



# **TRABAJO DE DIPLOMA**

En opción al Título de Ingeniero en Automática

**Autor**

**Jones Wilson Cobas**

**Tutores**

**Julio Fong Barrio**

**Fredy Oliva Álvarez**

**Julio, 2023**



**UNIVERSIDAD  
DE ORIENTE**

**Facultad de Ingeniería Eléctrica**  
Departamento de Automática

# **TRABAJO DE DIPLOMA**

## **Título**

**Propuesta de método normalizado para la extensión del intervalo de calibración. Patrón multifuncional de energía eléctrica CLOU CL302.**

## **Autor**

**Jones Wilson Cobas**

## **Tutor (es)**

**MSc. Julio Fong Barrio**

**MSc. Fredy Oliva Álvarez**

**Julio, 2023**

Hago constar que el presente Trabajo de Diploma fue realizado en la Universidad de Oriente como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Automática, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución para los fines que estime convenientes, tanto de forma parcial como total, y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Nombre y firma del autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Nombre y firma del autor

---

Nombre y firma del Tutor

---

Fecha

---

Nombre y firma del Tutor

---

Fecha

---

Nombre y firma del Jefe de Carrera

---

Fecha

---

Nombre y firma del Jefe de Departamento

---

Fecha

## **Dedicatoria**

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia.

A mis padres **BERTHA MARÍA** y **CONRADO REINALDO** quienes me han apoyado en todo momento y durante toda mi vida. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades, a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia, mi empeño y la educación que me han brindado. Siempre motivándome a seguir adelante. Todo esto con una enorme dosis de amor incondicional.

A **YAILENA**, mi compañera, mi amiga, mi esposa; por no soltar mi mano en todo este camino. Por tu paciencia, por tu comprensión, por tu fuerza y tu amor. Ella me ayuda a alcanzar el equilibrio que me permite dar todo mi potencial.

También, quiero dedicarles este trabajo a mis hijos **DALILA**, **NICOLE** y **DIEGO**. Para que cada una de mis metas alcanzadas les quede como ejemplo. Sin dudas ellos son lo mejor que me ha pasado.

*Por último, dedico esta tesis a todas aquellas personas que dudaron y no creyeron en mí, aquellos que esperaban que fracasara en la culminación de mis estudios, aquellos que me subestimaron por no crearme capaz y a todos aquellos que pensaron que me rendiría en esta lucha.*

## **Agradecimientos**

Primeramente, a mi familia le agradezco la paciencia, el apoyo incondicional, y el amor que fue necesario para poder seguir en este largo camino.

Quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a **Fredy Oliva Álvarez**, mi tutor, colega, maestro y principal colaborador, quien con su dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo. Gracias.

A mis compañeros de Aula, porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta.

A todos mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis compañeros de trabajo que me apoyaron y alentaron durante estos años de estudio.

Y a todos los que de una forma u otra me ayudaron en este proceso de aprendizaje.

**A TODOS MUCHAS GRACIAS.**

## **Listado de símbolos, términos especiales y abreviaturas no normalizadas**

**ATI.** Empresa de Tecnologías de la Información y la Automática.

**A2LA.** Asociación Americana para la Acreditación de Laboratorio.

**AENOR.** Asociación Española de Normalización y Certificación; España.

**CEI.** Comisión Electrotécnica Internacional.

**CMR.** Capacidad de Medición Requerida.

**COFRAC.** Comité Francés de Acreditación; Francia.

**DAR.** Oficina Nacional de Acreditación; Alemania.

**EPE.** Empresa de Producciones Electromecánicas.

**ENAC.** Entidad Nacional de Acreditación; España.

**EMA.** Entidad Mexicana de Acreditación.

**IC.** Índice de Consistencia.

**ISO.** Organización Internacional de Normalización.

**IEC.** Comisión Electrotécnica Internacional.

**INIMET.** Instituto Nacional de Investigaciones Metroológicas.

**ILAC.** Cooperación Internacional para la Acreditación de laboratorios.

**IPQ.** Instituto Portugués de Calidad; Portugal.

**MINEM.** Ministerio de Energía y Minas.

**MCM.** Mejor Capacidad de Medición.

**ONARC.** Organismo Nacional de Acreditación.

**ONN.** Oficina Nacional de Normalización.

**OIML.** Organización Internacional de Metrología Legal.

**OTN.** Oficinas Territoriales de Normalización.

**SIGC.** Sistema Integrado de Gestión.

**SINAL.** Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios; Italia.

**UEB.** Unidad Empresarial de Base.

**UKAS.** Servicio nacional de Acreditación; Reino Unido.

**UNE.** Unión Eléctrica.

## Listado de imágenes

### Capítulo 1. Calidad y Metrología en el sector electro energético

Figura 1.1 Familia de Normas ISO 9000 .....	9
Figura 1.2 Organigrama del Laboratorio .....	16
Figura 1.3 Elementos que integran la Trazabilidad .....	18
Figura 1.4 Esquema de Jerarquía del Laboratorio de ATI.....	19
Figura 1.5 Esquemas de Conexión. Mediciones Eléctricas .....	20
Figura 1.6 Determinación de especificaciones de producto o servicio .....	22
Figura 1.7 Proceso de Reconocimiento valoración .....	24
Figura 1.8 Análisis de Intervalo de calibración (método carta de control) .....	26

### Capítulo 2. Análisis de Intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales

Figura 2.1 Proceso de Confirmación Metrológica en el Laboratorio de ATI .....	32
Figura 2.2 Capacidad de Medición Requerida .....	34
Figura 2.3 Evaluación de Consistencia Metrológica .....	36
Figura 2.4 Verificaciones Internas e Intermedias .....	38
Figura 2.5 Evaluación de Conformidad .....	38
Figura 2.6 Evaluación de Conformidad del Instrumento .....	39

## Listado de tablas

### Capítulo 1. Calidad y Metrología en el sector electro energético

Tabla 1.1 Intervalos de Calibración Iniciales .....	28
---	----

### Capítulo 2. Análisis de Intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales

Tabla 2.1 Valores para el factor de riesgo .....	35
Tabla 2.2 Evaluación de la Consistencia Metrológica .....	37
Tabla 2.3 Errores Determinados en % del Intervalo .....	41
Tabla 2.4 Desviación, Deriva, Tolerancia e Intervalos Calculados .....	42
Tabla 2.5 Alcance de la Acreditación .....	44
Tabla 2.6 Impacto Económico-financiero .....	46
Tabla 2.7 Método Escalera .....	48
Tabla 2.8 Criterio de Confirmación de Intervalo Z-score .....	49

## **Resumen**

En este trabajo se presenta el diseño para la operación eficiente en el Laboratorio de Calibración de ATI, con un método normalizado para la extensión del Intervalo de Calibración del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302.

Los factores que influyen en la frecuencia de calibración son: recomendaciones del fabricante, tendencias de datos (registros de calibraciones anteriores y servicio, tendencias al deterioro y a la deriva. Los dos criterios básicos y opuestos requeridos para balancear la decisión sobre los intervalos de re calibración son minimizar el riesgo de que un instrumento salga fuera de las tolerancias durante el uso y mantener minimizados los costos de calibración. Los métodos y técnicas utilizados son: mediciones, observación directa y consultas a documentos de la entidad. La investigación está basada en el método normalizado carta de control (tiempo calendario), y su validación por los métodos ajuste automático (escalera) y Z-score. Con el método carta de control se evaluaron los riesgos metrológicos, se eligieron los puntos de calibración significativos y se analizaron los resultados en función del tiempo. Se calculó la dispersión, las incertidumbres y la deriva. A partir de estos puede ser calculado el intervalo óptimo de calibración.

La novedad consiste en la aplicación práctica de un método de revisión de intervalo para este Patrón por primera vez en este laboratorio.

**Palabras claves:** Patrón, Calibración e Intervalos.

## **Abstract**

Design the efficient operation in the ATI Calibration Laboratory, proposing a Standardized Method for the extension of the Calibration Interval of the Multifunctional Electric Power Standard CLOU CL302

The factors that influence the calibration frequency are manufacturer recommendations, data trends (records of previous calibrations and service, deterioration and drifting trends). The two basic and opposite criteria required to balance the decision on recalibration intervals are to minimize the risk of an instrument going outside tolerances during use and to keep calibration costs minimized. The methods and techniques used are measurements, direct observation and consultations with documents of the entity. The research is based on the standardized methods of automatic adjustment; control letter; time in use; in-service check and statistical approximation, according to ISO 10012, D-10.

With the control chart method, metrological risks were evaluated, significant calibration points were chosen and the results were analyzed as a function of time. Dispersion, uncertainties and drift were calculated. From these the optimal interval can be calculated.

The novelty consists of the practical application of an interval revision method for this Pattern for the first time in this laboratory.

**Key words:** Pattern, Calibration and Intervals.

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos .....	5
Listado de símbolos, términos especiales y abreviaturas no normalizadas .....	I
Listado de imágenes .....	II
Capítulo 1. Calidad y Metrología en el sector electro energético .....	II
Capítulo 2. Análisis de Intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales .....	II
Listado de tablas .....	III
Capítulo 1. Calidad y Metrología en el sector electro energético .....	III
Capítulo 2. Análisis de Intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales .....	III
<i>Abstract</i> .....	V
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO 1. Calidad y Metrología en el sector electro energético .....	7
1.1 Certificación y Acreditación Internacional - Empresa ATI. Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad (SIGC). Requisitos.....	7
Certificación de un SIGC .....	7
Sistema de Acreditación.....	8
Requisitos del SIGC .....	9
ISO/IEC 17025 & ISO 10012 .....	9
¿Qué dicen los Rectores Nacionales e Internacionales? .....	10
1.2 Certificación del Sistema Integrado de Gestión de la Calidad. Manual del Sistema.....	11
1.2.1. Manual del Sistema Integrado de Gestión de la Calidad – Empresa ATI .....	11
1.2.2 Gestión del aseguramiento logístico y metrológico .....	12
1.2.3 Aproximación a los Propósitos de la investigación.....	13

1.3 Acreditación de la competencia técnica. ISO/IEC 17025. Manual del .....	14
1.4 Sistema de Gestión de las mediciones. Proceso de Confirmación Metrológica de Intervalo de calibración en el Laboratorio. ISO\IEC:10012 .....	16
1.4.1. Incertidumbre y Trazabilidad Metrológica.....	16
1.4.2 Métodos de análisis de intervalo de calibración .....	19
1.4.3. Proceso de confirmación metrológica. Intervalo de calibración del Patrón Multifuncional CLOU CL302. Mejora.....	21
Etapa 1. Calibración .....	24
Etapa 2. Verificación Metrológica .....	24
Etapa 3 Decisiones y acciones.....	25
CAPITULO 2. Análisis de Intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales .	29
2.1 Aplicación de los métodos de Análisis de Intervalo de Recalibración. Laboratorio de ATI .....	29
2.1.2 Métodos de Determinación de Intervalos de Calibración .....	29
2.2 intervalo de calibración. Patrón Multifuncional CLOU CL302 .....	30
2.2.1 Ejemplo de Aplicación del Método Carta de control “Tiempo Calendario. Proceso de confirmación metrológica .....	30
2.2.2 Etapa 1. Calibración.....	32
2.2.3 Etapa 2. Verificación Metrológica .....	33
a) Mejor Capacidad de Medición: Se calculó por medio de la ecuación (1)	33
b) Requerimientos de Medición (Incertidumbre Requerida): Esta dada por la ecuación (2) .....	34
c) Índice de consistencia del instrumento .....	35
Evaluación de Conformidad .....	36
Fase 2. Determinación, expresión y representación de los valores de los parámetros metrológicos: deriva, desviación, tolerancia, error máximo permitido. ....	39

2.2.4 Etapa 3. Decisiones y acciones (selección y ajuste de intervalos) .....	41
2.3 Validación del Método.....	46
2.3.1 Metodología. Método ajuste automático o de escalera: .....	46
2.3.2 Metodología. Método estadístico Z-score .....	48
CONCLUSIONES .....	49
RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFIA.....	51
ANEXOS.....	52
Anexo 1.1 Confirmación Metrológica. Beamex MC5 .....	52
Anexo 1.2 Política de la Empresa .....	54
Anexo 1.3 Esquema de Proceso .....	55
Anexo 2.1 CU01-47303-1-C (INIMET 2013) .....	56
Anexo 2.2 CU01-58812-1-C (INIMET 2016) .....	59
Anexo 2.3 LCP-ABR-023 (EPE 2021).....	62
Anexo 2.4 Registro/Informe de la Confirmación Metrológica .....	65
Anexo 2.5 Certificado de Acreditado del Laboratorio de ATI Santiago.....	66

## **INTRODUCCION**

LA ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) en todas las materias de normalización electrotécnica. Esta investigación se soporta en el estudio de los métodos de revisión de intervalos de calibración establecidos en la Normas Internacionales actualizadas y adoptadas por Cuba ej. NC-ISO/IEC 10012 Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición [1].

Un sistema eficaz de gestión de las mediciones asegura que el equipo y los procesos de medición sean adecuados para su uso previsto y es importante para alcanzar los objetivos de la calidad del producto/servicio y gestionar el riesgo de obtener resultados de medición incorrectos. El objetivo del sistema de gestión de las mediciones en el Laboratorio de Calibración de ATI es gestionar el riesgo de que los equipos y procesos de medición pudieran producir resultados incorrectos que afecten a la calidad del servicio

Los métodos utilizados para el sistema de gestión de las mediciones van desde la verificación del equipo básico hasta la aplicación de técnicas estadísticas en el control del proceso de medición (ej. D-10) Guía para la determinación de los intervalos de recalibración de los equipos de medición utilizados en laboratorios de calibración y/o ensayo [2].

