministro de energía, predecir posibles fallas que puede presentar el equipo debido a las condiciones bajo las que se encuentra, o simplemente realizar mejoras en el sistema” [Nägele, 2012].

Para recopilar la información necesaria de una instalación eléctrica existen diferentes medios para lograr tal objetivo, lo cual se determinará en base a las necesidades del sistema. Instalaciones pequeñas requieren menor esfuerzo de parte de quien realiza la inspección, y conforme la instalación crece, también

aumenta la complejidad del estudio, lo que conlleva al punto en que se debe utilizar un método diferente para llevar a cabo dicha tarea. No siempre es posible llegar a una conclusión o a un diagnóstico de manera rápida con la información obtenida en el momento; un estudio apoyado en software es una manera de facilitar dicho proceso, el cual tiene una multitud de ventajas, desde la captura de diferentes parámetros como lo es el voltaje, factor de potencia y corriente, hasta la interpretación de los datos. “La resolución de problemas relacionados con energía involucra una multitud de factores, desde la cuidadosa examinación de la carga, la verificación del cableado, o el monitoreo del equipo mismo, no existe un procedimiento que por sí solo pueda resolver todos los problemas” [Nägele,2012]. Tomando en cuenta lo anterior, implementar un sistema de monitoreo de las variables eléctricas por medio de software es una propuesta viable, de la cual existen precedentes con diferentes plataformas, como lo es LabVIEW. Esta herramienta es considerada para implementar instrumentos de medición, siendo este uno de los puntos clave al momento de elegir con que software implementar el sistema de monitoreo. LabVIEW es un entorno de programación gráfica, el cual se basa en módulos de bloque y así llevar a cabo las operaciones o acciones necesarias para lograr el objetivo propuesto por su usuario [Almidón, 2018]. En el sistema de monitoreo llevado a cabo en [Gancino, 2019], se realizó un prototipo del programa utilizando LabVIEW como base y una tarjeta myRIO-1900 para la toma de mediciones. El programa funciona en base a 3 bloques principales los cuales se encargan de distintas tareas. Estas son, de manera general, los siguientes:

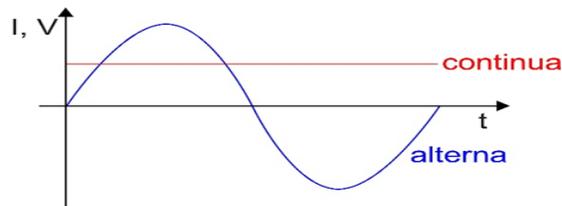
- Adquisición de señales de la fuente, siendo estas corriente y voltaje.
- Cálculo de valores en tiempo real y generación de reportes.
- Medición de valores *RMS*, armónicos, THD, frecuencia, variantes de potencia.

La razón principal para dividir un programa en bloques es evitar que la organización del programa se vuelva caótica y difícil de analizar. Al conocer la función de los segmentos del programa es más sencillo localizar errores o realizar mejoras durante el proceso de desarrollo de este, siendo esta una táctica útil no solamente para la programación, sino para cualquier tarea compleja. Un punto clave del sistema de

medición es la capacidad de detectar los armónicos en la red, los cuales son una consecuencia de tener cargas no lineales en la red [Heydt, 2004]. Dado el impacto que estos pueden tener en la red, el equipo de medición, y la vida útil de las líneas de transmisión, es importante considerar en todo momento estas deformaciones y evitar que salgan de los límites aceptables según las normas. El realizar un análisis de los armónicos en la red, permite llegar a una solución que mitigue su efecto, llevando a los puntos donde estos tienen mayor peso en el sistema. En [Patzán, 2021] se llevó a cabo un estudio de armónicos por medio la plataforma de simulación y programación Matlab Simulink, en el cual se incluye la recomendación de integrar en toda norma el uso de dispositivos para reducir el efecto de los armónicos. Un factor importante con relación a los armónicos es el THD, cuyas siglas en ingles significan Total Harmonic Distortion [Patzán, 2021], el cual representa el porcentaje de deformación de una señal a consecuencia de los armónicos en la red. Tomando en cuenta que un gran número de elementos dentro de la red provocan estas alteraciones, es casi imposible tener una instalación que no se vea afectada, por lo que el enfoque no debe ser evitar los armónicos a toda costa, el objetivo debe ser mantener los armónicos bajo control para que el sistema opere dentro de los límites aceptables. Con la conversión de la señal de analógica a digital se evita un grave problema “pues una señal analógica computacionalmente no puede ser procesar de forma directa, por estar definida, por una serie de tiempo de forma infinita, lo que involucraría tiempo de procesamiento, memoria y recursos infinitos, cosa que no se puede conseguir” [X. Zhou, 2012].

