

# **Analizador de redes eléctricas monofásicas usando la entrada de sonido de un equipo de cómputo**

**Jefferson Pérez**

Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Barquisimeto, Venezuela,  
[jeffersonj.000@gmail.com](mailto:jeffersonj.000@gmail.com)

**Víctor Calles**

Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Barquisimeto, Venezuela,  
[victorino89@hotmail.com](mailto:victorino89@hotmail.com)

**Rómulo Pérez**

Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonio José de Sucre", Barquisimeto, Venezuela,  
[rperez@unexpo.edu.ve](mailto:rperez@unexpo.edu.ve)

## **RESUMEN**

Se diseñó un software para el análisis de redes eléctricas monofásicas con el fin de brindarle al usuario una alternativa a muy bajo costo de un equipo de medición que cumpla con las características técnicas de un analizador de redes comercial, a partir de un equipo transductor y un computador. La metodología seguida fue la de diseñar un software en ambiente de programación MATLAB® para el análisis y monitoreo de las principales variables eléctricas. El software es capaz de realizar mediciones precisas en tiempo real, así como también de elaborar un registro prolongado y ajustable a las necesidades del usuario, cubriendo de esta forma las aplicaciones más comunes a la hora de realizar una auditoria o estudio de carga. De igual manera posee una interfaz gráfica para que el usuario interactúe de manera sencilla, rápida y cómoda con el software, permitiéndose obtener toda la información relacionada con el sistema eléctrico de potencia en estudio. Los resultados obtenidos de la validación del prototipo muestran gran exactitud y precisión al ser comparados con un analizador comercial como el Fluke 43B, además de ser de sencilla y económica fabricación e implementación.

**Palabras clave:** Software, MATLAB, prototipo, calidad de energía.

## **ABSTRACT**

It was designed a software for analysis of single-phase electrical networks in order to provide the user with a very low cost alternative to a measuring device that meets the specifications of a commercial network analyzer, from a computer and a transducer device. The methodology was to design software in MATLAB® programming environment for analysis and monitoring of the main electrical variables. The software is able to perform accurate measurements in real time, as well as develop a long and adjustable to the needs of the user registration, thus covering the most common applications when conducting an audit or load study. Likewise has a graphical interface for the user to interact in a simple, fast and convenient way with the software, allowing to obtain all information related to the power system under study. The results of the validation of the prototype shown great accuracy and precision when compared with a Fluke 43B commercial analyzer, as well as being simple and economical manufacture and implementation.

**Keywords:** Software, MATLAB, prototype, power quality.

## 1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de las principales variables presentes en cualquier sistema eléctrico de potencia, es una práctica necesaria para el entendimiento del comportamiento del mismo, análisis y prevención de fallas, y análisis de la calidad de energía. Si bien se cuenta actualmente con equipos capaces de entregar información detallada sobre el comportamiento de la red eléctrica, estos suelen ser de elevado costo y difícil obtención, tanto para profesionales, como empresas y universidades. El propósito de este trabajo es presentar una alternativa a un analizador de redes eléctricas monofásicas, que presente una precisión aceptable respecto a un equipo de alta gama presente en el mercado, a un bajo costo y con alta fiabilidad.

## 2. TRANSDUCTORES

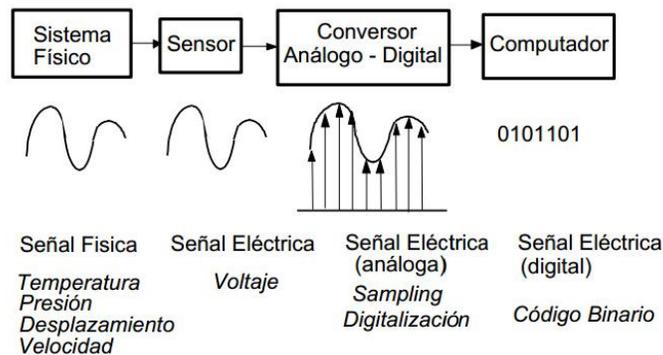
El término transductor ha sido aplicado a dispositivos, o combinaciones de dispositivos, que convierten señales, o energía, de una forma física a otra forma. Más específicamente, en sistemas de medición, un transductor se define como un dispositivo que provee una salida usable, en respuesta a una medida especificada. La medida es una cantidad física, propiedad o condición, la cual es medida, y la salida es una cantidad eléctrica, producida por un transductor, que es función de la medida. (Argañaraz, 2002).

Si bien los transductores actuales suelen estar integrados en una sola pieza, se pueden distinguir, en general, tres etapas en la generación de la salida eléctrica en respuesta a la medida física.