Uno de los principios de gestión establecidos en la Norma Internacional ISO 9001 trata el enfoque basado en procesos[3]. Nuestro proceso de medición específico tiene como objetivo apoyar la calidad de los servicios brindados por esta organización.

En la ISO/IEC 10012, figura 1. Modelo de sistema de gestión de las mediciones se muestra la referencia para la aplicación de este modelo en la investigación.

En Cuba el decreto-ley No. 8/2020 (GOC-2020-613-O66) y el decreto 16/2020 (GOC-2020-614-O66) y su “Reglamento de Normalización, Metrología, Calidad y Acreditación”, tiene como objeto establecer las normas que regulan la organización y funcionamiento de sistemas efectivos de Normalización, Metrología, Certificación, Acreditación e Inspección Estatal de la Calidad; potenciar la Infraestructura Nacional de Calidad; elevar la disciplina tecnológica, la productividad, la competitividad, la cultura y la calidad de vida de la población, así como fortalecer el comercio y los servicios.

La alta dirección de ATI con la consulta y participación de su colectivo laboral, implementa y mejora continuamente su Sistema Integrado de Gestión, garantizando el cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios indicados anteriormente, o sea Competencia Técnica, Medio Ambiente, Calidad, Seguridad y Salud en el Trabajo, aplicables a sus servicios,

La Empresa dispone del “Procedimientos e Instrucciones Específicas” según se establece por la Norma NC-ISO 17025:2018 en aras de lograr y mantener su acreditación.

### **Antecedentes**

El equipo Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302. anterior a la investigación no evidencia trazabilidad metrológica vigente.

La imposibilidad de enviar a calibrar el Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302 a un laboratorio acreditado de un nivel jerárquico superior, en el contexto nacional o internacional.

Se evidencia la aplicación del Método ajuste automático o "escalera" (tiempo-calendario) de revisión de los intervalos de calibración en otro equipo Patrón para magnitudes no eléctricas BEAMEX.

No aplicación de los métodos normalizados (ajuste automático o "escalera"); carta de control (tiempo-calendario); tiempo "en uso"; chequeo en servicio o ensayo, “caja negra” y aproximación estadística, según Normas ISO:10012 y D-10[1], [2], en equipos Patrones para la calibración de equipos eléctricos.

No aplicación de los criterios básicos y opuestos requeridos para balancear la decisión sobre la extensión de los intervalos de calibración de Patrones.

Desconocimiento de las diferencias, similitudes y ventajas entre los métodos que pueden ser utilizados para la revisión de los intervalos de calibración.

Después de analizados los antecedentes se propone el Diseño Teórico y Metodológico de la Investigación:

### **Justificación de la investigación**

Si se garantiza la trazabilidad metrológica se minimiza los niveles de riesgos metrológicos conforme a las normas, el impacto repercutirá favorablemente en minimizar los altos costos anuales de calibración, además de contribuir a aumentar la calidad y la productividad del trabajo.

### **Problema de la investigación**

Necesidad de extender el intervalo de calibración para garantizar la trazabilidad metrológica del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302 del laboratorio de Calibración de ATI Santiago.

### **Objeto de la investigación**

Intervalo de Calibración del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302 del Laboratorio de Calibración de ATI Santiago.

### **Campo de acción**

Métodos normalizados para la revisión de los Intervalos de Calibración.

### **Objetivo general**

Proponer un Método normalizado para la extensión del Intervalo de Calibración del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302 del Laboratorio de Calibración de ATI Santiago.

### **Los objetivos específicos son:**

- Estudiar los fundamentos teóricos de evaluación de los métodos normalizados para la revisión de los Intervalos de Calibración de Patrones.
- Analizar las experiencias de la mejora por revisión de los Intervalos de Calibración del Patrón BEAMEX.
- Desarrollar un diagnóstico para conocer el Nivel real de riesgos metrológicos tolerables del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302.

- Proponer la mejora del “Proceso de Calibración de Instrumentos Eléctricos” validando el Nivel de riesgos metrológicos del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302.
- Mejorar la instrucción “Realización y Trazabilidad del Servicio”.

En correspondencia con lo anteriormente expuesto se formuló la siguiente **Hipótesis**: Si se logra la extensión del intervalo de calibración se garantizaría la trazabilidad metrológica del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302 y se mantendría la acreditación de la competencia técnica de esta magnitud en el Laboratorio de Calibración de ATI.

### **Metodología**

Se emplean métodos teóricos (análisis-síntesis) para profundizar en la información recopilada de la literatura especializada y exponer los fundamentos teóricos, histórico- lógico para abordar la evolución de los métodos de revisión de intervalos, inductivo- deductivo para la identificación de la problemática existente. En lo que respecta a los métodos empíricos se empleó el análisis documental. Entre las técnicas tenemos la observación directa, y diagrama de representación de procesos.

### **Aportes Esperados**

La investigación es conveniente porque permite evaluar los principales riesgos metrológicos (errores e incertidumbre de medición, deriva y la revisión del intervalo de calibración)

La relevancia social radica, en su dimensión interna y externa, contribuyendo a la mejora en la calidad de vida en el trabajo, al enriquecimiento del factor humano que es objeto y sujeto en este proceso, al brindarle seguridad y fiabilidad. Externamente se manifestará con los resultados de la investigación beneficiándose los clientes (nacionales e internacionales).

Las **implicaciones prácticas** radican en la posibilidad de implementar este análisis en la (UEB) “Empresa de Tecnologías de la Información Automática (ATI), y a su vez ser generalizado a otras organizaciones con características similares, de forma tal que se alcancen riesgos metrológicos tolerables asociados a la determinación de los métodos normalizados para la revisión de los intervalos de recalibración y otras

variables (errores, incertidumbre de medición y la deriva) del Patrón. Su valor teórico está dado por la posibilidad de construir un marco teórico referencial, derivado de la consulta de la literatura internacional y nacional más actualizada, sobre la necesidad de la implementación de un diagnóstico para la mejora del Servicio Metrológico de Calibración, elevando su nivel de competitividad empresarial.

Su **utilidad metodológica** se manifiesta a través del desarrollo de lo propuesto estructurado en un método general normalizado y validado con otros métodos que permite su aplicación a otros objetos de estudio de similares propósitos, brinda la posibilidad de diseñar e implementar de manera parcial este estudio a otros patrones de laboratorio.

La investigación es factible realizarla pues la “Empresa de Tecnologías de la Información Automática (ATI), posee todos los recursos humanos, materiales y financieros, y está sumergida en el Programa de Perfeccionamiento del Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Esto es una oportunidad para la mejora continua de los sistemas de medición conjuntamente con el proceso de implementación de la NC-ISO/IEC 17025:2018[4].

El informe está estructurado con una introducción, dos capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos como se muestra a continuación:

### **Capítulo I. Calidad y Metrología en el sector electro energético.**

Tiene como objetivo reflejar las bases teórico-conceptuales sobre la determinación del período máximo entre las calibraciones sucesivas del patrón, el equipamiento de medición y los factores que influyen en la frecuencia de calibración. Se visibiliza la importancia de ser tomados en consideración esos factores por el laboratorio y por la autoridad de acreditación para la operación eficiente del sistema de calibración. Esto permite realizar el análisis de la teoría existente tanto nacional como internacional y formular los criterios del autor para su aplicación en el Laboratorio de Calibración de ATI.

Está orientado a la realización de una breve caracterización de la empresa, así como la descripción y análisis del método a aplicar para la determinación del

intervalo de calibración del patrón multifuncional de energía eléctrica CLOU CL302, utilizado en el laboratorio de ATI.

Se presentan los métodos para la selección del intervalo de calibración y el reajuste de este intervalo y los métodos de revisión del intervalo. Se enfoca la ventaja y desventaja de los sistemas que tratan los instrumentos individualmente.

## **Capítulo II. Análisis de Intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales.**

Se presenta un diagnóstico realizado en el Laboratorio de Calibración de ATI sobre la situación existente respecto a los factores básicos que influyen en los Métodos de revisión de los intervalos de calibración. Se demuestran los dos criterios básicos y opuestos requeridos para balancear la decisión sobre los intervalos de calibración: minimizar el riesgo de que un medio de medición salga fuera de las tolerancias durante el uso y mantener a un mínimo los costos anuales de calibración. Se valida el método aplicado contrastándolo con otros.

Finalmente se confirma metrológicamente el intervalo óptimo y se diferencian estos métodos de acuerdo a si: los instrumentos salen de calibración por deriva en el tiempo o por su uso, los datos utilizables y de importancia se unen al historial de calibración de los Instrumentos.

La novedad de la investigación consiste en la aplicación práctica de un método de revisión de intervalo para el Patrón de Calibración Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302 por primera vez en Laboratorio de Calibración de ATI el cual puede ser generalizado a otros laboratorios.

Otra novedad consiste en la validación por contrastación con otros métodos (Z-score y escalera)[5], [6] obteniéndose resultados satisfactorios y análogos.

También se considera novedoso la mejora introducida al proceso de confirmación metrológica que establece la ISO/IEC 10012 Figura 2.1[1]. Se le adicionaron 3 fases (una a cada etapa) que indican la ejecución de la acción, además se hizo una analogía con el ciclo DEMING (PDCA) para la mejora y solución del problema.

Al terminar los capítulos se brindan las **conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos** que respaldan la investigación realizada.

## **CAPITULO 1. Calidad y Metrología en el sector electro energético**

### **MARCO TEORICO**

#### **1.1 Certificación y Acreditación Internacional - Empresa ATI. Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad (SIGC). Requisitos**

##### **Certificación de un SIGC**

La certificación de un SIGC de una empresa consiste en el reconocimiento formal por un Organismo de Certificación independiente y acreditado, que después de la realización de una auditoria, que el sistema de la organización cumple con las normas aplicables, ISO teniendo en consideración los tres sistemas (ejes) fundamentales del proceso, normalmente:

- Gestión de calidad (NC- ISO 9001)[3]
- Gestión Ambiental (NC- ISO 14001)[7]
- Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (OHSAS; NC- ISO 45001)[8]

La Organización Internacional de Normalización (ISO), concibe un modelo (reconocido internacionalmente) para el desarrollo de Sistemas de Calidad – el modelo ISO 9000

El modelo ISO 9000 es un conjunto genérico de normas, aplicables a todas las empresas e industrias, que permite organizar un sistema de calidad, definir estructura organizacional, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos para implementar la gestión de calidad.

Las normas ISO 9000 fueron desarrolladas como parte de un proceso de la Unión Europea para eliminar barreras comerciales y para armonizar las normas técnicas.

El modelo consiste en un conjunto o familia de normas con un propósito específico como se indica a continuación.

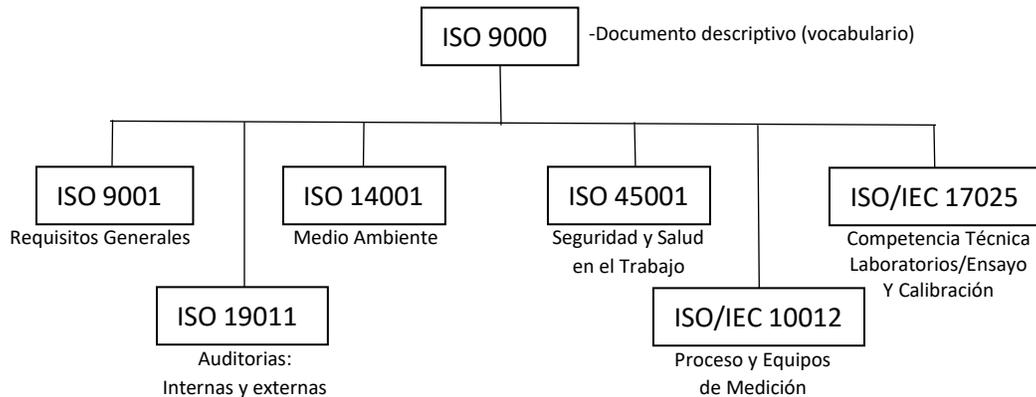


Figura 1.1 Familia de Normas ISO 9000

Fuente: **Propia del Autor**

### **Sistema de Acreditación**

La acreditación consiste en el reconocimiento de la competencia técnica de las entidades para efectuar determinadas actividades de evaluación de la conformidad, como son: calibraciones, ensayos, certificación e inspección.

Organismo Nacional de Acreditación (ONARC)

La función de Organismo Nacional de Acreditación es ejercida por el ONARC.

### **Certificación y Acreditación. Diferencias**

La acreditación se diferencia de la certificación por exigir además del sistema de gestión, también la competencia necesaria para garantizar confianza en los resultados y productos de las actividades acreditadas.

Para el caso de los laboratorios, para que estos sean acreditados tienen que cumplir todos los requisitos de la norma ISO/IEC 17025[4], además de otras especificaciones técnicas.

### **Organismos Internacionales de Acreditación**

IPQ: Instituto Portugués de Calidad; Portugal.

AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación; España

ENAC: Entidad Nacional de Acreditación; España

COFRAC: Comité Francés de Acreditación; Francia

DAR: Oficina Nacional de Acreditación; Alemania

SINAL: Sistema Nacional de Acreditación de Laboratorios; Italia

UKAS: Servicio nacional de Acreditación; Reino Unido

### **Requisitos del SIGC**

Los requisitos para alcanzar la certificación y/o acreditación de sistemas de gestión ISO, respecto al tratamiento de los sistemas o equipos de medición y modificar los intervalos de confirmación metrológica cuando la trazabilidad de las mediciones es un requisito, se resumen a continuación:

El punto 7.1.5.2 inciso a) de ISO:9001 expresa que cuando la trazabilidad de las mediciones es un requisito, o es considerada por la organización como parte esencial para proporcionar confianza en la validez de los resultados de la medición, el equipo de medición debe calibrarse o verificarse , o ambas, a intervalos especificados, o antes de su utilización, contra patrones de medición trazables a patrones de medición internacionales o nacionales; cuando no existan tales patrones, debe conservarse como información documentada la base utilizada para la calibración o la verificación[3].

El punto 8.5.1 de ISO:9001 expresa que la organización debe implementar la producción y provisión del servicio bajo condiciones controladas. Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable la disponibilidad y el uso de los recursos de seguimiento y medición adecuados[3].

La ISO:14001 y la ISO:45001 expresan que la organización debe establecer, implementar y mantener procesos para el seguimiento la medición el análisis y la evaluación del desempeño. La organización debe asegurarse de que el equipo de seguimiento y medición se calibra o se verifica según sea aplicable y se utiliza y se mantiene según sea apropiado[8].

### **ISO/IEC 17025 & ISO 10012**

ISO/IEC 17025 en el punto 6.4.5 menciona que los equipos para ensayo, calibración y muestreo, deben ser capaces de alcanzar la exactitud requerida y deben cumplir con las especificaciones pertinentes para los ensayos y/o calibraciones relacionadas. Los programas de calibración deben ser establecidos para las

magnitudes clave o valores de los instrumentos donde esas propiedades tengan un efecto significativo en los resultados. Además, en el punto 6.4.7 menciona que el laboratorio debe tener un programa establecido y un procedimiento para la calibración de su equipo[4].

ISO/IEC 10012 en el punto 6.3.1 establece que todo el equipo de medición necesario para satisfacer los requisitos metrológicos especificados debe estar disponible e identificado en el sistema de gestión de las mediciones. El equipo de medición debe tener un estado de calibración válido antes de ser confirmado. El equipo de medición debe ser utilizado en un ambiente controlado o suficientemente conocido para asegurar resultados de medición válidos. El equipo de medición utilizado para dar seguimiento y registrar las magnitudes de influencia debe estar incluido en el sistema de gestión de las mediciones. Expresa que los métodos utilizados para determinar o modificar los intervalos de confirmación metrológica deben ser descritos en procedimientos documentados. Los intervalos de confirmación metrológica deben revisarse y ajustarse cuando sea necesario para asegurar el cumplimiento continuo de los requisitos metrológicos especificados. Estos intervalos deben ser revisados y ajustados, cuando sea necesario, para asegurar la competencia con los requerimientos metrológicos especificados. Las entidades de acreditación pueden establecer requerimientos específicos adicionales como lo especifica el anexo B de ISO/IEC 17025 para establecer criterios o ampliar la interpretación de los intervalos de calibración[1], [4].

### **¿Qué dicen los Rectores Nacionales e Internacionales?**

**ONARC y ONN:** Órgano Nacional de Acreditación y Oficina Nacional de Normalización de la República de Cuba.

Estos Órganos establecen que los Usuarios de los Equipos y sistemas de medición son los encargados de establecer los Intervalos de Calibración según D-10 e ISO/IEC 10012[1], [2].

### **EMA: Entidad Mexicana de Acreditación**

La revisión sobre intervalos de calibración consiste en demostrar que contemplan la incertidumbre requerida, frecuencia de uso, manera de uso, y la estabilidad del equipo. No se exige un procedimiento documentado.

## **A2LA: Asociación Americana para la Acreditación de Laboratorio**

Los requerimientos del programa de calibración de la entidad de acreditación A2LA menciona un establecimiento formal de los intervalos de calibración. Los intervalos de calibración de cada instrumento de medición o patrón deben ser establecidos para controlar la probabilidad de mediciones estén fuera de tolerancia, al término del intervalo de calibración. El método usado para establecer y ajustar los intervalos debe ser documentado en base a la determinación del desempeño del patrón.

## **ILAC: Cooperación Internacional para la Acreditación de Laboratorios**

Menciona que las calibraciones deben ser repetidas a intervalos apropiados, la longitud de estos intervalos depende sobre el número de variables, (por ejemplo; incertidumbre requerida, frecuencia de uso, manera de uso, estabilidad del equipo) Partiendo de los criterios anteriores sobre acreditación y determinación de intervalos de calibración, en el trabajo se demuestra la aplicación de los mismos. Ej Anexo 1.1 Confirmación metrológica de Intervalo de calibración. Patrón Beamex MC5 (F. Oliva 2004).

Esta experiencia se tomó como referencia para aplicar el método ajuste automático o escalera como método de validación.

Para el diagnóstico se diseñó un plan basado en el método de solución de problemas Ciclo DEMING: (PDCA) esto se realizó en las diferentes etapas y fases que se aplican en el Capítulo 2.

## **1.2 Certificación del Sistema Integrado de Gestión de la Calidad. Manual del Sistema**

### **1.2.1. Manual del Sistema Integrado de Gestión de la Calidad – Empresa ATI**

Objetivo: establecer y describir el sistema integrado de gestión de la Calidad (en lo adelante SIGC) diseñado e implantado en ATI con enfoque a procesos.

La Empresa de Tecnología de la Información y Automática (ATI), perteneciente al MINEM tiene implementado un sistema integrado de gestión certificado para los servicios ingenieriles, con reconocimiento nacional e internacional por, ISO 9001, 14001,45001 y acreditada la competencia técnica del servicio de calibración por ISO/IEC17025 donde aplican la gestión integrada de calidad para todos los servicios.

ATI, subordinada a la unión eléctrica (en lo adelante UNE), fue creada mediante la resolución no. 113/2007 del ministerio de la industria básica a partir de la autorización del ministerio de economía y planificación

ATI es una empresa que aplica el sistema de dirección y gestión empresarial cubano del comité ejecutivo del consejo de ministros.

La Oficina Central de ATI tiene su domicilio legal en la Calle N # 266, Edificio ENE e/ 21 y 23, Vedado, Municipio Plaza de la Revolución, Provincia La Habana, autorizado por la Resolución No. 621/2010 del MINBAS; en esta sede se encuentran también:

**Se consideran como UEB externas a:**

ATI Miguel A. Calvo, ATI Villa Clara, Aplicaciones de Redes, ATI Camagüey y ATI Santiago, donde se desarrolló la investigación.

ATI tiene documentado su misión, visión, valores compartidos, áreas de resultados claves y los objetivos estratégicos.

ATI cuenta con una proyección estratégica que se documenta mediante los programas de desarrollo de las actividades de Automática, Informática y Comunicaciones;.

La gestión integrada de los procesos en ATI parte del Anexo 1.2 Política Empresa y su Esquema de Procesos (Anexo 1.3), con seis (6) procesos para la gestión de la organización y se ilustra la secuencia entre los mismos. Cada proceso tiene confeccionada su ficha de proceso: Ej. Y-P3. Realización del Servicio. Automática (Procedimientos del Servicio metrológico: Y-SG3.06; Y-SG3.35), Informática y Comunicaciones.

Para la integración de los sistemas se verifico la relación de cada requisito de la norma NC PAS 99 con los requisitos comunes de los sistemas de las normas NC ISO 9001, NC ISO 14001, NC 45001 , NC ISO/IEC 17025, NC ISO/IEC 10012 y NC ISO 50001.

**1.2.2 Gestión del aseguramiento logístico y metrológico**

La Gestión del aseguramiento logístico, metrológico y su control, se desarrolla según lo que establece el procedimiento Y-SG3.06 “Actividad metrológica. Equipos de seguimiento y medición”

El mantenimiento y reparación de equipos de medición se realiza según el procedimiento Y-SG3.35 “Servicios metrológicos y reparación de medios técnicos de automática”

Para la Gestión y la Planificación Económica está definido un sistema de indicadores para medir la eficiencia y eficacia del cumplimiento del plan anual.

### **1.2.3 Aproximación a los Propósitos de la investigación**

Algunos de los propósitos de la investigación relacionado con los de la empresa es contribuir al cumplimiento de uno de sus indicadores específicos y minimizar los costos del aseguramiento externo, como se expresa a continuación:

#### **Indicadores específicos:**

Cumplimiento del plan de disponibilidad de la automática (ej. Servicio de calibración de los laboratorios), de la generación distribuida, los sistemas de comunicaciones, el equipamiento informático y servicios de las redes informáticas propios de la UNE al sector electro energético.

#### **Costos del aseguramiento externo**

La empresa tiene implantado un sistema de costo, cuyo objetivo es facilitar la toma de decisiones, sobre aquellos costos que tienen mayor impacto económico, para minimizarlos.

Ej.-Costos del aseguramiento externo:

Certificación/Acreditación de competencia técnica laboratorios de calibración /ensayos

Auditorías externas o ensayos realizados por organizaciones externas

La empresa además está autorizada para los servicios de proyectos, servicios de proyección, ingeniería, investigaciones ingenieras aplicadas a la construcción y otros servicios técnicos, así como para los servicios de auditoría y consultoría”, donde ATI Santiago por su competencia demostrada juega gran papel a nivel nacional.

### **1.3 Acreditación de la competencia técnica. ISO/IEC 17025. Manual del Laboratorio**

El Laboratorio cumple con la Dimensión metrológica y de la Calidad establecida por la ISO\IEC 17025 como se resume en la información documentada (Manual del Sistema del Laboratorio)

#### **Manual del Sistema del Laboratorio. ATI Santiago**

Objetivo: Establecer los requisitos generales de gestión de la calidad y técnicos, para la competencia, la imparcialidad y las operaciones coherentes del laboratorio en la realización de los trabajos de calibración. Cubriendo las calibraciones cuando se utilicen métodos normalizados, métodos no normalizados y métodos desarrollados por el laboratorio previamente validados.

La UEB ATI Santiago, perteneciente a la Empresa de Tecnología de la Información y la Automática de la Unión Eléctrica del Ministerio de Energía y Minas, autorizada en el Registro Nacional de Constructores Proyectistas y Consultores con la Licencia No.346/11 y personalidad jurídica a operar en MN y MLC, se encuentra ubicada en calle San Antonio # 754 entre Calvario y Reloj, construcción civil de tres plantas. Su creación fue autorizada por la Resolución 164 del 2007 del ministro del Ministerio de Economía y Planificación y declara el objeto empresarial de la misma en la Resolución 118 del 2012 del ministro del propio Ministerio.

El Laboratorio se responsabiliza en realizar todas sus calibraciones cumpliendo con los requisitos de la NC-ISO/IEC:17025 y satisfaciendo las necesidades de los clientes, autoridades reglamentarias y órganos de acreditación.

El Sistema de Gestión cubre el trabajo realizado en las instalaciones permanentes del Laboratorio, in situ o en instalaciones temporales o móviles.

El nomenclador de Calibraciones, que incluye todas las nomenclaturas (acreditadas y no acreditadas), se refleja en el registro Y-SG3.3510 del procedimiento Y-SG3.35.

La UEB ATI Santiago, está conformada por la siguiente estructura: Ver Organigrama de la UEB y Organigrama del Laboratorio.

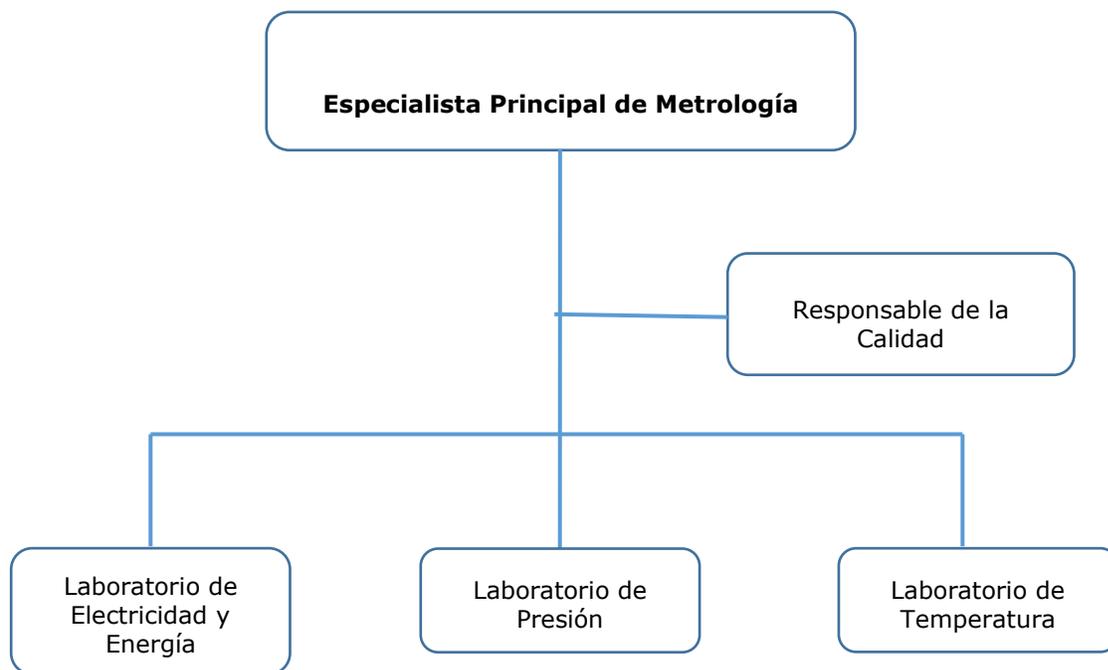


Figura 1.2 Organigrama del Laboratorio

Fuente: **Grupo Laboratorio. ATI Santiago 2008**

Según el Organigrama interno del laboratorio el alcance de la investigación se centra en el Laboratorio de Electricidad y Energía.