Corriente Alterna

La corriente alterna se define según [Loya, 2012] como “una corriente eléctrica cuyo valor y sentido varían continuamente, tomando valores positivos y negativos en distintos instantes de tiempo” (Figura 1). Este tipo de corriente representa, desde el punto de vista de distribución energética, la opción más común [Gancino, 2019] para llevar grandes cantidades de energía desde los centros de distribución hasta las zonas urbanas e industriales, especialmente cuando la distancia entre ellos es significativa.

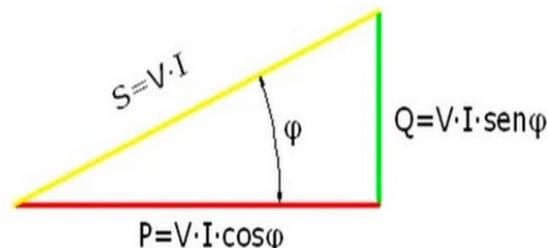


Fuente: Barcón, 2012.

Figura 1 Forma de onda de corriente alterna y continua.

Variables eléctricas:

- Voltaje: Conocido también como tensión eléctrica [Patzán, 2021], se define la magnitud de la fuerza con la que fluyen los electrones a lo largo de un conductor.
- Corriente: Se define según [Patzán, 2021] como la cantidad de carga que atraviesa un conductor durante una unidad de tiempo.
- Frecuencia: Este parámetro representa el número de ocasiones que se repite un fenómeno en una unidad de tiempo determinada. Para el caso de la energía eléctrica, es el número de ciclos en un segundo. De este elemento se puede tomar el periodo, el cual es la cantidad de tiempo en que un ciclo se completa.
- Potencia: Representa la relación que existe entre la corriente y el voltaje representado en la Figura 2, siendo la cantidad de energía entregada en un tiempo determinado.



Fuente: Barcón, 2012.

Figura 2 Triángulo de potencias.

- Cabe resaltar que en corriente alterna la potencia se divide en subcategorías que representan diferentes magnitudes del llamado “triángulo de potencias”. Este triángulo de potencias se puede describir mediante la Ecuación 1

[Barcón, 2012], la cual es la base del cálculo de potencias, donde S es la potencia aparente, Q la potencia reactiva y la potencia activa.

$$S^2 = \sqrt{Q^2 + P^2} \quad (1)$$

Potencia activa

Es la potencia utilizada de manera real o útil, cuya magnitud representa el uso verdadero por parte del equipo que recibe la potencia. Se representa con la letra P , y su unidad corresponde al Watt, Ecuación 2. Se obtiene al multiplicar el valor de la tensión V por el valor de la corriente I , todo esto multiplicado por el coseno del ángulo θ entre la potencia aparente y la potencia activa [Barcón, 2012].

$$P = \cos \theta I \times V \quad (2)$$

Potencia reactiva

La potencia reactiva es aquella que genera un campo magnético, y no se utiliza para realizar trabajo real como en el caso de la potencia activa; esto es a causa de las cargas inductivas y capacitivas en el sistema. La unidad de medida es el VAR, y cuya función es representada por la Ecuación 3 similar a la de la potencia reactiva, pero utilizando el seno del ángulo en lugar de coseno [Barcón, 2012].

$$Q = \sin \theta I \times V \quad (3)$$

Potencia aparente

Finalmente se tiene la potencia aparente, siendo el producto de voltaje por corriente [Barcón, 2012], representa el total de la potencia consumida, y en condiciones ideales un sistema aprovecha la totalidad de esta, por lo que no se considera un ángulo de desfase, Ecuación 4. Una de las razones para utilizar un sistema de monitoreo SCADA es la de mantener la potencia activa con un valor lo más cercano posible al de la potencia aparente.

$$S = I \times V \quad (4)$$

Factor de potencia

El factor de potencia (FP) es un valor que representa la relación entre la potencia

aparente y la activa [Barcón, 2012]. Mientras más cercano sea su valor a 1 (que representa un valor idóneo), mayor es el aprovechamiento de la potencia por parte del sistema, ya que esto indica poco o nulo desperdicio de esta. No cuenta con una unidad de medida al ser un valor representativo de la mencionada relación, cuya expresión matemática [Barcón, 2012] corresponde a la Ecuación 5.

$$FP = \cos \theta \quad (5)$$

2. Método

Se detalla el equipo utilizado en este trabajo, el cual fue seleccionado por su bajo costo, para que así posteriormente pueda ser adquirido por estudiantes, excepto la myDAQ que es un dispositivo de uso académico y es de fácil acceso en las instituciones académicas de nivel superior.