- Sensor: es un elemento que responde directamente a la medida.
- Transductor propiamente dicho: es el elemento en el que se transduce la señal física en una salida eléctrica.
- Circuito de acondicionamiento y procesamiento de la señal: es un circuito, eléctrico o electrónico, que le da formato a la señal entregada por el transductor. Su principal función es linealizar la salida y estandarizarla dentro de los límites de la aplicación. El circuito acondicionador puede estar colocado dentro de la empaquetadura del transductor, o totalmente separado.

## 3. CONVERSIÓN ANALÓGICA-DIGITAL

La conversión analógica-digital (CAD) o digitalización consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión, etc.) y hacer la señal resultante (la digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas. La estructura resumida de la conversión de una señal analógica a digital puede apreciarse en la figura 1.



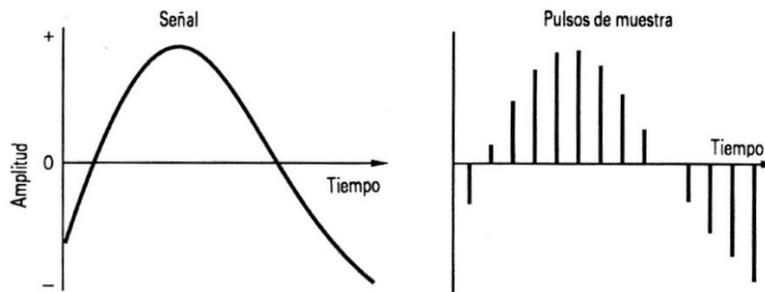
**Figura 1. Proceso de la conversión A/D**

Fuente: Huircán (2005).

Al ser un proceso estructurado, se pueden definir tres etapas para la conversión analógica-digital.

### 3.1 MUESTREO

Toda la tecnología digital (audio, video) está basada en la técnica de muestreo (sampling en inglés). El muestreo digital convierte el voltaje en números (0 y 1) los cuales pueden ser fácilmente representados y vueltos nuevamente a su forma original. Para realizar el muestreo de una señal eléctrica analógica y convertirla después en digital, el primer paso consiste en tomar valores discretos de tensión a intervalos regulares en diferentes puntos de la onda. Durante el proceso de muestreo, las amplitudes de los pulsos se ven modificadas por la amplitud instantánea de la señal analógica. En la figura 2, se observa una señal analógica, y los pulsos de muestra para su equivalente digital.



**Figura 2. Señal eléctrica analógica, y pulsos de muestra de su equivalente digital.**

Fuente: Rumsey y McCormick (1995)

La frecuencia de muestreo de una señal en un segundo es conocida como razón de muestreo medida en Hertz (Hz). La razón de muestreo determina el rango de frecuencias (ancho de banda) de un sistema. A mayores razones de muestreo, habrá más calidad o precisión. Por tanto, una señal cuyo muestreo se realice a 24 kHz, tendrá menos calidad y fidelidad que otra realizada a 48 kHz. Sin embargo, mientras mayor sea el número de muestras tomadas, mayor será también el ancho de banda necesario para transmitir una señal digital, requiriendo también un espacio mucho mayor para almacenar la información digital.

### 3.2 CUANTIZACIÓN

Mientras que el muestreo representa el tiempo de captura de una señal, la cuantización es el componente amplitud del muestreo. En otras palabras, mientras que el muestreo mide el tiempo (por instancia 44,100 muestras por segundo), la cuantización es la técnica donde un evento analógico es medido dado un valor numérico. Por ejemplo:

8 bits equivalen a 256 estados = 48 dB (decibeles)

16 bits equivalen a 65,536 estados = 96 dB.

Entonces, se debe de tomar muestras a tiempos menores y se debe de cuantizar a mayores niveles (bits), si sucede lo contrario suceden errores de cuantización.

### 3.3. CODIFICACIÓN

Después de realizada la cuantización, los valores de las tomas de voltajes se representan numéricamente por medio de códigos y estándares previamente establecidos. Lo más común es codificar la señal digital en código numérico binario con complemento a 2, lo que facilita la representación de muestras por debajo de 0 V.