#### **Trazabilidad metrológica.**

El laboratorio cuenta con un programa de calibración de sus patrones, con laboratorios acreditados, esto se realiza según el Y-SG3.06 "Actividad metrológica. Equipos de seguimiento y medición"; en este mismo procedimiento se establecen los esquemas de jerarquía de cada magnitud, así como se regula la manipulación segura, el transporte, almacenamiento y uso de los patrones con el fin de prevenir el deterioro y preservar su integridad.

El laboratorio garantiza la trazabilidad de los instrumentos de medida sometidos a calibración en todas las magnitudes donde presta servicio.

## **1.4 Sistema de Gestión de las mediciones. Proceso de Confirmación Metrológica de Intervalo de calibración en el Laboratorio. ISO/IEC:10012**

### **Definiciones**

**Sistema de gestión de las mediciones** conjunto de elementos interrelacionados, o que interactúan, necesarios para lograr la confirmación metrológica y el control continuo de los procesos de medición[1].

**Proceso de medición** conjunto de operaciones para determinar el valor de una magnitud[1].

**Confirmación metrológica** conjunto de operaciones requeridas para asegurarse de que el equipo de medición es conforme a los requisitos correspondientes a su uso previsto[1].

**Característica metrológica** característica identificable que puede influir en los resultados de la medición[1].

### **1.4.1. Incertidumbre y Trazabilidad Metrológica**

#### **Definiciones**

##### **Incertidumbre**

Cota superior del valor de la corrección residual de la medida. El Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) define la incertidumbre de Medida como un parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente podrían ser atribuidos al mensurando. También puede expresarse como el valor de la semi-amplitud de un intervalo alrededor del valor resultante de la medida, que se entiende como el valor convencionalmente verdadero[9].

##### **Trazabilidad**

La trazabilidad es la capacidad de relacionar los resultados de una medición individual a patrones nacionales o internacionales mediante una cadena ininterrumpida de comparaciones, llamada cadena de trazabilidad (VIM 2012)[9]. Véase Figura 1.3 Elementos que integran la Trazabilidad.



Figura 1.3 Elementos que integran la Trazabilidad

Fuente: L&S Consultores. Nota Técnica. Trazabilidad de las Mediciones.

Partiendo de la definición anterior en el trabajo se evidencia la trazabilidad de las mediciones a patrones nacionales en los resultados expresados mediante los certificados de calibración emitidos por dos proveedores: El instituto Nacional de Investigaciones Metrológicas de la República de Cuba (INIMET) y La Empresa de Producciones Electromecánicas (Fábrica de Fusibles y Desconectivos de Villa Clara) (EPE).

El esquema de jerarquía del laboratorio establece los medios, métodos y exactitud de la transmisión de la unidad de medida (trazabilidad) desde los Patrones Nacionales hacia los instrumentos de menor exactitud y demuestra la cadena ininterrumpida de comparaciones. Véase Figura 1.4 Esquema de Jerarquía del Laboratorio de ATI. Mediciones eléctricas.

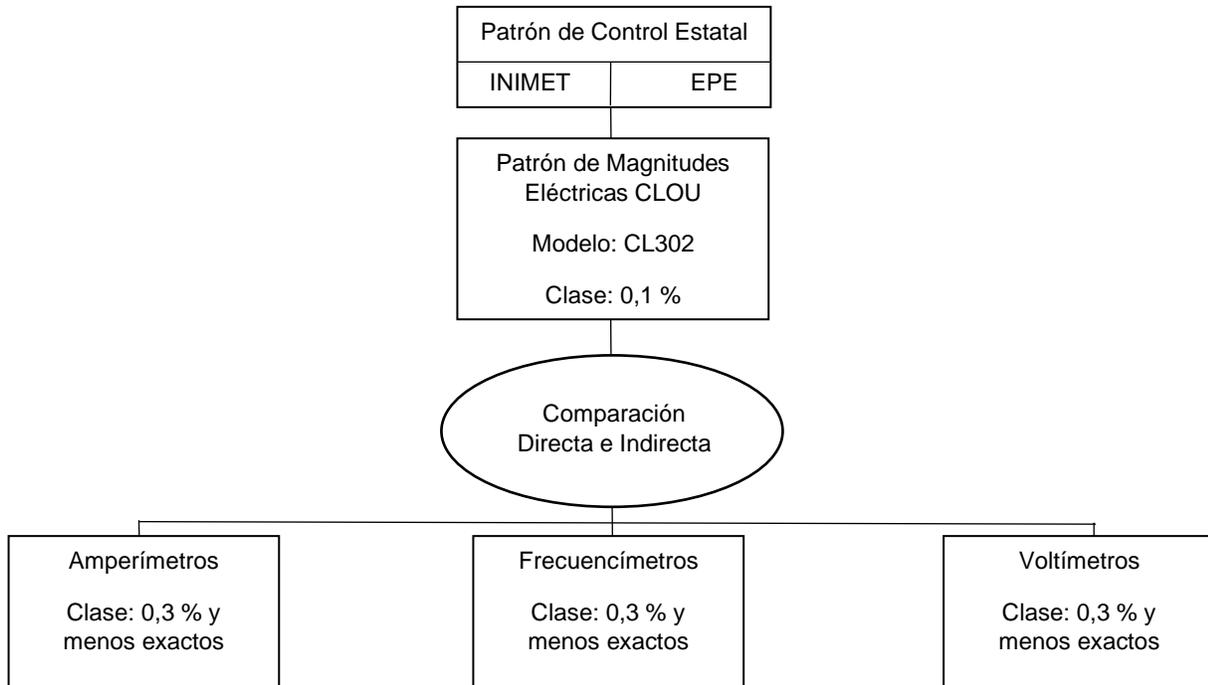


Figura 1.4 Esquema de Jerarquía del Laboratorio de ATI. Mediciones eléctricas.

Fuente: Propia del Autor

Otro elemento importante en esta cadena es el Esquema de conexión para la Calibración de Medios Eléctricos. Véase Figura 1.5 Esquemas de Conexión. Mediciones Eléctricas

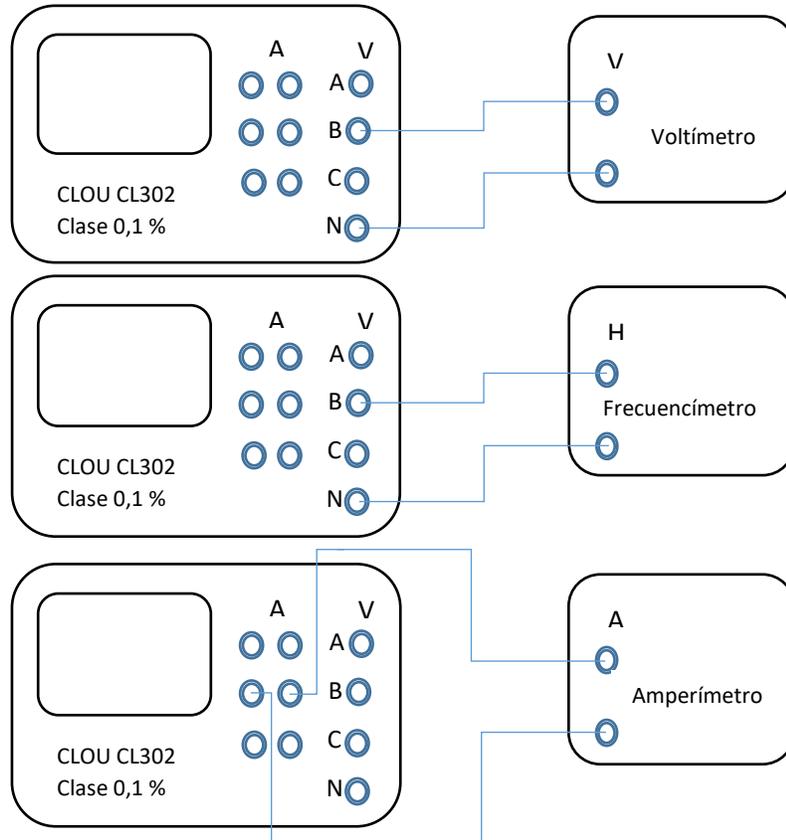


Figura 1.5 Esquemas de Conexión. Mediciones Eléctricas

Fuente: Propia del Autor

Estos dos Procesos: Esquema de Jerarquía y Calibración se tuvieron en cuenta como información de partida para el análisis y confirmación metrológica del intervalo de calibración del Patrón Multifuncional CLOU CL302.

#### 1.4.2 Métodos de análisis de intervalo de calibración

##### Definiciones

##### Tolerancia

Es el valor extremo del error, permitido por especificaciones, para un instrumento dado. En general la tolerancia se compara contra el error del instrumento durante la calibración y se ajusta cuando el error es mayor a la tolerancia del equipo (teniendo en cuenta la incertidumbre de la calibración).

Se debe usar una tolerancia del equipo tres veces menor que la tolerancia del proceso que se quiera medir, aunque en muchos casos esto no es posible (por ejemplo, en el caso de patrones primarios).

### **Error**

El error es la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia. El error o la corrección se obtienen de la diferencia entre el valor medido con el patrón y el valor medido por el instrumento a calibrar durante la calibración. Cuando se usa el equipo calibrado, el error debe ser restado a las mediciones y la corrección sumada a las mismas.

### **Error Máximo Permitido**

Valor extremo del error de medida, con respecto a un valor de referencia conocido, permitido por especificaciones o reglamentaciones para una medición, instrumento o sistema de medida dado.

### **Deriva**

La deriva es la variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida, o sea es como cambio la corrección del instrumento entre calibraciones o controles. Saber la deriva del instrumento es muy importante, un equipo con una deriva grande dará lugar a un equipo fuera de tolerancia y tener que realizar una acción correctiva.

### **Desviación**

Valor medido menos su valor de referencia. Es la relación entre el error de medida y un valor verdadero del mesurando.

### **Impacto del proceso de confirmación metrológica**

El impacto del proceso de confirmación metrológica sobre el producto o servicio es necesario visualizarlo mediante la relación de las especificaciones con capacidad de medición de los instrumentos que miden esa especificación. En la figura 1.6, se muestra gráficamente las componentes de la especificación de un producto, como son: a) la variabilidad del proceso o margen del producto, conocida mediante el control estadístico de proceso y que se convierte en los límites de control para aceptación y rechazo del producto durante el proceso, b) la capacidad de medición

de los instrumentos utilizados para la caracterización del producto durante el proceso, c) los efectos de las condiciones ambientales en el producto y la deriva que afecta tanto a la maquinaria como a los instrumentos de medición, d) la seguridad al cliente, que considera que incluso bajo la peor condición de almacenamiento o transportación prevista el instrumento cumple con las especificaciones. Esta metodología es utilizada en los procesos de manufactura y pruebas de tarjetas electrónica.

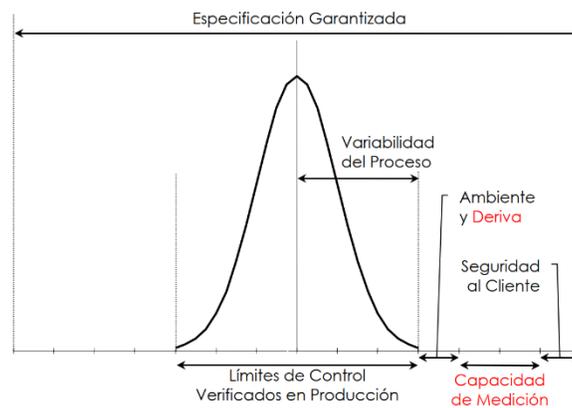


Figura 1.6 Determinación de especificaciones de producto o servicio.

Fuente: Guía Metas No. 3

### 1.4.3. Proceso de confirmación metrológica. Intervalo de calibración del Patrón Multifuncional CLOU CL302. Mejora

En el trabajo se demuestra el proceso de confirmación metrológica de un instrumento de medición, (**Patrón Multifuncional CLOU CL302**), el cual se entiende como el conjunto de operaciones necesarias para asegurar que este instrumento cumple con la capacidad de medición requerida por su aplicación. De esto se deben aclarar algunas preguntas: ¿cuáles son estas operaciones?, ¿cómo se relacionan?, ¿la sola calibración es suficiente?, ¿todos los instrumentos son sujetos a este proceso? ¿cuál es la capacidad de medición requerida por mi aplicación? En la investigación se proponen algunas respuestas considerando la aplicación de herramientas metrológicas dentro del marco de la norma ISO:10012 (2007) y lo aplicable a ISO:9001 (2018) e ISO:17025 (2017)[1], [3], [4].

Un enfoque importante dentro del control de la calidad es mantener el cuidado de los equipos con los cuales se realizan las mediciones, puesto que si estos se

encuentran funcionan de manera incorrecta se corren el riesgo de cometer errores a la hora de brindar el servicio.

Una forma de garantizar que esto ocurra es implementar un procedimiento de confirmación metrológica que le permita al laboratorio tener un estricto control de los equipos de medición que intervienen en este proceso.