Transformador de voltaje ZMPT101B

Este transformador mostrado en la Figura 3 permite la lectura de voltaje por parte de un Arduino al reducir la tensión a niveles seguros, evitando daños al equipo. El costo de este dispositivo se encuentra en el rango de 70 – 130 *pesos* MXN.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3 Transformador de voltaje.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4 Sensor de corriente.

Sensor de corriente SCT013

El sensor de corriente (Figura 4) permite adquirir el valor de la corriente utilizando un transformador de núcleo dividido. Dentro de sus características se tiene un voltaje de operación de entre 0 a 660 *V*, frecuencias de 50 a 1000 *Hz*, y puede medir hasta los 100 *A*. El costo aproximado de este sensor se encuentra en el rango de 100 – 200 *pesos* MXN.

Dispositivo de adquisición de datos NI myDAQ

La Figura 5 muestra la tarjeta de adquisición de datos con la cual es posible interpretar los datos obtenidos por el transformador, los cuales son procesados y se envían en forma de datos de lectura a LabVIEW. Puede tomar hasta 200 mil muestras/segundo, además de trabajar con tensiones desde los 200 mV hasta los 60 V. También es posible trabajar con corrientes que van desde los 200 mA hasta 1 A. Estas tarjetas son de uso educativo por lo que las universidades facilitan el uso de este material y su costo varía entre los 550 – 600 dólares.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5 Tarjeta myDAQ.

Código en LabVIEW

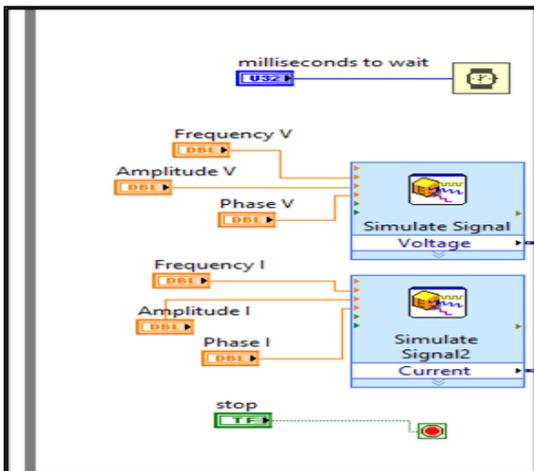
LabVIEW es el medio de programación utilizado para realizar el programa de monitoreo, siendo su versión 2022 la usada para este proyecto. El lenguaje de programación empleado es el G (gráfico), lo que facilita su uso y lectura. El sistema de monitoreo está dividido en 4 bloques principales de código, los cuales llevan a cabo las siguientes funciones:

- Establecer la comunicación entre la tarjeta myDAQ y el programa.
- Obtener el desfase entre corriente y voltaje usando Mathscript.
- Obtener los parámetros de la red en base al desfase.
- Proporcionar el valor del banco de condensadores necesario para corregir el factor de potencia.

Estas acciones se realizan por medio de diferentes bloques o funciones, que van desde la capacidad de leer ciertos datos o convertirlos en otro tipo, hasta operaciones matemáticas (Ecuaciones 3 a 5) para obtener las diferentes potencias.