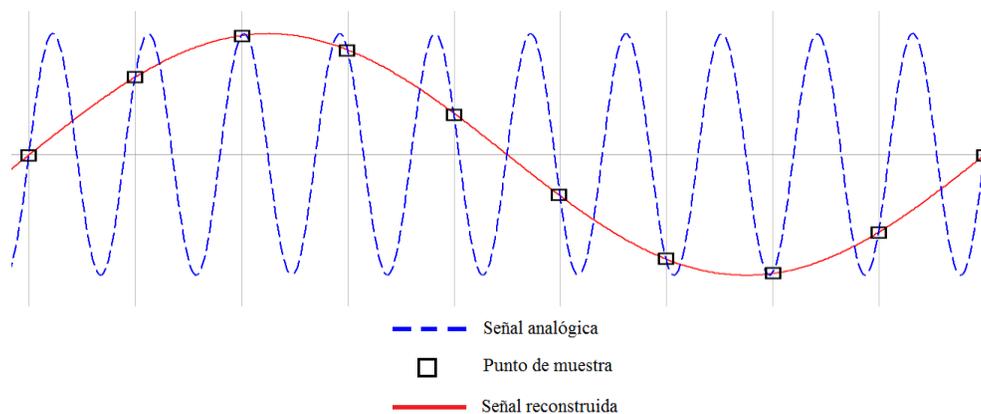
#### 4. TEOREMA DE NYQUIST - SHANNON

Se puede enunciar el teorema de muestreo o teorema de Nyquist para señales limitadas en banda de energía finita de dos modos:

- Una señal limitada en banda de energía que no tiene componentes a frecuencias mayores que  $W$  Hz se puede representar de forma exacta especificando los valores de la señal en instantes de tiempo separados  $T_s=1/2W$  segundos.
- Una señal limitada en banda de energía sin componentes frecuencias superiores a  $W$  Hz se puede recuperar de forma exacta a partir de sus muestras tomadas a una tasa de  $f_s=2W$  muestras por segundo.

La tasa de muestreo  $f_s=2W$  definida para una señal con ancho de banda  $W$  se denomina frecuencia de Nyquist. El teorema de muestreo es la base de la equivalencia entre señales analógicas y digitales.

Si la frecuencia de muestreo es menor que la frecuencia de Nyquist, se produce el fenómeno de aliasing. El aliasing es el efecto que causa que señales continuas se tornen indistinguibles cuando se muestrean digitalmente por debajo de la frecuencia de Nyquist. Cuando esto sucede, la señal original no puede ser reconstruida de forma unívoca a partir de la señal digital. En la figura 3 se representa una señal analógica, muestreada a una frecuencia inferior a la frecuencia de Nyquist.



**Figura 3. Ejemplo de aliasing**

#### 5. TARJETA DE SONIDO

Una tarjeta de sonido es una tarjeta de expansión para computadoras que permite la entrada y salida de audio bajo el control de un programa informático llamado controlador (driver). El típico uso de las tarjetas de sonido consiste en proveer mediante un programa que actúa de mezclador, que las aplicaciones multimedia del componente de audio suenen y puedan ser gestionadas. Una tarjeta de sonido típica, incorpora un chip de sonido que por lo general contiene el convertor digital-analógico. La mayoría de las tarjetas de sonido tienen un conector de entrada o "Line In" por el cual puede entrar cualquier tipo de señal de audio proveniente de otro dispositivo como micrófonos, consolas mezcladoras, entre otros, y luego así la tarjeta de sonido puede digitalizar estas ondas y guardarlas en el disco duro del computador. En cuanto a las características técnicas de la entrada de línea, una tarjeta de sonido estándar tiene una capacidad de recibir señales y digitalizarlas a una frecuencia de muestreo de 44100 Hz, con una resolución de 16 bits.

#### 6. UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)

Universal Serial Bus es una interfaz plug and play entre la PC y ciertos dispositivos tales como teclados, scanner, impresoras, módems, placas de sonido, cámaras entre otros. Una característica importante es que permite a los

dispositivos trabajar a velocidades mayores, en promedio a unos 12 Mbps, esto es más o menos de 3 a 5 veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de 20 a 40 veces más rápido que un dispositivo de puerto serial. La interfaz física está formada por cuatro hilos: dos para la alimentación, +5V (Rojo) GND (Negro), capaces de entregar hasta 500mA, y dos para datos, D+ (Verde) y D- (Blanco). La transmisión de datos se hace de forma diferencial (Intel and Microsoft 1998).

## **7. CONCEPCIÓN DEL PROTOTIPO ANALIZADOR DE REDES**

Bajo los parámetros teóricos previamente estudiados, se concibió la idea de elaborar un equipo analizador de redes eléctricas, utilizando la entrada de sonido del computador y aprovechando el conversor A/D que este posee, para el procesamiento y análisis de la señal ingresada por medio de un software especializado que permita la interpretación de los datos, y realice los cálculos pertinentes para determinar la magnitud de las variables intrínsecas del sistema eléctrico (Pérez y Calles, 2014).

