

# Diseño y Construcción de un Sistema Portátil para la Verificación en Sitio de Medidores de Energía Eléctrica a Nivel Residencial

Deng Guan, Hector Javier

Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP)  
Ciudad de Panamá, Panamá  
ORCID: 0009-0004-0161-6322

Ruiz Agrazal, Isaac Eliecer

CENAMEP AIP  
Ciudad de Panamá, Panamá  
ORCID: 0000-0003-2207-2673

## Abstract

This work presents progress in the design and construction of a portable, low-cost system for on-site verification of residential electric meters. The device integrates a 1200 VA resistive load and an energy and power measurement system, with the goal of partially complying with standards such as DGNTI-COPANIT 70:2004, ANSI C12.1-2024, and IEC 62052-11:2020. The development included a comparative analysis of commercial equipment, modular design, and laboratory tests using calibrated reference instruments to ensure traceability. Results show maximum errors of  $\pm 0,5$  % in voltage, current, and power measurements, confirming linear behavior across the entire operating range. In addition, automatic safety functions and a web interface were implemented to enable multi-platform interaction, improving accessibility and reducing development time. Although the system does not fully meet the  $\pm 0,2$  % target, improvements in ground loop management were identified during testing. This prototype represents a reliable tool for partial verification of electric meters and lays the foundation for future optimizations.

**Keywords:** verification, energy meters, power control, portable system, metrology.

## Resumen

Este trabajo presenta el avance en el diseño y construcción de un sistema portátil y de bajo costo para la verificación en sitio de medidores eléctricos residenciales. El dispositivo integra una carga resistiva de 1200 VA y un sistema de medición de energía y potencia eléctrica, con el objetivo de cumplir de manera parcial con normativas como DGNTI-COPANIT 70:2004,

ANSI C12.1-2024 e IEC 62052-11:2020. El desarrollo incluyó un análisis comparativo de equipos comerciales, diseño modular y pruebas en laboratorio con equipos patrones calibrados para garantizar trazabilidad. Los resultados muestran errores máximos de  $\pm 0,5$  % en mediciones de tensión, corriente y potencia, confirmando un comportamiento lineal en todo el rango operativo. Además, se implementaron funciones de seguridad automática y una interfaz web que permite interacción multiplataforma, mejorando accesibilidad y reduciendo tiempos de desarrollo. Aunque el sistema no cumple plenamente el objetivo de  $\pm 0,2$  %, durante las pruebas se identificaron mejoras en el manejo de lazos de tierra. Este prototipo constituye una herramienta confiable para la verificación parcial de medidores eléctricos y sienta las bases para futuras optimizaciones.

