Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica

# TEC Tecnológico de Costa Rica

Automatización de la calibración de los patrones portátiles monofásicos de calidad de energía

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura

Luis Javier Solano Mora

Cartago, noviembre de 2018

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA PROYECTO DE GRADUACIÓN ACTA DE APROBACIÓN

#### Defensa de Proyecto de Graduación Requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica Grado Académico de Licenciatura Instituto Tecnológico de Costa Rica

El Tribunal Evaluador aprueba la defensa del proyecto de graduación denominado Automatización de la calibración de los patrones portátiles monofásicos de calidad de energía, realizado por el señor Luis Javier Solano Mora y, hace constar que cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

#### Miembros del Tribunal Evaluador

Ing. Carlos Meza Benavides

Profesor lector

Ingeniería Electring: Sergio Morales Hernández

Profesor lector

Ing. Carlos Mauricio Segura Quirós

Profesor asesor

Cartago, 12 de noviembre, 2018

# Declaratoria de autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 12 noviembre 2018

Luis Solano Mora

Luis Javier Solano Mora

Cédula: 1 1583 0201

# Resumen

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) posee al Laboratorio de Medidores que, en conjunto con el Laboratorio de Eficiencia Energética (LEE) han contribuido al fortalecimiento de la gestión del país en materia de evaluación de la conformidad para los equipos consumidores de energía eléctrica. El LEE, el cual se caracteriza por su especialización en ensayos de eficiencia energética debe generar informes con gran exactitud, lo más cercana al 100%, debido a que este laboratorio es el encargado de brindar reportes de eficiencia de equipos domésticos, comerciales e industriales.

El Laboratorio de Eficiencia Energética fue acreditado por parte del Ente Costarricense de acreditación (ECA) en el año 2008, esta acreditación se otorgó para gran variedad de ensayos de los que realiza el LEE, por lo que reafirma al laboratorio con su objetivo de proveer al país de capacidad de medición y de su necesidad de generar informes confiables.

La calibración de equipos es una de las tareas realizadas en conjunto por parte de los laboratorios, específicamente la calibración de medidores, la cual es de gran importancia para garantizar que la energía suministrada que es medida por ellos sea la adecuada.

La gran demanda de medidores a lo largo del país provoca la adquisición de diversos patrones, por lo que es fundamental mantener calibrados los equipos patrones con los que se calibran los medidores para obtener datos correctos en la medición. Por esta razón, se propone un sistema que permita calibrar los patrones de forma más rápida y automatizada, así mismo, que mejore el manejo de la información mediante la generación de informes automáticos para la calibración de cada patrón.

Palabras clave: Ensayos, calibración, equipos patrón, automatizada.

# Abstract

The Costa Rican Electricity Institute (ICE) owns the Metering Laboratory, which, together with the Energy Efficiency Laboratory (LEE), has contributed to strengthen the country's management in terms of conformity assessment for electric power consumers. The LEE, which is characterized by its specialization in energy efficiency tests, must generate great accuracy reports, the closest to 100%, because this laboratory is responsible for providing efficiency reports of domestic, commercial, and industrial equipment.

The Energy Efficiency Laboratory was accredited by the Costa Rican Accreditation Body (ECA) in 2008, this accreditation was granted for a wide variety of tests carried out by the LEE, reaffirming the laboratory's objective of providing the country with measurement capacity and its need to generate reliable reports.

The equipment calibration is one of the tasks performed jointly by laboratories, specifically the calibration of meters, something of great importance to ensure that energy supplied is adequate.

The great demand of meters across the country causes the acquisition of different patterns, so it is essential to keep calibrated the standard equipment with which the meters are calibrated to obtain correct data in the measurement. For this reason, a system is proposed that allows calibration patterns in a faster and automated way, likewise, to improve management of information by generating automatic reports for calibration of each pattern.

Keywords: Tests, calibration, standard equipment, automatization

# Dedicatoria

"A mis padres Ronald y Floribeth, por su apoyo incondicional en todo momento y por llenarme de fuerza y motivación para superarme cada día.

También a mi hermano Oscar y a mi hermana Nadia quienes me han brindado su apoyo en todo momento y a mi sobrina Angie quien me motiva siempre para seguir luchando.

Y a todas las personas quienes me brindaron su apoyo a lo largo de mi carrera en el Instituto Tecnológico de Costa Rica."

# Agradecimiento

Primeramente, le agradezco a dios por convertirme en la persona que ahora soy y por ayudarme a superar todos los obstáculos.

A mi familia quienes siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y motivación incondicional.

A todos los profesores del Instituto Tecnológico de Costa Rica por compartir conmigo su conocimiento y amistad.

A todos los ingenieros del Laboratorio de Eficiencia Energética en especial a Heyleen y a Marvin por darme la oportunidad de vivir una experiencia inolvidable al lado de ellos, y a los señores del laboratorio de medidores por recibirme de tan buena manera.

Y a todos los amigos, compañeros y familiares que me brindaron su apoyo a lo largo de mi carrera.

# ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1 Introducción		
1.1.	Entorno del proyecto	1
1.2.	Definición del problema	2
1.2	2.1 Generalidades	2
1.2	2.2 Síntesis del problema	2
1.3.	Enfoque de la solución	
Capítul	lo 2 Meta y Objetivos	6
2.1.	Meta	6
2.2.	Objetivo general	6
2.3.	Objetivos específicos	6
Capítul	lo 3 Marco teórico	7
3.1.	Descripción de los instrumentos de medición	7
3.1	1.1 Fuente California Instruments modelo 10001 ix	7
3.1	.2 Patrón de variables eléctricas Radian RD-23	8
3.1	1.3 Patrón portátil Enetics LM-1312	
3.1	1.4 Socket universal	
3.2.	Protocolo de comunicación serial	
3.2	2.1 Interfaz RS-232	14
3.2	2.2 Protocolo USB	16
3.3.	LabVIEW: Plataforma y entorno de desarrollo.	17
3.4.	Interfaz	
3.5.	Plantillas	
Capítul	lo 4 Procedimiento Metodológico	

4.1.	Investigación bibliográfica
4.2.	Uso de equipos
4.3.	Preparación en LabVIEW
4.4.	Adquisición de datos
4.5.	<b>Desarrollo en LabVIEW</b>
Capítul	o 5 Descripción detallada de la solución27
5.1.	Comunicación
5.1	1 Comunicación Fuente California Instruments 10001 ix28
5.1	<b>2 Comunicación Radian RD-23</b>
5.1	<b>3 Comunicación Enetics LM-1312</b>
5.2.	Diseño y programación interfaz
5.2	. <b>1 Interfaz</b>
5.2	<b>2 Estructura de programación</b>
5.2	<b>3 Registro de datos</b>
5.2	4 Manipulación de los datos
5.3.	Generación del informe
Capítul	o 6 Resultados y Análisis
6.1. progi	Objetivo específico 1: Establecer una comunicación entre la fuente ramable y el patrón de variables eléctricas para obtener la información de los
equip	os a la vez, la cual es requerida para la calibración47
6.2.	Objetivo específico 2: Diseñar una interfaz gráfica en la plataforma de
LabV	TEW que permita la programación de las rutinas de calibración en los puntos
reque	eridos
6.3.	Objetivo específico 3: Implementar la automatización del informe de
calib	cacion para mejorar la manipulacion de los datos

6.4. Objetivo General: Desarrollar la automatización en la calibración de los		
patro	nes portátiles monofásicos mediante el uso de una fuente programable	y un
patró	n de variables eléctricas que permitan mejorar la metodología de calib	ración y
la gen	neración de informes para un mejor manejo de los datos	55
Capítul	o 7 Conclusiones y Recomendaciones	64
7.1.	Conclusiones	64
7.2.	Recomendaciones	65
Bibliog	grafía	66
Apéndio	ces	68
A.1 Ir	nformación de la empresa	68
<b>A.1</b>	.1 Descripción de la empresa	68
A.1	.2 Descripción del departamento o sección en la que se realizó el proyec	c <b>to</b> 69
A.2 P	lantillas	69
A.2	2.1 Resultados de cálculo de incertidumbres	69
A.2	2.2 Resultados de informe de calibración	73
Anexos.		76
B.1 Pl	lantillas para la calibración de patrones portátiles monofásicos	76
<b>B.1</b> .	.1 Calculo de incertidumbres	76
<b>B.1</b> .	.2 Informe de calibración	
<b>B.2</b> L	ey ARESEP	

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama de bloques solución propuesta5
Figura 3.1. California Instruments modelo 10001 ix. [5]
Figura 3.2. Conexión módulos 10001 ix. [5]
Figura 3.3. Radian RD-23. [6]
Figura 3.4. Enetics LM-1312. [8]
Figura 3.5. Socket universal
Figura 3.6. Conexión Socket Universal13
Figura 3.7. Conector DB-9
Figura 3.8. Conector USB tipo A
Figura 3.9. Pantalla de inicio de LabVIEW
Figura 3.10. Panel Frontal y Diagrama de Bloques
Figura 3.11. Paleta de herramientas de LabVIEW
Figura 3.12. Estructuras de programación de LabVIEW
Figura 3.13. Plantilla para cálculo de incertidumbres
Figura 3.14. Plantilla informe de calibración 123
Figura 5.1. Diagrama de bloques para fuentes con modelos ix/Mx
Figura 5.2. Diagrama de Bloques fuente 10001ix
Figura 5.3. Convertidor Ethernet a RS-232
Figura 5.4. Escritura de comandos para el RD-2331
Figura 5.5. Lectura de voltaje instantáneo Radian RD-23
Figura 5.6. Configuración del software PowerScape
Figura 5.7. Interfaz de calibración
Figura 5.8. Estructura de eventos
Figura 5.9. Botón Nueva Prueba
Figura 5.10. Ventana emergente de Nueva Prueba
Figura 5.11. Diagrama de bloques ventana emergente
Figura 5.12. Extracción archivo de Excel del Enetics
Figura 5.13. Corrección de tiempos lectura Radian
Figura 5.14. Sincronización de tiempos entre patrones

Figura 5.15. Adquisición de datos	42
Figura 5.16. Portada plantilla de Excel	43
Figura 5.17. Formato plantilla en Excel	43
Figura 5.18. Manipulación de datos con plantilla de Excel	44
Figura 5.19. Escritura y lectura para 120V fase A.	45
Figura 5.20. Escritura en la plantilla de Word	46
Figura 6.1. Lectura de la programación en LabVIEW.	49
Figura 6.2. Interfaz de calibración	50
Figura 6.3. Solicitud de condiciones ambientales	51
Figura 6.4. Datos obtenidos durante la calibración.	52
Figura 6.5. Datos exportados a la plantilla de Excel	52
Figura 6.6. Informe con los resultados de la calibración	54
Figura 6.7. Lectura de los diferentes voltajes	56
Figura 6.8. Indicación para el proceso manual	57
Figura 6.9. Datos de Excel importados a LabVIEW	58
Figura 6.10. Excel generado mediante LabVIEW para 120 V	59
Figura 6.11. Excel generado mediante LabVIEW para 208 V	59
Figura 6.12. Excel generado mediante LabVIEW para 240 V	60
Figura 6.13. Informe de calibración página 1	61
Figura 6.14. Informe de calibración página 2	62
Figura 6.15. Informe de calibración página 3	63
Figura A.1. Hoja 1 resultado cálculo de incertidumbres	69
Figura A.2. Hoja 2 resultado cálculo de incertidumbres	70
Figura A.3. Hoja 3 resultado cálculo de incertidumbres	70
Figura A.4. Hoja 4 resultado cálculo de incertidumbres	71
Figura A.5. Hoja 5 resultado cálculo de incertidumbres	71
Figura A.6. Hoja 6 resultado cálculo de incertidumbres	72
Figura A.7. Hoja 7 resultado cálculo de incertidumbres	72
Figura A.8. Página 1 resultados informe de calibración.	73
Figura A.9. Página 2 resultados informe de calibración.	74
Figura A.10. Página 3 resultados informe de calibración.	75

Figura B.1. Plantilla hoja1 cálculo de incertidumbres.	76
Figura B.2. Plantilla hoja 2 cálculo de incertidumbres.	77
Figura B.3. Plantilla hoja 3 cálculo de incertidumbres.	77
Figura B.4. Plantilla hoja 4 cálculo de incertidumbres	
Figura B.5. Plantilla hoja 5 cálculo de incertidumbres	
Figura B.6. Plantilla hoja 6 cálculo de incertidumbres	79
Figura B.7. Plantilla hoja 7 cálculo de incertidumbres	79
Figura B.8. Plantilla pagina 1 informe de calibración	
Figura B.9. Plantilla pagina 2 informe de calibración	
Figura B.10. Plantilla pagina 3 informe de calibración	

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Rangos de medición RD-23. [6]	9
Tabla 3.2. Rangos de medición LM-1312. [8]	11
Tabla 3.3. Asignación de pines conector DB-9.	15
Tabla 5.1. Caída de tensión mesa de trabajo	27
Tabla 5.2. Características Comunicación Serial Radian RD-23.	30
Tabla 5.3. Comandos de acceso voltaje instantáneo.	32
Tabla 5.4. Descripción de los eventos.	37
Tabla 6.1. Muestras obtenidas manualmente y desde LabVIEW para 120 V.	48
Tabla 6.2. Muestras obtenidas manualmente y desde LabVIEW para 208 V.	48
Tabla 6.3. Muestras obtenidas manualmente y desde LabVIEW para 240 V.	48

# Capítulo 1 Introducción

#### **1.1. Entorno del proyecto**

El Instituto Costarricense de Electricidad en su función de suministrar energía hacia las personas o empresas que lo requieran, cuenta con equipos llamados patrones portátiles de la marca Enetics modelo LM-1312, estos equipos son adaptadores grabadores que son colocados a la base de los medidores residenciales, comerciales e industriales para registrar la información de los mismos y realizar una calibración con el objetivo de medir el estado y la calidad del servicio que se les brinda a los usuarios.

Debido a las normativas de nivel nacional como lo son el Programa de Evaluación de la Calidad de la Electricidad, la Ley N.º 7593 de ARESEP, el convenio de Cooperación Institucional ARESEP-UCR-FUNDEVI y la Unidad de Verificación de la Calidad del Suministro Eléctrico UVECASE, se les exige a las empresas que brindan servicios de suministro de energía eléctrica que posean todos los equipos involucrados en estas tareas de forma calibrada.

Presentada esta situación surge la necesidad por parte del Instituto Costarricense de Electricidad de cumplir con este requisito impuesto en la verificación de la calidad de energía y para ello es necesario la calibración de todos los patrones portátiles con los que cuenta el ICE en esta labor. Es de gran importancia medir la calidad de la electricidad debido a que si esta no cumple con los estándares establecidos se provocan daños a los equipos, afectando el desempeño en procesos productivos y aumentando el consumo de energía, lo cual no es correcto para los usuarios.

El desarrollo del proyecto se realiza en el laboratorio de medidores ubicado en Colima, Tibás que en conjunto con el laboratorio de Eficiencia Energética son los encargados de llevar a cabo los proyectos de mediciones de variables eléctricas que le surgen como necesidad al Instituto Costarricense de Electricidad. Con la realización del proyecto se pretende contribuir en el cumplimiento de los requisitos impuestos por ARESEP hacia el Instituto Costarricense de Electricidad y ayudar en la labor de la verificación de la calidad de la energía que beneficia a todas y todos los costarricenses.

## 1.2. Definición del problema

#### **1.2.1 Generalidades**

Los patrones portátiles con los que cuenta el Instituto Costarricense de Electricidad poseen una calibración manual muy lenta y una metodología deficiente en el manejo de los datos obtenidos y con las exigencias presentadas por la ARESEP en la ley 7593 con reformas 8660 y el convenio de Cooperación Institucional ARESEP-UCR-FUNDEVI a través de Unidad de Verificación de la Calidad del Suministro Eléctrico UVECASE, más la publicación en el Alcance Digital Nº 75 a La Gaceta Nº 189 del 2015, se les obliga a tener todos estos equipos calibrados, por ello surge la necesidad de acelerar el proceso de calibración debido a que manualmente no se puede calibrar todo el equipo, además de que conlleva gran cantidad de tiempo el manejo de la información obtenida para ser presentada en un informe por lo que resulta difícil cumplir con la normativa impuesta. [1]-[4]

Actualmente el ICE cuenta con cuatrocientos patrones portátiles de los cuales todos deben ser calibrados y para esta calibración se necesita de una fuente programable de 10 kVA marca California Instruments modelo 10001ix que es la encargada de proporcionar las tensiones necesarias durante el proceso y también se necesita de un patrón de variables eléctricas marca Radian modelo RD-23 que es el patrón con el cual se comparan los datos, estos equipos son de un costo elevado por lo que no se pueden tener varios de ellos a disposición. Además de que el proceso de la calibración manual para cada patrón portátil tarda alrededor de una hora y debe repetirse cada doce meses y al no haber suficiente personal para realizarlo constantemente el tiempo no es lo suficiente para calibrar todos los patrones portátiles cuando ya se debe iniciar nuevamente el proceso de calibración en ellos.

#### 1.2.2 Síntesis del problema

La metodología de la calibración de los patrones portátiles monofásicos es muy lenta y el proceso de generación de informes es manual.

## 1.3. Enfoque de la solución

Con el desarrollo de este proyecto se pretende mejorar la metodología en la calibración de los patrones portátiles, tomando en cuenta que los proveedores de estos equipos se reservan a compartir información propia de la elaboración del mismo, por lo que se cuenta con poca información para establecer una comunicación directa desde programas ajenos a los propiciados por ellos. Existen dos alternativas que permiten mejorar la metodología de calibración, como lo es corregir el tiempo de calibración de cada patrón portátil mediante una automatización total hasta realizar todo el proceso en tiempos de milisegundos y como segunda alternativa se pretende realizar la calibración de los patrones portátiles disminuyendo el tiempo de calibración de la forma más automatizada posible.

Al automatizar por completo el proceso se debe tomar en cuenta la realización de la comunicación directa de los equipos, donde también se logre mejorar el tiempo de calibración de los patrones portátiles a tiempos prácticamente reales, esta parece ser una buena solución, debido a que se puede lograr la calibración de muchos patrones al día. Si bien es cierto de esta manera se le estaría dando solución al problema, pero esta alternativa implica realizar un estudio a fondo a ver si es viable la construcción de la solución propuesta, debido a que comunicación directa de los equipos puede resultar complicada, además, de que la calibración debe realizarse siguiendo una serie de instrucciones y tiempos de estabilización que deben corregirse para lograr realizarla a tiempo real. Todo el proceso de calibración resulta difícil lograrlo en tiempos tan cortos por lo que, si se podría mejorar estos tiempos en la extracción de datos y el manejo que se les da, pero aun así no se alcanzarían los tiempos requeridos, esto debido a que se deben de realizar mejoras antes en la automatización de procesos para reducir los tiempos a los deseados.

Dada la situación expuesta anteriormente de la primera alternativa se analiza la segunda para conocer su viabilidad y proceder a la escogencia de alguna de ellas para realizar su implementación. La automatización de la calibración de los patrones portátiles disminuyendo el tiempo con respecto a la calibración actual es una alternativa en la que no se requiere más personal, si no, más bien al realizarse esta opción se le quitará carga de trabajo a la persona encargada aunque esta deba extraer los datos de cada patrón, debido a que la mayoría de las indicaciones del proceso funciona en forma automatizada, además, de

3

que con esta alternativa también se puede lograr la calibración de grandes cantidades de patrones en solo un día, esto debido a que su tiempo de calibración disminuirá considerablemente al tiempo establecido en el proceso manual. Esta solución pretende automatizar el proceso de calibración y con solo algunas indicaciones por parte del operador se calibre cada patrón portátil, con la salvedad de que no se pretende disminuir el tiempo de duración del proceso a términos de segundos debido a que la calibración lleva un procedimiento establecido, el cual tarda un tiempo determinado, esta opción de mejorar los tiempos de duración a segundos podría ser una solución a futuro, pero no está presente como un requerimiento de la misma.

Adicionalmente para ambas soluciones se debe automatizar el proceso de la generación de informes, por lo que se debe de realizar mediante una programación en LabVIEW que toma los datos generados de la calibración en una tabla de Excel y los envía hacia una plantilla de Word que cuenta con un texto estandarizado para que sean presentados en un informe final. Como se explicó anteriormente ambas soluciones son viables para la realización de ellas, pero al concluir que la primera alternativa tarda más tiempo de lo esperado, se considera como no viable para darle una solución temprana y acorde con lo esperado del proyecto, lo que motivo a elegir la segunda solución como la más apta y empezar a conocerla un poco más a fondo. Para implementar la solución escogida de calibrar cada patrón portátil donde se disminuye el tiempo de la calibración, se debe crear una conexión de un bastidor de posiciones que es donde se conectará cada patrón portátil a calibrar con los demás equipos involucrados en el proceso, además, se establecerá una comunicación entre la fuente programable y el patrón de variables eléctricas directamente desde LabVIEW para obtener los datos requeridos de los equipos a la vez.

Comunicación	Automatizada
Interfaz	Automatizada
Rutinas de calibración	Automatizada
Extracción Excel	Manual
Generación informe	Automatizada

**Tabla 1**. Forma de las etapas de la solución propuesta.

En la tabla 1 se muestra la forma en la que se van a realizar la etapas para la solución propuesta, donde una vez creada la conexión de los equipos y la comunicación de ellos se realizará la automatización del proceso mediante el diseño de una interfaz gráfica en LabVIEW que permita la programación de las rutinas de calibración y seguidamente se procederá a la extracción del archivo de Excel con los datos producidos por el patrón portátil mediante su software propietario y desde la programación creada se importará este archivo para contar con toda la información desde LabVIEW y continuar con la generación automática del informe final que contiene todos los datos necesarios de la calibración. Una forma más explícita la podemos observar en la figura 1 donde se muestra el diagrama de bloques de la solución propuesta.



Figura 1.1. Diagrama de bloques solución propuesta.

# Capítulo 2 Meta y Objetivos

# 2.1. Meta

Mejorar la metodología de calibración donde se realice un proceso en forma simultánea para todos los patrones portátiles monofásicos que permita la mesa de trabajo, donde se mejore la eficiencia en el tiempo de calibración llevando este proceso a tiempo real y se permita obtener los datos de la calibración en forma automática para presentarlos en un informe final para cada patrón portátil.

# 2.2. Objetivo general

Desarrollar la automatización en la calibración de los patrones portátiles monofásicos mediante el uso de una fuente programable y un patrón de variables eléctricas que permitan mejorar la metodología de calibración y la generación de informes para un mejor manejo de los datos.

# 2.3. Objetivos específicos

- 1. Establecer una comunicación entre la fuente programable y el patrón de variables eléctricas para obtener la información de los equipos a la vez, la cual es requerida para la calibración.
- 2. Diseñar una interfaz gráfica en la plataforma de LabVIEW que permita la programación de las rutinas de calibración en los puntos requeridos.
- Implementar la automatización del informe de calibración para mejorar la manipulación de los datos.

# Capítulo 3 Marco teórico

# 3.1. Descripción de los instrumentos de medición

En este capítulo se dan a conocer los fundamentos físicos, teóricos y matemáticos utilizados en este proyecto, es importante conocer a fondo los equipos de medición y las herramientas con las que se va a trabajar para lograr obtener el máximo provecho de ellos. Por esta razón se mencionarán datos importantes de los equipos utilizados, además, de una explicación del funcionamiento básico de la herramienta de programación LabVIEW.