El oído humano es capaz de escuchar frecuencias entre 20 Hz y 20000 Hz. Por lo tanto, los equipos de grabación y reproducción de sonido, están especializados para capturar y reproducir frecuencias en al menos este rango. Dado a que las señales que recibe la entrada de línea de la tarjeta de sonido son señales eléctricas, y que las redes eléctricas funcionan a una frecuencia fundamental de 50 Hz ó 60 Hz, resulta factible la idea de traducir las señales de tensión y corriente de la red eléctrica para ser ingresadas como una señal analógica por medio de la entrada de línea del computador. Adicionalmente, la entrada de línea es de tipo estéreo, por lo tanto, es posible ingresar dos señales distintas al mismo tiempo, y obtener información sobre sus amplitudes y desfase entre ellas.

Inicialmente, se procedió a evaluar el nivel máximo de tensión admisible por la entrada de línea estéreo de la tarjeta de sonido del ordenador. Según Intel y Microsoft (1998), el nivel máximo de la entrada de sonido es igual al nivel máximo admisible por la salida del mismo. Si se quiere ingresar o extraer señales con amplitudes por encima de este nivel, resultará en el truncado de la señal, tanto de entrada como de salida, según sea el caso. Cabe destacar que si la señal entrante tiene un nivel suficientemente alto, puede resultar en el deterioro de los componentes que conforman el hardware de sonido.

Una vez determinado los niveles admisibles, y la comprobación de la factibilidad de sensar dos señales simultaneas sin pérdida de información, se procedió a elegir el equipo transductor, y el diseño de las protecciones.

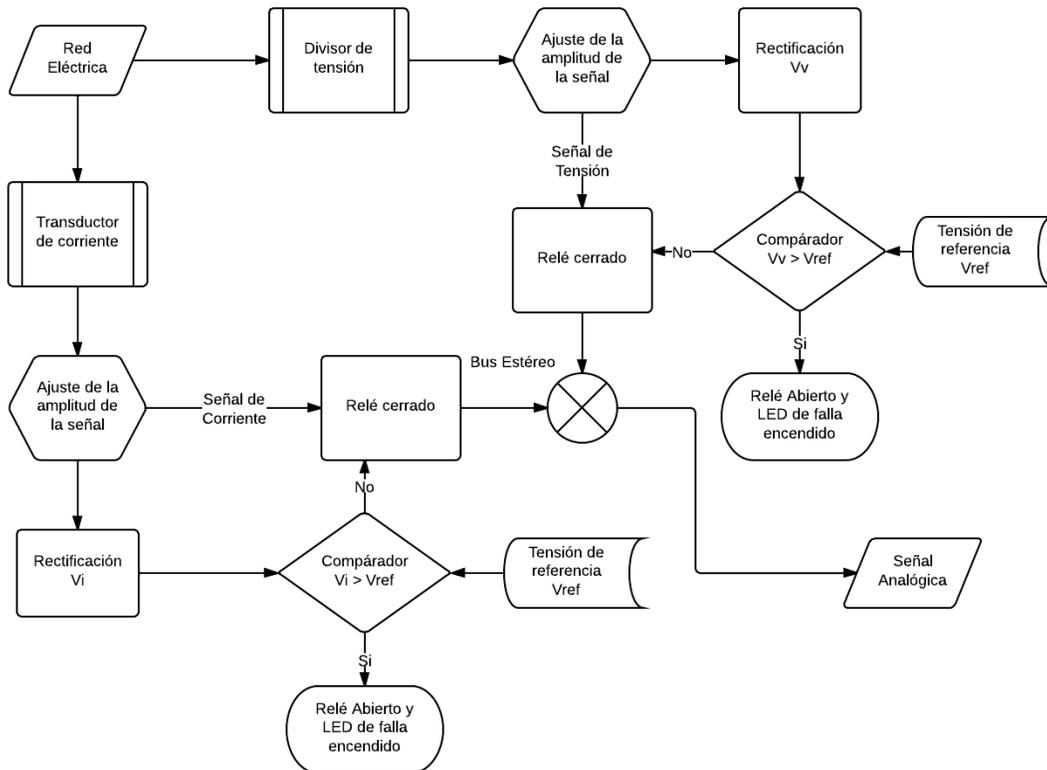
## **8. DISEÑO DEL EQUIPO TRANSDUCTOR Y ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL Y PROTECCIONES**

El hardware diseñado parte de la necesidad de adecuar las señales de tensión y corriente de la red eléctrica, a una señal de tensión estéreo análoga a estas, considerando que el nivel máximo no debe superar la tensión máxima admisible por la línea de entrada del ordenador.