**Palabras claves:** verificación, medidor de energía, control de potencia, sistema portable, metrología.

## 1. INTRODUCCIÓN

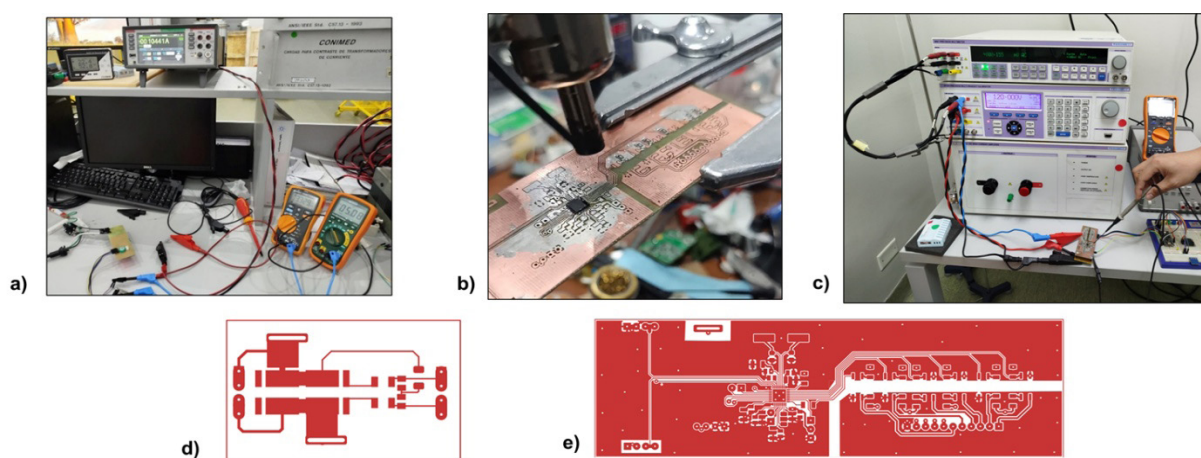
Este trabajo muestra los avances en el diseño y construcción de un sistema portátil y de bajo costo, para la verificación de medidores eléctricos residenciales, conformado por una carga resistiva (1200 VA) y un sistema de medición de energía y potencia eléctrica, con el objetivo que apoye en la actividad de verificación que se rige por un marco normativo y resoluciones específicas dispuesto por las autoridades reguladoras. El objetivo de este proyecto es brindar una herramienta con rigor metrológico para la verificación de medidores eléctricos, que pueda ser utilizado por las autoridades verificadoras.

Se implementan en el prototipo elementos de seguridad automática, como control de corriente, verificación de fases, monitoreo de temperatura y accionamiento de parada automática ante condiciones anómalas de funcionamiento. Este prototipo se diseña esperando que pueda realizar de manera parcial pruebas según lo descrito en la norma DIGENTI – COPANIT 70:2004 [4] y según los ensayos requeridos por la construcción del medidor ya sean según las normas ANSI 12.1-2024 [1] o la IEC 62052-11:2020 [2].

## 2. METODOLOGÍA

En el desarrollo del proyecto se realizó una investigación inicial sobre los métodos constructivos de placas de circuito impreso (PCB) que pudieran implementarse en el CENAMEP AIP. Se llevó a cabo un estudio comparativo de diferentes productos comerciales dedicados a la verificación de medidores eléctricos. Este análisis permitió identificar las características más relevantes y se definieron los requisitos para el desarrollo del dispositivo.

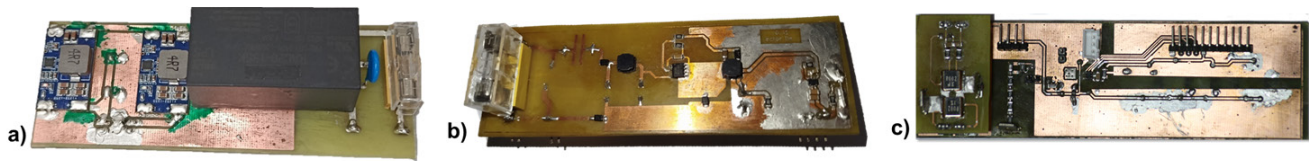
El diseño del sistema se realizó siguiendo un enfoque modular, orientado a garantizar escalabilidad, facilidad de mantenimiento y la posibilidad de incorporar funciones futuras. Las pruebas de funcionalidad (Figura 1) se realizaron en el laboratorio del CENAMEP AIP, utilizando equipos patrones de precisión calibrados para garantizar la trazabilidad de las mediciones. Para cada prueba, se determinó el error comparando los valores medidos con los valores nominales del fabricante; además se incluyó las estimaciones de incertidumbre en las medidas realizadas. Cada prueba se replicó al menos tres veces para garantizar la repetibilidad y confiabilidad de los resultados. Se realizaron ajustes en componentes que no cumplían con los valores nominales, como la adecuación del shunt. Además, se optimizó la disposición de los elementos para reducir el retardo y el ruido eléctrico.