#### 3.1.1 Fuente California Instruments modelo 10001 ix

Es una fuente programable de fácil acceso, al combinar una fuente de alimentación de CA y CC es muy flexible y de gran rendimiento debido a sus altos valores voltaje y corriente que puede suministrar, utiliza un procesador de señales digitales de última generación en conjunto con convertidores A/D lo que proporciona mayor precisión y resolución en el análisis de armónicas. La figura 3.1 muestra una imagen de la fuente California Instruments modelo 10001 ix utilizada. [5]



Figura 3.1. California Instruments modelo 10001 ix. [5]

Esta fuente posee la alternativa de exportar los datos medidos por medio distintas interfaces de comunicación, como lo son IEEE-488 (GPIB) y RS-232. Con el lenguaje de programación SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) es posible programar todas las funciones de la fuente desde una computadora externa.

Posee una potencia de 10k VA dividida en dos módulos de 5k VA cada uno, lo cuales trabajan en conjunto mediante una conexión de simple aplicación como se observa en la figura 3.2, las cuales suministran voltajes de 0 - 300V y corrientes de 0 - 120A. [5]



Figura 3.2. Conexión módulos 10001 ix. [5]

#### 3.1.2 Patrón de variables eléctricas Radian RD-23

El modelo RD-23 es un estándar de referencia monofásico ideal para pruebas en el campo debido a su portabilidad y simplicidad en su aplicación. Este equipo cumple funciones como actuador principal en las mediciones, pero también es utilizado principalmente como referencia ante otros patrones, esto se debe a que cuenta con una precisión de 0.01% en todas sus funciones lo que permite una gran exactitud y confiabilidad en sus resultados. En la figura 3.3 se muestra una imagen de patrón de variables eléctricas utilizado. [6]



Figura 3.3. Radian RD-23. [6]

En la tabla 3.1 se puede observar los diferentes rangos de medición que el patrón de variables eléctricas RD-23 puede suministrar, tanto para sus valores mínimos como para los máximos para no exceder al equipo a funcionar en valores fuera de rango.

Rangos de medición	Mínimo	Máximo
Corriente (opción de tres entradas).	0.02 A	67 A
Corriente (opción de rango extendido de tres entradas).	0.02 A	75 A
Corriente (una opción de entrada)	0.02 A	120 A
Voltaje	30 V	630 V
Alimentación auxiliar	60 V	630 V
Frecuencia	45 Hz	75 Hz
Ángulo de fase	0°	360°
Factor de potencia	-1	1

Tabla 3.1. Rangos de medición RD-23. [6]

El RD-23 tiene integrado un convertidor de señales analógicas a digitales y fue diseñado específicamente para medición de potencia y energía, por lo que cuenta con la capacidad de realizar una medición simultanea monofásica en cuatro cuadrantes de energía, potencia, tensión, corriente, factor de potencia, ángulo de fase y armónicos. [6]

Con el Radian se pueden realizar comunicaciones externas por medio de una salida Ethernet, para llevar a cabo este proceso se debe de seguir un protocolo de comunicaciones basado en comandos, lo cuales permiten al equipo identificar los datos medidos que se requieren obtener y la forma en la que se desean mostrar. [7]

#### 3.1.3 Patrón portátil Enetics LM-1312

El LM-1312 es un adaptador de medidor que registra la información simultáneamente de más de 30 parámetros de energía, su manipulación es simple y de fácil acceso a sus datos, debido a que cuenta con una tarjeta de memoria SD donde se guardan todas sus mediciones. Este equipo también cuenta con su software para registrar todas las mediciones en tiempo real, además de que permite la programación de rutinas de mediciones a distintos tiempos y por el tiempo que se requiera. La figura 3.4 muestra la imagen de patrón portátil utilizado. [8]



Figura 3.4. Enetics LM-1312. [8]

En la tabla 3.2 se observan los principales rangos de medición que el patrón portátil LM-1312 puede funcionar, tanto para sus valores mínimos como para los máximos y así no exceder al equipo a funcionar en valores fuera de rango.

Tabla 3.2. Rangos de medición LM-1312. [8]

Rangos de medición	Mínimo	Máximo
Potencia	85 VAC	265 VAC
Voltaje	120 V	240 V
Corriente	0 A	200A
Frecuencia	47 Hz	63 Hz

Este equipo cuenta con dos fases en cuales sus mediciones son simultaneas para corriente y voltaje en cada una de ellas, además de que tiene un puerto serial USB el cual permite una comunicación local para registrar la información medida en tiempo real. [8]

# 3.1.4 Socket universal

La base para medior universal conocida como "socket", posee una manipulacion muy sencilla y de facíl acceso, como se observa en la figura 3.5, esta consta de una palanca encargada de abrir o cerrar las ventanas internas para sugetar el equipo que se encuentre conectado a la base. En la figura 3.6 se observa el diagrama de conexión interna, donde se indican sus puntos de entrada y salida para su correcto cableado. [9]



Figura 3.5. Socket universal.



Figura 3.6. Conexión Socket Universal.

# 3.2. Protocolo de comunicación serial

El protocolo de comunicación serial es un método muy sencillo que puede alcanzar grandes distancias sin perder la información, su función consiste en enviar y recibir bytes de información con un bit a la vez, para que esta comunicación sea posible se necesita de tres líneas de transmisión como lo son:

- Tierra o referencia (GND)
- Transmitir (Tx)
- Recibir (Rx)

Este protocolo permite enviar datos por la línea Tx mientras se reciben datos por la otra línea Rx, debido a que la transmisión no está sincronizada, a este tipo de comunicación se le conoce como Full-Dúplex. Es importante mencionar que para establecer una comunicación entre dos puertos se necesita de las principales características de la

comunicación serial como son la velocidad de transmisión, bits de datos, bits de parada y la paridad sean iguales. [10]

### Velocidad de transmisión (baud rate)

La velocidad de transmisión indica la cantidad de bits que se transfieren por segundo, su unidad de medida es el baudio, de ahí su nombre baud rate que permite conocer la velocidad a la que se envía o recibe un dato. [10]

## Bits de datos

Son la cantidad de bits que serán transferidos, comúnmente se transfiere un byte completo (8 bits) pero los paquetes de datos más utilizados son 8, 7 y 5 bits. Este número de bits que se envían dependen del tipo de información que se desea transferir. [10]

# Bits de parada

El bit de parada es usado para indicar el final de la comunicación de un solo paquete de datos, los valores de bits de parada más comunes son 1, 1.5 o 2 bits. [10]

## Paridad

El bit de paridad es una forma sencilla de verificar si existen errores en la transmisión y comprobar si el dato se envió de forma correcta, existen la paridad nula, par, impar, marcada y espaciada. [10]

#### **3.2.1 Interfaz RS-232**

La interfaz RS-232 es un puerto de comunicación serial que realiza conexiones punto a punto entre los puertos seriales de computadoras u otros equipos. Esta interfaz utiliza valores de rangos específicos para un cero lógico o un uno lógico, el cero lógico comprende valores de tensión de entre 3V a 15V y el uno lógico comprende tensión negativa de -3V a - 15V.

Para la implementación de la interfaz RS-232 se utiliza comúnmente el conector DB-9, el cual está compuesto por nueve pines como se observa en la figura 3.7. [10]



Figura 3.7. Conector DB-9.

Para la comunicación serial se necesitan principalmente los pines 5, 3, 2, los cuales representan las señales de tierra, transmisión y recepción, en la tabla 3.3 se puede observar la asignación completa de pines para el conector DB-9.

Pin	Nombre	Descripción
1	CD	Detección de portadora
2	RxD	Recepción de datos
3	TxD	Transmisión de datos
4	DTR	Terminal de datos
5	GND	Referencia
6	DSR	Set de datos
7	RTS	Petición para enviar
8	CTS	Listo para enviar
9	RI	Indicador de llamada

Tabla 3.3. Asignación de pines conector DB-9.

#### 3.2.2 Protocolo USB

El protocolo USB (Universal serial bus) nace de la idea de remplazar la gran cantidad de conectores disponibles en las computadoras simplificando su conexión y su configuración de dispositivos al lograr anchos de bandas más grandes, este es un puerto de comunicación serial punto a punto, debido a que su conexión inicia en una computadora y su destino es un periférico. Para la implementación del protocolo USB se utiliza comúnmente el conector tipo A, el cual está compuesto por cuatro pines de los cuales dos son para datos y dos para la alimentación como se observa en la figura 3.8. [11]



Figura 3.8. Conector USB tipo A.

Características protocolo USB:

- Banda de paso.
- Transferencia síncrona y asíncrona en el mismo bus.
- Varios tipos de periféricos en un mismo bus.
- Conexión de 127 periféricos.
- Flexibilidad.
- Fiabilidad.
- Control de errores.
- Velocidad de 1.5 Mbits/s.
- Bus expansible.

## 3.3. LabVIEW: Plataforma y entorno de desarrollo.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), es un entorno de programación grafica que permite la creación de aplicaciones de forma más rápida y sencilla. Este software se trabaja por medio del lenguaje de programación G y posee diversas funciones integradas que realizan el control de instrumentos, el análisis de mediciones, la adquisición de datos y presentación de los datos. En la figura 3.9 se muestra la ventana de inicio de la plataforma de desarrollo de LabVIEW. [12]



Figura 3.9. Pantalla de inicio de LabVIEW.

Los programas creados en LabVIEW son llamados VI (Virtual Instruments), debido a que se comportan como una copia de los instrumentos físicos. Una vez iniciado el programa, este se muestra por medio de dos ventanas donde se van realizar todos los trabajos y procesos del software. [12]

En la figura 3.10 se observa el área de trabajo de LabVIEW, en la posición izquierda se encuentra el panel frontal en donde se manipulan, controlan y monitorean los datos, mientras que en la derecha se encuentra el diagrama de bloques que es donde se localiza el código gráfico. [12]



Figura 3.10. Panel Frontal y Diagrama de Bloques.

Como se mencionó anteriormente LabVIEW permite la creación de aplicaciones de manera fácil y sencilla, por lo que para ello contiene gran cantidad de herramientas donde se colocan objetos ya construidos que no poseen líneas de texto de código, lo que acelera el desarrollo en él.

Existen diversas herramientas para la elaboración de programas en LabVIEW, en la figura 3.11 podemos observar la paleta de funciones en donde se encuentran todas las herramientas disponibles del software. [12]



Figura 3.11. Paleta de herramientas de LabVIEW.

Como se observó en la figura 3.11 existen diferentes paletas que se pueden utilizar, en la sección de "Programming" se observa la paleta de "Structures" la cual es una de las más importantes y utilizadas en la creación de programas, debido a que contiene las estructuras de programación y en ellas como lo muestra la figura 3.12 se encuentran el ciclo while, el ciclo for, la estructura de casos y demás funciones ya creadas que son de vital importancia en la programación. [12]



Figura 3.12. Estructuras de programación de LabVIEW.

# 3.4. Interfaz

Para la creación de la interfaz se debe de realizar según los métodos establecidos en las normas ISO de Interfaz e Interacción, donde se mencionan diferentes normas como lo son: las norma ISO 9126, ISO 9241, ISO 11064, ISO 14915, la cuales se encargan de medir la calidad del producto en la evaluación de software, la ergonomía de la interacción entre el usuario y la computadora, la ergonomía del software para la interfaz multimedia y las guías de interfaz de usuario en equipos multimedia para uso general. [13]

## **3.5.** Plantillas

Como se mencionó anteriormente el Laboratorio de Eficiencia Energética se encuentra acreditado por lo que debe de cumplir con ciertas condiciones para elaboración de sus ensayos, dentro de ellas se debe de seguir la norma ISO 17025 donde se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayos y calibración. [14]

Para realizar este ensayo se debe seguir con el procedimiento de calibración EL-010 de metrología donde se indica principalmente el método de cálculo de incertidumbres a realizar. Este proceso ya fue elaborado previamente por el laboratorio, el cual posee una plantilla en formato de Excel con los cálculos de incertidumbre ya establecidos, en la figura 3.13 se muestra dicha plantilla en la que nada más se deben de agregar los datos obtenidos en la medición y esta se encarga de realizar los cálculos para mostrar el resultado final de la incertidumbre. [15]



Figura 3.13. Plantilla para cálculo de incertidumbres.

Los resultados obtenidos se deben de mostrar en un informe según la evaluación de datos de medición con la guía para la expresión de la incertidumbre de medida. De la misma manera que el cálculo de incertidumbres, el laboratorio estableció con anterioridad una plantilla en formato de Word, la cual cuenta con portada, encabezados, tablas y demás elementos para cumplir con los requisitos de la generación de informes. [16]

En la figura 3.14 y se observa la plantilla, donde se le deben de agregar los datos solicitados en cuanto a la información propia al momento de la calibración y a los resultados de mediciones e incertidumbres.

# LABORATORIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INFORME DE CALIBRACIÓN



ICE-LEE-P11-2-F02

Pág. 1 de 3

Fecha de calibración	(Fecha de realización de la calibración)
Objeto bajo prueba	Marca: Enetics
	Modelo: LM-1312
	Número de activo:
	Número de serie:
Ámbito de Medición	Tensión eléctrica en corriente alterna
Método de Medición	Comparación directa
Patrones y Trazabilidad	Marca: Radian
Metrológica	Modelo: RD-23
	Número de activo: 896702
	Número de serie: 208858
	Informe de calibración:
	Vence:

Heyleen Villalta Maietta Coordinador Técnico

(nombre completo) Metrólogo
#### LABORATORIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INFORME DE CALIBRACIÓN



ICE-LEE-C-

Pág. 2 de 3

#### Resultados de la calibración

P <sup>1</sup> = P	corregido	Tens	ión Eléctrica A	Alterna @	e 60 آھ	łz	
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	E	r±U(E	r) (%)	
**A	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
**B	auto	xxx V	xxx V	XXX	±	XXX	
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	E	Er ± U(Er)		
**A	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
**B	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
Fase	Intervalo de Medida	valo Valorde Valorde dida referencia Medida (P <sup>1</sup> ) (L)		E	r ± U(E	r) (%)	
**A	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
**B	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	

En esta calibración el mesurando es el error relativo del instrumento bajo calibración y el proceso de medición está formalizado con base en la siguiente expresión:  $Er = \left[\left(\frac{L-P}{P}\right)\right] \times 100$ . Dónde: L es el valor del instrumento bajo calibración, P es el valor del patrón y la incertidumbre reportada es la incertidumbre de medida asociada al error relativo.

P<sup>1</sup>: Valor corregido con respecto al certificado de calibración del patrón.

Figura 3.14. Plantilla informe de calibración.

# Capítulo 4 Procedimiento Metodológico

## 4.1. Investigación bibliográfica

Primeramente, lo que se realizó para el desarrollo del proyecto fue una investigación bibliográfica a fondo para todos los equipos involucrados, donde se lograra extraer toda la información posible para entender su modo de operación y su funcionamiento aplicado al proyecto. También se estudió su comportamiento para conocer las medidas de seguridad que se deben de tomar para no sufrir daño por el uso inadecuado de alguno de ellos y para no dañar los equipos o los componentes internos, debido a que son equipos de un precio muy elevado, por lo que una nueva adquisición no es sencilla.

Durante la investigación se recopiló la información encontrada, donde se contaba con las especificaciones técnicas, diagramas de bloques, configuraciones y rangos de medición de cada uno de los equipos. Se contaba también con los manuales de usuario, los cuales fueron indispensables para realizar las conexiones físicas, de alimentación y en general de su funcionamiento.

Una vez comprendido su funcionamiento, se procedió a investigar la forma en la que cada uno de los equipos exporta los datos y de esta forma estudiar su protocolo de comunicación para entender el formato con el que se puedan extraer.

#### 4.2. Uso de equipos

En esta etapa se realizó la experimentación con los diferentes equipos poniendo en práctica el estudio efectuado, para cada equipo se realizó su conexión y se tomaron pruebas en el caso de los patrones con respecto a sus mediciones de voltaje y con la fuente de alimentación se manipularon sus funciones para suministrar el voltaje en la salida.

Seguidamente se procedió a conectar todos los equipos con la mesa de trabajo donde se le estableció un voltaje a la fuente para medirlo con cada patrón. Cabe destacar que estas mediciones de los patrones se realizaron con sus respectivos programas de fábrica.

#### 4.3. Preparación en LabVIEW

La mayoría del proyecto consiste en la utilización de la plataforma de LabVIEW, como se mencionó en el apartado 3.3 este programa se desarrolla en lenguaje G que es muy similar a los más conocidos lenguajes de programación, pero si bien es cierto que durante el proceso de estudio universitario se utiliza, esto no es suficiente para abordar todas las especificaciones en el proyecto. Por esta razón en esta etapa se realiza una preparación en LabVIEW para reforzar los conocimientos y comprender de una forma más clara la manera en que se va a desarrollar el programa que permita la automatización de los patrones portátiles monofásicos.

La preparación en LabVIEW se desarrolló tomando como guía la información proporcionada por la página de National Instruments, además, de que se les dio seguimiento a los ejemplos para una mejor comprensión y manejo de la información.

Gracias a esta preparación se crea una mejor idea para la realización de la interfaz gráfica, en donde también se genera un panorama más claro para abordar el ordenamiento de las rutinas de calibración y la manera de cómo se debe desarrollar el programa.

#### 4.4. Adquisición de datos

La conexión de los equipos involucrados en el proyecto se realiza mediante los conectores USB y RS-232, por lo que se procede a estudiar los protocolos de comunicación serial que permiten establecer una comunicación directa con la plataforma de desarrollo de LabVIEW.

Al concluir este estudio se presentaron alternativas para realizar la adquisición de datos, las cuales eran por medio de Modbus y NI-VISA. Se utilizó la segunda opción debido a que es la más utilizada para realizar este proceso de adquisición y por lo tanto posee más información para su elaboración, además, de que el comportamiento de los equipos lo permitía.

25

### 4.5. Desarrollo en LabVIEW

En esta etapa se unificaron los conocimientos adquiridos con anterioridad y se procedió a realizar el diseño de la interfaz gráfica, en donde se agregaron los botones principales y los valores que se deben de mostrar en pantalla para tener un panorama claro de la rutina de calibración que permite el funcionamiento total del proyecto.

Para el desarrollo de las rutinas de calibración se implementó una máquina de estados la cual es la encargada de llevar a cabo el proceso mediante secuencias, debido a que este proyecto implica el uso de diferentes equipos al mismo tiempo y por lo tanto las funciones actúan de forma simultánea. Se realizó la máquina de estados con encolamiento de datos para evitar problemas principalmente en los tiempos de ejecución.

Gracias a la interfaz creada y a toda la estructura de programación establecida se procedió a incluir los códigos de adquisición de datos y la realización de todos los eventos de forma consecutiva para obtener la calibración completa de los patrones portátiles.

# Capítulo 5 Descripción detallada de la solución

## 5.1. Comunicación

Para iniciar la comunicación de los equipos se procede a realizar la conexión de la mesa de trabajo con los equipos requeridos, para ello se realiza el cableado correspondiente con cada uno de los equipos, además, se verifican las conexiones internas punto a punto de la mesa de trabajo para confirmar su funcionamiento.

Con la mesa ya en funcionamiento se mide la caída de tensión en los puntos donde se van a alimentar los patrones portátiles, debido a que la conexión de la mesa no es independiente para cada uno de sus puntos se realiza esta medición con el fin de analizar si se debe de realizar una corrección por pérdidas de voltaje.

-	-	240 V	120 V
Puesto 10	Max	240.477	120.234
	Min	240.432	120.201
Puesto 9	Max	240.471	120.233
	Min	240.427	120.201
Puesto 8	Max	240.477	120.230
	Min	240.432	120.199
Puesto 7	Max	240.475	120.235
	Min	240.437	120.201
Puesto 6	Max	240.474	120.229
	Min	240.429	120.201
Puesto 5	Max	240.477	120.232
	Min	240.438	120.206
Puesto 4	Max	240.471	120.231
	Min	240.435	120.199
Puesto 3	Max	240.474	120.237
	Min	240.433	120.205
Puesto 2	Max	240.479	120.230
	Min	240.434	120.202
Puesto 1	Max	240.484	120.237
	Min	240.439	120.207

Tabla 5.1. Caída de tensión mesa de trabajo

La tabla 5.1 muestra la caída de tensión medida por el patrón Radian RD-23 para el voltaje máximo y mínimo que se va a utilizar en la calibración, esta medición se realizó para los diez puestos de conexión de la mesa, donde se tomaron los valores mínimos y máximos detectados durante un minuto en cada puesto.

Con esta información se analizó que no era necesario realizar una corrección en alguno de los puestos, debido a que todos los valores se encuentran en rangos parecidos y no existe un cambio brusco en ninguno de ellos.

#### 5.1.1 Comunicación Fuente California Instruments 10001 ix

Para establecer la comunicación de la fuente por medio de LabVIEW se realiza la conexión vía USB, en donde se instalan los drivers que permiten la identificación del equipo con la computadora. Es importante mencionar que la empresa AMETEK encargada de la fuente California Intruments proporciona drivers para LabVIEW, este controlador se encuentra creado para la manipulación de todas las funciones generales para las fuentes modelos ix/Mx. En la figura 5.1 se observa el diagrama de bloques del controlador proporcionado por AMETEK.



Figura 5.1. Diagrama de bloques para fuentes con modelos ix/Mx.

Con el controlador proporcionado se realiza la modificación del mismo para adaptarlo hacia las necesidades del proyecto, para el cual se toma la conexión por medio del NI-VISA debido a que la conexión del equipo se realizó vía USB, donde se crea un puerto virtual COM y se configura la velocidad de transmisión a 115200 baudios para la comunicación adecuada con la fuente.

Como se observa en la figura 5.2, se utilizan solo los controles e indicadores principales y se resume eliminado varios bloques encargados de otras funciones para establecer un código que cumpla solo con lo necesario para configurar diferentes medidas de voltaje.



Figura 5.2. Diagrama de Bloques fuente 10001ix.

### 5.1.2 Comunicación Radian RD-23

La comunicación con el Radian RD-23 se realiza por medio de un cable Ethernet que va conectado a un conversor de Ethernet a RS-232, en la figura 5.3 se observa este convertidor el cual convierte los paquetes de datos recibidos a través del cable red en señales de datos en serie.



Figura 5.3. Convertidor Ethernet a RS-232.

Como se mencionó anteriormente el Radian RD-23 se comunica mediante el protocolo RS-232 por lo que se deben de configurar las características principales de la comunicación serial. En la tabla 5.2 se muestran los valores configurados para establecer la comunicación adecuada con este equipo.

Tabla	5.2.	Características	Comunicación	Serial	Radian	RD-23.

Bits por segundo	57 600
Bits de datos	8
Paridad	Ninguno
Bits de parada	1
Control de flujo	Ninguno

Una vez comunicado el equipo con la computadora se procede a crear un módulo que realice la escritura de comandos para leer el dato deseado, en la figura 5.4 se observa donde la comunicación se realiza con el bloque NI-VISA y se crea una variable "Write" que es la encargada de recibir el comando especifico de lo que se quiere leer, luego se crea la variable "Read" que es la encargada de tomar esa lectura y mostrarla a través de una cadena de caracteres.



Figura 5.4. Escritura de comandos para el RD-23

Como se indica en los objetivos del proyecto se requiere obtener la medición de voltaje, por lo cual se debe de escribir un comando especifico al Radian para obtener la medición de voltaje instantáneo. Los comandos se manejan en formato hexadecimal para cada acción que se le pida realizar al equipo, en la tabla 5.3 muestra lo comandos escritos al Radian para obtener la lectura de voltaje instantáneo.

	Inicio	Tipo de paquete	Longitud	Da	itos
Comando	A6h	0Dh	0008h	0028h	00000014h
Especificación	Acceso	Mediciones	Extensión	Frecuencia	Voltaje
	total	instantáneas			

Tabla 5.3. Comandos de acceso voltaje instantáneo.