El diseño del circuito de protecciones es similar a un protector de tensión comercial. Permitirá, por medio de relés, el paso de la señal medida al ordenador si la tensión de entrada es inferior al límite previamente establecido. Esta tensión límite corresponde a una tensión con amplitud inferior al nivel máximo admisible por el ordenador, con la intención de que el punto de operación del equipo no coincida con el nivel límite máximo de la entrada de sonido. Para alimentar el circuito de protecciones, se hizo uso de los 5V que ofrece el puerto USB del ordenador.

Con respecto a los equipos transductores, se diseñó un divisor de tensión resistivo para adecuar una señal de tensión de hasta 600 V a niveles admisibles por el equipo. Para la señal de corriente, se utilizó el transductor de una pinza amperimétrica comercial, modificada para tener acceso a los terminales de la bobina, que es donde se induce la tensión producto del campo magnético generado por la corriente sensada. Igualmente, la señal de salida se adecuó por medio de un circuito divisor de tensión resistivo, para obtener una medición máxima de 400 A (corriente para la cual está diseñada la pinza), sin sobrepasar el nivel de referencia del circuito de protecciones.

Un esquema del funcionamiento del hardware diseñado puede verse en la figura 4.



**Figura 4: Diagrama de flujo del Funcionamiento del Hardware.**

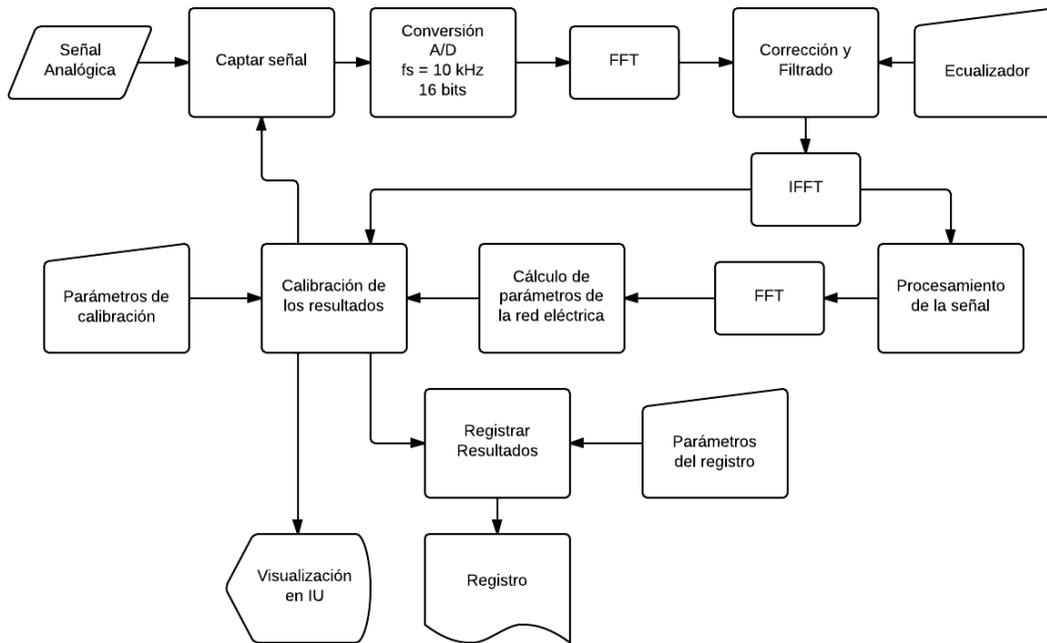
## 9. DISEÑO DEL SOFTWARE

Una vez obtenida una señal que pueda ser interpretada por el ordenador, se procedió a la programación de un software capaz de realizar el análisis de los datos obtenidos de la red eléctrica. Para ello, se hizo uso del entorno de programación que ofrece MATLAB®. En este ámbito se comenzó con la observación y registro de toda la gama de variables que maneja el analizador de redes Fluke 43B, ver sus limitaciones visuales, alcances y su entorno gráfico, y analizar toda la información técnica necesaria presente en el manual propio del equipo, elaborado por Fluke Corporation (2005).

La señal analógica ingresa como datos al programa luego de una conversión analógica/digital, para la cual se establecerá una frecuencia de muestreo de 10 kHz, que permitirá sensar señales con frecuencias de hasta 5 kHz, según el teorema de Nyquist. Así mismo, se escogerá una resolución de 16 bits para realizar la cuantización de la señal.