### **Identificar las necesidades de calibración**

La confirmación metrológica, inicia mediante procesos de reconocimiento del producto (no del proceso), y valoración de los diferentes componentes que contribuyen en el cumplimiento de las especificaciones de este producto. En la Figura 1.7 se presenta un diagrama que muestra la relación entre el producto y sus especificaciones, las variables de control y variables de proceso con las cuales se da forma a esas especificaciones, los instrumentos de medición y prueba con los cuales se miden esas variables, los patrones con los cuales se calibran o verifican estos instrumentos y finalmente los laboratorios a través de los cuales se obtiene trazabilidad.

En la Figura 1.7 se presenta un diagrama que muestra la relación entre el proceso que da lugar a un producto o servicio, donde:  $P_j$  representa los diferentes productos o servicios de cierta organización.  $S_j$  representa las especificaciones de dicho producto o servicio, especificaciones que pueden ser establecidas o implícitas y al mismo tiempo rasgos que se monitorean o características que se miden.  $VPI$  representa la variable de proceso con la cual se da forma a cada especificación,  $VCK$  es la variable de control de calidad del producto, la cual no necesariamente es igual a la  $VPI$ .  $IM_n$  se refiere a los instrumentos de medición normalmente instalados en proceso.  $IP_m$  indica los instrumentos de prueba normalmente ubicados en el laboratorio de control de calidad.  $PVC_p$  se refiere a los patrones de verificación o calibración internos a la organización.  $LCP_q$  indica los laboratorios de calibración y prueba a través de los cuales se obtiene trazabilidad para el aseguramiento de las mediciones.

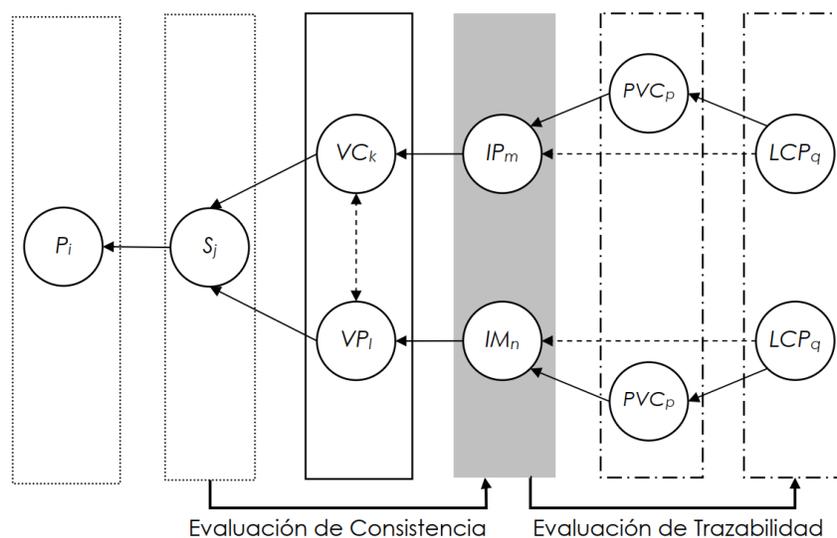


Figura 1.7 Proceso de Reconocimiento valoración

Fuente: Guía Metas No. 3

Los instrumentos de medición e instrumentos de prueba, así como los patrones de verificación y calibración que se encuentran en el desarrollo de este diagrama de reconocimiento y valoración, son aquellos que deben estar sujetos al proceso de confirmación metrológica.

### Propuesta de mejora del proceso de confirmación metrológica. Ciclo DEMING (PDCA)

El proceso de confirmación metrológica se desarrolla de acuerdo con ISO 10012 (2017) en tres etapas[1]. Para la mejora de la investigación se anexaron 3 fases, y se resume de la siguiente forma:

#### Planificación

**Eta**pa 1. Calibración. **Fase 1.** Realización del Análisis de las mediciones (Certificados de Calibración).

#### Ejecución

**Eta**pa 2. Verificación Metrológica. **Fase 2.** Determinación, expresión y representación de los valores de los parámetros metrológicos. Deriva, desviación, tolerancia, error máximo permitido.

## **Control y Ajuste**

**Etapas 3** Decisiones y acciones. **Fase 3.** Evaluación del desempeño: Impacto. Informe de confirmación metrológica de Intervalo. Ajuste (estandarización).

### **Etapas 1. Calibración**

La calibración es el procedimiento metrológico por medio del cual se compara un equipo de medición con un patrón de referencia determinando con suficiente exactitud el valor que posee dicho equipo.

Este proceso es realizado por los laboratorios de calibración quienes entregan un certificado de calibración donde reportan los errores o correcciones y la incertidumbre de medición del equipo.

En la investigación son los reportes de calibración Anexo 2.1 CU01-47303-1-C (INIMET 2013), Anexo 2.2 CU01-58812-1-C (INIMET 2016) y Anexo 2.3 LCP-ABR-023 (EPE 2021) emitidos por los proveedores nacionales, donde se documentaron las características metrológicas del instrumento.

Otras actividades de esta etapa: Identificar las necesidades de confirmación metrológica; apoyándose con la metodología para determinar especificación garantizada del producto y los diagramas de reconocimiento y valoración del producto con los cuales se determina que instrumentos y patrones deben sujetarse al proceso de confirmación metrológica, continuar con el proceso de calibración y evaluación de trazabilidad.

### **Etapas 2. Verificación Metrológica**

La Verificación Metrológica es el procedimiento mediante el cual se interpretan los resultados obtenidos en el certificado de calibración para determinar si el equipo cumple o no cumple con los requisitos para los cuales el laboratorio de ATI los tiene destinados.

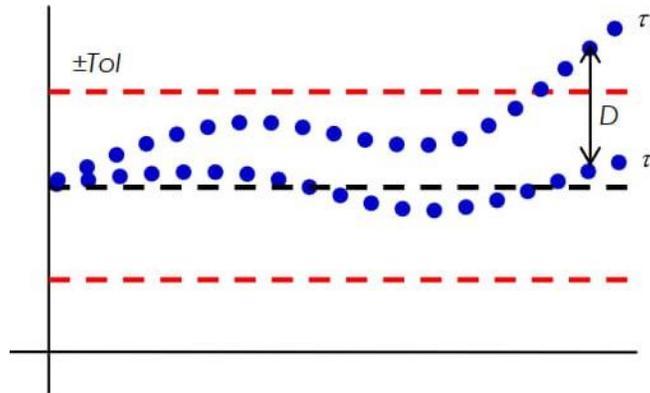


Figura 1.8 Análisis de Intervalo de calibración (método carta de control)

Fuente: Guía Metas No. 3

Las calibraciones frecuentes dan mayor confianza respecto al comportamiento del instrumento, pero también implican mayor costo debido a la calibración y al tiempo fuera de operación del instrumento, los criterios para cuidar el compromiso entre mantener al mínimo tanto el riesgo de que las mediciones sean erróneas como el costo de la confirmación metrológica.

Existen diferentes técnicas para analizar el intervalo de calibración, desde los más básicos mediante evaluación de consistencia gráfica Ej. Figura 2.1 Análisis de Intervalo de calibración (método carta de control), hasta los más complejos mediante técnicas de regresión lineal y aproximación estadística. Los documentos más referenciados al respecto son OIML D 10 (2017) [2] y NCSL RP-1 (1996).

### **Etapa 3 Decisiones y acciones**

La **Etapa 3** llamada decisiones y acciones (proceso de confirmación metrológica), decisiones que es necesario realizar cuando el instrumento no cumple o cumple con los requisitos de la aplicación a la cual es destinado.

Decisiones y Acciones: Las decisiones y acciones son todas aquellas actividades que se deben realizar una vez se conoce el resultado de la evaluación de conformidad del equipo de medición.

Cuando dicho equipo no se encuentra conforme con las especificaciones establecidas, es necesario actuar sobre sus características por medio de los procedimientos de ajuste, reparación o mantenimiento.

**Ajuste:** Es la operación de ubicar el equipo dentro de un estado de funcionamiento adecuado para su uso.

**Reparación:** Es la acción tomada sobre un equipo de medida para llevarlo a la condición de aceptable para su utilización prevista.

**Mantenimiento:** Es el conjunto de operaciones que le permiten al equipo encontrarse en perfectas condiciones de uso. Este mantenimiento puede ser preventivo o correctivo.

Cuando el equipo de medición se encuentra conforme con los requerimientos establecidos para su uso, las acciones que se deben realizar son las siguientes:

**Cálculo del Intervalo de Calibración:** El cálculo del intervalo de calibración es una tarea por medio de la cual se determina el tiempo que debe transcurrir entre una calibración y otra para cada uno de los equipos con el fin de minimizar al máximo el riesgo de que el equipo se encuentre por fuera de tolerancia y los costos anuales generados por el proceso de calibración.

De acuerdo con el documento de la Organización de Metrología Legal, para calcular este intervalo de calibración se debe hacer lo siguiente:

**Selección del intervalo de calibración inicial:** Esta selección está basada en la intuición “ingenieril” de una persona que cuente con la experiencia necesaria con respecto a las mediciones, a los equipos que se van a calibrar y a los intervalos de calibración iniciales de equipos similares dentro de otras organizaciones.

Los factores que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar este intervalo son:

- Las recomendaciones dadas por el fabricante del equipo.
- El alcance y la severidad del uso del equipo.
- Las condiciones ambientales a las cuales es sometido el equipo, estas mediciones pueden ser: la temperatura, la humedad, las vibraciones, entre otras.
- La exactitud de medición con la que se requiere que trabaje el equipo.

### **Ejemplos de intervalos de calibración iniciales**

No es fácil elaborar una lista de intervalos de calibración que pudieran ser utilizados universalmente. En la tabla 1.1 Intervalos de Calibración Iniciales se muestra una recopilación de intervalos de calibración mencionados en varias referencias técnicas.

Tabla 1.1 Intervalos de Calibración Iniciales

<b>Instrumento</b>	<b>Intervalo de Calibración en Meses</b>	<b>Fuente</b>
Multímetro Calibrador Eléctrico	12	NordTest
Patrón Multifuncional CLOU CL 302	12	ATI
Termistor Patrón	12	Labs

Fuente: Propia del Autor

Los valores dados pueden servir como una guía para determinar el intervalo de calibración inicial ó recalibración, pero debe ser tomado con cuidado, tomando en cuenta los factores de influencia mencionados anteriormente, los cuales pueden causar que los valores cambien ampliamente.

Subsecuentemente los intervalos de calibración deben ser recortados, como sea requerido para asegurar la exactitud, o deben ser extendidos solamente cuando los resultados de calibraciones previas indican que, tal acción, no afectará la exactitud del sistema.

### **Intervalos de calibración regulados legalmente**

Solo algunos instrumentos deben verificarse o calibrarse en intervalos preestablecidos por regulaciones legales. En Cuba es la Oficina Nacional de Normalización (ONN), quien a través de las Oficinas Territoriales de Normalización (OTN), establece estos intervalos de recalibración. Los instrumentos que se encuentran bajo esta regulación son: instrumentos para pesar de bajo, mediano y alto alcance de medición, sistemas para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos, medidores para gas natural o L.P, relojes registradores de tiempo y taxímetros electrónicos.

### **Ajuste del intervalo de calibración**

Conociendo el intervalo de calibración inicial del equipo, se hace un ajuste de este intervalo con el fin de poder ampliarlo y con esto minimizar los costos que genera el proceso de la calibración sin correr con el riesgo de que el equipo se salga de sus especificaciones.

Se concluye que los factores que se deben tener en cuenta cuando se realiza el ajuste de los intervalos de calibración son:

- El tipo de equipo.
- Las tendencias de los resultados obtenidos de calibraciones anteriores.
- Los registros históricos de mantenimiento y servicio.
- Las tendencias al deterioro y la deriva.
- La frecuencia de revisión contra otro equipo de medida.
- La frecuencia y calidad de los controles internos de calibración.

Estos se demuestran en el capítulo siguiente.

## **CAPITULO 2. Análisis de Intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales**

### **2.1 Aplicación de los métodos de Análisis de Intervalo de Recalibración. Laboratorio de ATI**

Un buen proceso de confirmación metrológica no se culmina hasta determinar cuándo realizarlo nuevamente, lo cual depende de la estabilidad, deriva y capacidad de medición requerida del instrumento, dadas sus características metrológicas y su aplicación.

#### **2.1.2 Métodos de Determinación de Intervalos de Calibración**

El documento de la Organización Internacional de Metrología Legal OIML D 10 2007, menciona que al determinar el intervalo de recalibración debe tenerse en cuenta el compromiso entre dos factores: debe mantenerse al mínimo el riesgo de estar fuera de los límites de tolerancia, lo cual puede preverse con calibraciones frecuentes y el costo anual por concepto de servicios de calibración debe mantenerse al mínimo[2].

#### **OIML D 10. Métodos recomendados[2]**

OIML D 10 recomienda los siguientes métodos, con técnicas gráficas y estadísticas, que hacen uso de los resultados de calibraciones previas para estimar las tendencias de los instrumentos de medición y así determinar los intervalos de calibración.

##### **1. Ajuste automático o en “escalera” (tiempo calendario)**

Cada vez que un instrumento es calibrado, el intervalo de calibración es extendido si el instrumento está dentro de tolerancia, o reducido si el instrumento está fuera de tolerancia. De esta manera se produce un ajuste rápido de los intervalos de calibración sin esfuerzo administrativo.

##### **2. Carta de control (tiempo calendario)**

Puntos significativos de calibración son escogidos y los resultados son graficados con respecto al tiempo. En estas gráficas se calcula la deriva, estabilidad y el intervalo de calibración adecuado.