**Figura 1.** a) Ambiente de pruebas con multímetro de 6  $\frac{1}{2}$  y de mano; b) Montaje de componentes superficiales en la tarjeta de circuito. Nótese el circuito integrado de medición 5,0 X 5,0 mm; c) Prueba en los laboratorios de multifunción del CENAMEP AIP; d) Diseño PCB del resistor de medición de corriente; e) Diseño PCB doble capa del circuito de medición de variables eléctricas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha completado la construcción de las tarjetas de circuitos (Figura 2) encargadas de: unidad de poder principal, la fuente no aislada y el circuito de medición de potencia y energía. Se desarrollaron pruebas que validaron el desempeño de cada etapa; la medición de las tensiones de salida (Tabla 1) buscaban comprobar que los valores estuvieran por debajo de los errores máximos permitidos del 10% [3] con resultados de 0,2 % con respecto al valor nominal. Además de pruebas en aplicando carga que demuestren la estabilidad de las tensiones (Tabla 2).



**Figura 2.** PCB: a) Unidad de poder principal aislada con salida de +3,3 V, +5 V y +15 V. Potencia máxima 20 W. b) Fuente de poder no aislada de precisión de +3,3 V. c) Vista de tarjeta doble capa del circuito medición de potencia y energía, detalle con el arreglo de shunt sensor de corriente, segmento izquierdo de la tarjeta.

**Tabla 1. Medición en tensión directa de la fuente no aislada.**

Valor indicado (V)	Valor generado (V)	Error (V)	Error (%)	U(k=2) (V)
3,300	3,307	0,007	0,212	0,057

**Tabla 2. Resultados aplicando una carga del 90% a la fuente de poder principal.**

Salida nominal 3.3 V			Salida nominal 5 V			Tensión principal 15 V	
Resistor (Ω)	Consumo (A)	Tensión (V)	Resistor (Ω)	Consumo (A)	Tensión (V)	Tensión (V)	Error (%)
1,71	1,815	3,297	1,997	2,408	5,056	14,81	-1,267
Carga aplicada (W)		Carga aplicada (W)		Carga (W)	Porcentaje (%)		
5,98		12,16		18,14	90,7		

Se desarrolló una interfaz web utilizando PHP y la base de datos MySQL para el sistema, con el objetivo de dar mayor accesibilidad y flexibilidad (Figura 3), ya que los usuarios pueden interactuar con el sistema desde cualquier dispositivo que se conecte al dispositivo por medio de Wi-Fi. Además, se reduce los tiempos de desarrollo al permitir utilizar la misma interfaz en una pantalla táctil del dispositivo.



**Figura 3.** a) Diagrama de bloques del software; b) Visualización de ventana de acceso; c)

Captura de ventana con cuadrícula donde se muestra de las verificaciones realizadas (datos de prueba).

Para el circuito de medición de potencia y energía se desarrollaron pruebas utilizando un calibrador que permite la inyección de tensión y corriente de forma estable para determinar la precisión de dispositivo. La primera prueba (Tabla 3) consistió en la aplicación de diferentes tensiones en AC, para todo el rango de medida del circuito, aunque la tensión de trabajo nominal del dispositivo sea 120 V a 60 Hz; de esta manera, se determina si la respuesta del dispositivo tendrá un comportamiento lineal en sus errores, siendo el máximo medido 0,5 %. De igual manera se aplicaron corrientes AC (Tabla 4) hasta la mayor corriente con que se trabajará en este dispositivo, 10 A con la que logra alcanzar los 1200 W; para este caso el máximo error porcentual fue de -0,5 %. Además, se aplicó prueba en potencia, manteniendo una tensión de 120 V a 60 Hz, variando las corrientes y los ángulos entre el vector de tensión y corriente para simular factores de potencia capacitiva e inductiva (Tabla 5).