Una vez indicado el comando para la lectura del voltaje instantáneo, esta se obtiene en una cadena de caracteres en formato hexadecimal por lo que se debe de convertir a valores decimales para su comprensión. El bloque hextodouble mostrado en la figura 5.5 es el encargado de realizar dicha conversión, también en esta misma figura se muestra el diagrama de bloques final que permite realizar la lectura del voltaje instantáneo para el Radian RD-23.



Figura 5.5. Lectura de voltaje instantáneo Radian RD-23.

#### 5.1.3 Comunicación Enetics LM-1312

La comunicación para este equipo no se puede realizar de forma directa con LabVIEW debido a que se cuenta con poca información y para ello es necesario una guía o manual de usuario donde se proporcione información de la forma de comunicación y comandos de acceso al mismo, por lo que habría que trabajarlo a un nivel de programación más bajo, lo que implicaría la dedicación exclusiva a este equipo.

Por la razón mencionada anteriormente se utiliza el software PowerScape, el cual es propietario del equipo y se comunica mediante el puerto USB, este software tiene la capacidad para configurar los tiempos de medición y las variables que se desean medir, además, de que permite realizar la extracción de los datos en un archivo de Excel, una mejor visualización la podemos encontrar en la figura 5.6 donde se muestra el panel de configuración del software PowerScape.

General Interval Events Calls Time 2	Zone Scaling Notification
General Interval Events Calls Time Z   Interval Length Recording   15 Seconds Image: A   Interval Data Image: A   Image: A Image: A	Zone Scaling Notification g Channels B C N-G Individual Phase Harmonics Voltage Current 2nd 3rd 4th 5th 6th 7th 8th 9th 10th 11th 12th 13th 14th 15th 16th 17th 18th 19th 20th 21st 22nd 23rd 24th 25th
Frequency (Min, Avg, Max)	4 hours per channel
Note: N-G channel supports Voltage (V) a (2 columns) capacity: 22.9 days	and Current (A) recording only.
	Aceptar Cancelar

Figura 5.6. Configuración del software PowerScape.

En la figura 5.6 se observa la configuración para la obtención de voltaje promedio y los canales A y B que son las fases que se desean medir, también se configura el intervalo de tiempo en 15 segundos, tiempo en el cual el equipo realiza la lectura de cada una de sus mediciones.

#### 5.2. Diseño y programación interfaz

Con la explicación breve de la comunicación de los equipos ya concluida, es necesario proceder a mostrar el diseño de la interfaz y su programación. Para lograr esto, se irá explicando algunas de las partes en las que se dividió la programación como lo son las secuencias del proceso, adquisición de datos y registros de datos que permiten realizar el proceso de calibración.

#### 5.2.1 Interfaz

El desarrollo de la interfaz se basó según las normas ISO de interfaz e interacción, esto para lograr una buena comunicación visual con los usuarios al manipular el programa. Para el diseño de la misma se planteó que debido a las exigencias del proyecto no debería contener muchos botones para controlar los procesos, debido a que serían innecesarios dado que la mayoría del proceso funciona automáticamente.

Al ser el proyecto desarrollado en gran parte de forma automática se obtiene gran cantidad de espacio de trabajo en la interfaz, por lo que era adecuado invertir dicho espacio en indicadores de información para que el usuario pueda visualizar los datos generados durante el proceso de la calibración.

En la figura 5.7 se observa el diseño de la interfaz de la calibración de los patrones portátiles monofásicos, en esta interfaz encontramos un recuadro de botones que son los encargados del control del programa, en el recuadro llamado "Información" se encuentra los datos relacionados con la persona y el equipo involucrado en la calibración, seguidamente se observa un recuadro con varias secciones en la que se encuentras las tablas donde van a ser desplegados todos los datos medidos para los equipos. También se muestra

la fecha y la hora en la cual se está realizando la prueba y diversos indicadores leds encargados de mostrarle al usuario lo que se está realizando durante el proceso de calibración.

GRUPO CO Lab Pru	ooratorio eba Calib	de Efic ración	iencia Energé de Patrones I	ética - LEE Portatiles.	GRUPO
Salir	Mediciones 120	v	YY/MM/DD 00:00 208 V	240 V	EMERGENC
Ing. de Ensayos Asignado Expediente N° ICE-LEE-PEC Número de la muestra: Modelo Serie	Radian	A B	Radian A B	Radian A	B 120
Nueva Prueba					240
Generar Reporte					Calibrando

Figura 5.7. Interfaz de calibración.

## 5.2.2 Estructura de programación

Como se mencionó en el apartado anterior el control de la interfaz es por medio de botones y para ello es necesario la utilización de colas en la programación. En la figura 5.8 se muestra la estructura de eventos utilizada, en la cual se observan los diferentes estados para encolar un dato, estos estados van ocurriendo según se vayan presionando los botones correspondientes que activan a cada uno de ellos.



Figura 5.8. Estructura de eventos.

El estado "0" es un estado de reposo, el cual se mantiene en él mismo mientras no se presiona ningún botón, sin embargo, si se presiona algún botón se dirigirá hacia el estado correspondiente y se encola el dato anterior.

Tabla 5.4. Descripción de los eventos.
--

Botón	Descripción	Estado
Emergencia	Apaga la fuente	1
Nueva Prueba	Solicita información de la nueva prueba	2
Inicio	Inicia la rutina calibración	3
Salir	Detiene la ejecución de programa	4
Generar Reporte	Genera el informe final	5

Para comprender de una manera más sencilla el funcionamiento se deben de conocer los botones utilizados y su función durante el proceso, para ello en la tabla 5.4 se observa cada uno de los botones con su función y estado correspondiente.

El botón Nueva Prueba que se observa en la figura 5.9 corresponde a una ventana emergente, la cual es la encargada de abrir una nueva ventana de configuraciones donde le permite al usuario editar información cada vez que se desea realizar una nueva prueba.



Figura 5.9. Botón Nueva Prueba.

Este nuevo panel que se genera a partir de la activación del botón de Nueva Prueba le solicita al usuario información relevante para el procedimiento de la calibración, la cual será extraída en procesos posteriores para agregarla en el informe final, el cual debe de contener los datos de la calibración adjuntos a esta información para completar el proceso. La figura 5.10 muestra el panel de configuración de la nueva prueba, en donde se observa la información solicitada y dos botones que controlan si se desea continuar con la información agregada o bien cancelar el proceso adquisición de la información.

Informe de calibración	Informe Calibración
Metrólogo	Luis Solano
Número de Activo	796237
Número de Serie	2872
Temperatura ambiental	24
Huemdad relativa	52
🛛 🖌 🖌 🖌	Cancelar

Figura 5.10. Ventana emergente de Nueva Prueba.

En la figura 5.11 se observa el diagrama de bloques de la venta emergente de nueva prueba, en donde se muestra una estructura similar a la mencionada anteriormente, pero en este caso se basa solamente en dos eventos, "Aceptar" y "Cancelar".

En el evento "Aceptar" se coloca un clúster debido a que tiene la facilidad de agregar grupos de elementos de datos de diferentes tipos, también se coloca la función bundle encargada de reemplazar los elementos de clúster para luego mostrarlos con indicadores individuales. Para el caso de "Cancelar", el funcionamiento de este es devolverse a la ventana principal sin guardar la información.



Figura 5.11. Diagrama de bloques ventana emergente

### 5.2.3 Registro de datos

Como se mencionó en el apartado 5.1.3 el patrón Enetics no puede comunicarse directamente con LabVIEW para obtener sus registros de lectura, por lo que se debe de generar el archivo que posee los datos mediante el software PowerScape y luego importar este archivo a LabVIEW.

El archivo generado es un archivo de Excel, el cual mediante la programación que se muestra en la figura 5.12 se extrae para proceder a realizar la comparación con los datos generados por el patrón Radian.



Figura 5.12. Extracción archivo de Excel del Enetics.

La figura 5.12 muestra una estructura de secuencias con tres etapas, en la primera etapa se realiza la importación del archivo de Excel, donde se busca el archivo que se desea importar y se le agrega por defecto la indicación de las filas y columnas que se desean importar. Una vez extraídos los datos, estos se separan en la segunda etapa, debido a que se debe de manejar de forma independiente la hora del dato, el voltaje en la fase A y el voltaje en la fase B.

El patrón Enetics realiza lecturas cada intervalo de tiempo mientras que el Radian realiza lecturas en cualquier momento, por lo que se debe de corregir estos tiempos para iniciar en una hora determinada y comparar los datos en la misma hora en que fueron medidos. Para ello se realizó el código mostrado en la figura 5.13, donde se solicita un tiempo de espera al Radian para que inicie cuando los segundos sean cero.



Figura 5.13. Corrección de tiempos lectura Radian.

Una vez terminada la separación de los datos y corregidos los tiempos con el Radian se procede a realizar la sincronización de la hora para obtener los datos del Radian y el Enetics al mismo tiempo en que fueron tomados, para ello se realizó la programación mostrada en el diagrama de bloques de la figura 5.14, donde en la primera etapa se toma una variable local llamada "Hora 1", la cual es generada en el instante en que inicia la lectura de datos del Radian y se recorre en el arreglo de las horas del archivo de Excel hasta encontrar una igual y se guarda el valor de esta iteración para conocer su posición. Por medio del bloque "Array Subset Function" se le indica que a partir de la posición encontrada anteriormente muestre las cinco siguientes mediciones de los voltajes en ambas fases.



Figura 5.14. Sincronización de tiempos entre patrones

Resuelto los temas de sincronización y extracción de datos se procede a realizar la adquisición de ellos como se observa en la figura 5.15 para mostrar en una sola tabla los datos del radian y del Enetics. Es importante mencionar que todo el procedimiento de adquisición de datos es similar para cada una de las mediciones de 120 V, 208 V y 240 V.



Figura 5.15. Adquisición de datos.

#### 5.2.4 Manipulación de los datos

Una vez adquiridos los datos necesarios para la calibración, se procede a realizar una correcta manipulación de ellos para obtener los datos relevantes del resultado de la calibración, los cuales son los valores de incertidumbre y del error que está relacionado a las mediciones del objeto bajo prueba.

Para la acreditación se debe tomar en cuenta que el laboratorio debe cumplir con estándares y validaciones, por lo que para la manipulación de los datos se utilizó la plantilla de Excel que se encuentra previamente elaborada para realizar todos los cálculos necesarios de la calibración.

Los datos obtenidos para la calibración se envían de forma automática a la plantilla de Excel en los lugares específicos para generar el dato del error e incertidumbre, donde posteriormente se deberá de realizar la lectura de ellos.

	A	В	С	D	E	F	G	н	1	J	К	L	м	
1 2	TOMA DE DATOS, ESTIMACIÓN Y CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE PARA CALI													
3				VA	RIABLES ELECT	RICAS				Versión: 04		Pagina 1/1		
4											Rige a partir de: 2018-06-0	15		
5											Actualizado:	04/09/2018		
6 INFORMACIÓN GENERAL														
7														
8	Solicitud:		Calibraci	on Enetics	]					Patrón				
9	OBP		Enetics LM-1312				Marca	Modelo	Serie	Activo ICE	Certificado de Calibración	Vencimiento Calibración		
10	Activo ICE						Radian	RD-23	208858	896702	ICE-LEE-C-13-2018	01/03/2019		
11	Metrólogo													
12														
13														
14														
15	Observaciones:													
16	Numero de serie													
17														

Figura 5.16. Portada plantilla de Excel.

En la figura 5.16 se observa la portada de la plantilla de Excel, la cual contiene información relevante a la de los equipos utilizados para la calibración, en donde los espacios color amarillo representan el lugar donde se agregarán los datos específicos solicitados del objeto bajo prueba.

4	А	В	С	D	E	F	G	н	1	JF	L	М	N O	P	Q	R	S	
1																		
2	ICE	TOMA DE	DATOS, ESTI	MACION Y C	ALCULO DE INC	ERTIDUMBRE PARA CA	ALIBRACION DE			Código K	E-LEE-P11-2-F02							
3				VA	RIABLES ELECT	RICAS		Versión: 04			Pagina 1/1							
4					1					Rige a pa	rtir de: 2018-06-05 Actualizado	2018-09-04						
-																		
0	Solicitud:		Calibracio	on Enetics	Activo ICE	Especificaciones	del Patron		Calibración	del Patrón,		Error del Patrón						
0	UBP		Enetics	LINHISIZ	dddd				0.00	000		0.0015						
0	EACE.		, mr	ene .		exactitud //			0.00	152	-	-0.0015						
10	Frequencia de calib	ración	60	H2	1	0.01												
11	Variable a calibr	rar	Tensió	n en AC														1
12	Valor de Exactitud I	Para Cumplir	niento (%)	#;DIV/0!														
13	Fecha de calibra	cion .									Cal	ibrando				Patrón		Ē
14											Escala	Resolución (V)		Radian		BD-23	896702	Ē
15	Punto de medio	ion	120.000 V		Resol	Valor generado (P*)	#jDIV/0				Auto	Auto 0.01		Certificado ICE-LEE-C-13-		2018	Ē	
16	No de Medida	P	L	% error sin correción		Valor medido (L)	#(DIV/0)		n =	5				Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V	ï
17	1			#;DIV/0!		Componente	Argumento	Valor estimado	Distribución de Probabilidad	Incertidumbre estandar (%)	Conficients de renribilided (pere lacort ert en Z)	Aporte de la incertidumbre	grados de libertad	Resolución (V)		0.001		
18	2			#;DIV/0!	1	Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	#(DIV/0) >	< #jDIV/0!	#jDIV/0!	% 200					Ē
19	3			#(DIV/0)	1	Valor medido OBP	Repetibilidad	#(DIV/0)	Normal	#(DIV/0) >	. #(DIV/0)	#jDIV/0!	% 4					
20	4			#(DIV/0!		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000 >	+ # DIV/0!	#jDIV/0!	% 200					
21	5			#jDIV/0!	1	Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000 >	: #jDIV/0!	#jDIV/0!	% 200	1				
22	Promedio	#jDIV/0!	#jDIV/0!	#jDIV/0!														
23	desviacion estandar	#;DIV/0!	#;DIV/0!	#;DIV/0!		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	#;DIV/0! >	: #jDIV/0!	#jDIV/0!	% 200					
24	n	5				Incertid	umbre combinada		#jDIV/0!									
25	Temperatura ambiental (°C)					grados e	fectivos de libertad		#¡DIV/0!									
26	Humedad relativa (%)					v	alor k (95%)		#jVALOR!									
27						Incertidu	mbre espandida U%		#jVALOR!									
28										error		U(error)						
29								Valor a r	eportar =	#jDIV/0! >	4 1	•jVALOR!	%	Aceptar				

Figura 5.17. Formato plantilla en Excel.

El formato de plantilla que se muestra en la figura 5.17, requiere escribir y leer datos, donde las celdas de color amarillo representan las posiciones donde se deben escribir los datos y las celdas color verde las posiciones donde se debe realizar la lectura de los datos generados por la misma. Es importante mencionar que el formato de plantilla expuesto es solo para el cálculo de una fase de voltaje, pero de forma similar se realiza el cálculo de las demás fases y de los diferentes voltajes involucrados.

Para realizar este proceso de escritura y lectura desde el archivo de Excel se hizo una programación en LabVIEW que permita efectuar el proceso de forma automática. Esta programación está compuesta de varias etapas, las cuales se observan en la figura 5.18, donde se extrae el archivo, se escriben y se leen datos y por último se guarda el nuevo archivo.

En la primera sección se utiliza el bloque "New Report.vi", este bloque se encarga de recibir la ubicación y el tipo de archivo que se desea extraer, en este caso se selecciona como una constante de Excel y se agrega la ubicación de donde se encuentra la plantilla a utilizar. En la segunda sección se encuentran dos formas de escritura, donde se utilizan los bloques "Excel Easy Text.vi" y "Excel Easy Table.vi" que permiten escribir desde una sola variable o bien desde una tabla con todas sus filas y columnas, además, se utiliza el bloque "Excel Get Worksheet.vi" que indica en cual hoja del documento de Excel se desea realizar la escritura. En el caso número tres se utilizó el bloque "Excel Get Data.vi" al cual se le indica el tipo de archivo que se desea leer y la posición dentro del documento donde se encuentra, la sección cuatro es la encargada mediante el bloque "Save Report to File.vi" de guardar el nuevo archivo que se genera con la escritura de los datos ya realizada.



Figura 5.18. Manipulación de datos con plantilla de Excel.

En la figura 5.19 se observa el procedimiento realizado para 120 V en la fase A, donde se ejemplifica el proceso de las demás mediciones que se realiza de una forma similar, es importante mencionar que los datos se escriben mediante variables locales debido a que la mayoría de los datos que se necesitan se encuentran en otros eventos de la programación en general.



Figura 5.19. Escritura y lectura para 120V fase A.

#### 5.3. Generación del informe

La generación del informe de calibración se realizó mediante una plantilla de Word, que como se mencionó anteriormente para la acreditación se deben de cumplir estándares, al igual que la plantilla de Excel, la plantilla de Word posee espacios específicos donde se debe agregar la información solicitada sin alterar las demás partes de ella, por lo cual se le otorgaron nombres a cada una de estas posiciones mediante el uso de marcadores.

Para proceder con la escritura de la plantilla de Word, esta se realizó mediante la programación en LabVIEW mostrada en la figura 5.20, donde se utilizó el bloque "New Report.vi" al cual se le ingresa en este caso el tipo de dato como una constante de Word y el destino donde se encuentra la plantilla utilizada, además, con el bloque "Append Report Text.vi" se realiza la escritura de los datos donde para cada dato se utiliza el mismo bloque pero variando el nombre de la ubicación, es decir, se le ingresa el nombre del marcador que

fue colocado con anticipación para escribir en esa posición. Los datos a escribir fueron colocados mediante variables locales debido a que la mayoría de estos fueron obtenidos en el evento donde se realiza la lectura del archivo en Excel y una vez finalizada la escritura se procede a guardar en archivo de Word que obtiene el informe de la calibración.



Figura 5.20. Escritura en la plantilla de Word.

# Capítulo 6 Resultados y Análisis

Con el proyecto diseñado e implementado se procede a realizar una validación que permita comprobar si este se cumplió, para ello es necesario repasar los objetivos que nos guían hacia esta comprobación.

El análisis de los objetivos se irá realizando por etapas, donde se demostrará a base de los indicadores el cumplimiento de los mismos, se analizarán primero los objetivos específicos para guiarnos hasta la comprobación del objetivo general.

# 6.1. Objetivo específico 1: Establecer una comunicación entre la fuente programable y el patrón de variables eléctricas para obtener la información de los equipos a la vez, la cual es requerida para la calibración.

Para analizar este objetivo se recordará que el indicador mencionaba que debía existir una comunicación directa desde LabVIEW para el patrón Radian y la fuente de voltaje, además, de que dentro de la programación se establecería un voltaje en la fuente y demostrar con este valor de voltaje que se obtiene un porcentaje de error menor al 2% en la comparación de la lectura dentro de la programación del Radian y de la mostrada en su display físicamente.

Para la demostración de este objetivo, en las figuras 5.2 y 5.5 se muestra la comunicación directa de ambos equipos con LabVIEW y se procede con la utilización de las mismas para configurar y leer cada uno de los voltajes, así mismo, de forma paralela se realiza la lectura manual con ayuda de un cronometro para leer el dato de forma periódica y sincronizada con la lectura de la programación para que los datos difieran en la menor medida posible. Con un intervalo de tiempo de 15 segundos se procedió a tomar la medición de cinco datos para cada valor de voltaje, donde se tomó como valor teórico el medido por la programación.

	Método Manual	Método LabVIEW	Error
Muestra	Valor (V)	Valor (V)	Valor (%)
1	120.194	120.198	0.003
2	120.198	120.189	0.007
3	120.200	120.191	0.007
4	120.193	120.194	0.001
5	120.192	120.193	0.001
Promedio	120.195	120.193	0.002

Tabla 6.1. Muestras obtenidas manualmente y desde LabVIEW para 120 V.

Tabla 6.2. Muestras obtenidas manualmente y desde LabVIEW para 208 V.

	Método Manual	Método LabVIEW	Error
Muestra	Valor (V)	Valor (V)	Valor (%)
1	208.372	208.358	0.007
2	208.382	208.384	0.001
3	208.368	208.369	0.001
4	208.374	208.375	0.001
5	208.377	208.378	0.001
Promedio	208.377	208.373	0.002

**Tabla 6.3.** Muestras obtenidas manualmente y desde LabVIEW para 240 V.

	Método Manual	Método LabVIEW	Error
Muestra	Valor (V)	Valor (V)	Valor (%)
1	240.464	240.410	0.023
2	240.434	240.409	0.010
3	240.411	240.421	0.004
4	240.440	240.429	0.005
5	240.411	240.458	0.019
Promedio	240.432	240.425	0.003

Como se observa en las tablas 6.1, 6.2 y 6.3 se obtienen las mediciones de forma manual y automática, donde se les realiza el cálculo del porcentaje de error y se obtiene que el máximo error presentado en los promedios es de 0.003%, lo que significa que se encuentra muy por debajo del 2% de error planteado en el indicador del objetivo. Esto demuestra que los datos son adquiridos de forma exitosa y muy cercanos a los medidos por el método manual, por lo que se da por cumplido este objetivo.

En la figura 6.1 se observa el valor leído desde la plataforma de LabVIEW para los diferentes valores de voltaje que fueron utilizados para los cálculos anteriores.

Mediciones				18/1	0/24 15:12:26				
1	20 V		20	8 V			24	0 V	
Radian	Α	В	Radian	Α	В	Rad	lian	Α	В
120,198			208,358			240	,410		
120,189			208,384			240	,409		
120,191			208,369			240	,421		
120,194			208,375			240	,429		
120,193			208,378			240	,458		
<u> </u>							-		

Figura 6.1. Lectura de la programación en LabVIEW.

# 6.2. Objetivo específico 2: Diseñar una interfaz gráfica en la plataforma de LabVIEW que permita la programación de las rutinas de calibración en los puntos requeridos.

Es importante mencionar el indicador de este objetivo para proceder con su análisis, en este caso se debe verificar el diseño de la interfaz gráfica con las normas ISO de interfaz e interacción y demostrar por medio pruebas que el proceso de calibración se realiza según el procedimiento de calibración metrológico y los requerimientos de calidad utilizados por el laboratorio.

La figura 6.2 muestra la interfaz diseñada para realizar la calibración de los patrones portátiles donde se verifican las normas ISO de interfaz e interacción, debido a que presenta un diseño acorde a lo establecido por las normas donde presenta un espacio adecuado para cada sección, mostrando un mando de controles e información, indicadores del proceso mediante luces y diálogos, tamaños que permiten una correcta visualización, además, muy importante la capacidad de aprendizaje y manipulación es muy sencilla para cualquier usuario.

GRUPO	) Labo Pruel	ratori Da Cali	o de bra	e Efici ción	iencia de Pat	En tror	ergéti les Po	ca - L ortati	EE les.	GRUP	ice
Salir	Iformación	Mediciones 1	20 V		2	18/10/ 208 V	30 09:19:02		240 V		EMERGENCI
Metrólogo Número de Activo Número de Serie Temperatura ambiental Humedad relativa	Luis Javier     796237     2872     24     55	Radian 120,202 120,191 120,193 120,195 120,207	A 120.58 120.58 120.58 120.56 120.56	B 120.52 120.52 120.52 120.52 120.52	Radian 208,369 208,378 208,377 208,386 208,399	A 209.70 209.70 209.70 209.70 209.70	B 209.56 209.56 209.56 209.58 209.58 209.58	Radian 240,439 240,421 240,468 240,478 240,478	A 242.24 242.22 242.22 242.22 242.22	B 242.06 242.06 242.06 242.04 242.04 242.06	120V 208V 240V
Generar Reporte											Calibrando

Figura 6.2. Interfaz de calibración.