### **3. Tiempo en “uso”**

Este es una variación de los métodos anteriormente mencionados. El método básico se mantiene sin cambios, pero el intervalo de calibración es expresado en horas en uso.

### **4. Verificación en servicio o prueba de “caja negra”**

Parámetros críticos de instrumentos complejos son verificados frecuentemente contra un patrón de verificación portátil ó “caja negra”. Si el instrumento es encontrado fuera de tolerancia, entonces se realiza una calibración completa.

### **5. Aproximación estadística**

Cuando un número grande (grupo) de instrumentos idénticos son calibrados, el intervalo de calibración puede ser determinado con métodos estadísticos.

### **6. Método de regresión**

Se modela la deriva y estabilidad de la medición de un instrumento de medición en los puntos críticos de control mediante una regresión lineal que se estima por mínimos cuadrados, lo cual permite predecir el intervalo de calibración del instrumento de medición.

### **7. Métodos de RP-1 del NCSL**

La práctica recomendada RP-1 describe varios métodos de ingeniería, algorítmicos y estadísticos para el análisis de intervalos de calibración[10].

#### **2.2 intervalo de calibración. Patrón Multifuncional CLOU CL302**

Se determina el intervalo de calibración de un Patrón Multifuncional Eléctrico con alcance de medición de: 840 V, 30 A, 65 Hz por el método “tiempo calendario” y contrastado (validación) con los métodos “Ajuste Automático o en escalera descrito en la recomendación de OIML D 10 y con el método estadístico Z-score descrito en la ISO/IEC:17043[2], [5]

#### **2.2.1 Ejemplo de Aplicación del Método Carta de control “Tiempo Calendario. Proceso de confirmación metrológica**

##### **Aplicación del método de mejora**

El proceso de confirmación metrológica se desarrolla de acuerdo con ISO:10012 [1] en tres etapas.

Todos los instrumentos de medición necesitan ser calibrados al menos una vez dentro de su periodo de vida útil, y solo aquellos que afectan la calidad del producto/servicio deberán ser sujetos al proceso de confirmación metrológica como se indica en la figura 2.1

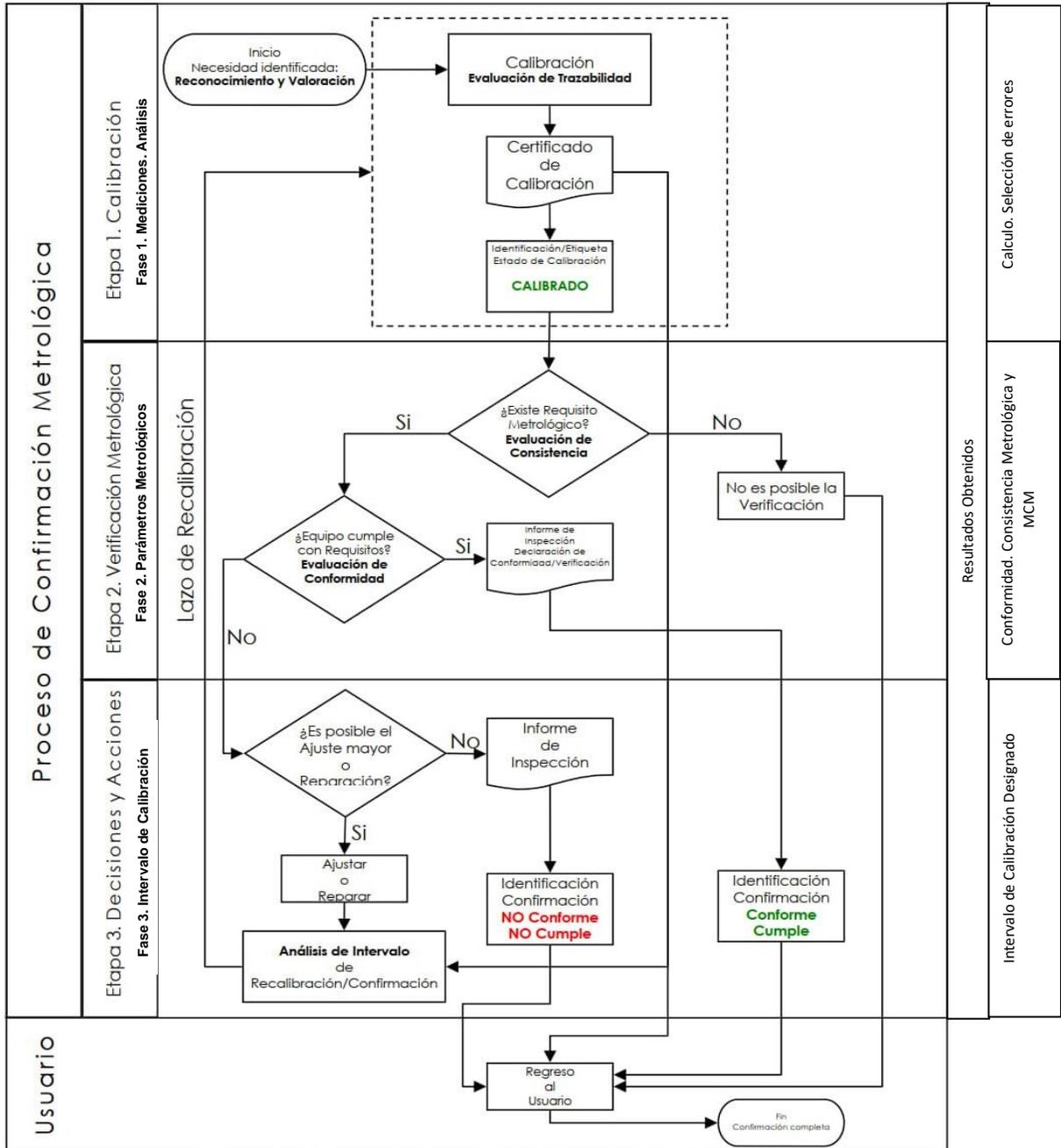


Figura 2.1 Proceso de Confirmación Metrológica en el Laboratorio de ATI.

Fuente: ISO/IEC:10012. Modificada por el autor.

### **2.2.2 Etapa 1. Calibración**

**Fase 1.** Realización del Análisis de las mediciones (Certificados de Calibración).

Objeto: Este proceso se fundamenta en que de cada calibración (Certificados de Calibración) se seleccionan los mismos puntos de medición y los resultados se analizan a lo largo del tiempo. A partir de este análisis se calculan la desviación y la deriva.

#### **Análisis Realizado. Resumen**

Características del Instrumento:

Maleta de Calibración Patrón Multifuncional Marca CLOU modelo CL302 clase 0,1 %, Rango máximo en tensión y corriente 840 V y 30 A.

Condiciones Ambientales (Magnitudes Influyentes): Temperatura mínima 21,5 °C, temperatura máxima 24.1 °C y Humedad Relativa mínima 38 %, Humedad Relativa máxima 65 %.

Reporte del Resultado de las mediciones (Certificados): Los errores y las incertidumbres expandidas son dadas por cada magnitud, rango y puntos seleccionados.

Métodos de Medición: Las calibraciones se realizaron utilizando el método de comparación directa.

Considerar los puntos para los cuales realmente se emplea el equipo de medición.

Selección de los tres últimos certificados de calibración emitidos por laboratorios acreditados de dos proveedores nacionales.

Análisis de las indicaciones de las mediciones realizadas, y se determinación del error en cada punto coincidente.

Realización de las conversiones correspondientes.

Selección de los puntos coincidentes en todos los certificados, e incluye el punto donde se ha encontrado la mayor desviación entre los errores de las calibraciones, y el punto donde se ha encontrado el mayor error en la última calibración.

Se cuenta con el historial del equipo de medición y por eso se puede utilizar el método gráfico de control (tiempo- calendario).

Durante el proceso de contrastación se utiliza el método escalera tomando como referencia el último certificado de calibración

### 2.2.3 Etapa 2. Verificación Metrológica

**Fase 2** Determinación, expresión y representación de los valores de los parámetros metrológicos. Mejor Capacidad de Medición, Capacidad de medición requerida Índice de Consistencia, Deriva, desviación, tolerancia, error máximo permitido e intervalo de calibración.

Las actividades ejecutadas son:

**1. Evaluación de consistencia.** Esta evaluación se realizó calculando los siguientes parámetros

**a) Mejor Capacidad de Medición:** Se calculó por medio de la ecuación (1)

$$MCM = U_{actual} \quad (1)$$

Donde  $U_{actual}$  es la incertidumbre expandida de calibración dada por los proveedores nacionales. Véase Certificados de Calibración Anexos 2.1 CU01-47303-1-C (INIMET 2013), Anexo 2.2 CU01-58812-1-C (INIMET 2016) y Anexo 2.3 LCP-ABR-023 (EPE 2021).

Determinar la capacidad de medición requerida

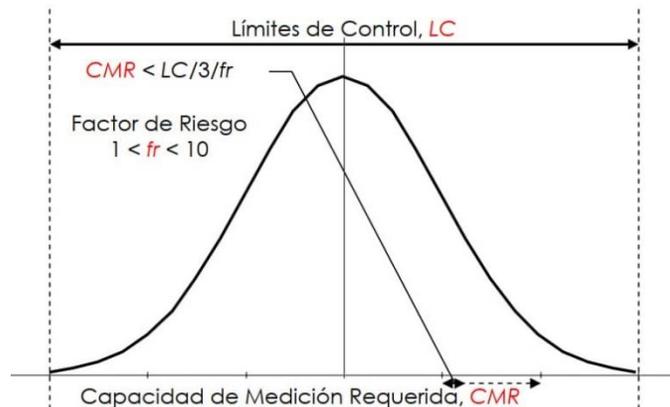


Figura 2.2 Capacidad de Medición Requerida

Fuente: Guía Metas No. 3

Un método para determinar la capacidad de medición requerida (CMR) a partir de los requisitos del control estadístico, se muestra en la figura 2.2

**b) Requerimientos de Medición (Incertidumbre Requerida): Esta dada por la ecuación (2)**

$$U_{requerida} = \frac{1 \pm LC}{3 f_r} \quad (2)$$

Dónde: LC, límites de control utilizados en el control metrológico del instrumento con respecto a las variables del proceso, Fr factor de riesgo para ponderar el grado de atención en cuanto al control metrológico del instrumento con respecto a las variables del proceso. En la tabla 2.1 **Valores para el factor de riesgo** se indican algunos valores utilizados.

Tabla 2.1 Valores para el factor de riesgo

Riesgo	fr
Pone en peligro la vida	10
Pone en peligro la salud Viola disposiciones legales Causa pérdidas a los clientes	8
Causas perdidas mayores Causa reclamaciones serias de clientes	6
Causa pérdidas moderadas Causa reclamaciones de clientes	4
Causa pérdidas leves	2

Fuente: Guía Metas No. 10

Índice de Consistencia (Evaluación de consistencia metrológica) Conocida la capacidad de medición requerida, se compara contra la capacidad de medición actual, el objetivo es que la MCM sea similar o del mismo orden que la CMR. Ver Figura 2.3 Evaluación de Consistencia Metrológica

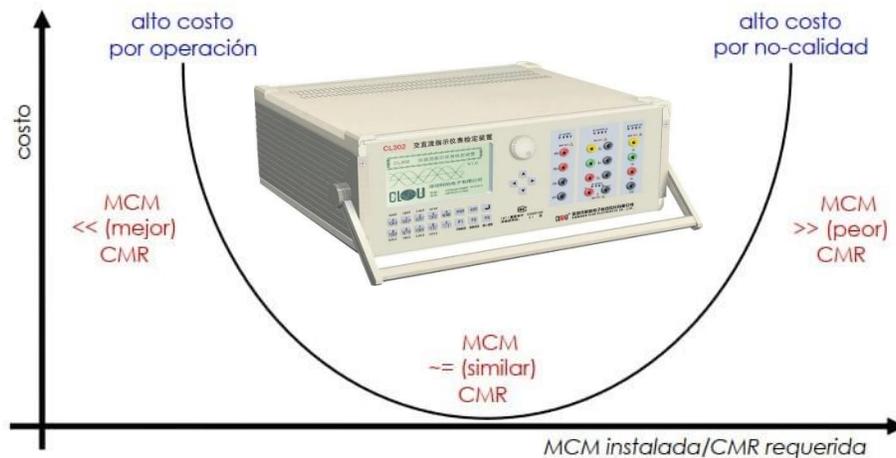


Figura 2.3 Evaluación de Consistencia Metrológica

Fuente: Propia del Autor

La evaluación de consistencia metrológica permite optimizar el uso de los recursos metrológicos de la organización, evita ir por la pauta segura de instalar instrumentación y patrones mejores (finos) a los requeridos por el proceso, lo cual implica altos costos por operación del sistema de confirmación metrológica, mientras que en el caso contrario de contar con instrumentación burda, impacta en altos costos por no calidad del producto reflejado en rechazos del producto por reclamo o reproceso.

### c) Índice de consistencia del instrumento

Se calcula mediante la ecuación (3)

$$IC = \frac{U_{actual}}{U_{requerida}} \quad (3)$$

Calculado el índice de consistencia, se puede determinar el estado del instrumento aplicando los siguientes criterios de conformidad:

- Si  $IC > 1$ , el instrumento de medición no se encuentra diseñado para el propósito del proceso y con esto los costos se incrementan al no haber calidad en el producto.
- Si  $IC \approx 1$ , el instrumento es adecuado para el propósito del proceso.