**Tabla 3. Resultados en tensión alterna de 60 Hz.**

Referencia (V)	Lectura (V)	Error (V)	Error (%)
0,1	0,1	0	-
1	1	0	-
10	10	0	-
50	50,2	0,2	0,4
90	90,4	0,4	0,4
120	120,6	0,6	0,5
127,1	127,6	0,5	0,4
144,1	144,8	0,7	<b>0,5</b>

**Tabla 4. Resultados en corriente alterna de 60 Hz.**

Referencia (A)	Lectura (A)	Error (A)	Error (%)
0,002	0,002	0	-
0,01	0,01	0	-
0,2	0,199	-0,001	<b>-0,5</b>
0,5	0,498	-0,002	-0,4
1	0,997	-0,003	-0,3
2	1,993	-0,007	-0,4
5	4,987	-0,013	-0,3
10	9,971	-0,029	-0,3

**Tabla 5. Resultados en potencia activa (120 V y U (k=2) 0.1 W)**

Corriente (A)	FP	Potencia (W)	Lectura (W)	Error (W)	E (%)
	1	1,2	1,2	0	-
0,01	0,5 cap	0,6	0,6	0	-
	0,5 ind	0,6	0,6	0	-
0,1	1	12	12	0	-
	0,5 cap	6	6	0	-
	0,5 ind	6	6	0	-
1	1	120	120,2	0,2	0,2
	0,5 cap	60	59,5	0,5	<b>0,8</b>
	0,5 ind	60	60	0	-
	1	600	600	0	-
5	0,5 cap	300	298,1	-1,9	0,6
	0,5 ind	300	301,2	-1,2	0,4

## 4. CONCLUSIÓN

Actualmente se ha comprobado el funcionamiento de las fuentes de energía (principal aislada y no aislada para medición) con errores porcentuales muy inferiores a los recomendados por el fabricante, lo que representa una validación del diseño. Las pruebas con el calibrador de precisión evidenciaron un comportamiento lineal en todo el rango de tensiones y corrientes, con errores máximos de  $\pm 0,5$  %, aunque no cumple plenamente los requerimientos de diseño ( $\pm 0,2$  %). Esto dio paso a la verificación detallada del circuito, descubriendo posibles mejoras en el manejo de los lazos de tierra. Además, el sistema respondió adecuadamente al simular diferentes factores de potencia, validando su funcionalidad, con esto se espera cumplir con el objetivo de tener un dispositivo comprobado y que cumpla con parte de las normativas para realizar la verificación de medidores eléctricos residenciales.

El desarrollo de la interfaz web en permitió una interacción flexible y multiplataforma, mejorando la accesibilidad, la capacidad de incluir nuevas funcionalidades como análisis de los datos y reduce tiempos de desarrollo al reutilizar la misma interfaz. Este proyecto mantiene una amplia documentación para la posterior reproducción del dispositivo siendo esto un objetivo prioritario.

## Referencias

- [1] American National Standard for Electric Meters—Code for Electricity Metering, ANSI C12.1, 2024.
- [2] International Electrotechnical Commission, – Electricity metering equipment – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment, IEC 62052-11:2020, 2020.
- [3] Analog Devices, “ADE9153A: Energy Metering IC with Autocalibration,” [En línea]. Disponible en: <https://www.analog.com/en/products/ade9153a.html>. [Revisado: julio 2025].
- [4] Ministerio de Comercio e Industrias (MICI), Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 70-2004: Metrología y Medición. Medición de Magnitudes Eléctricas. Medidores de Energía Activa de Corriente Alterna Clase 0,5; 1 y 2, Panamá, 2004. [En línea]. Disponible en: <https://www.mici.gob.pa/wp-content/uploads/2021/12/70rt-dgnti-copanit-70-2004-1.pdf>. [Revisado: julio 2025].

## Agradecimientos

Este proyecto fue posible gracias al apoyo del Centro Nacional de Metrología de Panamá (CENAMEP AIP), a través del Programa de Pasantías Metrológicas Ciclo 2025 a 2026. Se agradece y reconoce profundamente el cofinanciamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT, Panamá), mediante el Contrato de Subsidio Económico DDCCT No. 144-2024. Se reconoce también a la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), por la orientación académica brindada.

## Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en acceso abierto (open access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.