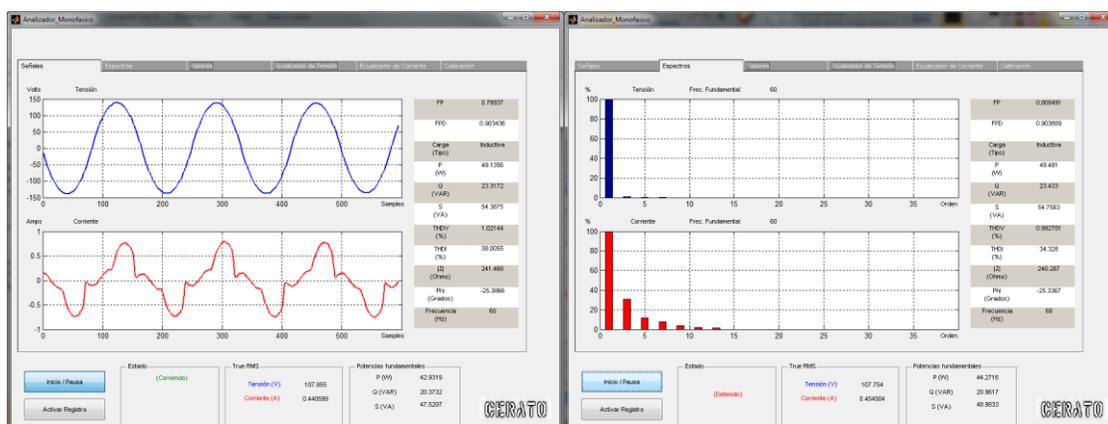
El software hará el uso de la Transformada Rápida de Fourier (FFT, por sus siglas en inglés), y de la Transformada Inversa (IFFT), para descomponer la señal en sus componentes armónicas, filtrarla, hacer los cálculos correspondientes para determinar los parámetros de la red y dibujar la señal resultante en la interfaz del usuario. Debido a que la data que maneja el programa provendrá de niveles de tensión del orden de los milivoltios (mV), los parámetros calculados se ajustarán para mostrarse en la interfaz en valores y unidades del circuito a analizar. Es importante señalar que el algoritmo se ejecutará continuamente mientras la aplicación está en funcionamiento, para poder realizar mediciones en “tiempo real”, teniendo un tiempo muerto mínimo de un (1) segundo.

A continuación se muestra en la figura 5 el algoritmo mediante el cual está estructurado el software diseñado.

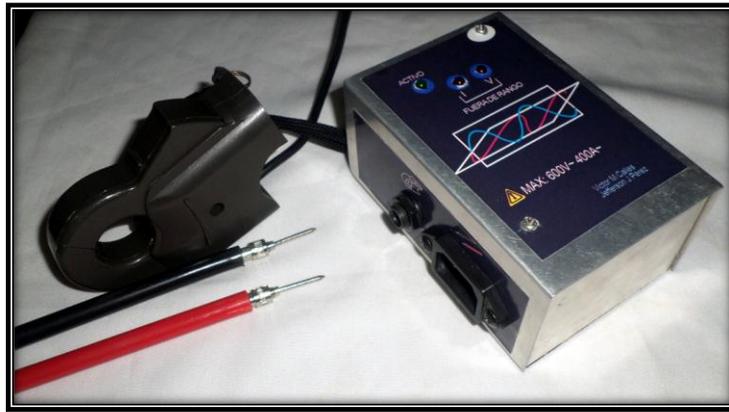


**Figura 5: Algoritmo del software programado**

A partir de la teoría previamente explicada se analizaron las diferentes formas de obtener cada parámetro, principalmente la amplitud y desfase de la tensión y la corriente, puesto que las demás variables están relacionadas con estas. Con respecto a la presentación de la interfaz, se planteó la idea de exhibirlo bajo el concepto de pestañas, ya que una sola ventana saturaría la pantalla de información, siendo incomodo a la hora de la lectura de valores, visualización de las señales y espectros armónicos. La ventana principal se dividirá en pestañas “Señales”, “Espectros”, “Fasores”, “Ecuador de tensión”, “Ecuador de corriente” y “Calibración”; siendo “Señales” la pestaña por defecto que aparece al ejecutar el programa. Todas las pestañas poseerán el botón “Iniciar/Pausa” para la ejecución del algoritmo, “Activar Registro” para la creación de un registro numérico de todas las variables calculadas por el programa, estado del software, valores True RMS de tensión y corriente, potencias fundamentales y el valor de cada una del resto de las variables de la red eléctrica, a excepción de la pestaña “Calibración”, la cual solo mostrará los parámetros para los ajustes del software. En la figura 6, se tienen las 2 principales pestañas del programa, y en la figura 7 puede observarse el modelo confeccionado del hardware del prototipo. Nótese que las señales y los espectros de tensión se representan en color azul (arriba), y la corriente se dibuja en color rojo (abajo).