Para demostrar que se cumple con los requerimientos de calidad del laboratorio se realizó la medición de la caída de tensión como se observa en la tabla 5.1 mencionada en el capítulo anterior, donde se muestran los valores de voltaje medidos directamente con el Radian en cada punto y se comprobó que la caída de tensión es mínima por lo que los datos obtenidos no se van a ver afectados.

Es importante mencionar que, para realizar mediciones dentro del laboratorio, estas se realizan con condiciones controladas por lo que antes de iniciar la prueba se le solicita al usuario como se observa en la figura 6.3, la temperatura ambiental y la humedad relativa con la que se va a realizar la calibración.



Figura 6.3. Solicitud de condiciones ambientales

El procedimiento de calibración metrológico utilizado se evidencia con la utilización de la plantilla de Excel previamente elaborada por los ingenieros del Laboratorio de Eficiencia Energética, donde cumple con el cálculo de incertidumbre siguiendo este procedimiento, para ello en la figura 6.4 se observan los datos obtenidos durante la calibración, los cuales van a ser exportados en los espacios color amarillo de la figura 5.17 expuesta en el capítulo anterior, en esta figura se observa la hoja de cálculo para un voltaje en una fase pero de manera similar se exportan los datos hacia las demás hojas según corresponda. Estos datos una vez exportados se observan en la figura 6.5, donde la plantilla se encarga de realizar los cálculos del error y de incertidumbre para cada uno de los voltajes en cada fase.

lediciones				18/10/	30 09:19:02				
1	20 V		2	208 V			2	40 V	
Radian	Α	В	Radian	Α	В	]][[	Radian	A	В
120,202	120.58	120.52	208,369	209.70	209.56		240,439	242.24	242.06
120,191	120.58	120.52	208,378	209.70	209.56		240,421	242.24	242.06
120,193	120.58	120.52	208,377	209.70	209.56		240,468	242.22	242.06
120,195	120.56	120.52	208,386	209.70	209.58		240,478	242.22	242.04
120,207	120.56	120.52	208,399	209.70	209.58		240,429	242.22	242.06
				1					
ļ									

Figura 6.4. Datos obtenidos durante la calibración.

4	A	В	с	D	E	F	G	н	1	J	K L	м	N O	Р	Q	R	S	
1	$\widehat{\mathbf{i}}$																	
2		TOWA DE DAT	US, ESTIMACIO	NTCALCULU	DE INCERTIDUM	DRE PARA CALIDRACIO	IN DE VARIADLES		V	Codigo	ICE-LEE-P11-2-F0	C De sis e 111		_				
1									Version: 04	Pige 2	antie das 2019, 06, 0	r agina in						
5										nige a	Actualizadi	2018-09-04						
6	Solicitud		Calibracio	n Enetics	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón		Calbrasión	dal Datrán		Euros del Datrón						
7	OBP		Enetics L	M-1312	796237				Calbracion %	ser Facion,		%						
8	Metrólogi	,	Luis J.	avier		exactitud %			0.00	92		-0.0015						
9	FASE	A				0.01												
10	Frecuencia de ca	ibración	60	H2														
11	Variable a cal	ibrar	Tensión	en AC														
12	Valor de Exactitu	d Para Cumplir	niento (%)	0.30														
13	Fecha de calibi	acion	30/10/2018								Cal	ibrando				Patrón		
14											Escala	Resolución (¥)		Radian		RD-23	896702	
15	Punto de med	licion	120.000 V		Resol	Valor generado (P*)	120.199 V				Auto	0.01		Certificado		ICE-LEE-C-13-2	2018	
16	No de Medida	Р	L	% error sin correción		Valor medido (L)	120.57 V		n =	a				Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V	
17	1	120.202 V	120.58 V	0.31447		Componente	Argumento	Valor estimad	Distribución de Probabilidad	Incertidumb estandar (>	(P Casficiants d roaribilided (pare lacart art on Z)	Aporte de la incertidumbre	grados libertad	<sup>de</sup> Resolución (V)		0.001		
18	2	120.191 V	120.58 V	0.32365		Resolucion OBP	Resolución de escala		Reotangular	0.0023942	% 1.00309982	0.002401635	%	:00				
19	3	120.193 V	120.58 V	0.32198		Valor medido OBP	Repetibilidad	0.009 V	Normal	0.0040631	% 1.00309982	0.00407571	*	4				
20	4	120.195 V	120.56 V	0.30367		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	% 1.00476666	7 0.004621927	× :	:00				
21	5	120.207 V	120.56 V	0.29366		Especificaciones del patrón	Economiconor		Mormal	0.0050000		0.005015499	7	:00				
22							uspeomoaciones		ruonnai	0.0030000	-74 -1.00303362	1 -0.003013433	1.221					
	Promedio	120.198 V	120.57 V	0.31149							· ···							
23	Promedio desviacion estandar	120.198 V 0.007 V	120.57 V 0.01 V	0.31149		 Resolución del Patrón	 Resolución de escala		 Reotangular		· ···· × ·100309982			:00				
23 24	Promedio desviacion estandar n	120.198 V 0.007 V 5	120.57 V 0.01 V	0.31149 0.01271		 Resolución del Patrón Incertido	Resolución de escala		 Reotangular 0.0083	0.00024016	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	 4 -0.000240908	·	00				
23 24 25	Promedio desviacion estandar n Temperatura ambiental (°C)	120.198 V 0.007 V 5 24	120.57 V 0.01 V	0.31149		 Resolución del Patrón Incettide grados e	Resolución de escala mbre combinada jectivos de libertad		 Rectangular 0.0083 63.7394	0.00024016	× -100303982			00				
23 24 25 26	Promedio desviacion estandar n Temperatura ambiental (°C) Humedad relativa (%)	120.198 V 0.007 V 5 24 55	120.57 V 0.01 V	0.31149 0.01271		 Resolución del Patrón Incertidu grados e v			 Reotangular 0.0083 63.7394 2	0.00024016	×		·	00				
23 24 25 26 27	Promedio desviacion estandar n Temperatura ambiental (C) Humedad relativa (%)	120.198 V 0.007 V 5 24 55	120.57 V 0.01 V	0.31149 0.01271		 Resolución del Patrón Incertidu grados e v Incertidu	Resolución de escala mbre combinada ectivos de libertad alor k (95%) nbre expandida U%		 Reotangular 0.0083 63.7394 2 0.016607798	0.00024016			·	00				
23 24 25 26 27 28	Promedio desviacion estandar n Temperatura ambiental [C] Humedad relativa (%)	120.198 V 0.007 V 5 24 55	120.57 V 0.01 V	0.31149 0.01271		Resolución del Patrón Incettid grados e v Incettidu	Resolución de escala imbre combinada iectivos de libertad alor k (95%) nbre espandida U%		 Reotangular 0.0083 63.7394 2 0.016607798	 0.00024016 error				00				
23 24 25 26 27 28 29	Promedio desviacion estandar n Temperatura ambiental [C] Humedad relativa (%)	120.198 V 0.007 V 5 24 55	120.57 V 0.01 V	0.31149 0.01271		 Resolución del Patrón Incertidu grados e v Incertidu	Resolución de escala ambre combinada ectivos de libertad alor k (35%) nbre espandida U%	  Valorar	 Reotangular 0.0083 63.7394 2 0.016607798 portar =	error 0.300	× -100303982 · × -100309982 × -1		×	Aceptar				
23 24 25 26 27 28 29 30	Promedio desviacion estandar n Temperatura ambiental (C) Humedad relativa (%)	120.198 V 0.007 V 5 24 55	120.57 V 0.01 V	0.31149		 Resolución del Patrón Incettid grados e v Incertidu	Pesolución de escala ambre combinada ectivos de libertad alor k. (85%) nbre espandida U%	  Valor a r	 Reotangular 0.0083 63.7394 2 0.016607798 portar =	error 0.300	× -100303352 · × -100309382 × ±		×	Aceptar				
23 24 25 26 27 28 29 30	Promedio desviacion estandar n Temperatura ambiental (C) Humedad relativa (%)	120.138 V 0.007 V 5 24 55 VAC 120 V	12057 V 0.01 V / fase A V/	0.31149 0.01271 AC 120 V fas	e B VAC 2	 Presolución del Patrón Incertidu grados e v Incertidu 08 V fase A VAC	Pesolución de escala mbre combinada ectivos de libertad alor k (95%) nbre espandida U%	  Valor ar	 Rectangular 0.0083 63.7394 2 0.016607798 portar =	error 0.300 VAC 24	× +100009982	U(error) 0.017	× × :	Aceptar		: 4		

Figura 6.5. Datos exportados a la plantilla de Excel

# 6.3. Objetivo específico 3: Implementar la automatización del informe de calibración para mejorar la manipulación de los datos.

El indicador para este objetivo menciona que se debe verificar que el informe se genere de forma automática por medio de LabVIEW, además, que contenga la información según la evaluación de datos de medición para la expresión de la incertidumbre y la norma ISO 17025.

La verificación para la generación del informe de calibración se observa en la figura 5.20 mencionada en el capítulo anterior, donde se muestra la programación en LabVIEW que permite la escritura de datos en el documento de Word. Para cumplir con la información correcta en el informe de calibración, se realizó por medio de una plantilla de Word que al igual que la plantilla de Excel fue proporcionada previamente.

Este informe se genera de forma inmediata después de haberse generado el cálculo de incertidumbres con la plantilla de Excel, esto para extraer los datos ubicados en las posiciones color verde que se muestran en la figura 6.5 del apartado anterior, los cuales son los datos necesarios que se deben de mostrar en el informe final. En la figura 6.6 se observa el informe con los resultados de la calibración para cada una de las fases en los diferentes voltajes medidos.

#### LABORATORIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INFORME DE CALIBRACIÓN



#### Informe de calibración

Pág. 2 de 3

#### Resultados de la calibración

P <sup>1</sup> = P	corregido	Tensión Eléctrica Alterna @ 60 Hz								
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	± U(E	r) (%)				
**A	auto	120,199 V	120,572 V	0,310	±	0,017				
**B	auto	120,199 V	120,520 V	0,267	±	0,014				
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	Er ± U(Er) (%)					
**A	auto	208,384 V	209,700 V	0,632	±	0,022				
**B	auto	208,384 V	209,568 V	0,568	±	0,022				
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	± U(E	r) (%)				
**A	auto	240,449 V	242,228 V	0,740	±	0,022				
**B	auto	240,449 V	242,056 V	0,668	±	0,022				

En esta calibración el mesurando es el error relativo del instrumento bajo calibración y el proceso de medición está formalizado con base en la siguiente expresión:  $Er = \left[\left(\frac{L-P}{P}\right)\right] \times 100$ . Dónde: L es el valor del instrumento bajo calibración, P es el valor del patrón y la incertidumbre reportada es la incertidumbre de medida asociada al error relativo.

Figura 6.6. Informe con los resultados de la calibración.

6.4. Objetivo General: Desarrollar la automatización en la calibración de los patrones portátiles monofásicos mediante el uso de una fuente programable y un patrón de variables eléctricas que permitan mejorar la metodología de calibración y la generación de informes para un mejor manejo de los datos

Para analizar el objetivo general es importante recordar su indicador, el cual mencionaba que se debe de verificar que el proceso de automatización para la calibración se cumpla según la tabla 1 expuesta en el capítulo 1, además, que contenga la información de la comparación entre el objeto bajo prueba y el patrón de referencia para presentar los resultados de la calibración en un informe final automatizado.

Parte del análisis de este indicador queda evidenciado con el cumplimiento de los objetivos específicos por lo que no se mostraran detalles en la comparación y la generación del informe, sino más bien se analizara el proceso de calibración basado en la tabla 1.

La etapa dos de la tabla mencionada anteriormente indica que la interfaz debe ser automatizada, por lo que en la figura 5.7 del capítulo 5 se demuestra el proceso de la creación y el diseño final de la misma. En la etapa 1 y 3 como se muestra en la figura 6.7 queda en evidencia la realización del proceso en forma automatizada, donde se observa la comunicación existente entre la fuente y el patrón de referencia, el cual realiza una lectura conforme se va realizando la rutina de calibración para los diferentes voltajes.



Figura 6.7. Lectura de los diferentes voltajes.

En la figura 6.8 se observa donde se le indica al usuario que debe extraer de forma manual el archivo de Excel generado por patrón portátil bajo prueba, para el cual debe de ingresar al software propietario del equipo Enetics y realizar la extracción.



Figura 6.8. Indicación para el proceso manual.

Para proceder con la generación del informe en la figura 6.9 se observa como de forma automática se van importando los datos desde el archivo de Excel hacia el programa en LabVIEW y de la misma forma una vez se hayan importado los datos en las figuras 6.10, 6.11 y 6.12 se observa el archivo de Excel generado con cada uno de los datos y su error e incertidumbre asociada.

ediciones				18/1	1/01 11:17:01			
12	20 V		2	08 V			240 V	
Radian	Α	В	Radian	Α	В	Radiar	n A	В
120,194	120.58	120.52	208,384			240,42	0	
120,191	120.58	120.52	208,373			240,43	5	
120,187	120.58	120.54	208,359			240,46	1	
120,198	120.58	120.54	208,396			240,46	3	
120,198	120.58	120.54	208,382			240,42	9	

Mediciones

18/11/01 11:17:53

1	20 V		2	208 V		24	240 V			
Radian	Α	В	Radian	Α	В	Radian	Α	В		
120,194	120.58	120.52	208,384	209.68	209.56	240,420				
120,191	120.58	120.52	208,373	209.70	209.56	240,435				
120,187	120.58	120.54	208,359	209.70	209.58	240,461				
120,198	120.58	120.54	208,396	209.70	209.58	240,463	·			
120,198	120.58	120.54	208,382	209.70	209.58	240,429				
				ļ						

Mediciones

18/11/01 11:18:50 120 V 208 V 240 V Radian Radian Radian А В А В Α В 120,194 120,191 120,187 120,198 120,198 208,384 208,373 208,359 208,396 208,382 240,420 240,435 240,461 240,463 240,429 209.68 209.70 209.56 209.56 120.58 120.52 242.24 242.06 120.58 120.52 242.24 242.08 242.24 242.22 242.22 242.22 120.58 120.54 209.70 209.58 242.08 120.58 120.54 209.70 209.58 242.06 120.58 120.54 209.70 209.58 242.06