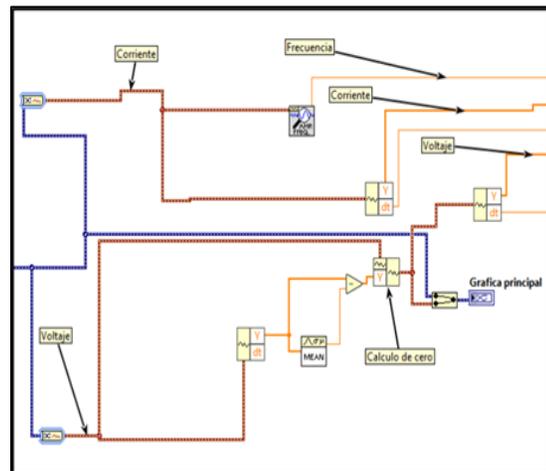
Programa de prueba

El programa de prueba contiene una serie de secciones que aparecen tanto en el programa final, como en la prueba de resultados. Como se menciona en la sección anterior, la señal es simulada, lo que permite verificar las salidas en base a las entradas conocidas. Como se observa en la Figura 6, las señales de entrada se manejan con controles que permiten establecer los valores de los parámetros de la corriente y tensión simuladas, logrando esto por medio de los bloques de simulación de señales senoidales. La siguiente sección mostrada en la Figura 7 es donde los datos son ajustados y convertidos en un formato distinto, de manera que el bloque de Mathscript pueda leerlos de manera adecuada. Se pueden apreciar dos bloques que convierten los datos dinámicos arrojados por la simulación de señales, así como la gráfica que permite visualizar estas señales. la entrada es de tipo diferencial (para eliminar ruido) y por tal razón produce señales que son siempre positivas, y entonces para poder determinar el correspondiente cruce por cero de la señal de origen (alterna) se realiza el cálculo de cero.



Fuente: elaboración propia.

Figura 6 Simulación de parámetros de entrada.

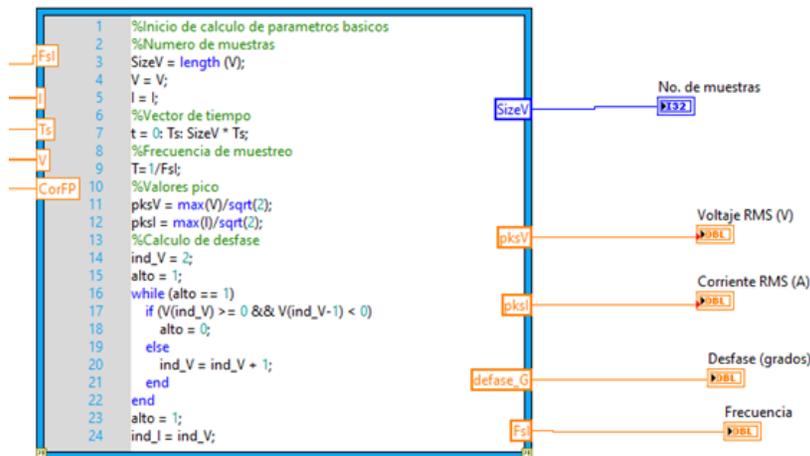


Fuente: elaboración propia.

Figura 7 Conversión de datos.

La parte final del programa de prueba consiste en un bloque de Mathscript, el cual permite ejecutar una serie de comandos de manera textual, parecido al utilizado en Matlab y Octave, el cual se usará para calcular ciertos parámetros de salida en base a los valores obtenidos, siendo en este caso los dados por las señales simuladas.

El código (Figura 8) calcula los valores pico, así como la frecuencia de la señal, y el ángulo de desfase que existe entre el voltaje y la corriente, cuyos valores son comparados contra los valores de entrada de la señal simulada.

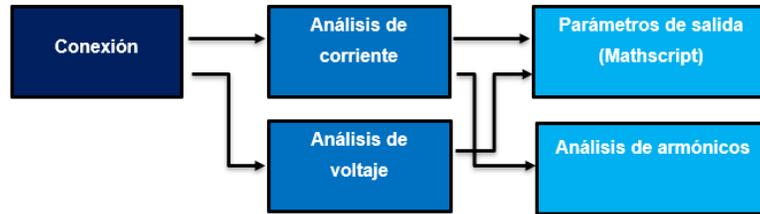


Fuente: elaboración propia.

Figura 8 Algoritmo en modulo Mathscript.

Programa usando la tarjeta de adquisición

El programa de prueba sirve como base para el funcionamiento del programa principal, el cual trabaja utilizando parámetros reales obtenidos a través de la tarjeta de adquisición de datos myDAQ. Dichos datos son proporcionados en tiempo real, siendo procesados por medio de un prototipo que incluye la tarjeta mencionada anteriormente, un transformador de voltaje, un sensor de corriente, y una toma de energía la cual al ser conectada a un foco o a un motor, provocaran ciertos cambios en los parámetros que la tarjeta pueda medir, siendo el objetivo el poder observar cómo estas diferentes cargas afectan al sistema, y este a su vez responde de manera que el factor de potencia se mantenga en el valor deseado por el usuario al proporcionar la capacitancia que sea requerida para corregirla. El programa esta seccionado en 5 bloques principales mostrados en la Figura 9, los cuales se encargan de diferentes funciones y culminan en la interfaz de usuario en la cual se pueden observar los parámetros del sistema. Dichos bloques se encuentran distribuidos dentro del código de manera que la localización de las funciones principales sea de fácil de percibir para el usuario.