- Si  $IC < 1$ , significa que el diseño del instrumento es mucho mejor al requerido por el proceso y por esto implica costos muy elevados para poder operarlo y mantenerlo. Véase tabla 2.2.

Tabla 2.2 Evaluación de la Consistencia Metrológica

Tensión						
Trazo	Capacidad de Medición (CM)	Límite de Control (LC)	Factor de Riesgo (fr)	Requerimiento de Medición (RM)	Índice de Consistencia (IC)	Conformidad
120	0,0075	0,1200	10,0000	0,3453	0,02	Conforme
240	0,0138	0,2400	10,0000	0,3573	0,04	Conforme
Corriente						
Trazo	Capacidad de Medición (CM)	Límite de Control (LC)	Factor de Riesgo (fr)	Requerimiento de Medición (RM)	Índice de Consistencia (IC)	Conformidad
1	0,0003	0,0010	10,0000	0,3334	0,00	Conforme
5	0,0020	0,0050	10,0000	0,3338	0,01	Conforme
10	0,0034	0,0100	10,0000	0,3343	0,01	Conforme
Frecuencia						
Trazo	Capacidad de Medición (CM)	Límite de Control (LC)	Factor de Riesgo (fr)	Requerimiento de Medición (RM)	Índice de Consistencia (IC)	Conformidad
55	0,0013	0,0550	10,0000	0,3388	0,00	Conforme
60	0,0006	0,0600	10,0000	0,3393	0,00	Conforme
65	0,0006	0,0650	10,0000	0,3398	0,00	Conforme

Fuente: Propia del Autor

### Evaluación de Conformidad

La evaluación de la conformidad determina si un instrumento se encuentra conforme o no a los requisitos requerimientos de medición) establecidos por la evaluación de consistencia utilizando los datos (error e incertidumbre) proporcionado por el certificado de calibración.

### Evaluar la conformidad del instrumento de medición

Una de las funciones realizadas es la verificación metrológica, la cual implica declarar si el instrumento es conforme o no conforme para su aplicación. Esta verificación puede ser desde: a) solamente documental, mediante la revisión de los resultados reportados en el certificado de calibración, contra la tolerancia asignada al instrumento (esto fue lo realizado), hasta b) la realización de verificaciones

intermedias, contra patrones de verificación para constatar que el instrumento se mantiene dentro de la tolerancia asignada entre una calibración y otra, ver figura 2.4 Verificaciones Internas e Intermedias.

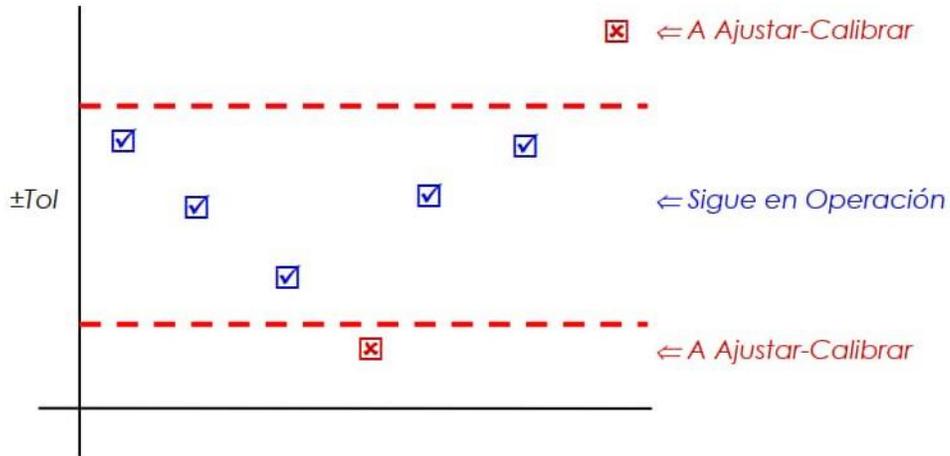


Figura 2.4 Verificaciones Internas e Intermedias

Fuente: Guía Metas No. 3

La evaluación de conformidad debe considerar en todo momento la incertidumbre (expandida) de medición, tal como lo requiere ISO 17025, Ver Figura 2.5 Evaluación de Conformidad

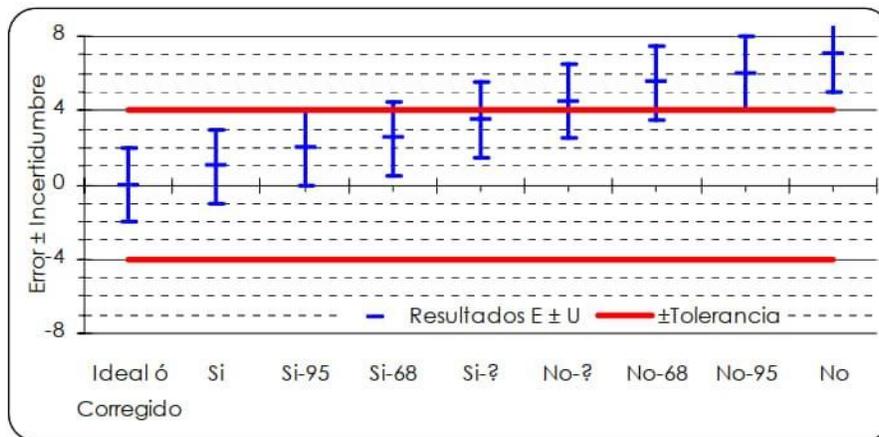


Figura 2.5 Evaluación de Conformidad

Fuente: Guía Metas No. 3

En la Figura 2.5 se muestran las variables que se consideraron cuando se realizó una evaluación de conformidad del instrumento.

La tolerancia que se muestra en la Figura 2.5 Evaluación de Conformidad está dada por el requerimiento de medición calculado para la evaluación de consistencia  $U_{requerida}$ . Cuando este requerimiento no se ha calculado, la tolerancia puede tomarse, aunque no es suficiente, como la especificación de exactitud del instrumento dada por el fabricante.

El resultado de esta evaluación se muestra en la Figura 2.6 Evaluación de Conformidad del instrumento (Tensión, Corriente y Frecuencia). Los valores se muestran en la Tabla 2.4 Desviación, Deriva, Tolerancia e Intervalos Calculados. Magnitudes (Tensión, Corriente y Frecuencia)

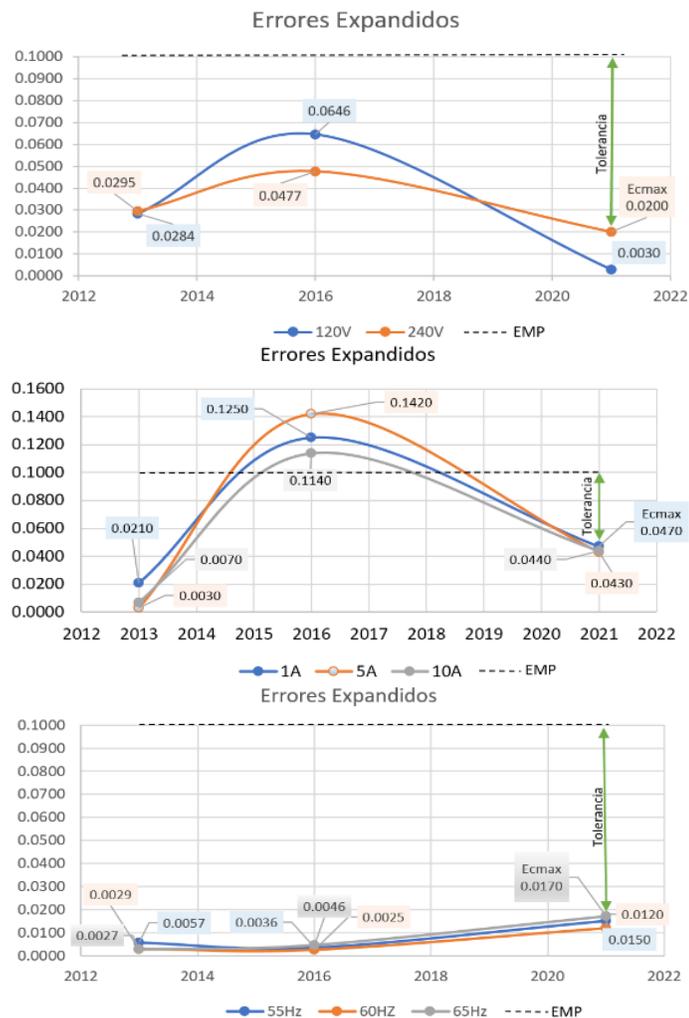


Figura 2.6 Evaluación de Conformidad del Instrumento (Tensión, Corriente y Frecuencia)

Fuente: Propia del Autor

Los criterios para determinar la conformidad de los resultados de un instrumento de medición son[11]:

- Si el intervalo  $E \pm U$  se encuentra dentro de los límites de la tolerancia, el resultado es **CONFORME**.
- Si el intervalo  $E \pm U$  se encuentra fuera de los límites de la tolerancia, el resultado es **NO CONFORME**.
- Si el intervalo  $E \pm U$  se cruza con los límites de la tolerancia, el resultado es **AMBIGUO**.
- En este caso, el usuario del instrumento debe definir las reglas para aclarar el resultado.
- Algunas de estas reglas pueden ser:
  - **CONFORME SUJETO A VERIFICACIÓN** cuando el error se encuentra dentro de los límites de la tolerancia.
  - **NO CONFORME SUJETO A VERIFICACIÓN** cuando el error se encuentra por fuera de los límites de la tolerancia.

**Fase 2. Determinación, expresión y representación de los valores de los parámetros metrológicos: deriva, desviación, tolerancia, error máximo permitido.**

### **Metodología**

Expandir el error encontrado en cada punto seleccionado, sumándole el valor de incertidumbre expandida asociada a la calibración:

$$E_c = \pm E \pm U \quad (4)$$

Donde:

$E_c$  - Error encontrado expandido.

$E$  - Error encontrado en cada punto seleccionado.

$U$  – Incertidumbre expandida asociada a la calibración.

Ejemplo: Errores determinados en % del rango, para indicaciones del Patrón de clase de exactitud 0,1 %, para los rangos de 840 V (120 V y 240 V), 30 A (1 A, 5 A y 10 A) y 65 Hz (55Hz, 60 Hz y 65 Hz)

Tabla 2.3 Errores Determinados en % del Intervalo. Magnitudes (Tensión, Corriente y Frecuencia)

<b>Tensión C.A (V)</b>			
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>	<b>2016</b>	<b>2021</b>
	<b>Eca 1</b>	<b>Eca 2</b>	<b>Eca 3</b>
120	0,0284	0,0646	0,0030
240	0,0295	0,0477	0,0200
<b>Corriente C.A (A)</b>			
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>	<b>2016</b>	<b>2021</b>
	<b>Eca 1</b>	<b>Eca 2</b>	<b>Eca 3</b>
1	0,0210	0,1250	0,0470
5	0,0030	0,1420	0,0430
10	0,0070	0,1140	0,0440
<b>Frecuencia (Hz)</b>			
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>	<b>2016</b>	<b>2021</b>
	<b>Eca 1</b>	<b>Eca 2</b>	<b>Eca 3</b>
55	0,0057	0,0036	0,0150
60	0,0029	0,0025	0,0120
65	0,0027	0,0046	0,0170

Fuente: Propia del autor

Determinar entre los puntos seleccionados para el análisis el error máximo encontrado en la última calibración ( $E_{c\text{ máx}}$ ). Véase Figura 2.6 Evaluación de la Conformidad del Instrumento (Tensión, Corriente y Frecuencia).

Expresar el error máximo permisible (EMP). 0,1 %.

Determinar la Tolerancia como:  $T = EMP - E_{c\text{ máx}}$

Determinar la desviación que existe en cada punto que se analiza como:

$$D_s = E_{C1} - E_{C2} \quad (5)$$

Dónde:

$E_{C1}$  es el valor máximo del error encontrado entre todas las calibraciones

$E_{C2}$  es el valor mínimo del error encontrado entre todas las calibraciones

Determinar la mayor desviación encontrada.  $D_s\text{ máx}$  y la Deriva por meses.

$$D = \frac{D_{smax}}{(t_2 - t_1)} \quad (6)$$

Donde:

$t_1$  : es el año en que se realizó la primera calibración.

$t_2$  : es el año en que se realizó la última calibración.

La determinación de las variables anteriores se muestra en la tabla 2.4 Desviación, deriva, tolerancia e intervalos calculados. Magnitudes (tensión, corriente y frecuencia)

Tabla 2.4 Desviación, Deriva, Tolerancia e Intervalos Calculados.