Figura 6.9. Datos de Excel importados a LabVIEW.
1	A	В	с	D	E	F	G	н	1.1	1	К	L	M	Ν	0	Р	
13	Fecha de calib	acion	11/01/2018									Calib	orando	Π			
14												Escala	Resolución (V)			Radian	1
15	Punto de med	icion	120.000 V		Resol	Valor generado (P1)	120.195 V					Auto	0.01			Certificado	1
16	No de Medida			% error sin		Valor modido (L)	120 58 V				1					Escala	
17		120 104 1	120 59 1	corrector		Componente	Argumento	Valor estimado	Distribución de	Incertidumk estandar (	pre %)	Coeficiente de penzibilidad (para lacert est	Aporte de la incertidumbre	9	grados de libertad	Resolución (V)	1
10	-	120.194 V	120.58 V	0.52115	-				Probabilidad			ca 2)					-
18	2	120.191 V	120.58 V	0.32365	-	Resolution OBP	Resolución de escala		Rectangular	0.0023941	76	1.003199765	0.002401715	70	200		
19	3	120.187 V	120.58 V	0.32699		Valor medido OBP	Repetibilidad	0.000 V	Normal	0.0000000	1%	1.003199765	0	%	4		-
20	4	120.198 V	120.58 V	0.31781		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	/ %	1.004833333	0.004622233	%	200		
21	5	120.198 V	120.58 V	0.31781		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	1 %	-1.003199765	-0.005015999	- %	200		
22	Promedio	120.194 V	120.58 V	0.32148							-			-			
23	desviacion estandar	0.005 V	0.00 V	0.00394		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	0.0002402	%	-1.003199765	-0.00024094	%	200		
24	n	5				Incertid	umbre combinada		0.0072								
25	Temperatura ambiental (*C)	23				grados e	fectivos de libertad		488.1972								
26	Humedad relativa (%)	53				vz	slor k (95%)		2								1
27						Incertidur	nbre expandida U%		0.014470877								1
28										error			U(error)				1
20								Vabrar	enorter =	0.320	%	+	0.014	96		Aceptar	
20								Takit a l	oportal -	0.020		-	0.011				
21																	
22	Observations																
22	P <sup>1</sup> = P correction										Τ.						
	intro	VAC 120 V fase	A VAC 120	V fase R	VAC 208 V fase A	VAC 208 V fase B	VAC 240 V fase J	VAC 24	10 V fase R	Informe	-VA				1.4		
					THE LEG T HUSE IT	e zooase a								_			÷.
											_			_	_		_
4	A	В	с	D	E	F	G	н	1.1	J	к	L	м	N	0	Р	
13	A Fecha de calibr	B	C 11/01/2018	D	E	F	G	Н	1	J	к	L Calib	M Irando	N	0	P	-
13 14	A Fecha de calibr	B	C 11/01/2018	D	E	F	G	н	1	J	к	L Calib Escala	M rando Resolución (V)	N	0	P Radian	•
13 14 15	A Fecha de calibr	B	C 11/01/2018 120.000 V	D	E	F Valor generado (P <sup>1</sup> )	G 120.195 V	н	I	J	к	L Calib Escala Auto	M Resolución (V) 0.01	N	0	P Radian Certificado	•
13 14 15 16	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida	B acion Icion P	C 11/01/2018 120.000 V L	D % error sin correción	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L)	G 120.195 V 120.53 V	H	1 n=	J	ĸ	L Calib Escala Auto	M Resolución (V) 0.01 	N	0	P Radian Certificado Escala	•
13 14 15 16 17	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida	B acion cion p 120.194 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V	D % error sin correción 0.27123	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente	G 120.195 V 120.53 V Argumento	H Valor estimado	I Distribución de Probabilidad	J 5 Incertidumb estandar (%	K re K)	L Calib Escala Auto  Coefficiente de seastibilidad (pars lacert est es 3)	M Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre	N 9	O prados de bertad	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18	A Fecha de celibr Punto de med No de Medida 1 2	B acion P 120.194 V 120.191 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V	D 55 error sin correción 0.27123 0.27373	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala	H Valor estimado	I Distribución de Probabilidad Rectangular	J S Incertidumb estandar (%	K ire %)	L Calib Escala Auto — Coeficieste de zeazibilidad (para laceet est e a 3) 1.002800415	M Resolución (V) 0.01 — Aporte de la incertidumbre 0.002401715	N 9	O yrados de bertad 200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	•
13 14 15 16 17 18 19	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida 1 2 3	B acion p 120.194 V 120.191 V 120.187 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.52 V 120.54 V	D 55 error sin correción 0.27123 0.27373 0.29371	E Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad	H Valor estimado	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal	J 5 Incertidumb estandar (% 0.0023950 0.0040645	K ire %)	L Escala Auto — Coofficiente de seasibilidad (purs lacert est e 83) 1.002800415 1.002800415	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846	N 9 8	O grados de ibertad 200 4	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 4	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.197 V 120.187 V 120.187 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V	D 55 error sin correción 0.27123 0.27373 0.29371 0.28453	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion	H Valor estimado  0.009 V 	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal	J 5 Incertidumb estandar (% 0.0023950 0.0040645 0.0046000	K Ire %	L Calib Escala Auto Coefficiente de recaribilidad (purs lacert est e a 3) 1.002800415 1.002800415 1.004433333	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.00420393	N 9 % %	O prados de ibertad 200 4 200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 4 5	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.187 V 120.198 V 120.198 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V	D 56 error sin correción 0.27123 0.27373 0.29371 0.28453 0.28453	Resol	F Valor penerado (P <sup>1</sup> ) Valor madido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Califoración del patrón Especificaciones del patrón	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion Especificaciones	H Valor estimado 0.009 V 	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal	J 5 Incertidumb estandar (* 0.0023950 0.0040645 0.0046600 0.0046000	K Ire % %	L Calib Escala Auto — Coofficieste de seasibilidot (para hecet est es 3) 1.002800415 1.002800415 1.0043333 -1.002800415	M prando Resolución (V) 0.01 - Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.004052033 -0.005014002	N 9 % %	O prados de ibertad 200 4 200 200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 21 22	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 3 4 5 5 5 5 5 5	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.197 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V	D 56 error sin correción 0.27123 0.27373 0.29371 0.28453 0.28453 0.28453	E Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolución OBP Valor medido OBP Calibración del patrón Especificacións del patrón	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion Específicaciones	H Valor estimado  0.009 V 	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal	J Incertidumb estandar (f 0.0023950 0.0040645 0.0046000 0.0046000	K rre % % %	L Calib Escala Auto  Coefficient de reasibilidad (purs hecet est escal) 1.002800415 1.002800415 1.002800415 -1.002800415	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.00402333 -0.005014002	N 9 8 % %	O prados de ibertad 200 4 200 200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 22 23	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 4 5 Promedio Fromedio	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.195 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V	D 5% error sin correción 0.27123 0.27373 0.29371 0.28453 0.28453 0.28453 0.28453	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Calitoración del patrón Experificaciones del patrón	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resplución de escala Repetibilidad Calibracion Especificaciones 	H Valor estimado  0.009 V   	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal	J 5 Incertidumb estandar (% 0.0023950 0.0046455 0.0046000 0.00050000 	K ire % % %	L Calib Escala Auto 	M prando Resolución (V) 0.01 - Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.004620393 -0.005014002 	N 9 8 % %	0 prados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 4 5 Promadio desvíacion estandar	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V	D % arror sin correción 0.27123 0.27373 0.29371 0.28453 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.00913	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (J) Componente Resolucion OBP Calibración del patrón Especificaciones del patrón Especificaciones del patrón Especificación del Patrón	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion Especificaciones 	H Valor estimade  0.009 V  	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal Rectangular	J 5 Incertidumb estandar (% 0.0023950 0.004645 0.0046000 0.0050000  0.0002402	K Ire %) % % %	L Calib Escala Auto Auto Confictant de confictant confictan	M rando Resolución (V) 0.01 — Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.004620393 -0.005014002 —  -0.000240844	N 9 1 % %	O prados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	A Techa de caliba Punto de medi No de Medida 1 2 3 4 5 Fromadio 5 Fromadio 8 Fromadio 8	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.194 V 0.005 V 5 29	C 11/01/2018 120.000V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V	D 5 error sin correctón 0.27123 0.27373 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.00913	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (J.) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Cabhrección deja deja Especificaciones del patrión Resolución de Patrión Incortist	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de cacala Calibracion Especificaciones more combinada more combinada	H Valor estimado  0.009 V   	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal  Rectangular 0.0083	J 5 Incertidumb estandar (% 0.0023950 0.0046455 0.0046600 0.0050000 0.0050000 0.0050000	K rre % % %	L Calib Escala Auto Cesticated de (pro: hecet est ex 3) 1.002800415 1.002800415   1.002800415	M prando Resolución (V) 0.01 - Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.00402393 -0.005014002  	N 9 % % %	O grados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	A Fecha da calibr Punto de medi No de Medido 1 2 3 3 4 5 Promedio desixietóres n m Temperstura ambienta (PC)	B acion P 120.194 V 120.194 V 120.194 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.194 V 0.005 V 5 23	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V	D %arrorsin correción 0.27123 0.29371 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.00913	Resol	F Valor generado (P) Valor medido (D) Componente Componente Resolución del patrón Especificación del patrón Especificación del patrón Especificación del patrón Especificación del patrón en componente Resolución del Patrón grados el	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetificaciones Especificaciones Especificaciones more combinada ectivos de libertad	H Valor estimado 0.009 V   	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal Rectangular C	J 5 Incertidumb estandar (1 0.0023950 0.004645 0.0046400 0.0050000  0.0002402	K rre % % %	L Calib Escels Auto — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	M Resolución (V) 0.01 - Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.004620393 -0.005014002  -0.000240844	N 9 % % %	0 prados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26	A Fecha da calibr Punto de med No de Modida 3 2 2 3 4 5 Priomado de deviación estandar n Temperatura ambiental (*C) Monedad relativo (N)	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.194 V 0.005 V 5 23 55	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V	D 5errorsin correción 0.27123 0.27373 0.27373 0.27373 0.228453 0.28453 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.00913	Resol	F Vetor generated (P <sup>1</sup> ) Vetor medide (L) Castrocido del patro Castrocido del patro Castrocido del patro Resolución del Patron Resolución del Patron Costro	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibraciones 	H Valor estimado  0.009 V  	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Rectangular 0.0083 63.6861 2	J Incertidumb estandar (* 0.0023950 0.004645 0.0046000 0.0050000  0.0002402	K rre % % %	L Calib Escala Auto — Confisione de mar Recenter 1.002800415 1.002800415 -1.002800415	M Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.002401715 0.004075846 0.004620393 -0.005014002   -0.00240844	N 9 8 % %	0 prados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27	A Fetha de salib Fetha de salib No de Nedido 2 3 4 5 Fromatio detariación estandar fetinación estandar n Temperatura ambienta (NC)	B kion P 120.194 V 120.194 V 120.194 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.194 V 20.198 V 212.194 V 223 53	C 11/01/2018 120.50 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.53 V 0.01 V	D % error sin correction 0.27123 0.29371 0.28453 0.28455 0.28155 0.28155	Resol	F Valor generado (h*) Valor medido (s) Componente Resolución OBP Valor medido OBP Zabero de aparón Especificaciones del patrón medido del Patrón nocetión gendos el to nocetión nocetión	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repecificaciones  Resolución de escala de la escala ectivos de Ibertad tor k (95%) bre expandida U%	H Valor estimado  0.009 V  	I n = Distribución rebabilida Rectangular Normal Normal Normal Normal 0.0083 63.8861 2.0.06604459	J Incertidumb estandar (% 0.0023950 0.00460645 0.0046000 0.0050000 	K (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%) (%)	L Calib Escala Auto — Conficiente de exertificiente de exertificiente de 1.002800415 1.002800415 -1.002800415	M Resolución (V) 0.01 - Aporte de la moentidumbre 0.02401715 0.00407546 0.004620393 -0.005014002 	N 9 8 % %	O prados de ibertad 200 4 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	A Fecha da calibr Punto de med No de Modida 3 2 3 4 5 Promesio de devisión estantar n Temperatura antiferental (C) numedad relativa (N)	B exion P 120.194 V 120.191 V 120.193 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 2130.194 V 23 53	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.53 V 0.01 V	D *serrorsin correctón 0.27123 0.27373 0.29371 0.28453 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.00913	Resol	F Vetor generato (P <sup>1</sup> ) Vator madde (L) Componente Escuelación del patrón Catteración del patrón Resolución del Patrón Resolución del Patrón Locaritón Vator medido Catteración del patrón Locaritón	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion Especificaciones 	H Valor estimado 0.009 V   	I Distribución Debabilad Rectangular Normal Normal Normal Co.0063 63.8881 2 0.016604459	J Incertidumb estandar (* 0.0023950 0.004645 0.00464000 0.0050000  0.0002402	K (re %) % %	L Escala Auto 	M Resolución (V) 0.01 	N 9 8 8 %	O prados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29	A Fetha de calibr Punto de med No de Medida 2 3 4 5 Fromatile detavisicion estandar 7 Temperatora ambiental (%)	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.187 V 120.187 V 120.198 V 120.198 V 210.194 V 0.005 V 5 53	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.55 V 0.01 V	D 56 error sin correction 0.27123 0.27373 0.289371 0.28453 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.00913	E Resol	F Valor generado (P*) Valor medido (J.) Componente Resolución OBP Valor medido OBP Zabro del aparón Especificación del Patrón Incentiour Nectivue Nectivue	G 120.195 V 120.53 V Argumento Resolución de escalas Repetiblidad Calibración Especificaciones more combinada ectivos de Ibertad bre k (95%) bre expandida U%	H Valor estimada  0.009 V    Valor a r	I Distribución de Probabilida Rectangular Normal Normal Normal Co.0083 63.6884 2 0.016604459	J 5 Incertidumb exstandar (* 0.0023950 0.004645 0.0046000 0.0050000  0.0002402	K Irre % % %	L Escala Auto — Centricians de cerabilidad (por lèce ce 1 002800415 1 002800415 1 002800415 -1 002800415 — -1 002800415	M Resolución (V) 0.01 - - 0.002401715 0.0002401715 0.004675846 0.004675846 -0.000240844  -0.000240844 	N 9 8 8 96 96	O prados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V) Aceptar	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	A Fecha da calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 4 5 5 7 8 8 8 8 8 9 8 9 9 8 9 9 9 9 9 9 9 9 9	B action P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.198 V 120.1	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 0.01 V	D 5 error sin correción 0.27123 0.2373 0.28453 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.00913	E Resol	F Valor exaction (P <sup>4</sup> ) Valor madde (L) Componente Executions OF Valor medido OF Valor medido OF Valor medido OF Valor medido OF Valor medido OF Seconda de Jabrón Resolución del Patrón Incontida yeado a control de Valor Notestida	G 120.155V 120.53V Argumento Resolución de escala Repotiblidad Califraciones  Resolución de escala terres (55%) 	H Valor estimado    Valor a r	I Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Rectangular 0.0063 63.8881 2 0.016604459	J Incertidumb estandar (* 0.0040645 0.0046000 0.0050000  0.0002402 0.0002402	K 110 110 110 110 110 110 110 11	L Escela Auto 	M Resolución (Y) 0.01 - Aporte de la meenfalambre 0.00427115 0.00427315 0.00420393 -0.00514002  -0.00240844 0.0017	N 9 8 % % %	O prados de ibertad 2000 4 2000 2000 	P Radian Certificado Escala Resolución (V) Aceptar	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	A Fecha de catilo Parto de med No de Medida 1 2 3 4 4 5 Fromalia detavisión estander fromalia detavisión estander fromale detavisa (%)	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.197 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 20.095 V 5 53	C 11/01/2018 120.000 V L 120.52 V 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.53 V 0.01 V	D %arrorsin corración 0.27123 0.27373 0.28453 0.28453 0.28453 0.28155 0.28155	E Resot	F Valor generado (P*) Valor medido (J.) Componente Resolución OBP Valor medido OBP Zabro ande aparón Especificación del parón Incentión necritiva	G 120.159 V 120.51 V Argumento Resolución de escala Resolución de escala Calificación Especificaciónes entres combinado escala de escala entres de Bertalo ter espandida U%	H Valor estimado   Valor a r	I Distribución de trobabilidad Rectangular Normal Normal Mormal et augular 0.0063 63.6861 2 0.016604459 sportar =	J s Incertidumb estandar (f 0.0023950 0.0040645 0.004600 0.004600 0.004600 0.004600 0.004600 0.00402 0.00402 0.0002402	K Ire % % %	L Escala Autro — — 1.002800415 1.004433333 -1.002800415 -1.002800415 — -1.002800415	M Resolución (M) 0.01 - Aporte de la moentidumére 0.002401715 0.004075845 0.004075845 -0.000240844 -0.000240844 0.017	N 9 8 % %	O prados de ibertad 2000 2000  2000	P Radian Certificado Escala Resolución (V) Aceptar	
13           14           15           16           17           18           19           20           21           22           23           24           25           26           27           28           29           30           31           32	A Fecha da calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 4 5 9 Promedio selevisicion estander n n megraztura amberatal (PC) Humedad relative (N)	B acion P 120.194 V 120.191 V 120.191 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 20.195 V 5 5 5	C 11/01/2018 120.000 v L 120.52 v 120.54 v 120.54 v 120.54 v 120.54 v 0.01 v	D \$ error sin correción 0.27373 0.28453 0.28453 0.00913	E Resol	F Valor generado (P <sup>4</sup> ) Valor madio (J) Componente Esculución OIP Caltrosofio del patrin Esculución del patrin Resolución del patrin Incontrid, godo del Patrin Nocottid, godo del Patrin	G 100.159 V 100.53 V Argumento Resolución de escala Especificacióne	H Valor estimadi 	I Distribución de Probabilidad Normal Normal Normal 0.0083 63.6861 63.6861 2 0.016604459 sportar =	J Incertidums estandar (% 0.0023950 0.004645 0.0046000 0.0050000  0.0002402 0.0050000  0.0002402	K Ire % % %	L Escola Auto 	M Resolución (Y) 0.01 - 0.02401715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.004241715 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.00424145 0.0044245 0.0044245 0.0044245 0.0044245 0.0044245 0.0044245 0.004425 0.00445 0.00445 0.00445 0.004	N 9 8 % % %	O prados de ibertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Escala Resolución (V) Aceptar	
13           14           15           16           17           18           19           20           21           22           23           24           25           26           27           28           29           30           31           32           33	A Fetha de salib Fetha de salib Fetha de salib Rode Medida 1 2 3 4 4 Fetha de Medida 5 Fethadia desivisión n Tempergara sambiental (K) Numedid relativa (N) Coservaciones: P a Faceretido.	B acion P 120.194 V 120.197 V 120.197 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 120.198 V 23.55 53	C 11/01/2018 120.000V L 120.52 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 120.54 V 0.01 V	D %error sin correction 0.27123 0.229371 0.22453 0.228453 0.228453 0.228453 0.228155 0.00913	Resol	F Valor generado (P*) Valor medido (J.) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Zabro del aparón Especificación del parón mento Resolución del Parón Necritióu Necritióu	G 120.159 V 120.55 V Argumento Resolución de escala Regelacidad Catillación Catillaci Catillación Catillación Catillación Catillación Ca	H Valor estimade 	I Distribución de Probabilidad Rectanguler Normal Normal Normal 0.0083 63.6861 2 0.016604459 eportar =	J 5 Incertidum estandar (% 0.0023950 0.004645 0.0046450 0.0050000  0.0002402	K rre % % %	L Calib Escila Auto 	M readoution (V) 0.031 - 0.02407115 0.002407115 0.00407560 0.004623935 -0.009240844 - -0.009240844 0.00427855 - - - - - - - - - - - - -	N 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0 prados de bertad 200 4 200 200  200	P Radian Certificado Eccla Resolución (V) Acceptar	

Figura 6.10. Excel generado mediante LabVIEW para 120 V.



Figura 6.11. Excel generado mediante LabVIEW para 208 V.

1	A	В	С	D	E	F	G	н	1	1	K	L	м	Ν	0	Р	
13	Fecha de calibr	acion	11/01/2018								T	Calit	orando				
14												Escala	Resolución (V)			Radian	r
15	Punto de med	icion	240.000 V		Resol	Valor generado (P <sup>1</sup> )	240,444 V					Auto	0.01			Certificado	r -
16	No de Medida	Р	L	% error sin correción	110301	Valor medido (L)	242.23 V		n=	5		-	-			Escala	Ē
17	1	240.420 V	242.24 V	0.75701		Componente	Argumento	Valor estimado	Distribución de Probabilidad	Incertidumb estandar (*	ore %)	Coeficiente de sensibilidad (para Incert est	Aporte de la incertidumbre		grados de libertad	Resolución (V)	Ī
18	2	240 435 V	242 24 V	0.75072		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	0.0011917	96	1 007436224	0.001200592	96	200		-
19	3	240 461 V	242.24 V	0.73983		Valor medido OBP	Repetibilidad	0.005.V	Normal	0.0020224	96	1 007436224	0.002037472	96	4		гП
20	4	240 463 V	242.22 V	0.72067		Calibración del natrón	Calibracion		Normal	0.0095000	96	1 0093	0.00958835	~	200		
21	-	240.429 V	242.22 V	0.74492		Fenecificaciones del natrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	96	1.007438224	0.005037181	~	200		
22	Promedio	240.442.9	242.22 V	0.74463		capecined conca del parton	Capecinedebilea			0.0000000	Ĩ.	-1.001400224	-0.005057101	~	200		
22	des destes settes des	240.442.V	242.23 V	0.74403		Deselveión del Datrie	Deselución de escala		Destaceular	0.0001201	- 0/	4.007428224	0.000420052	~	200		
2.5	desviación estandar	0.015 V	0.01 V	0.01010		Resolucion del Patron	Resolución de escala		Rectangular	0.0001201	1/0	-1.007430224	-0.000120532	70	200		
24	n T	22				incerto	indre combinada		202 2909								
25	Temperatura ambiental (*C)	2.5				grados e	lectivos de libertad		303.3050								
27	Homedad relativa (%)	55				Incertidus	bre expandida 11%		0.022172597								
20						incertioun	bre expandida 0%		0.022173507								H
20								Malas a s		0.744	9/		0.022			Acentar	
29								Valor a r	eportar =	0.744	76	1	0.022	76		Aceptai	H
30																	H
31																	
32	Observaciones:																-
		VAC 120 V fase	A VAC 120	/ fase B	VAC 208 V fase A	VAC 208 V fase B	VAC 240 V fase	VAC 24	0 V fase B	Informe	-VAG	<b>c</b> (+)			1.4		5
_											_						-
	( A						-									D	
	A	в	C	D	E	F	G	н		J	K	L	M	Ν	0		LA
13	Fecha de calibr	B	C 11/01/2018	D	E	F	G	н		J	ĸ	L Calit	M orando	N	0		
13 14	Fecha de calibr	B	C 11/01/2018	D	E	F	6	н		J	ĸ	L Calit Escala	M prando Resolución (V)	N	0	Radian	
13 14 15	Fecha de calibr	B acion icion	C 11/01/2018 240.000 V	D	E Resol	F Valor generado (P <sup>3</sup> )	G 240.444 V	н		J	K	L Calit Escala Auto	M Resolución (V) 0.01	N	0	Radian Certificado	
13 14 15 16	Punto de med	B acion icion P	C 11/01/2018 240.000 V L	D % error sin correción	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L)	240.444 V 242.07 V	н	n=	5	K	L Escala Auto 	M Resolución (V) 0.01	N	0	Radian Certificado Escala	
13 14 15 16	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida	B acion P 240.420 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V	D % error sin correción 0.68214	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente	240.444 V 242.07 V Argumento	H Valor estimado	n = Distribución de Probabilidad	J S Incertidumt estandar (*	K ore %)	Calib Escala Auto  Coeficiente de sensibilidad (para hocert est re a3)	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre	N	O grados de libertad	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18	A Fecha de calibri	в acion P 240.420 V 240.435 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.06 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala	H Valor estimado	n = Distribución de Probabilidad Rectangular	J Incertidumt estandar (*	K ore %)	L Calit Escala Auto  Coeficiente de seasibilidad (para lacert est t es 3) 1.006754153	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.001200592	N %	grados de Ibertad	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19	Punto de med Punto de med O de Medida	в acion P 240.420 V 240.435 V 240.451 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.08 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418 0.67329	Resol	F Valor generado (P <sup>3</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad	H Valor estimado  0.005 V	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal	J Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0020238	K ore 56) %	L Calit Escala Auto  Coeficiente de sessibilidad (para lacert est e 3) 1.006754153 1.006754153	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.001200592 0.002037472	N %	grados de Ibertad 200 4	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20	A Fecha de calibr Punto de med No de Medida 1 2 3 4	в action p 240.420 V 240.435 V 240.461 V 240.463 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.08 V 242.08 V 242.06 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414	Resol	F Valor generado (P <sup>3</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Calibración del patrón	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion	H Valor estimado  0.005 V 	n = Distribución de Probabildad Rectangular Normal	J Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0020238 0.0095000	K ore 55) 96	L Calif Escala Auto  Coorticiente de seacibilidad (para lacert est ex 3) 1.006754153 1.006754153	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.009581858	N % %	grados de Ibertad 200 4 200	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21	A         Fecha de calibri           Punto de med         Punto de med           No de Medida         1           1         2           3         4           6         6	в action P 240.420 V 240.435 V 240.435 V 240.461 V 240.463 V 240.463 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.06 V 242.08 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67337	Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Valor medido OBP Calitoración del patrón	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion	H Valor estimado  0.005 V 	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal	J Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0020238 0.0095000 0.0050000	K 5re 56) 96 96	L Calif Escala Auto  Coofficiente de seasibilidad (para incent est ex 3) 1.006754153 1.008616667 +1.008616667	M prando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.002037472 0.009581858	N % %	grados de libertad 200 4 200 200	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	A Becha de calibri Punto de med No de Medida 2 2 3 3 4 5 5 5	B acion P 240.420 V 240.435 V 240.451 V 240.461 V 240.463 V 240.463 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642	E Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Vator medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Calibración del patrón Especificaciones del patrón	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion Especificaciones	H Valor estimado  0.005 V  	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal	J 5 Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0020238 0.0095000 0.0050000	K 56) %	L Calif Escala Auto 	M Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.009581858 -0.005033771	N % % %	o grados de libertad 200 4 200	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23	A         Fecha de calibri           Punto de med         Punto de med           I         2           3         4           5         Pormedio           Gamilación estrandor         5	B acion P 240.420 V 240.435 V 240.435 V 240.461 V 240.463 V 240.463 V 240.429 V 240.429 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642 0.07642	E Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Calibración del patrón Especificaciones del patrón	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Calibracion Especificaciones  Besolución de escala	H Valor estimado  0.005 V  	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal Normal	J 5 Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0020238 0.0095000 0.0050000 0.0050000	K 56) 56) 56) 56) 56) 56) 56) 56)	L Calif Escala Auto 	M Resolución (V) 0.01  Aporte de la Incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.009581858 -0.005033771  -0.00013087	N % % %	0 grados de libertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	A Fecha de calitor Fecha de calitor Punto de med No de Medida 1 2 3 4 5 Promedio desviscion estandar	B acion P 240.420 V 240.435 V 240.451 V 240.451 V 240.453 V 240.453 V 240.429 V 240.429 V 240.429 V 240.429 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642 0.00802	E Resol	F Valor generado (P <sup>4</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Calitración del patrón Especificaciones del patrón Resolución del Fatrón Resolución del Fatrón	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion Especificaciones area combinada	H Valor estimado  0.005 V   	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal 	J Incertidumb estandar (* 0.0011925 0.0020238 0.0095000 0.0050000  0.0001201	K 56) 76 76 76 76 76 76 76 76 76 76	L Calit Escala Auto  Cooficiente de sensibilidad (pira lacet est es 3) 1.006754153 1.006754153 1.00816667 -1.008754153  -1.006754153	M rando Resolución (V) 0.01  Aporte de la incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.0059381858 -0.005033771  -0.00012087	N % % %	0 grados de libertad 200 4 200  200	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	A         Fecha de calibri           Fecha de calibri         Punto de med           I         I           I         2           I         4           Promedio         desviacion estandar           Image: Transporte estandar         Image: Transporte estandar	B acion P 240.420 V 240.435 V 240.451 V 240.461 V 240.463 V 240.463 V 240.463 V 240.429 V 240.429 V 0.019 V 5 23	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error sin correción 0.68214 0.69418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642 0.00802	E Resol	F Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolución OBP Valor medido OBP Calibración del patrón Especificaciones del patrón Resolución del Patrón Necetia	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetibilidad Calibracion Especificaciones — — Resolución de escala mitre combinada	H Valor estimado  0.005 V    	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal Rectangular 0.0111 303 3560	J Incertidumb estandar (* 0.0011925 0.0020238 0.0095000 0.0050000  0.0001201	K 55) 96 96 - 96	L Calit Escala Auto (pras hect esc escibilidad (pras hect esc escibilidad (pras hect esc escibilidad (pras hect esc escibilidad 1.006754153 -1.006754153	M Resolución (V) Resolución (V) - - Aporte de la Incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.009581858 -0.005033771  -0.00012087	N % % %	0 grados de libertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26	An a catilo     Facha de catilo      Facha de catilo      Punto de medi      1      2      3      4      5      Premedio     desvicio estandar      n      Tamperatura ambiental (P()      Manded fachatal (P())	B acion P 240.420 V 240.435 V 240.435 V 240.463 V 240.463 V 240.429 V 240.429 V 240.429 V 240.429 S 23 5 3	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error sin correción 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642 0.00802	E Resol	P Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Componente Castronico del patrón Especificaciones del patrón Resolución del Patrón Incertid grado es	240,444 V 242,07 V Argumento Resolución de escala Repetificaciones — Resolución de escala inter combinada ectivos de iltertad ano x (05%).	H Valor estimado  0.005 V   	n = Distribución de Probabilda Rectangular Normal Normal Normal Normal 303.3559	J Incertidumk estandar (* 0.00210238 0.0095000 0.0055000  0.0001201	K 55) 56) 56) 56) 56) 56) 56) 56)	L Calif Escala Auto — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	M Resolución (V) 0.01 - Aporte de la incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.009581858 -0.009581858 -0.009581858 -0.0095033771 	N % % %	0 grados de libertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución (V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27	A field as a calibo Field as a calibo Puto de medi 1 2 3 4 Formation S Formation devincion estander n Temmestrus ambiental P(C) Humedad relative (N)	B action P 240.420 V 240.435 V 240.451 V 240.451 V 240.451 V 240.452 V 240.452 V 240.429 V 240.429 V 240.442 V 0.019 V 5 5 23	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error zin correción 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67337 0.67642 0.00802	E Resol	P Valor generato (P <sup>1</sup> ) Valor medido (1) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Caltinución del partin Especificaciones del partin Incentifi grados e Viti	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Calibracion Especificaciones 	H Valor estimado  0.005 V   	n = Distribución de Probabilida Rectangular Normal Normal Normal Normal Socialization Rectangular 0.0111 303.3559 2. 0.0031502	J Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0095000 0.0050000  0.0001201	K ore 96) 96 96 96 96	L Calit Escala Auto 	M rando Resolución (V) 0.03 - Aporte de la incertidumbre 0.001200592 0.002037472 0.009581858 -0.0095858 -	N % % %	O grados de libertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución(V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 20	An a castalant     Techa da castalant     Punto de med      No de Medido      1      2      3      Promedio     desividion estander     f     mendent     Humedad relative (N)	B accion P 240.420 V 240.420 V 240.451 V 240.461 V 240.463 V 240.429 V 240.429 V 240.429 V 240.429 S 23 53	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error sin correción 0.68214 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642 0.00802	E Resol	P Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resoluciono OBP Calimando de patrón Elepecíficaciones del patrón Elepecíficaciones del patrón Resolución del Patrón Incertida grados e Vito medicación del Patrón	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetiticaciones Especificaciones 	H Valor estimado  0.005   	n = Distribución de Probabildad Rectangular Normal Normal Normal Normal 0.0111 303.3559 2 0.022159258	J Incertidume estandar (* 0.0011925 0.0020238 0.0095000  0.0001201	K ore 96) 96 96 96 -	L Calit Escals Auto — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	M rando Resolución (V) 0.01 	N % % %	O grados de libertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución(V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 20	A fields de calible Fields de calible No de Medida 1 2 3 4 5 Formatio desvincion estandar n mismetral (*C) Humedid relative (k)	в action P 240.420 V 240.435 V 240.451 V 240.452 V 240.452 V 240.422 V 240.422 V 240.422 V 200.197 S 53	C 11/01/2018 240.000V L 242.06 V 242.08 V 242.08 V 242.08 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error sin correción 0.68418 0.67329 0.66414 0.67337 0.67642 0.00802	E Resol	P Vator generado (P <sup>1</sup> ) Vator medido (L) Componente Resolucion OBP Vator medido OBP Vator medido OBP Calibración del patrón Resolución del Patrón Resolución del Patrón yrados e Nocertidun	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Resolución de escala Calibracion Especificaciones Indre combinada tectivos de libertad for k (95%) bre expandida U%	H Valor estimado     	n = Distribución de Probabilidad Rectangular Normal Normal Normal 0.0111 303.3559 0.022159258	J Incertidumb estandar (* 0.001925 0.0095000 0.0050000  0.0001201	K ore 56) 96 96 - 96 - 96	L Calli Escala Auto 	M mando Resolución (Y) 0.01  Aporte de la necertidumbre 0.001200592 0.002057472 0.002057472   -0.00012087   -0.00012087	N % % %	O grados de libertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución(V)	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 20	Punto de maiso Punto de maiso No de Medido 1 2 3 4 5 Promedio desvincion estandor n Trangezeura ambiental (PC) Humedio relative (N)	B action P 240.420 V 240.435 V 240.453 V 240.453 V 240.453 V 240.452 V 240.453 V 240.452 V 240.453 V 240.425 V 253 55	C 11/01/2018	D % error sin correction 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642 0.00802	E Resol	P Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (J) Componente Cativnoción del patrón Especificaciones del patrón Especificaciones del patrón Resolución del patrón Incertida Incertida	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escala Repetibildad Especificaciones 	H Valor estimado  0.005 V     Valor a r	n = Distribución de Probabilidad Normal Normal Normal Rectangular 0.0111 303.3569 2 0.022159258 2	J Incertidumti estandar (* 0.0020238 0.0095000 0.0050000  0.0001201	K ore 96) 96 96 96	L Calify Escala Auto Calify Calify Auto Calify Cali	M rando Resolución (V) 0.01 	N % % %	0 grados de kbertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución (V) Aceptar	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 21	A General Action of the second	6 240.420 V 240.455 V 240.455 V 240.455 V 240.453 V 240.453 V 240.423 V 240.423 V 240.425 V 240.425 V 253.55	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error sin correctón 0.68214 0.678418 0.67842 0.67842 0.67842 0.67842	E Resol	P Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolución GBP Valor medido GBP Calternoito del partón Exepcificaciones del partón Incentidad grados e Vel Incentidad	240.444 V 242.07 V Argumento Resolución de escata Repetibidad Calibracion Especificaciones 	H Valor estimado  0.005 V     Valor a f	n = Distribución de Probabildad Normal Normal Normal Rectangular 0.0111 303.3559 2 0.022159258 eportar =	J Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0092000 0.0095000  0.0001201 0.0001201	K 56) 76 76 76 76 76	L Calif Escala Auto Calificato (para hect esc (para hect esc)(para hect (para hect esc)(para hect	M M Resolución (M) 0.01 - Aporte de la noerfidumbre 0.001200522 0.000551858 -0.00053771 - - -0.00012087 0.00012087 0.00012087	N % % %	0 grados de libertad 200 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución(V) Aceptar	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	A     Techa de catalo     Techa de catalo     Punto de maio     Punto de maio     1     2     3     4     5     Promada     desvision estandor     n     Temparatura ambiental (°C)     Humedor relativo (N)	в асіон Р 240.420 240.435 V 240.453 V 250.453 V 250.453 V 250.553 V 250.555 V	C 11/01/2018 240.000 V L 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D % error sin correction 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67642 0.00802	Resol	P Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion 08 Calitrocido del patrón Esecontraciones del patrón Esecontraciones del patrón Resolución del patrón Resolución del patrón incertida produce Valor mediato del patrón del patrón incertida	240 444 y 342 07 Y Argumento Resolución de escala Resolución de escala Calibración Especificaciones Especificaciones Meteoros de Bardia Resolución de escala servición de escala tervición de la del de en cl. (20%)	H Valor estimado    Valor a r	n = Distribución de Probabilidad Normal Normal Normal Normal Normal 0.0111 300.3559 2 0.022159258 eportar =	J Incertidumt estandar (* 0.0011925 0.0095000 0.0095000 0.0095000 0.0095000 0.0095000 0.0095000 0.0055	K 56) 56) 56 56 56 56 56 56 56 56 56 56	L Cality Escala Auto Cality Carlidate de certificat	M M Rezolución (V) 0.01 - - Aporte de la Incertidumbre 0.001200582 0.00203771 - 0.000120087 - 0.00012087 - 0.00012087	N % % %	0 grados de libertad 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución (V) Aceptar	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 29	A A Gashad	6 (clean 240,420 V 240,435 V 253 53	C 240.000 V L 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.06 V 242.07 V 0.01 V	D %errorsin correctión 0.68214 0.68418 0.67329 0.66414 0.67837 0.67842 0.00802	E Resol	P Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (L) Componente Resolucion OBP Valor medido OBP Valor medido OBP Calthrondo del patrón Eseperficiaciones del patrón medido del Patrón grados e vi incertidur	240.4449 242.079 Argumento Resolución de escala Caterración Caterr	H Valor estimado  0.005 V    Valor a r	n = Polatribución de Probabildad Rectangular Normal Normal Normal 0.0111 303.3559 2.0.022159258 eportar =	J Incertidume estandar (* 0.0011925 0.0095000 0.0095000  0.0001201	K 56) 96 96 96 96	L Calit Escala Auto  Confiscent et 	M rando Resolución (M) 0.01 - - Aporte de la incertidumbre 0.00120052 0.002037472 0.000551858  -0.00012087 - 0.00012087 -	N % % %	0 grados de Ibertad 200 4 4 200 200  200	Radian Certificado Escala Resolución(V) Aceptar	
13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33	A     A     Constant of the second of t	B B Cision 240.420 V 240.430 V 240.435 V 240.435 V 240.432 V 240.432 V 240.432 V 240.432 V 253 53 V/AC 120 V free	C 240,000 V L 242,06 V 242,06 V 242,08 V 242,08 V 242,08 V 242,08 V 242,07 V 0,01 V	D % error sin correction 0.68214 0.68418 0.67837 0.6644 0.67837 0.67642 0.00802 // face B	E Resol	P Valor generado (P <sup>1</sup> ) Valor medido (J) Componente Resoluciono 304 Calitrocado del patrón Especificaciones del patrón Especificaciones del patrón Resolución del patrón Resolución del patrón incertidar incertidar	240.444V 242.07V Argumento Resolución de escala Caleración Esportificacione Esportificaciones Esportif	H Valor estimado    Valor a r	n = Distribución de Probabildad Rectangular Normal Normal Rectangular 0.0111 303.3569 2 0.022159258 eportar =	J Incertidumb estandar (/ 0.0011925 0.0020238 0.0095000 0.0055000  0.0001201	K ore 75) 76 76 76 76	Calit Escala Auto — — — — — — — — — — — — — — — — — — —	M prando Resolución (Y) 0 03  Aporte de la necetisames 0 002/205592 0 002037472 0 00951858 -0 000520377  -0 00012087 0 00951858 -0 000512087  	N % % %	0 grados de Ibertad 200 200  200	Radian Certificado Esola Resolución (V) Aceptar	