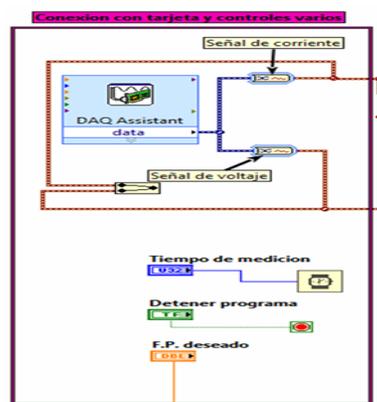


Fuente: elaboración propia.

Figura 9 Arquitectura general del programa.

Bloque de conexión

La función de este segmento inicial del programa es la de realizar la conexión entre el software de monitoreo y la tarjeta de adquisición como se observa en la Figura 10. Se puede observar un botón que sirve para detener el programa, el control de tiempo, para incrementar o reducir la velocidad con la que se procesan los datos, y la variable de corrección de factor de potencia, en la cual el usuario debe ingresar un valor entre 0 a 1. Este último es el valor que se desea sea el actual para el sistema y sirve para obtener el valor de capacitancia necesario para llevar a cabo dicha corrección.



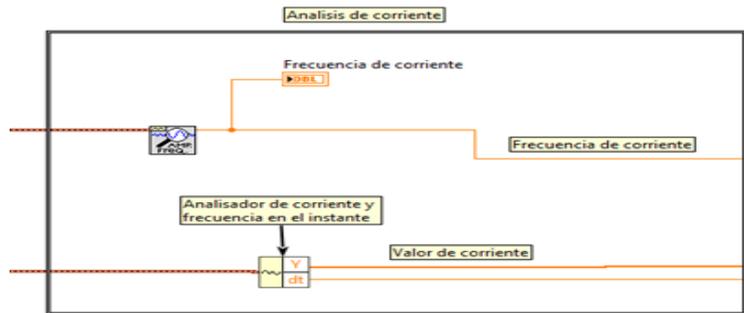
Fuente: elaboración propia.

Figura 10 Bloque de conexión.

Bloque de análisis de corriente

Aquí se realizan operaciones con los datos medidos en el primer canal de adquisición de la tarjeta, siendo la corriente el parámetro medido en dicho canal. En la Figura 11 se obtiene el arreglo de valores para la corriente, su periodo de muestro en la parte inferior, y gracias al bloque de análisis, se consigue medir la frecuencia

de la señal, cuyo valor esperado debe ser de 60 Hz. Estos datos pasan al bloque de Mathscript para su respectivo uso en el cálculo de parámetros que el usuario podrá visualizar.

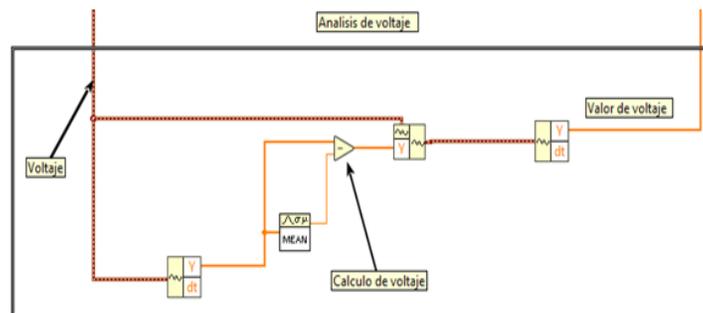


Fuente: elaboración propia.

Figura 11 Análisis de corriente.

Bloque de análisis de voltaje

Los datos proporcionados en el segundo canal de la tarjeta myDAQ son procesados en esta sección del programa. En la Figura 12 se realiza el cálculo del 0 del voltaje para nivelar la señal, debido a que la tarjeta de adquisición de datos no proporciona los valores del ciclo negativo como valores negativos, y esto provoca un desfase gráfico de la señal.



Fuente: elaboración propia.