**Figura 6: Pestañas “Señales” y “Espectros” del software**



**Figura 7: Hardware fabricado y transductores**

## 10. COMPARACIÓN DE LAS MEDICIONES CON RESPECTO AL ANALIZADOR FLUKE 43B

Se procedió a ejecutar un proceso de comparación entre los datos entregados por el software y la información obtenida del analizador de redes comercial FLUKE 43B, conectados bajo un mismo circuito. Estos ensayos, al igual que los anteriores, se realizaron en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la UNEXPO, valiéndose de los equipos y cargas presentes en el lugar. La comparación se realizó para diferentes tipos de carga y amplitudes de tensión y corriente, permitiendo de esta manera un control sobre las principales variables eléctricas. No obstante, debido a la limitación impuesta por los equipos de laboratorio, no fue posible realizar pruebas sobre distorsión armónica ya que carece de la presencia de una fuente controlada de armónicos de tensión y corriente. Aun así, se corroboró la similitud del espectro armónico mostrado por el software, con respecto al equipo patrón. En la tabla 1, puede observarse un ejemplo de las mediciones y resultados obtenidos en los ensayos, para una medición por cada tipo de carga ensayada (resistiva, inductiva y capacitiva). También es apreciable el cálculo del error relativo presente para cada medición. El error relativo se define como:

$$\%Er = 100 * (Vp - Vm) / Vp$$

Donde  $Vp$  representa el valor medido por el equipo patrón, y  $Vm$  es el valor medido por el equipo a comparar (Karcz, 1968). El error relativo puede ser positivo o negativo. Para este caso, se consideró tomar el valor absoluto del error relativo porcentual, para indicarla discrepancia de medición sin involucrar la naturaleza del error.

**Tabla 1: Resultados obtenidos de las pruebas comparativas, considerando como equipo patrón al analizador Fluke 43B**

Carga:	Resistiva			Inductiva			Capacitiva		
Variable	Fluke43B	Prototipo	% Error	Fluke43B	Prototipo	% Error	Fluke43B	Prototipo	% Error
V	127,8	127,61	0,148	127,8	127,583	0,169	129,1	132,072	2,302
I	4,01	4,06233	1,304	2,56	2,59192	1,246	2,28	2,28888	0,389
FP	1	0,999307	0,069	0,85	0,846993	0,353	0,7	0,705247	0,749
FPD	1	0,999861	0,013	0,85	0,847276	0,320	0,71	0,708447	0,218
THDV	1,5	2,60381	73,587	1,2	2,22746	85,621	1,2	2,53984	111,653
THDI	1,5	1,46759	2,160	0,9	0,928886	3,209	6,2	6,49094	4,692
P	510	518,609	1,688	280	280,274	0,097	210	215,132	2,443
Q	0	8,6602	N/A	170	175,702	3,354	210	214,315	2,054
S	510	518,681	1,702	330	330,795	0,240	290	303,667	4,712

Finalmente, en la tabla 2 se exhiben los resultados del cálculo para el error relativo presente para cada variable. Este cálculo fue realizado a partir de todas las mediciones realizadas para cada variable eléctrica medida durante los ensayos de validación.

**Tabla 2: Promedio de porcentajes de error relativo para cada variable comparada**

Variable	% Error
V	0,550
I	0,953
FP	0,224
FPD	0,283
THDV	90,758
THDI	2,174
P	1,083
Q	2,612
S	1,252

Como puede observarse en la tabla anterior, el porcentaje de error obtenido en casi todas las variables es menor del 5%. Considerando este proyecto un prototipo, los resultados conseguidos son más que prometedores a la hora de ser esta una alternativa si se pretende emular bajo este principio a un Analizador de Redes Monofásicas con un grado de exactitud y precisión muy confiables.