Figura 6.12. Excel generado mediante LabVIEW para 240 V.

Una vez generado el Excel por medio de la programación en LabVIEW, se genera automáticamente el informe final en Word, el cual contiene los datos producidos por el cálculo del archivo generado en Excel. En las figuras 6.13, 6.14 y 6.15 se observa el informe final de calibración para los patrones portátiles monofásicos.



ICE-LEE-P11-2-F02

Pág. 1 de 3

Fecha de calibración	01/11/2018
Objeto bajo prueba	Marca: Enetics
	Modelo: LM-1312
	Número de activo: 796237
	Número de serie: 2872
Ámbito de Medición	Tensión eléctrica en corriente alterna
Método de Medición	Comparación directa
Patrones y Trazabilidad	Marca: Radian
Metrológica	Modelo: RD-23
	Número de activo: 896702
	Número de serie: 208858
	Informe de calibración: ICE-LEE-C-13-2018
	Vence: 01/03/2019

Heyleen Villalta Maietta Coordinador Técnico

Luis Javier Solano Mora Metrólogo

Figura 6.13. Informe de calibración página 1.



### ICE-LEE-P11-2-F02

Pág. 2 de 3

### Resultados de la calibración

P <sup>1</sup> = P	corregido	Tens	ión Eléctrica A	lterna @	60 H	z
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	± U(Ei	r) (%)
**A	auto	120,195 V	120,580 V	0,320	±	0,014
**B	auto	120,195 V	120,532 V	0,280	±	0,017
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	± U(Ei	r) (%)
Fase **A	Intervalo de Medida auto	Valor de referencia (P <sup>1</sup> ) 208,381 V	Valor de Medida (L) 209,696 V	Er: 0,631	± U(Ei	<sup>r) (%)</sup> 0,022
Fase **A **B	Intervalo de Medida auto auto	Valor de referencia (P <sup>1</sup> ) 208,381 V 208,381 V	Valor de Medida (L) 209,696 V 209,572 V	Er 0,631 0,572	± U(Er ± ±	<sup>r) (%)</sup> 0,022 0,022
Fase **A **B	Intervalo de Medida auto auto	Valor de referencia (P <sup>1</sup> ) 208,381 V 208,381 V	Valor de Medida (L) 209,696 V 209,572 V	Er 0,631 0,572	± U(E) ± ±	<sup>r) (%)</sup> 0,022 0,022

Fase	Intervalo de Medida	referencia (P <sup>1</sup> )	Medida (L)	Er	± U(Er	r) (%)	
**A	auto	240,444 v	242,232 V	0,744	±	0,022	
**B	auto	240,444 v	242,068 V	0,675	±	0,022	

En esta calibración el mesurando es el error relativo del instrumento bajo calibración y el proceso de medición está formalizado con base en la siguiente expresión:  $Er = \left[\left(\frac{L-P}{P}\right)\right] \times 100$ . Dónde: L es el valor del instrumento bajo calibración, P es el valor del patrón y la incertidumbre reportada es la incertidumbre de medida asociada al error relativo.

P<sup>1</sup>: Valor corregido con respecto al certificado de calibración del patrón.

Figura 6.14. Informe de calibración página 2.



Pág. 3 de 3

ICE-LEE-P11-2-F02

Condiciones ambientales de calibración

Temperatura ambiente: 23 °C

Humedad relativa: 53 %

### Notas:

- Los resultados de la calibración incluidos en el presente documento, se refieren solo al objeto bajo calibración.
- La incertidumbre expandida se expresa de acuerdo a los lineamiento de ECA-MC-PO02 "Política de incertidumbre de las mediciones"
- Este informe de calibración no es válido sin las firmas y el sello del ICE-LEE. Prohibida su reproducción parcial.
- Los resultados de esta calibración, incluidos en las páginas adjuntas, se reportan a un nivel del confianza del 95,45 % y un factor de cobertura de k = 2
- Se identifica con (\*) un asterisco, la calibración acreditada bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025 (ver alcance en www.eca.or.cr) v con (\*\*) dos asteriscos la calibración NO acreditada

Figura 6.15. Informe de calibración página 3.

# Capítulo 7 Conclusiones y Recomendaciones

## 7.1. Conclusiones

- La automatización de la calibración de los patrones portátiles monofásicos disminuye el tiempo de calibración a menos de 10 minutos en la obtención de los resultados finales, en comparación a la hora que aproximadamente tomaba realizar este proceso de forma manual.
- 2. La sincronización en los tiempos de la lectura de los datos de ambos equipos es fundamental para conocer el verdadero estado del equipo bajo prueba.
- La adquisición de los datos por medio del programa en LabVIEW es más eficiente y confiable que los obtenidos de forma manual, debido a que ya no se presentan errores en la apreciación de la lectura de los datos.
- 4. La manipulación de los datos de forma automática elimina la posibilidad del error en la escritura de los mismos para el cálculo de incertidumbres en la calibración.
- 5. La generación automática del informe de calibración es más eficiente que el método manual, debido a que los datos e información necesarios para el mismo son extraídos durante el proceso de calibración y generados en unos cuantos segundos, mientras que de forma manual los datos se debían copiar uno a uno.
- 6. La creación de una interfaz guiada y sencilla permite la facilidad de acceso para cualquier persona que desee manipularla.
- 7. El proceso de calibración tarda un tiempo determinado por normas que rigen al laboratorio en este tipo de ensayos, debido a esta situación se debe realizar la lectura de cada dato con un intervalo de tiempo de 15 segundos, lo que resulta imposible llevar el proceso completo a tiempos de tan solo segundos.

## 7.2. Recomendaciones

- 1. Estudiar los equipos involucrados en el proyecto para conocer sus alcances y la información proporcionada.
- 2. Utilizar una programación más sintetizada y modulada que permita aumentar la eficiencia de la misma.
- Realizar la programación en LabVIEW por medio de la arquitectura productor/consumidor, la cual elimina los errores en los tiempos de ejecución para procesos en paralelo.
- Utilizar opciones de seguridad dentro de la programación para que durante el proceso de calibración se tenga el alcance de inhabilitar la fuente de alimentación en caso de una emergencia.
- Solicitar la adquisición de varios objetos bajo prueba para determinar con mayor rapidez la presencia de fallos propios del equipo y no enfatizar en correcciones dentro de la programación.

# Bibliografía

- ARESEP, «Ley de la autoridad reguladora de los servicios públicos N° 7593 y sus reformas,» La Gaceta, San José, 2008.
- [2] ARESEP, «Instituciones Descentralizadas,» Imprenta Nacional, San José, 2015.
- [3] ARESEP, «Decreto N° 29847-MP-MINAE-MEIC,» ARESEP, San Jose, 2001.
- [4] ARESEP, «RESOLUCIÓN RJD-205-2015,» ARESEP, San José, 2014.
- [5] C. Instruments, i / iX / iM Series II AC Power Source User Manual, San Diego : An AMETEK Company, 2008.
- [6] I. Radian Research, RD-23 Operations Manual, Lafayette, Indiana USA: An Employee Owned Company, 2015.
- [7] I. Radian Research, Customer Access Commands Manual for the RD-xx Family, Lafayette, Indiana USA: Radian Research, Inc., 2009.
- [8] I. Enetics, LM-1312 ENERGY AND POWER QUALITY METER ADAPTER RECORDER, Victor, NY: Enetics, Inc, 2017.
- [9] L. a. GYR, Electricity meter test equipment, Gepruef, Suiza: LANDIS and GYR, 1990.
- [10] N. Instruments, «National Instruments Corporation,» 6 junio 2006. [En línea]. Available: http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1.
  [Último acceso: 13 setiembre 2018].
- [11] E. L. Pérez, «El Protocolo USB,» Paraninfo, México D.F., 2008.
- [12] N. Instruments, «Nationals Instruments,» Nationals Instruments, 04 10 2018. [En línea]. Available: http://www.ni.com/en-us.html. [Último acceso: 04 10 2018].

- [13] I. O. f. Standardization, «Information technology,» 10 setiembre 2018. [En línea].
   Available: https://www.iso.org/ics/35/x/. [Último acceso: 17 setiembre 2018].
- [14] iso.org, «General requirements for the competence of testing and calibration laboratories,» ISO Central Secretaria, Geneva, 2017.
- [15] C. E. d. Metrología, PROCEDIMIENTO EL- 010PARA LA CALIBRACIÓN DE CALIBRADORES MULTIFUNCIÓN, Madrid: Centro Español de Metrología, 2008.
- [16] C. C. d. G. e. Metrología, Expresión de la incertidumbre de medida, Madrid: Centro Español de Metrología, 2008.

# Apéndices

## A.1 Información de la empresa

## A.1.1 Descripción de la empresa

Grupo ICE es una Corporación de empresas públicas dedicada a ofrecer servicios de electricidad e infocomunicaciones a los habitantes de Costa Rica. Es un grupo con gran capacidad en infraestructura, desarrollo tecnológico, capital humano altamente calificado, así como responsabilidad social y ambiental que se refleja en todas las grandes obras que ha desarrollado a lo largo de los años, según (Grupo ICE).

Fue creado en los años 40, debido a la necesidad de energía eléctrica que se presentaba en esta época.

Es importante mencionar que la misión y la visión del Instituto Costarricense de Electricidad es.

## Misión

Somos la Corporación propiedad de los costarricenses, que ofrece soluciones de electricidad y telecomunicaciones, contribuyendo con el desarrollo económico, social y ambiental del país.

## Visión

Ser una Corporación líder, innovadora en los negocios de electricidad y telecomunicaciones en convergencia, enfocada en el cliente, rentable, eficiente, promotora del desarrollo y bienestar nacional, con presencia internacional.

## A.1.2 Descripción del departamento o sección en la que se realizó el proyecto

El proyecto fue realizado en el laboratorio de Medidores, ubicado en Colima, Tibás, el cual se elaboró en conjunto con el Laboratorio de Eficiencia Energética ambos pertenecientes al Instituto Costarricense de Electricidad. El objetivo de este laboratorio es proveer al país de capacidad de medición en eficiencia energética, es importante mencionar que el LEE fue acreditado por parte del Ente Costarricense de acreditación (ECA) en el año 2008, esta acreditación se otorgó para gran variedad de ensayos de los que realiza este departamento.

## A.2 Plantillas

## A.2.1 Resultados de cálculo de incertidumbres

1	А		В	с	D	E	F	G	н	1	J	к	L	м
1 2	ico	2	TOMA DE	DATOS, ES	TIMACIÓN Y C	ÁLCULO DE IN	CERTIDUMBRE PARA C	ALIBRACIÓN DE				Código ICE-LEE-P11-2-F0	2	
3					VA	RIABLES ELÉC	TRICAS				Versión: 04	-	Pagir	a 1/1
4	$\sim$											Rige a partir de: 2018-06-	05	
5												Actualizado	04/09/2018	
6							INFORMACIÓN	GENERAL						
7														
8		Solicitud:		Calibra	cion Enetics						Patrón	1	1	
9		OBP		Enetic	s LM-1312			Marca	Modelo	Serie	Activo ICE	Certificado de Calibración	Vencimiento Calibración	
10		Activo ICE		796237				Radian	RD-23	208858	896702	ICE-LEE-C-13-2018	01/03/2019	
11		Metrólogo	1	Luis Javier S	olano Mora									
12														
13														
14														
16	Observaciones:		2972	-										
17	Numero de serie		2072	_										
18														
19														
20														
21														
22														
23														
	( ) ·	Intro	VAC 120 V f	ase A VA	C 120 V fase B	VAC 208 V	fase A VAC 208 V fas	e B VAC 240 V	fase A 🛛 V	AC 240 V fas	e B Infor	me-VAC 🕀		•

Figura A.1. Hoja 1 resultado cálculo de incertidumbres.

4	A	В	с	D	E	F	G	н	1.1	J.	к	L	м	N	0	Р				
1	$\widehat{\mathbf{i}}$																			
2		TOMA DE	DATOS, ESTIM	ACION Y CAL	CULO DE INCEN	TIDUMBRE PARA CAL	IBRACION DE			Código	ICE-L	EE-P11-2-F02								
3				VANIA	DEL'S ELECTRI	H3			Versión: 04				Pagina 1/1							
4										Rige a p	artır d	Actualizado:	2018-09-04							
6	Solicitur		Calibracio	o Enatica	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón	1				1								
7	OBP		Enetics	M-1312	796237	copectitedetories			Calibración	del Patrón, 6			Error del Patrón %							
8	Metrólog	10	Luis Javier S	olano Mora		exactitud %			0.0	092	L F		-0.0015							
9	FASE	A				0.01														
10	Frecuencia de ca	libración	6	) Hz																
11	Variable a ca	librar	Tensió	n en AC																
12	Valor de Exactit	ud Para Cumplin	niento (%)	0.30																
13	Fecha de calib	racion	11/01/2018									Calib	rando					Patrón		
14												Escala	Resolución (V)			Radian		RD-23	896702	
15	Punto de me	dicion	120.000 V		Resol	Valor generado (P <sup>1</sup> )	120.195 V					Auto	0.01			Certificado		ICE-LEE-C-13-20	018	
16	No de Medida	Р	L	% error sin correción		Valor medido (L)	120.58 V		n=	5		-	-			Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V	
						Componente	Argumento	Valor estimade	Distribución de	Incertidumb	re l	Coeficiente de sensibilidad para Incert est	Aporte de la incertidumbre		grados de libertad	Resolución (V)		0.001		
17	1	120.194 V	120.58 V	0.32115					Probabilidad		-/ -	(a 2)			illoonta o					
18	2	120.191 V	120.58 V	0.32365		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	0.0023941	%	1.003199765	0.002401715	%	200					
19	3	120.187 V	120.58 V	0.32699		Valor medido OBP	Repetibilidad	0.000 V	Normal	0.0000000	%	1.003199765	0	%	4					
20	4	120.198 V	120.58 V	0.31781		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	%	1.004833333	0.004622233	%	200					
21	5	120.198 V	120.58 V	0.31781		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	%	-1.003199765	-0.005015999	%	200					
22	Promedio	120.194 V	120.58 V	0.32148							-			-						
23	desviacion estandar	0.005 V	0.00 V	0.00394		Resolucion del Patron	Resolución de escala		Rectangular	0.0002402	%	-1.003199765	-0.00024094	%	200					
24	n	5				incertio	umbre combinada		0.0072											
25	Humodad solation (%)	53				grados e	alor k (95%)		400.1572											
27	Humedad relativa (//)	55				Incertidur	nor k (3576)		0.014470977											
28							nore expandida e la		0.014470077	error			U(error)							
20								Valor a r	enorter -	0.220	94		0.014	ex.		Aceptar				
30								Takit a t	oportar	0.020	10	-		14						
31																				
32	Observaciones:																			
33	P <sup>1</sup> = P corregido																			
34	P P																			
35	$P^* = \frac{1}{(1 + e^{\%})}$																			
	intro	VAC 120 V fase	A VAC 120	V fase B \	/AC 208 V fase A	VAC 208 V fase B	VAC 240 V fase /	A VAC 24	0 V fase B	Informe	VAC	•			-		•			

Figura A.2. Hoja 2 resultado cálculo de incertidumbres.



Figura A.3. Hoja 3 resultado cálculo de incertidumbres.