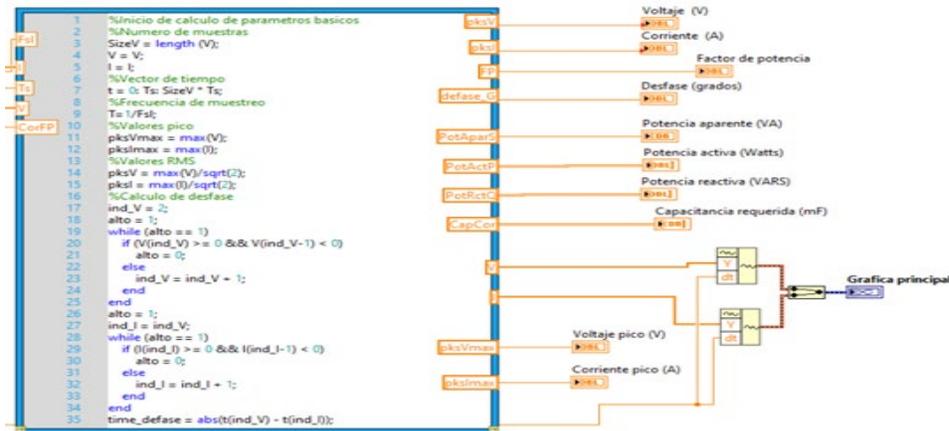
Figura 12 Análisis del voltaje.

Gracias al cálculo de cero utilizando la media de estos valores y los valores pico, se puede realizar esta corrección añadiendo la resta del offset que es igual al promedio obtenido. La información pasa al bloque de Mathscript para su eventual procesamiento.

Bloque de análisis de parámetros

Este segmento mostrado en la Figura 13 es donde los parámetros de las señales son analizados para poder obtener diferentes elementos de salida, los cuales conforman el uso principal del programa de monitoreo: potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva, ángulo de desfase entre voltaje y corriente, tensión RMS/pico, y corriente RMS/pico

Esto se logra mediante un código textual, en el cual es posible apreciar la lógica de programación utilizada para los cálculos de valores o parámetros de salida y puede observarse dentro del módulo de Mathscript. Los valores de corriente y tensión son dados en RMS, el cual “es el valor más importante por considerar en el tratamiento de las señales alternas, para poder operar con ellas, pues con él se obtiene matemáticamente el mismo resultado que operando con valores instantáneos continuamente variables” [Gancino, 2019].

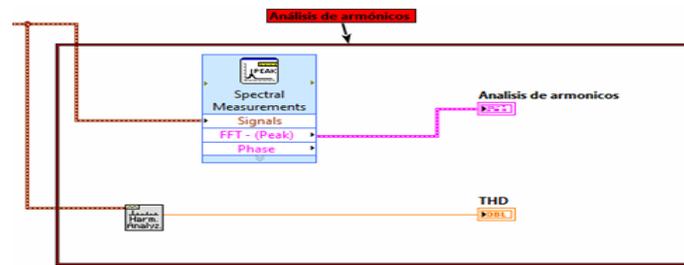


Fuente: elaboración propia.

Figura 13 Código de modulo Mathscript.

Bloque de análisis de armónicos

Finalmente se tiene la última sección del programa mostrada en la Figura 14, la cual consiste en una gráfica para visualizar los armónicos en la red, así como el cálculo del THD, o distorsión armónica total por sus siglas en ingles. Dicha magnitud es mostrada al usuario mediante un indicador numérico en la interfaz de usuario. Esto se calcula utilizando un analizador dedicado, el cual ejecuta la tarea de manera automática.

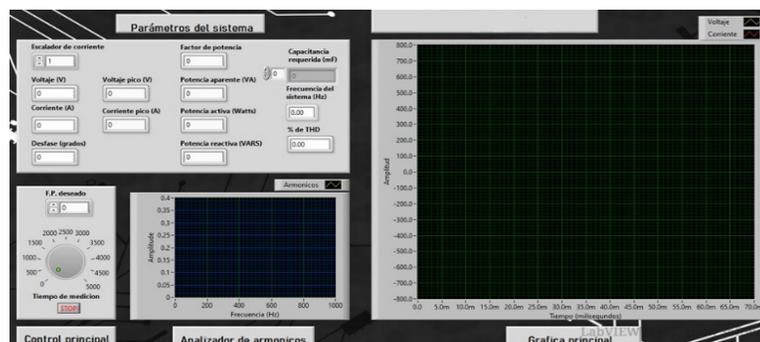


Fuente: elaboración propia.

Figura 14 Bloque de análisis de armónicos.