Por otro lado se constató que el THDV presentó un alto grado de porcentaje de error como evaluación final, pero cabe destacar, evaluando más a fondo, que mantuvo precisión a lo largo de las pruebas, conservando aproximadamente constante la diferencia de 1,2% de THDV por exceso, respecto al indicado por el FLUKE 43B. Considerando que se trabajó con valores pequeños de distorsión, cualquier diferencia numérica por pequeña que sea, representa una gran magnitud de error relativo, y debido a las limitaciones presentadas en el laboratorio en cuanto a obtener fuentes con la capacidad de ajustar a conveniencia el THDV, no se pudo contrastar si a mayores niveles de distorsión mantenía la misma tasa de discrepancia. Desde otro punto de vista el error presentado por la medición de distorsión armónica de tensión es de aproximadamente 1,2% en relación a la máxima distorsión que puede medirse (100%). Dado a que no se conoce el comportamiento del dispositivo a para THDV más elevadas y variables, la naturaleza del error no es concluyente; sin embargo la medición de corriente exhibió gran similitud respecto al equipo patrón. Debido a que el procesamiento de las señales se ejecuta bajo los mismos principios, se infiere que el error está dentro de los márgenes establecidos anteriormente para la posible validación del THDV mostrado por el Software. Es importante señalar que al efectuar las pruebas con un generador sincrónico aislado, el THDV se mantuvo en 0 durante el transcurso de la experiencia, otorgando confiabilidad de que no hay alguna distorsión intrínseca producto del adecuador de señales y que esta diferencia entre el Fluke 43B y el Software diseñado, puede ser menor a valores de distorsión más preponderantes.

Con respecto a los valores True RMS de tensión y corriente, factor de potencia y factor de potencia desplazado, se aprecia que los porcentajes de error son menores al 1%, atribuyéndole al prototipo una respuesta confiable en cuando exactitud en las mediciones de variables eléctricas básicas de una red.

Por último es importante señalar que el equipo patrón Fluke 43B presenta en la pantalla “Power” de su interfaz gráfica, los valores de potencia con la notación científica Kilos, dificultando la lectura de medición ya que no se podría diferenciar por ejemplo, al indicar 0.31 kW, si se trata de 312 W o 319 W. La precisión de las potencias quedaría a juicio de las precisiones de V, I y FP del software. Sin embargo, si se considerara la potencia del analizador omitiendo el valor correspondiente a las unidades, se tendría menor error relativo, igualmente, menor

resolución y fiabilidad. A raíz de esto es imposible contar con un cálculo preciso sobre el error relativo entre los equipos, ya que no se cuenta con la misma resolución entre variables de potencia.

## 11. CONCLUSIONES

Logró diseñarse un equipo de medición de calidad de energía capaz de brindar toda la información necesaria para el estudio de una red eléctrica monofásica. Consta de 2 partes: el equipo transductor y adecuador, con sus respectivos accesorios, y el software Analizador Monofásico. Puede medir valores True RMS de tensión y corriente de la red hasta 600 V y 400 A respectivamente, dibujar un diagrama fasorial, hacer los cálculos de factor de potencia y factor de potencia de desplazamiento, calcular potencias activa, reactiva y aparente, presentar el espectro armónico hasta la componente 39 y calcular el THD de cada señal; todo esto en tiempo real y con una interfaz gráfica de fácil entendimiento y utilización. Posee entre otras funciones, la capacidad de almacenar un registro numérico de duración definida por el usuario, lo cual lo convierte en una útil herramienta al momento de realizar análisis de protecciones eléctricas, auditorías y estudios de carga para redes monofásicas.

Lo expuesto anteriormente da pie a concluir que los resultados obtenidos son satisfactorios, puesto a que el proyecto solo es un prototipo desarrollado bajo límites de presupuesto y tiempo, obteniendo porcentajes de errores alentadores, dando un gran paso hacia la confección de un dispositivo de adecuación más elaborado el cual presente mejores protocolos de seguridad y sea menos susceptible a perturbaciones externas, mejorando su rendimiento y otorgando como alternativa un analizador de redes monofásico con costo mucho menor al comercial y de sencilla fabricación e implementación, usando componentes de fácil adquisición en el mercado nacional.

## REFERENCIAS

- Argañaraz, José Hugo (2002). "Elementos de Sistema de Adquisición de Datos.". Apéndice 1. Universidad Nacional Del Sur.
- Fluke Corporation, (2005). Fluke 43B Analizador eléctrico avanzado. Manual de uso. Rev 1, 2005.
- Huircán, Juan Ignacio (2005). Conversores Análogo-Digital Y Digital-Análogo: Conceptos Básicos. Documento en línea, <http://quidel.inele.ufro.cl/>. 11/12/13.
- Intel and Microsoft (1998). PC 99 System Design Guide.
- Karcz, Andrés M. (1968). "Electrometría", Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1968.
- Pérez, J. y Calles, V. (2014). Software Analizador de Redes Eléctricas Monofásicas en Corriente Alterna. Trabajo Especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electricista. UNEXPO, Venezuela. Pp 57.
- Rumsey, F. and MacCormick, T. (1995) "Introducción al sonido y la grabación", Editorial IORTV, 1995. Pp 202

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito*

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*