1	А	В	С	D	E	F	G	н	1	J	K	L	м	NC	)	Р			
1	:00														_				
2	Ce	TOMA DE	DATOS, ESTIM		CULO DE INCER	TIDUMBRE PARA CAL	IBRACION DE			Código	DICE-	LEE-P11-2-F02			_				
3				VARIA	DLES ELECTRIC	A3			Versión: 04	-			Pagina 1/1		_				
4			1				1			Rige a p	partir	de: 2018-06-05 Actualizado:	2018-09-04	_					
6	Solicitud	d:	Calibracio	n Enetics	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón	1	Calibración	del Patrón	11		Error del Patrón						
7	OBP		Enetics L	M-1312	796237				96	i			96		_				
8	Metrólog	lo	Luis Javier St	olano Mora		exactitud %			0.00	092	11		-0.0015						
9	FASE	A				0.01		1											
10	Frecuencia de ca	libración	60	Hz															
11	Variable a ca	librar	Tensión	n en AC															
12	Valor de Exactit	ud Para Cumplin	niento (%)	0.21															
13	Fecha de calib	racion	11/01/2018									Calit	orando		_			Patrón	
14												Escala	Resolución (V)		- r-	Radian		RD-23	896702
15	Punto de mei	dicion	208.000 V		Resol	Valor generado (P1)	208.381 V					Auto	0.01		0	Certificado		ICE-LEE-C-13-20	018
16	No de Medida	Р	L	% error sin correción		Valor medido (L)	209.70 V		n =	5					- n-	Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V
17	1	208.384 V	209.68 V	0.62193		Componente	Argumento	Valor estimado	Distribución de Probabilidad	Incertidumt estandar (1	ore %)	Coeficiente de sensibilidad (para Incert est cn 2)	Aporte de la incertidumbre	grado liberta	s de Re	esolución (V)		0.001	
18	2	208.373 V	209.70 V	0.63684		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	0.0013766	\$ %	1.006311117	0.001385324	%	200				
19	3	208.359 V	209.70 V	0.64360		Valor medido OBP	Repetibilidad	0.004 V	Normal	0.0019075	5 %	1.006311117	0.001919562	%	4				
20	4	208.396 V	209.70 V	0.62573		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0095000	) %	1.008153846	0.009577462	%	200				
21	5	208.382 V	209.70 V	0.63249		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	%	-1.006311117	-0.005031556	%	200				
22	Promedio	208.379 V	209.70 V	0.63212							-				-				
23	desviacion estandar	0.014 V	0.01 V	0.00864		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	0.0001385	%	-1.006311117	-0.000139407	%	200				
24	n	5				Incertid	umbre combinada		0.0111										
25	Temperatura ambiental (*C	23				grados e	fectivos de libertad		309.0611										
26	Humedad relativa (%)	53				vi	alor k (95%)		2										
27						Incertidur	nbre expandida U%		0.022151081	1									
28																			
29								Valor a r	eportar =	0.63111	%	+	0.0222	%	4	Aceptar			
30											-	-			-				
31																			
32	Observaciones:																		
33	P <sup>1</sup> = P corregido																		
34	P																		
35	$P^* = \frac{1}{(1, e^{\%})}$																		
	< → Intro	VAC 120 V fase	A VAC 120	V fase B V	AC 208 V fase A	VAC 208 V fase B	VAC 240 V fase	A VAC 24	0 V fase B	Inform	e-VA	AC (+)			4				

Figura A.4. Hoja 4 resultado cálculo de incertidumbres.

	А	В	с	D	E	F	G	н	1.1	J K	L	м	N O	Р			
1	100	TOMA DE I								01 5 - 10							
2		TOMA DE I	DATUS, ESTIM	VARI	ABLES ELÉCTRIC	AS	BRACION DE		Manaika: 04	Codigo iCo	-LEE-P11-2-F02	Desine 4/4					
3				• • • •	OLLO LLLO INIC				Version: 04	0	- de: 2018 08 05	Pagina 1/1					
5										roge a part	Actualizado:	2018-09-04					
6	Solicitud		Calibracio	on Enetics	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón	]	Caliburatión	del Resuía		Frankel Detrie					
7	OBP		Enetics	M-1312	796237				s canoración	i i		96					
8	Metrólog	0	Luis Javier S	iolano Mora		exactitud %			0.0	092		-0.0015					
9	FASE	A				0.01											
10	Frecuencia de cal	libración	66	0 Hz													
11	Variable a cal	ibrar	Tensión	n en AC								1					
12	Valor de Exactitu	id Para Cumplim	niento (%)	0.21													
13	Fecha de calibi	racion	11/01/2018								Cali	brando				Patrón	
14											Escala	Resolución (V)		Radian		RD-23	896702
15	Punto de med	licion	208.000 V		Resol	Valor generado (P1)	208.381 V				Auto	0.01		Certificado		ICE-LEE-C-13-2	018
16	No de Medida	р	L	% error sin correción		Valor medido (L)	209.57 V		n=	5				Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V
						Componente	Argumento	Valor estimad	Distribución de	Incertidumbre	Coeficiente de sensibilidad	Aporte de la	grados de	Resolución (V)		0.001	
17	1	208.384 V	209.56 V	0.56434					Probabilidad	estanuar (%)	() () () () () () () () () () () () () (	incertidumbre	Ibertad	~	L		
18	2	208.373 V	209.56 V	0.56965		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	0.0013775 %	1.005716053	0.001385324	% 200				
19	3	208.359 V	209.58 V	0.58601		Valor medido OBP	Repetibilidad	0.005 V	Normal	0.0023376 %	1.005716053	0.002350974	% 4				
20	4	208.396 V	209.58 V	0.56815		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0095000 %	1.007557692	0.009571798	% 200				
21	5	208.382 V	209.58 V	0.57491		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000 %	-1.005716053	-0.00502858	% 200				
22	Promedio	208.379 V	209.57 V	0.57261													
23	desviacion estandar	0.014 V	0.01 V	0.00839		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	0.0001385 %	-1.005716053	-0.000139324	% 200				
24	n	5				Incertid	umbre combinada		0.0112								
25	Temperatura ambiental (°C)	23				grados e	fectivos de libertad		292.8316								
26	Humedad relativa (%)	53				VE	alor k (95%)		2								
27						Incertidur	nbre expandida U%		0.022304399								
28																	
29								Valor a	reportar =	0.57161 %	±	0.0223	%	Aceptar			
30																	
31																	
32	Observaciones:																
33	P <sup>1</sup> = P corregido																
34	$P^* = \frac{P}{P}$																
35	(4, 6%)			<u>.</u>						. <u> </u>					L		
	<ul> <li>Intro</li> </ul>	VAC 120 V fase	A VAC 120	V fase B	VAC 208 V fase A	VAC 208 V fase B	VAC 240 V fase A	4 VAC 24	40 V fase B	Informe-V.	4C (+		4		Þ		

Figura A.5. Hoja 5 resultado cálculo de incertidumbres.

4	А	В	с	D	E	F	G	н	1	J	ĸ	L	м	Ν	0	Р			
1	100	TONA DE																	
2		TOMA DE	DATOS, ESTIM		LULO DE INCER	TIDUMBRE PARA CAL	IBRACION DE			Código	ICE-I	LEE-P11-2-F02							
3				VARIA	DLES ELECTRI	A3			Versión: 04				Pagina 1/1						
4							1			Rige a p	artir	de: 2018-06-05 Actualizado:	2018-09-04	_					
6	Solicitue	t:	Calibracio	n Enetics	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón	1	Calibración	del Patrón	] [		Error del Patrón						
7	OBP		Enetics L	M-1312	796237				9	i	П		96						
8	Metrólog	50	Luis Javier Sc	olano Mora		exactitud %			0.00	092	1 [		-0.0015						
9	FASE	A				0.01													
LO	Frecuencia de ca	libración	60	Hz															
11	Variable a ca	librar	Tensión	en AC															
12	Valor de Exactit	ud Para Cumplir	niento (%)	0.20															
13	Facha da calib	vacion	11/01/2018									Calif	brando					Patrón	
14												Escala	Resolución (V)			Radian		RD-23	896702
15	Punto de mer	dicion	240.000 V		Resol	Valor generado (P <sup>1</sup> )	240.444 V					Auto	0.01			Certificado		ICE-LEE-C-13-20	018
16	No de Medida	Р		% error sin	- Nesor	Valor medido (L)	242.23 V		0=	5	11	-	-			Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V
17	,	240.420 V	242.24.V	0.75701		Componente	Argumento	Valor estimado	Distribución de Drobabilidad	Incertidumb estandar (S	re %)	Coeficiente de renribilidad (para lacert est	Aporte de la incertidumbre		grados de libertad	Resolución (V)		0.001	
18	2	240.425 V	242.24 V	0.75072		Resolution OBP	Resolución de escala		Rectangular	0.0011917	96	1 007436224	0.001200592	96	200	~			
19	3	240.461 V	242.24 V	0.73983		Valor medido OBP	Renetibilidad	0.005 V	Normal	0.0020224	96	1 007436224	0.002037472	96	4				
20	4	240.463 V	242.22 V	0.73057		Calibración del natrón	Calibracion		Normal	0.0095000	96	1 0093	0.00958835	96	200				
21	5	240.429 V	242.22 V	0.74492		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	%	-1.007436224	-0.005037181	%	200				
22	Promedio	240.442 V	242.23 V	0.74463										-					
23	desviacion estandar	0.019 V	0.01 V	0.01010		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	0.0001201	%	-1.007436224	-0.000120952	%	200				
24	n	5				Incertid	umbre combinada		0.0111										
25	Temperatura ambiental (*C	23				orados e	fectivos de libertad		303.3898										
26	Humedad relativa (%)	53				v	alor k (95%)		2										
27						Incertidur	nbre expandida U%		0.022173587										
28																			
29								Valor a r	eportar =	0.744	%	*	0.022	%		Aceptar			
su												-		-					
31																			
32	Observaciones:																		
33	P <sup>1</sup> = P corregido																		
34	P P																		
35	$P = \frac{1}{(1, e\%)}$																		
	< > Intro	VAC 120 V fase	e A VAC 120	V fase B V	AC 208 V fase A	VAC 208 V fase B	VAC 240 V fase	A VAC 24	40 V fase B	Informe	e-VA	. <b>c</b> (+)			-		F		

Figura A.6. Hoja 6 resultado cálculo de incertidumbres.

4	А	В	с	D	E	F	G	н	1	J	ι ι	м	NO	Р			
1	$\widehat{\mathbf{i}}$	TONA DE		n ción v cá													
2		TOMA DE	DATOS, ESTIN		ABLES ELÉCTRIC	A S	IBRACION DE		Marrie Ar	Codigo IC	E-LEE-P11-2-F02	Decise 44					
3					OLLO LLLO INIC				Version: 04	Discontractor		Pagina 1/1					
5										Rige a par	Actualizado:	2018-09-04					
6	Solicitud		Calibracio	on Enetics	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón	1									
7	OBP	·	Enetics	LM-1312	796237	-,-			Calibracion 9	del Patron,		Error del Patron 96		•			
8	Metrólogo	þ	Luis Javier S	iolano Mora		exactitud %			0.0	092		-0.0015					
9	FASE	A				0.01											
10	Frecuencia de cal	libración	6	0 Hz													
11	Variable a cal	ibrar	Tensió	n en AC													
12	Valor de Exactitu	id Para Cumplin	niento (%)	0.20										~			
13	Fecha de calibr	racion	11/01/2018								Cali	brando				Patrón	
14											Escala	Resolución (V)		Radian	ſ.	RD-23	896702
15	Punto de med	licion	240.000 V		Resol	Valor generado (P <sup>1</sup> )	240.444 V				Auto	0.01		Certificado		ICE-LEE-C-13-2/	018
16	No de Medida	P	L	% error sin correción		Valor medido (L)	242.07 V		n =	5	-	-		Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V
						Componente	Argumento	Valor estimad	Distribución de	Incertidumbre	Coeficiente de sensibilidad	Aporte de la	grados de	Pasalución (V)		0.001	
17	1	240.420 V	242.06 V	0.68214			-		Probabilidad	estandar (%)	(para incert est en 2)	incertidumbre	libertad				
18	2	240.435 V	242.08 V	0.68418		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	0.0011925 9	1.006754153	0.001200592	% 200	[			
19	3	240.461 V	242.08 V	0.67329		Valor medido OBP	Repetibilidad	0.005 V	Normal	0.0020238 9	1.006754153	0.002037472	% 4				
20	4	240.463 V	242.06 V	0.66414		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0095000 9	1.008616667	0.009581858	% 200				
21	5	240.429 V	242.06 V	0.67837		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000 9	-1.006754153	-0.005033771	% 200				
22	Promedio	240.442 V	242.07 V	0.67642													
23	desviacion estandar	0.019 V	0.01 V	0.00802		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	0.0001201 9	-1.006754153	-0.00012087	% 200				
24	n	5				Incertide	umbre combinada		0.0111								
25	Temperatura ambiental (*C)	23				grados e	fectivos de libertad		303.3559								
26	Humedad relativa (%)	53				ve	alor k (95%)		2								
27						Incertidum	nbre expandida U%		0.022159258								
28														-			
29								Valor a r	eportar =	0.675 9	5 ±	0.022	%	Aceptar			
30																	
31																	
32	Observaciones:																
33	P <sup>1</sup> = P corregido																
34	$P^* = \frac{P}{(P^*)^2}$																
35	(1, 6%)		L		1,	1	L								<u> </u>		
	<ul> <li>Intro</li> </ul>	VAC 120 V fase	e A   VAC 120	J V fase B	VAC 208 V fase A	VAC 208 V fase B	VAC 240 V fase	A VAC 2	40 V fase B	Informe-	/AC (+)				F		

Figura A.7. Hoja 7 resultado cálculo de incertidumbres.

## A.2.2 Resultados de informe de calibración

## LABORATORIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INFORME DE CALIBRACIÓN



ICE-LEE-P11-2-F02

Pág. 1 de 3

Fecha de calibración 01/11/2018
---------------------------------

Objeto bajo prueba	Marca: Enetics
	Modelo: LM-1312
	Número de activo: 796237
	Número de serie: 2872
Ámbito de Medición	Tensión eléctrica en corriente alterna
Método de Medición	Comparación directa
Patrones y Trazabilidad	Marca: Radian
Metrológica	Modelo: RD-23
	Número de activo: 896702
	Número de serie: 208858
	Informe de calibración: ICE-LEE-C-13-2018
	Vence: 01/03/2019

Heyleen Villalta Maietta Coordinador Técnico

Luis Javier Solano Mora Metrólogo

Figura A.8. Página 1 resultados informe de calibración.



ICE-LEE-P11-2-F02

### Pág. 2 de 3

### Resultados de la calibración

P <sup>1</sup> = P	corregido	Tens	ión Eléctrica A	lterna @	60 H	Iz
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	± U(E	r) (%)
**A	auto	120,195 V	120,580 V	0,320	±	0,014
**B	auto	120,195 V	120,532 V	0,280	±	0,017
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	± U(E	r) (%)
**A	auto	208,381 V	209,696 V	0,631	±	0,022
**B	auto	208,381 V	209,572 V	0,572	±	0,022
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	Er	± U(E	r) (%)
**A	auto	240,444 V 242,232 V		0,744	±	0,022
**B	auto	0,675	±	0,022		

En esta calibración el mesurando es el error relativo del instrumento bajo calibración y el proceso de medición está formalizado con base en la siguiente expresión:  $Er = \left[\left(\frac{L-P}{P}\right)\right] \times 100$ . Dónde: L es el valor del instrumento bajo calibración, P es el valor del patrón y la incertidumbre reportada es la incertidumbre de medida asociada al error relativo.

P<sup>1</sup>: Valor corregido con respecto al certificado de calibración del patrón.

Figura A.9. Página 2 resultados informe de calibración.



ICE-LEE-P11-2-F02

Pág. 3 de 3

#### Condiciones ambientales de calibración

Temperatura ambiente: 23 °C

Humedad relativa: 53 %

### Notas:

- Los resultados de la calibración incluidos en el presente documento, se refieren solo al objeto bajo calibración.
- La incertidumbre expandida se expresa de acuerdo a los lineamiento de ECA-MC-PO02 "Política de incertidumbre de las mediciones"
- Este informe de calibración no es válido sin las firmas y el sello del ICE-LEE. Prohibida su reproducción parcial.
- Los resultados de esta calibración, incluidos en las páginas adjuntas, se reportan a un nivel del confianza del 95,45 % y un factor de cobertura de k = 2
- Se identifica con (\*) un asterisco, la calibración acreditada bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025 (ver alcance en www.eca.or.cr) v con (\*\*) dos asteriscos la calibración NO acreditada

Figura A.10. Página 3 resultados informe de calibración.

# Anexos

# **B.1** Plantillas para la calibración de patrones portátiles monofásicos

## **B.1.1 Calculo de incertidumbres**

1	А	В	с	D	E	F	G	н	1	J	к	L	м
1 2	ice	TOMA DE D	ATOS, ES	TIMACIÓN Y CÁ	LCULO DE INC	ERTIDUMBRE PARA C	ALIBRACIÓN DE				Código ICE-LEE-P11-2-F0	2	
3				VAR	IABLES ELÉCT	RICAS				Versión: 04		Pagir	ia 1/1
4	$\sim$										Rige a partir de: 2018-06-	05	
5											Actualizado:	04/09/2018	
6						INFORMACIÓ	GENERAL						
7													
8	Solicitud:		Calibra	cion Enetics						Patrón			
9	OBP		Enetic	s LM-1312			Marca	Modelo	Serie	Activo ICE	Certificado de Calibración	Vencimiento Calibración	
10	Activo ICE						Radian	RD-23	208858	896702	ICE-LEE-C-13-2018	01/03/2019	
11	Metrólogo												
12													
13													
14													
15	Observaciones:												
16	Numero de serie												
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
	< → Intro	VAC 120 V fas	e A 🕴 VA	C 120 V fase B	VAC 208 V fa	ase A VAC 208 V fas	e B VAC 240 V	fase A V	AC 240 V fas	e B Infor	me-VAC (+)		•

Figura B.1. Plantilla hoja1 cálculo de incertidumbres.

	1	А	В	С	D	E	F	G	н	1.1	J.	Κ	L	м	Ν	0	P	Q	R	S
Bit Note Dation, is immacrom Y datu to be inclusioned and inclusione and inclusioned and inclusioned and inclusioned an	1	:22																		
Version 6         m         Fagure 11           Description         Fagure 12         Fagure 12 <td>2</td> <td>CE</td> <td>TOMA DE</td> <td>DATOS, ESTI</td> <td>IMACION Y C</td> <td>ALCULO DE INC</td> <td>ERTIDUMBRE PARA C</td> <td>ALIBRACION DE</td> <td></td> <td></td> <td>Código</td> <td>DICE-</td> <td>LEE-P11-2-F02</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	2	CE	TOMA DE	DATOS, ESTI	IMACION Y C	ALCULO DE INC	ERTIDUMBRE PARA C	ALIBRACION DE			Código	DICE-	LEE-P11-2-F02							
Beller         Calibrado         Solitorial:         Calibrado         Solitorial:         Calibrado           0         Macriage         mort         abaa <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>VA</td> <td>RIADLES LEECT</td> <td>RICAS</td> <td></td> <td></td> <td>Versión: 04</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Pagina 1/1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	3				VA	RIADLES LEECT	RICAS			Versión: 04				Pagina 1/1						
bioticul:         Calibration Particul M3112         Baba         Expecting control on a factor of a	5						1	1			Rige a p	partir	de: 2018-06-05 Actualizado:	2018-09-04	_					
Josebia         Colume of a function         Action G.K.         Extent Columnation are information         Bit of a function												ן ר								
User of point         User of point         Note of	-	Solicitud:		Calibraci	on Enetics	Activo ICE	Especificaciones	s del Patron		Calibración	del Patrón,	H		Error del Patrón						
Methode base         Methode base<	· -	UBP		Enetics	LM+1312	dddd	and a state of M			0.0	ະ າດາ	+ +		0.0015						
Nume         Outor	0	EVEE	0	im		-	exactitud %			0.0	JJ2			-0.0015						
Normalia         Column         Colum         Colum<	10	Fraguencia de cali	bración	60	u.,		0.01													
Valor de Sacklikul Para Cumplimiento (%)         #IDV/DI         Parts         Parts <td>11</td> <td>Variable a calif</td> <td>brar</td> <td>Tentió</td> <td>n en AC</td> <td></td>	11	Variable a calif	brar	Tentió	n en AC															
Resolution         Parton         Parton         Parton         Parton         Resolution	12	Valor de Exactitud	Para Cumplin	niento (%)	#1011/01										-					
Municipal         Punctode medicion         120 000 V         Resolution         Punctode medicion         120 000 V         Resolution         Punctode medicion	13	Fecha de calibra	rion		<i></i>								Calil	orando	<u> </u>			r	Patrón	
Puncto de medicion         120 000 V         Resol         Valor generates (P)         R. DV/(P)         -         Ante         O. St         Centexes         Eactal         u.u.o         Tensition AC         120 000 V         Tensition AC         120 0V         Tensiterate AC         120 0V         120 0V	14												Escala	Resolución (V)			Radian		RD-23	896702
6         6         5         5         7         1         8         1         6         1         8         1	15	Punto de medio	cion	120.000 V		Resol	Valor generado (P1)	#:DIV/0!					Auto	0.01			Certificado		ICE-LEE-C-13-20	018
1         1	16 <sup>No</sup>	de Medida	Р	L.	% error sin correción		Valor medido (L)	# DIV/0!		n=	5		-				Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V
8         2         Normal         6,00/01         %,00/01 <td>17</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>#¡DIV/0!</td> <td></td> <td>Componente</td> <td>Argumento</td> <td>Valor estimado</td> <td>Distribución de Probabilidad</td> <td>Incertidumb estandar (*</td> <td>bre %)</td> <td>Coeficiente de sensibilidad (para Incert est cn 2)</td> <td>Aporte de la incertidumbre</td> <td>g</td> <td>rados de bertad</td> <td>Resolución (V)</td> <td></td> <td>0.001</td> <td></td>	17	1			#¡DIV/0!		Componente	Argumento	Valor estimado	Distribución de Probabilidad	Incertidumb estandar (*	bre %)	Coeficiente de sensibilidad (para Incert est cn 2)	Aporte de la incertidumbre	g	rados de bertad	Resolución (V)		0.001	
9       3        M.DV/OV	18	2			#(DIV/0)		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	#(DIV/0)	%	#(DIV/0)	#(DIV/0)	%	200				
4         month         0.044000         month         0.0440000         month         <	19	3			#¡DIV/0!		Valor medido OBP	Repetibilidad	#; DIV/0!	Normal	#;DIV/0!	%	#;DIV/0!	#¡DIV/0!	%	4				
1       5       m       m       m       m       Normal       0.005000 %       m<	20	4			#¡DIV/0!		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	96	#;DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200				
2         Provestion         #.DVV/OV	21	5			#¡DIV/0!		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	96	#;DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200				
3         Bersteinerstander         # DVV(01         # DVVV(01         # DVVV(01         # DVVV(01         # DVVV(01         # DVVVV(01         # DVVVV(01         # DVVVV(01         # DVVVVVVVVV         # DVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVV	22 Pro	medio	#(DIV/0)	#(DIV/0)	#¡DIV/01							-			-					
n         S         Incertiduaries continuation         BUVVVE           1         0         <	23 de:	viacion estandar	#; DIV/0!	#¡DIV/0!	#; DIV/0!		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	#;DIV/0!	%	#(DIV/0!	#;DIV/0!	%	200				
5 Temperatura analisanta (YC)	24	n	5				Incertid	umbre combinada		#;DIV/0!										
Value         value         value         value         value           0         incertains (n)	25 те	mperatura ambiental (*C)		1			grados e	fectivos de libertad		#;DIV/0!										
Vator a reportar -     #(VALOR       0     -       0     -       2     Observationes:       3     -       4     -       -     Vator a reportar -       # Vator a reportar -     #(D/V/W)       %     -       8     -       9     -       0     -       1     -       2     Observationes:       3     -       4     -       -     -       1     -       -     -       1     -       -<	26	Humedad relativa (%)		1			v	alor k (95%)		#¡VALOR!										
8             Aceptar       9              Aceptar       1                 3     ** corregion               3     ** corregion               4                 *	27						Incertidu	mbre expandida U%		#VALOR!										
9 9 Voice a reportar = #pDi//0 % ± #pVALOR % Aceptar 0 Voice a reportar = #pDi//0 % ± #pVALOR % Aceptar 0 Voice a reportar = #pDi//0 % ± #pVALOR % Aceptar 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	28																			
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	29								Valor a r	eportar =	#¡DIV/0!	%	±	#;VALOR!	%		Aceptar			
1 2 Observationes: 3 P <sup>1</sup> + recorregidos 4 n_ P · · · · Imtro <u>VAC 120 V fase A</u> VAC 120 V fase A VAC 208 V fase A VAC 240 V fase A VAC 240 V fase B Informe-VAC · · ·	30																			
2 (Derversioneer: 3 P <sup>2</sup> = P corregion 4 m, P v VAC 120 V fase A VAC 120 V fase B VAC 208 V fase A VAC 200 V fase B VAC 240 V fase A VAC 240 V fase B informe-VAC ⊕	31																			
3  P± errorgedo 4   P = →   Intro <u>VAC 120 V fase A</u> VAC 120 V fase B   VAC 208 V fase A   VAC 200 V fase A   VAC 240 V fase B   Informe-VAC ⊕	32 оь	servaciones:																		
P All no. P Intro VAC 120 V fase A VAC 120 V fase B VAC 208 V fase A VAC 208 V fase B VAC 240 V fase A VAC 240 V fase B Informe-VAC • Output to the second seco	33 P <sup>1</sup>	P corregido																		
Intro VAC 120 V fase A VAC 120 V fase B VAC 208 V fase A VAC 208 V fase A VAC 240 V fase B VAC 240 V fase B Informe-VAC	34	Р																		
		> Intro	VAC 120 V fa	ase A VAC	120 V fase B	VAC 208 V fa	ise A VAC 208 V fase	B VAC 240 V f	ase A VA	AC 240 V fas	e B Inf	orm	e-VAC	÷						

Figura B.2. Plantilla hoja 2 cálculo de incertidumbres.