Interfaz de usuario

Es aquí donde se pueden observar las magnitudes y las gráficas de las señales de corriente, voltaje y armónicos en el sistema. La interfaz contiene un control para la velocidad de muestreo, para capturar el valor del factor de frecuencia deseado, y un botón para detener la corrida del programa de monitoreo. La Figura 15 muestra las gráficas de voltaje, corriente, así como los picos de los armónicos que se encuentran en la red.



Fuente: elaboración propia.

Figura 15 Interfaz de usuario.

3. Resultados

Prueba con carga resistiva

Para la primera prueba con elementos reales se utilizó un foco de 100 W el cual actuó como una carga resistiva dentro de la red. Para la comprobación de parámetros se utilizaron un multímetro Keysight de gancho y un Fluke 117, los cuales permite comparar los valores de voltaje y corriente que calcula el sistema de monitoreo contra aquellos que arrojen los multímetros ya mencionados. Dichas

pruebas se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Comparando ambos resultados en la Tabla 1, se aprecia que los valores resultan similares, lo que demuestra que el sistema funciona adecuadamente en cuanto a la medición de estos parámetros ya mencionados, ya el porcentaje de diferencia entre ambos valores resulta bajo.

Tabla 1 Valores de prueba con carga resistiva.

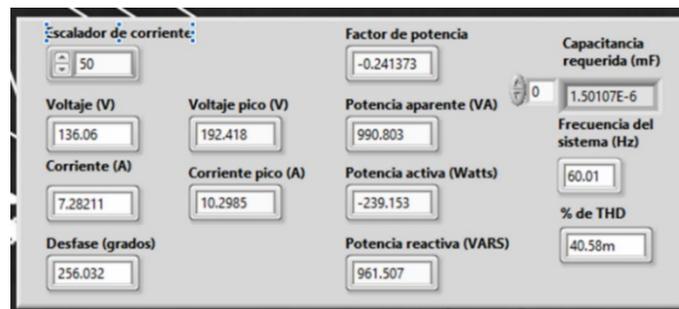
Parámetros	Voltaje (V)	Corriente (A)
Medición con aparatos	135.7	0.77
Medición con programa	135.483	0.7629
% de error	0.16%	0.93%

Fuente: elaboración propia.

Prueba con carga reactiva

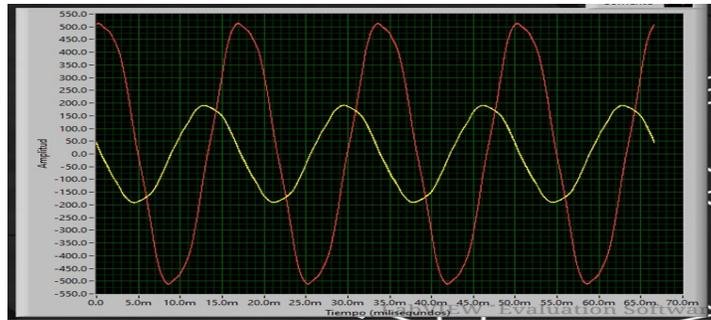
La siguiente prueba fue realizada utilizando un motor de arranque con capacitor, el cual inyecta potencia reactiva al sistema, lo que se traduce en un bajo factor de potencia y, en consecuencia, poca potencia activa. La placa de datos contiene los siguientes datos: 115/230 V, 6.8/3.4 A, 60 Hz y 1/3 hp.

Los resultados de conectar el motor a la red se puede observar en la Figura 16, en la cual se observan diferentes parámetros, así como las gráficas correspondientes en la Figura 17. El factor de escalación para el valor de corriente en la gráfica es el mismo usado en la prueba de carga resistiva, es decir 50 veces su valor real. Los valores capturados en la Tabla 2 de esta prueba fueron igualmente comparados con un sistema de medición alterno para confirmar la eficacia de las mediciones mencionadas.



Fuente: elaboración propia.

Figura 16 Parámetros en sistema de monitoreo en carga reactiva.



Fuente: elaboración propia.

Figura 17 Señales de corriente y voltaje en carga reactiva.

Tabla 2 Valores de prueba con carga reactiva.

Parámetros	Voltaje (V)	Corriente (A)
Medición con aparatos	136.9	7.78
Medición con programa	136.06	7.28
% de error	0.62%	6.43%

Fuente: elaboración propia.

4. Discusión

De acuerdo con los resultados mostrados en las tablas 1 y 2 de la sección anterior, los cálculos del desfase entre ambas ondas senoidales ya sean generadas mediante el Simulate Signal o derivadas de señales reales, se pueden realizar tanto con el Extract Multiple Tone Information.vi como con el algoritmo implementado en el nodo de MathScript. En ambos casos, se observa un porcentaje de error menor al 0.1%. Sin embargo, el nodo de MathScript ofrece la ventaja adicional de calcular y mostrar otras variables relevantes para la evaluación de la calidad de la energía, como el voltaje RMS, la corriente RMS, la potencia activa, la potencia aparente, la potencia reactiva y el factor de potencia. Por lo tanto, resulta más eficiente emplear únicamente el nodo de MathScript, ya que proporciona mayor claridad en la interpretación de estas variables y facilita la visualización del desfase entre las señales mediante las gráficas generadas en LabVIEW. Las ventajas de utilizar el sensor de voltaje ZMPT101B son su aislamiento galvánico, el cual permite realizar mediciones de voltaje en líneas de CA con seguridad. Además, es compacto y presenta un buen rendimiento en aplicaciones de medición de calidad de la energía. Las desventajas de este sensor

de voltaje son que únicamente mide voltaje alterno y no es útil en sistemas de corriente directa. Las ventajas del sensor de corriente SCT-013 incluyen la posibilidad de realizar mediciones sin ser invasivo en el circuito eléctrico. Además, permite mediciones seguras, ya que es un transformador de corriente que proporciona aislamiento galvánico. Sin embargo, sus desventajas son que solo adquiere datos de corriente alterna y, en algunas presentaciones, requiere una resistencia de carga para obtener una señal de voltaje proporcional a la corriente.

5. Conclusiones

Se ha presentado un dispositivo de toma de mediciones en las variables eléctricas de una red domestica monofásica desarrollado en LabVIEW. El software permite realizar operaciones con estos datos para observar los diferentes parámetros de la calidad de la energía de las cargas resistivas e inductivas conectadas a la red.

El programa de LabVIEW consta de 4 diferentes bloques para la adquisición de las señales de la red eléctrica, el análisis de las señales de voltaje y corriente, el procesamiento de los valores de las señales por medio de Mathscript para obtener los valores *RMS*, los valores pico a pico, el desfase entre las señales, así como las potencias y el factor de potencia.

Gracias al bloque con el algoritmo en Mathscript, el programa brinda la posibilidad de observar la capacitancia necesaria para la corrección del factor de potencia al momento de encontrarse por debajo del límite y facilita la comprensión de los distintos términos del triángulo de potencias mostrando los valores instantáneos dejando de lado los cálculos complejos requerido para su obtención, permitiendo enfocarse en los conceptos y fenómenos físicos mostrados en las gráficas del programa. Por lo cual es una de las bases para considerar que el análisis de la calidad de la energía, así como la comprensión del tema como de sus termino, se facilita al implementar dicho programa.

Además, con ayuda de Mathscript se puede ejemplificar procesos reales con el uso de algoritmos desarrollados en Matlab u Octave, que normalmente se utilizan para simular procesos eléctricos.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Barcón, S., Cepeda, R. G., & Martínez, I. (2012). *Calidad de la energía: Factor de potencia y filtrado de armónicas*. McGraw-Hill. <https://books.google.com.mx/books?id=ITchMwEACAAJ>.
- [2] Heydt, G. T. (2004). *Electric Power Quality*. En *The Electrical Engineering Handbook* (pp. 805–810). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012170960-0/50059-1>.
- [3] Julian-Laime, E., & Almidón Elescano, Á. (2018). *Manual de programación LabVIEW 9.0*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2557815>.
- [4] Loya, F. S. L. (2012). *Diseño de un banco de condensadores para la corrección del factor de potencia de la empresa Banchisfoof SA*. [Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1888>.
- [5] Muso Gancino, E. G., & Tipán Sánchez. (2019). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- [6] Nägele, N. (2012). Factores de potencia. *Calidad de la energía eléctrica: Problemas y soluciones*. 1(13), 80.
- [7] Patzán, C. R. G. (2021). *Propuesta de diseño, de un sistema de monitoreo de un motor trifásico de inducción, con rotor de jaula de ardilla, utilizando arduino como interfaz de adquisición de señales mediante labview*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- [8] X. Zhou, J. Liang, W. Zhou, X. Jin, Y. Tong, & R. Cai. (2012). Harmonic impacts of inverter-based distributed generations in low voltage distribution network. 2012 3rd IEEE International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), 615–620. <https://doi.org/10.1109/PEDG.2012.6254066>.