Figura B.3. Plantilla hoja 3 cálculo de incertidumbres.

1	А	В	С	D	E	F	G	н	1	J	к	L	м	Ν	0	Р	Q	R	S	
1	in																			
2	ICE	TOMA DE	DATOS, ESTI	IMACION Y C	ALCULO DE INC	ERTIDUMBRE PARA CI	ALIBRACION DE			Código	ICE-I	LEE-P11-2-F02								
3				VA	RIADLES LEECT	NICAS			Versión: 04	_			Pagina 1/1							
4										Rige a p	artr	de: 2018-06-05 Actualizado:	2018-09-04							
6	California		Calibrati	- Franklan	Annual ICE	free all and a second	4-10-1-1-													
7	ORP		Enatics	IM-1312	aaaa	Especificaciones	derPation		Calibración	del Patrón,			Error del Patrón							
8	Metróloro		fb	hfhf		exactitud %			0.0	092			-0.0015							
9	FASE	в			-	0.01														
10	Frecuencia de calit	bración	60	Hz																
11	Variable a calib	brar	Tensió	in en AC																
12	Valor de Exactitud	Para Cumplir	niento (%)	#¡DIV/0!																
13	Fecha de calibra	acion										Calil	orando				1	Patrón		
14												Escala	Resolución (V)			Radian		RD-23	896702	
15	Punto de medio	cion	208.000 V		Resol	Valor generado (P1)	#; DIV/0!					Auto	0.01			Certificado		ICE-LEE-C-13-2	018	
16	No de Medida	P	L	% error sin correción		Valor medido (L)	#¡DIV/0!		n =	5		-	-			Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V	
17	1			#; DIV/0!		Componente	Argumento	Valor estimad	Distribución de Probabilidad	Incertidumbr estandar (%	re 6)	Coeficiente de sensibilidad (para Incert est en 2)	Aporte de la incertidumbre	9	prados de ibertad	Resolución (V)		0.001		
18	2			#¡DIV/0!		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	#¡DIV/0!	%	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200					
19	3			#¡DIV/0!		Valor medido OBP	Repetibilidad	#¡DIV/0!	Normal	#¡DIV/0!	96	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	%	4					
20	4			#(DIV/0)		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	%	#[DIV/0]	#jDIV/0!	%	200					
21	5			#;DIV/0!		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	%	#¡DIV/0!	#jDIV/0!	%	200					
22	Promedio	#; DIV/0!	#¡DIV/0!	#;DIV/0!						-	-	-		-						
23	desviacion estandar	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#;DIV/0!		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	#[DIV/0]	%	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200					
24	n	5				Incertid	umbre combinada		#;DIV/0!											
25	Temperatura ambiental (*C)					grados e	fectivos de libertad		#;DIV/0!											
26	Humedad relativa (%)					v	alor k (95%)		#¡VALOR!											
27						Incertidur	mbre expandida U%		#¡VALOR!											
28																				
29								Valor a r	eportar =	# DIV/0!	%	±	#¡VALOR!	%		Aceptar				
30																				
31																				
32	Observaciones:																			
33	P <sup>1</sup> = P corregido																			
34	P		L			1	L	L					-							
	Intro	VAC 120 V	fase A VA	C 120 V fase	B VAC 208 V	fase A VAC 208 V fa	ise B VAC 240 V	/ fase A	VAC 240 V f	ase B In	for	me-VAC	$(\pm)$							

Figura B.4. Plantilla hoja 4 cálculo de incertidumbres.

1	A	В	С	D	E	F	G	н	1	J	K	L	м	Ν	0	P	Q	R	S	
1	$\widehat{\mathbf{i}}$				<i>.</i>															
2	IC2	TOMA DE	DATOS, EST	IMACION Y C	ALCULO DE INC	ERTIDUMBRE PARA C	ALIBRACION DE			Código	ICE-	LEE-P11-2-F02								
3				VA	RIADLES ELECT	RICAS			Versión: 04				Pagina 1/1							
4			1				1		1	Rige a p	partir	de: 2018-06-05 Actualizado:	2018-09-04							
		1						1			1 [									
0	Solicitud:		Calibraci	ion Enetics	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón		Calibración	del Patrón,	Н		Error del Patrón							
1	OBP		Enetics	LM-1312	aaaa		1		9		+ +		%							
8	Metrologo	-	fh	hfhf		exactitud %		-	0.0	192			-0.0015							
9	FASE	8			1	0.01														
11	Frecuencia de calib	pracion	60	I HZ	-															
12	Valor do Eventitud I	orar Dara Cumanila	niente (%)	men AC										-						
12	Valor de Exacutuu i	Para Cumpin	mento (%)	#[DIV/0:								Calib	rando				_	Patrón		
14	recha de calibra	cion										Can	Reselución 0.0			Padian	_	8D-23	895702	
15	Durana da ana dia		208.0001/			Valor reparado (P <sup>1</sup> )	#:DIV/01					Escala	Resolucion (v)			Costificado		ICEJ EE-C-13-20	018	
15	Punco de medic	lon	200.000 4	% error sin	Resol	valor generous (i /	#IDIV/01				ı H	Auto	0.01			Certificado		100 000 0 10 1		
16	No de Medida	Р	L	correción		Valor medido (L)	#; DIV/0!		n=	5		-	-			Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V	
				r i		Componente	Aroumonto	Valor estimade	Distribución	Incertidumb	ore	Coeficiente de sensibilidad	Aporte de la	\$	rados de	Deservation 0.0		0.001		
17	1			#¡DIV/0!		Componente	Argumento	valor estimado	Probabilidad	estandar (	%)	(para lacert est es 3)	incertidumbre		bertad	Resolution (V)		0.001		
18	2			#¡DIV/0!		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	#jDIV/0!	%	#(DIV/0!	# DIV/0!	%	200					
19	3			#; DIV/0!		Valor medido OBP	Repetibilidad	#¡DIV/0!	Normal	#;DIV/0!	%	#(DIV/0!	#DIV/0!	%	4					
20	4			#¡DIV/0!		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	%	#;DIV/0!	#DIV/0!	%	200					
21	5			#¡DIV/0!		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	96	# DIV/0!	#DIV/0!	%	200					
22	Promedio	#; DIV/0!	#; DIV/0!	#; DIV/0!							-			-						
23	desviacion estandar	#; DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	#;DIV/0!	%	#;DIV/0!	#DIV/0!	%	200					
24	n	5				Incertid	umbre combinada		#;DIV/0!											
25	Temperatura ambiental (°C)					grados e	fectivos de libertad		#;DIV/0!											
26	Humedad relativa (%)					v	alor k (95%)		#¡VALOR!											
27						Incertidu	mbre expandida U%		#VALOR!											
28																				
29								Valor a r	eportar =	#jDIV/0!	%	±	#¡VALOR!	%		Aceptar				
30																				
31																				
32	Observaciones:																			
33	P <sup>1</sup> = P corregido																			
34	Р																			
	< > Intro	VAC 120 V	fase A VA	AC 120 V fase	B VAC 208 V	fase A VAC 208 V f	ase B VAC 240	V fase A	VAC 240 V f	ase B	Infor	rme-VAC	$(\pm)$							

Figura B.5. Plantilla hoja 5 cálculo de incertidumbres.

1	Α	В	С	D	E	F	G	н	1	J	к	L	м	Ν	0	Р	Q	R	S
1	icol	TOMA DE	DATOS ESTI							Código	ICE I	EE 011 2 E02							
2		TOWADE	04103, 2311	VA	RIABLES ELÉCT	RICAS	ALIDINACIÓN DE		Vereión: 04	couigo	T	CCC+++++CC	Pagina 1/1						
4									• • • • • • • •	Rine a n	artir	de: 2018-08-05	r ugina in r						
5										1020 0 0		Actualizado:	2018-09-04						
6	Solicitud		Calibracio	on Foatics	Activo ICE	Especificaciones	del Patrón												
7	ORP		Enetics	M-1312	aaaa				Calibracion	del Patron,			Error del Patron						
8	Metrólogo		fhh	ifhf		exactitud %			0.00	)92			-0.0015						
9	FASE	в	•			0.01													
10	Frecuencia de calib	bración	60	Hz															
11	Variable a calib	orar	Tensió	n en AC															
12	Valor de Exactitud I	Para Cumplir	niento (%)	#¡DIV/0!															
13	Fecha de calibra	icion										Calit	orando				F	Patrón	
14												Escala	Resolución (V)			Radian		RD-23	896702
15	Punto de medic	tion	240.000 V		Resol	Valor generado (P <sup>3</sup> )	#; DIV/0!					Auto	0.01			Certificado		ICE-LEE-C-13-20	018
16	No de Medida	Р	L	% error sin correción		Valor medido (L)	#¡DIV/0!		n =	5		-	-			Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V
17	1			#¡DIV/0!		Componente	Argumento	Valor estimado	Distribución de Probabilidad	Incertidumbr estandar (%	re 6)	Coeficiente de sensibilidad (para Incert est en 2)	Aporte de la incertidumbre	9	grados de ibertad	Resolución (V)		0.001	
18	2			#¡DIV/0!		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	#¡DIV/0!	%	#;DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200				
19	3			#i DIV/0!		Valor medido OBP	Repetibilidad	#¡DIV/0!	Normal	#(DIV/0)	%	#(DIV/0!	#¡DIV/0!	%	4				
20	4			#  DIV/0!		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	%	#(DIV/0)	#jDIV/0!	%	200				
21	5			#; DIV/0!		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	%	#;DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200				
22	romedio	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!						1	-	-		-					
23	lesviacion estandar	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!	#j DIV/0!		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	#;DIV/0!	96	#;DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200				
24	n	5				Incertid	umbre combinada		#;DIV/0!										
25	Temperatura ambiental (°C)					grados e	fectivos de libertad		#;DIV/0!										
26	Humedad relativa (%)					v	alor k (95%)		#¡VALOR!										
27						Incertidur	mbre expandida U%		#VALOR!										
28																			
29								Valor a r	eportar =	#;DIV/0!	%	±	#¡VALOR!	%		Aceptar			
30																			
31																			
32	Observaciones:																		
33	<sup>21</sup> = P corregido																		
34	. Р																		
	< > Intro	VAC 120 V	fase A VA	C 120 V fase	B VAC 208 V	fase A VAC 208 V fa	se B VAC 240 V	/ fase A	VAC 240 V fa	ase B 🛛 In	for	me-VAC	$( \cdot )$						

Figura B.6. Plantilla hoja 6 cálculo de incertidumbres.

⊿ A		В	с	D	E	F	G	н	1	J	к	L	м	Ν	0	Р	Q	R	S
1 5		70110 05			i ou o pr uv														
÷ 10	6	TOMA DE	DATUS, EST		RIABLES ELÉCT	ERTIDUMDKE PARA CI	ALIDRACION DE		Manalia Ad	Codigo i	CE-LEE-P	11-2-F02	De che dit						
3									version: 04	Pice a pr	utir da: 20	19.06.05	Pagina 1/1						
5										Rige a pa	Act	tualizado:	2018-09-04						
6	Solicitud		Calibraci	ion Enatics	Active ICE	Experificacione	del Patrón												
7	OBP		Enetics	LM-1312	aaaa	capecine actions.			Calibración 9	del Patrón,			Error del Patrón %						
8	Metrólogo		fbl	hfhf		exactitud %			0.0	092			-0.0015						
9 FAS	SE .	в	•			0.01													
10 Frecu	encia de calib	ración	60	Hz															
11 v:	ariable a calib	rar	Tensió	in en AC															
12 Valor de	Exactitud F	Para Cumplin	niento (%)	#¡DIV/0!															
13 Fee	cha de calibra	cion										Calil	orando				_	Patrón	
14				_							E	scala	Resolución (V)			Radian		RD-23	896702
15 Pu	unto de medici	ion	240.000 V		Resol	Valor generado (P <sup>1</sup> )	#i DIV/01					Auto	0.01			Certificado		ICE-LEE-C-13-2	018
16 No de Medida		P	L	% error sin correción		Valor medido (L)	#i DIV/0!		n =	5		-	-			Escala	auto	Tensión en AC	120.0 V
17 1				#: DIV/0!		Componente	Argumento	Valor estimad	Distribución de Probabilidad	Incertidumbr estandar (%	Coefi seas ) (para	ciente de ibilidad Incert est	Aporte de la incertidumbre	1	prados de ibertad	Resolución (V)		0.001	
18 2				#¡DIV/0!		Resolucion OBP	Resolución de escala		Rectangular	#DIV/0!	% #	DIV/0!	#¡DIV/0!	%	200				
19 3				#(DIV/0)		Valor medido OBP	Repetibilidad	#  DIV/01	Normal	#(DIV/0)	% #	DIV/0!	#;DIV/0!	%	4				
20 4				#¡DIV/0!		Calibración del patrón	Calibracion		Normal	0.0046000	% #	DIV/0!	#;DIV/0!	%	200				
21 5				#¡DIV/0!		Especificaciones del patrón	Especificaciones		Normal	0.0050000	% #	DIV/0!	#;DIV/0!	%	200				
22 Promedio		#¡ DIV/0!	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!							-			-					
23 desviacion esta	andar	#(DIV/0)	#(DIV/0)	#(DIV/0)		Resolución del Patrón	Resolución de escala		Rectangular	#[DIV/0]	% #	DIV/0!	#;DIV/0!	%	200				
24 n		5				Incertio	umbre combinada		#;DIV/0!										
25 Temperatura ai	imbiental (*C)					grados e	fectivos de libertad		#;DIV/0!										
26 Humedad re	elativa (%)					v	alor k (95%)		#;VALOR!										
27						Incertidu	mbre expandida U%		#¡VALOR!										
28																			
29								Valor a r	eportar =	#;DIV/0!	%	±	#;VALOR!	%		Aceptar			
30																			
31																			
32 Observaciones:																			
33 P <sup>1</sup> = P corregido																			
3 <u>4 P</u>	<b>)</b>		L		L.,														
	Intro	VAC 120 V	fase A VA	C 120 V fase	B VAC 208 V	fase A VAC 208 V fa	se B VAC 240 \	/ fase A	VAC 240 V f	ase B 🛛 🛛 In	forme-V	AC	(+)						

Figura B.7. Plantilla hoja 7 cálculo de incertidumbres.

## **B.1.2 Informe de calibración**

## LABORATORIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA INFORME DE CALIBRACIÓN



ICE-LEE-P11-2-F02

Pág. 1 de 3

Fecha de calibración (Fecha de realización de la cal	libración)
--	------------

Objeto bajo prueba	Marca: Enetics
	Modelo: LM-1312
	Número de activo:
	Número de serie:
Ámbito de Medición	Tensión eléctrica en corriente alterna
Método de Medición	Comparación directa
Patrones y Trazabilidad	Marca: Radian
Metrológica	Modelo: RD-23
	Número de activo: 896702
	Número de serie: 208858
	Informe de calibración:
	Vence:

Heyleen Villalta Maietta Coordinador Técnico (nombre completo) Metrólogo

Figura B.8. Plantilla pagina 1 informe de calibración.



### ICE-LEE-C-

Pág. 2 de 3

### Resultados de la calibración

P <sup>1</sup> = P	corregido	Tens	ión Eléctrica /	Alterna @	9 60 F	lz	
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	E	r±U(E	r) (%)	
**A	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
**B	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	E	r±U(E	r) (%)	
**A	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	ххх	
**B	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
Fase	Intervalo de Medida	Valor de referencia (P <sup>1</sup> )	Valor de Medida (L)	E	r±U(E	r) (%)	
**A	auto	xxx V	xxx V	xxx	±	xxx	
**B	auto	xxx V	xxx V	XXX	±	XXX	

En esta calibración el mesurando es el error relativo del instrumento bajo calibración y el proceso de medición está formalizado con base en la siguiente expresión:  $Er = \left[\left(\frac{L-P}{P}\right)\right] \times 100$ . Dónde: L es el valor del instrumento bajo calibración, P es el valor del patrón y la incertidumbre reportada es la incertidumbre de medida asociada al error relativo.

P<sup>1</sup>: Valor corregido con respecto al certificado de calibración del patrón.

Figura B.9. Plantilla pagina 2 informe de calibración.



ICE-LEE-C-

Pág. 3 de 3

### Condiciones ambientales de calibración

Temperatura ambiente: °C

Humedad relativa: %

### Notas:

- Los resultados de la calibración incluidos en el presente documento, se refieren solo al objeto bajo calibración.
- 2. La incertidumbre expandida se expresa de acuerdo a los lineamiento de ECA-MC-PO02 "Política de incertidumbre de las mediciones"
- Este informe de calibración no es válido sin las firmas y el sello del ICE-LEE. Prohibida su reproducción parcial.
- Los resultados de esta calibración, incluidos en las páginas adjuntas, se reportan a un nivel del confianza del 95,45 % y un factor de cobertura de k = 2
- Se identifica con (\*) un asterisco, la calibración acreditada bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025 (ver alcance en www.eca.or.cr) v con (\*\*) dos asteriscos la calibración NO acreditada

Figura B.10. Plantilla pagina 3 informe de calibración.

-----U.L.-----U.K.

## **B.2 Ley ARESEP**

## Ley 7593 con reformas 8660

## Artículo 23. Pruebas de exactitud y Confiabilidad.

Los instrumentos y sistemas de medición o conteo por medio de los cuales se brinde o suministre un servicio público sujeto a regulación, serán sometidos a las pruebas de exactitud y confiabilidad que la Autoridad Reguladora considere necesarias. Esta Autoridad establecerá los procedimientos mediante los cuales deberá realizar esta labor.

De oficio o a solicitud de parte, la Autoridad Reguladora intervendrá para garantizar el buen estado y la confiabilidad de los instrumentos y sistemas de medición y conteo que las entidades reguladas utilicen al prestar el servicio. [1] [2]

## Artículo 24.- Suministro de información.

A solicitud de la Autoridad Reguladora, las entidades reguladas suministrarán informes, reportes, datos, copias de archivos y cualquier otro medio electrónico o escrito donde se almacene información financiera, contable, económica, estadística y técnica relacionada con la prestación del servicio público que brindan. Para el cumplimiento exclusivo de sus funciones, la Autoridad Reguladora tendrá la potestad de inspeccionar y registrar los libros legales y contables, comprobantes, informes, equipos y las instalaciones de los prestadores. (Así reformado por el artículo 41 aparte a) de la Ley N° 8660 del 8 de agosto de 2008) [1] [2]

### **Reglamento Sectorial de Sectores Eléctricos**

**Artículo 37. Evaluación del servicio.** La Autoridad Reguladora podrá evaluar directamente la calidad de suministro eléctrico, aplicando para ello los principios que la rigen, a través de sus 10 funcionarios o por medio de terceras personas físicas o jurídicas, debidamente calificadas y contratadas para tal efecto, de conformidad con el procedimiento que corresponda aplicar, conforme lo establecido en la Ley de Contratación Administrativa y su Reglamento. [3]

**Artículo 38. Métodos de evaluación.** Para la evaluación del servicio, la Autoridad Reguladora podrá: a. Hacer uso o bien auditar, los mecanismos de autoevaluación propios de cada empresa, de conformidad con lo establecido en el artículo 11 del Reglamento a la Ley Nº 7593. b. Contemplar, en las normas técnicas y económicas, mecanismos o controles estandarizados, para todas las empresas, con fines de evaluación, fiscalización y auditoraje de la veracidad del cálculo de índices, resultados de mediciones, estudios, etc. [3]

## **CAPÍTULO VI**

### De la transferencia de información

**Artículo 39. Disponibilidad de información.** Las empresas están en la obligación de suministrar y tener a disposición de la Autoridad Reguladora, toda la información financiera, contable, técnica y económica relacionada con la prestación del servicio, que necesite para el ejercicio de sus facultades de regulación, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 24 de la Ley Nº 7593. Artículo 40. Mecanismos de transferencia de información. Para la remisión de información de las empresas hacia la Autoridad Reguladora, ésta establecerá en las normas técnicas y económicas, los tipos y mecanismos apropiados de transferencia de dicha información. [3]

## Normativa AR-NT-SUCAL

### Artículo 26. Características técnicas de los equipos de prueba

Los instrumentos para monitorear y registrar los parámetros eléctricos y las variaciones de tensión de corta duración en el suministro eléctrico, en el plazo de cuatro años a partir de la puesta en vigencia de esta norma, deberán cumplir con las condiciones establecidas en la norma IEC-61000- 4-30 "Técnicas de ensayo y de medida. Métodos de medida de la calidad de suministro", asimismo deben contar como mínimo, según corresponda al tipo de servicio y a los parámetros eléctricos a estudiar (ver tabla N° 8), con las siguientes características:

a. Lectura y registro de tensión y corriente en verdaderos valores eficaces (rms)

Rangos:

Frecuencia:  $60 \pm 3$  Hz

Tensión: según categoría del servicio a monitorear

Amperaje: según demanda del servicio a monitorear

Precisión: método de medida clase A, según norma IEC-61000-4-30.

**b.** Capacidad de registro de eventos:

Huecos de tensión (Sags)

Picos de tensión (Swells)

Sobre tensión

Baja tensión

Impulsos

c. Selección de magnitudes de umbral para la determinación de comienzo de eventos.

d. Intervalos de registro: Valores promedio para 10 minutos.

e. Registro de valores (rms) máximo, promedio y mínimo por intervalo.

f. Registro de fecha de eventos, hora de inicio y finalización, duración del evento.

g. Registro de armónicas: hasta la componente de orden 20.

Para estos equipos las empresas deberán de establecer un procedimiento de control, mantenimiento preventivo y de calibración conforme las recomendaciones del fabricante. [4]

### Artículo 33. Estudios de evaluación por parte de la Autoridad Reguladora

La Autoridad Reguladora efectuará, directamente por su cuenta o mediante contratación de terceros, estudios evaluativos de las condiciones de tensión brindada por las empresas distribuidoras en sus áreas de concesión. También, si lo considerase pertinente podrá coordinar con las empresas eléctricas el acceso a los datos e información, al equipo y el apoyo del personal técnico de las empresas reguladas, para efectos de la auditoría de los estudios de tensión efectuados por ellas. [4]

### Artículo 36. Registro de la calidad de tensión en redes a media tensión

Las empresas eléctricas deberán llevar un registro y control de la tensión en sus redes de distribución primaria (media tensión), el cual deberá comprender: la amplitud de la tensión nominal y la asimetría de las tensiones de fase. Para tal efecto, por cada alimentador se instalará equipo de medición y registro de la energía y potencia a nivel de subestación, el cual debe tener capacidad de registro de los parámetros de calidad. De igual forma se debe instalar al menos un equipo de medición adicional ubicado representativamente a lo largo del circuito. [4]