<b>Tensión (V)</b>							
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>	<b>2016</b>	<b>2021</b>	<b>Desviación</b>	<b>Deriva % por Meses</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Int. Recalib. TC (años)</b>
	<b>Eca 1</b>	<b>Eca 2</b>	<b>Eca 3</b>				
120	0,0284	0,0646	0,0030	0,0616	0,0006	0,0800	10,39
240	0,0295	0,0477	0,0200	0,0277			
<b>Corriente (A)</b>							
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>	<b>2016</b>	<b>2021</b>	<b>Desviación</b>	<b>Deriva % por Meses</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Int. Recalib. TC (años)</b>
	<b>Eca 1</b>	<b>Eca 2</b>	<b>Eca 3</b>				
1	0,021	0,125	0,047	0,104	0,0014	0,0530	3,050
5	0,003	0,142	0,043	0,139			
10	0,007	0,114	0,044	0,107			
<b>Frecuencia (Hz)</b>							
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>	<b>2016</b>	<b>2021</b>	<b>Desviación</b>	<b>Deriva % por Meses</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Int. Recalib. TC (años)</b>
	<b>Eca 1</b>	<b>Eca 2</b>	<b>Eca 3</b>				
55	0,0057	0,0036	0,015	0,011	0,00015	0,08300	46,43
60	0,0029	0,0025	0,012	0,010			
65	0,0027	0,0046	0,017	0,014			

Fuente: Propia del autor

### 2.2.4 Etapa 3. Decisiones y acciones (selección y ajuste de intervalos)

**Fase 3.** Evaluación del desempeño. Impacto. Registro/Informe de la Confirmación Metrológica.

## **Decisiones y acciones. Procesos de ajuste, mantenimiento y reparación**

Al momento de evaluar la conformidad de la capacidad de medición de los instrumentos, podría dar como resultado el tener que reparar, ajustar o dar mantenimiento al instrumento, para llevarlo dentro de los límites de conformidad, o en su lugar realizar acciones complementarias. Ej. Análisis del intervalo de Recalibración, como se demuestra en este Capítulo 2.0 **Análisis de intervalos de Recalibración. Métodos Internacionales**

Para estimar el intervalo de calibración fue necesario determinar la tolerancia y deriva del Patrón Multifuncional Eléctrico en un punto de calibración con la mayor desviación dentro del alcance de medición.

Determinar el intervalo de recalibración ( $T_c$ )

$$T_c = \frac{T}{D} \quad (7)$$

$$\text{Intervalo calibración} \leq \frac{\pm \text{Tolerancia}}{\text{Deriva}}$$

Y la deriva se calcula como:

$$\text{Deriva} = \frac{\text{Desviación}}{t_2 - t_1} \quad (8)$$

El intervalo de calibración en este ejemplo es igual a 3 años para una tolerancia de  $\pm 0.0530$  y una deriva de 0.00015 1/mes. La Tabla 2.4 muestra los resultados de este método.

### **Ventajas de utilizar este método**

Es permisible una variación considerable de los intervalos de recalibración con respecto a los prescritos, sin invalidar los resultados de las mediciones.

Conocer la tendencia de los errores, la tolerancia y la deriva nos permite, además:

- a) Pronosticar posibles ajustes o reparación del Equipo de Medición
- b) La planificación de la sustitución del equipo de medición en caso de que el estudio nos evidencie que no es posible recuperar las características metrológicas para que cumpla con las exigencias del proceso de medición en el cual se encuentra.

## Evaluación del desempeño

**Impacto técnico-económico, social y medioambiental** por la extensión del Intervalo de Calibración en el alcance de la acreditación.

Los aspectos técnico-económicos de la calidad del proceso de confirmación metrológica, fueron evaluados con varios índices de desempeño que permiten valorar sistemáticamente la eficiencia del sistema implantado, los principales índices son:

- índice de trazabilidad interna y externa (incertidumbres de la medición, error expandido);
- índice de consistencia y
- índice de conformidad.
- función de pérdida.
- el error máximo permitido y la tolerancia.

Uno de los resultados científico -técnico por la extensión del intervalo de este equipo Patrón se muestra en la Tabla 2.5 Alcance de la Acreditación. Soportada por la extensión del intervalo de calibración.

Tabla 2.5 Alcance de la Acreditación.

N/O	MAGNITUD FISICA	NOMENCLATURA DE INSTRUMENTOS QUE CALIBRAN, EQUIPOS	INTERVALO DE MEDIDA	CAPACIDAD DE MEDICIÓN Y CALIBRACIÓN	NORMA NACIONAL O INTERNACIONAL U OTRA DOCUMENTACION QUE AMPARA LA CALIBRACION	Instalación donde se realiza la calibración
3	Electricidad	Medidores de Tensión	De 0 V a 1000 V, CD De 0 V a 1000 V, CA 60 Hz	De 0,0000058 V a 0,29 V	Y-ICLSC.53 2022	Temporal Permanente.
4		Medidores de Intensidad de corriente eléctrica	De 0 A a 50 A, CD De 0 A a 50 A, CA 60 Hz	De 0,0000058 A a 0,014 A		
5		Medidores de potencia eléctrica	De 0,01 W a 50000 W, CD De 0,01 W a 50000 W, CA Monofásico	0,0065% del valor medido		
6			De 0,01 W a 50000 W, CA Trifásico	0,0065% del valor medido		
7		Contadores de Energía Eléctrica. Analizadores de Redes	De 0,045 kWh a 45 kWh	0,12 % del valor medido	Y-ICLSC.52 2022	Temporal Permanente.
8		Medidores de Frecuencia	De 45 Hz a 65 Hz	De 0,014 Hz a 0,02 Hz		

Fuente: Propia del autor

En la tabla 2.3 Alcance de la Acreditación se muestra la expresión del servicio de calibración en las magnitudes eléctricas acreditadas por el ONARC con reconocimiento nacional e internacional incluyendo la ampliación de la nomenclatura Medidores de Frecuencia De 45 Hz a 65 Hz.

### Impacto Social

El impacto social se refleja como una expresión de la competencia técnica del laboratorio al realizar una inversión constante en la transferencia y adquisición de nuevos conocimientos en metrología.

**La expresión del nuevo servicio de calibración soporta los elementos siguientes:**

- Magnitud física de los instrumentos de medición que se calibran.
- Nomenclatura de instrumentos que calibran.
- Nivel del mesurando intervalo de valores en el que se ofrece el servicio de calibración.
- Normativa: norma nacional o internacional u otra documentación que ampara la calibración.
- Lugar o instalación donde se realiza la calibración.

**La Mejor capacidad de medición (MCM) y calibración** expresada por el laboratorio (tabla 2.3) como una incertidumbre de medición estimada a un nivel específico de confianza  $P=95\%$ , factor de cobertura  $K=2$  y factor de riesgo  $fr=10$ , es una expresión de la competencia técnica del laboratorio para asegurar que puede producir resultados de medición confiables y con trazabilidad a patrones nacionales. La Tabla 2.6 Impacto económico-financiero, por la extensión del intervalo de calibración y el nuevo Servicio de Calibración, muestra el ahorro por este concepto.

Tabla 2.6 Impacto Económico-financiero

Instrumento	Cantidad de Equipos	Costo de Calibración	Salario	Viáticos	Transporte	Costo Total
Patrón CLOU CL302	1	\$2,346.00	\$2,767.00	\$5,670.00	\$37,000.00	\$47,783.00
Perdidas						
Perdidas por no realización del servicio de Calibración				1 Año	2 Años	3 Años
				\$1 833 576	\$3 667 152	\$5 500 728

Fuente: Propia del autor

El impacto económico financiero se analizó por dos fuentes, pérdidas y ahorro:

1. El valor de las pérdidas por la no realización del servicio de calibración mensual (**\$152 798.00**) y anualmente (**\$1 833 576.00**).
2. La extensión del intervalo de calibración a tres años constituye un ahorro aproximado de **\$47 783.00** anual.

### **Impacto Medioambiental**

El patrón no genera campos electromagnéticos fuertes. Este equipo dispone de tecnologías de atenuación de campos electromagnéticos por lo que las radiaciones emitidas son mínimas.

ATI desarrolla políticas de investigación y estudio epidemiológicos que permiten un adecuado conocimiento de los efectos biológicos de los campos electromagnéticos.

A continuación, se propone otra forma de evaluar el impacto técnico financiero. Función de pérdida de Genich Taguchi.

El Dr. Taguchi relaciona directamente la calidad con los costos, de forma que en sus desarrollos matemáticos la pérdida se relaciona directamente con la variabilidad del producto/servicio.

Así, cuanto más cerca esté el Servicio de Calibración del objetivo (especificaciones metrológicas), menor será la pérdida. Esto se puede entender considerando la definición de la calidad de Taguchi:

*"Calidad es la pérdida que un producto o servicio ocasiona a la sociedad desde que es expedido".*

### **Formulación de la Función de Pérdida para una característica Nominal**

La función de pérdida se expresa según la ecuación siguiente:

$$L(y) = k(y - m)^2$$

donde:

$L(y)$  = pérdida (expresada en €)

$y$  = valor de la característica de calidad, por ejemplo: longitud, temperatura, concentración, acabado de la superficie, peso, etc.

$m$  = valor nominal de  $y$  y  $k$  = constante

## **Registros del proceso de confirmación metrológica**

ISO/IEC:10012 (requisito 7.1.4) establece que los registros del proceso de confirmación metrológica deben demostrar si cada equipo de medición cumple los requisitos metrológicos especificados.

Los registros deben incluir lo siguiente: Ver Anexo 2.4 Registro/Informe de confirmación metrológica.

En la investigación se confirmaron los siguientes:

- a) descripción e identificación única del fabricante del equipo, tipo, número de serie.
- b) Fecha de la confirmación metrológica;
- c) Resultado de la confirmación metrológica;
- d) Intervalo de confirmación metrológica asignado;
- e) Identificación del procedimiento de confirmación metrológica
- f) Error máximo permitido designado;
- g) Condiciones ambientales pertinentes y una declaración sobre cualquier corrección necesaria;
- h) Incertidumbres implicadas en la calibración del equipo;
- i) Persona o personas que realizaron la confirmación metrológica;
- j) Personas responsables de la veracidad de la información registrada;
- k) Identificación única (tal como número de serie) de cualquiera de los certificados e informes de calibración y de otros documentos pertinentes;
- l) Evidencia de la trazabilidad de los resultados de calibración;
- m) Requisitos metrológicos para el uso previsto;

## **2.3 Validación del Método**

### **2.3.1 Metodología. Método ajuste automático o de escalera:**

Basamento cada vez que un instrumento es calibrado de forma rutinaria, el intervalo posterior es ampliado si el instrumento se encuentra dentro de las tolerancias, o reducido si fue hallado fuera de las tolerancias ( $\leq 80\%$ ).

Análisis de los certificados de que se dispone, si aparecen en algunos de ellos las indicaciones de las mediciones realizadas, se determinan el error en cada punto ( $E_c$ ). Expandir este error sumándole el valor de incertidumbre asociada a la calibración

$$E_c = \pm E \pm U \quad (9)$$

Determinar el % que representa el error obtenido en cada punto respecto al EMP. Investigar todas las características metrológicas que determinan la conformidad del equipo de medición: error de medición en ascenso, error de medición en descenso. Finalmente, como el error obtenido en cada punto se encuentra por debajo del 80 % del EMP se puede extender el período de calibración (OIML-D10:2007). Véase Tabla 2.7 Método Escalera.

Tabla 2.7 Método Escalera

Tensión							
Errores de Medición				Análisis de Intervalo			
Lectura del Patrón (V)	Lectura en el Instrumento (V)	Error Ed (V)	Incertidumbre Expandida k=2 (V)	Error Expandido (V)	Error Máximo Permitido (V)	Evaluación del error <80% del EMP	Conformidad
120,0024	120,0000	-0,0024	0,0012	-0,0012	0,1200	1,00	Conforme
240,0336	240,0000	-0,0336	0,0144	-0,0192	0,2400	8,00	Conforme
Corriente							
Errores de Medición				Análisis de Intervalo			
Lectura del Patrón (A)	Lectura en el Instrumento (A)	Error Ed (A)	Incertidumbre Expandida k=2 (A)	Error Expandido (A)	Error Máximo Permitido (A)	Evaluación del error <80% del EMP	Conformidad
1,0004	1,0000	-0,0004	0,0001	-0,0003	0,0010	31,00	Conforme
5,0021	5,0000	-0,0021	0,0001	-0,0020	0,0050	40,76	Conforme
10,0043	10,0000	-0,0043	0,0001	-0,0042	0,0100	42,00	Conforme
Frecuencia							
Errores de Medición				Análisis de Intervalo			
Lectura del Patrón (Hz)	Lectura en el Instrumento (Hz)	Error Ed (Hz)	Incertidumbre Expandida k=2 (Hz)	Error Expandido (Hz)	Error Máximo Permitido (Hz)	Evaluación del error <80% del EMP	Conformidad
54,9951	55,0000	0,0050	0,0033	0,0083	0,0550	15,00	Conforme
60,0000	60,0000	0,0000	0,0012	0,0012	0,0600	2,00	Conforme
64,9965	65,0000	0,0035	0,0013	0,0048	0,0650	7,38	Conforme

Fuente: Propia del autor

Se evidencia por los resultados de la tabla anterior que para todas las magnitudes la evaluación del error es menor al 80% del EMP. Existe correspondencia entre estos resultados y los obtenidos por la aplicación del método carta de control (tiempo calendario).

#### Ventajas del método

Esta respuesta "escalera" puede producir un ajuste rápido de los intervalos de recalibración y llevarlo a cabo fácilmente, sin efecto burocrático.

### 2.3.2 Metodología. Método estadístico Z-score

#### Método estadístico Z-score

Es un parámetro de análisis estadístico, calculado mediante la ecuación

$$Z = \frac{(x-X)}{\sqrt{u_x^2 + u_X^2}} \quad (10)$$

Donde x y X es la incertidumbre estándar del valor asignado X.

El valor asignado corresponde al error en las magnitudes electricas reportadas en los certificados de calibración anteriores a la investigación.

#### Criterio de Conformidad

Un valor superior a 3.0 o inferior a -3.0 es una señal de acción, y un resultado entre 2.0 y -2.0 es una señal de precaución. Estos criterios se observan en la tabla 2.8 Criterio de Confirmación de Intervalo Z-score, donde todos los intervalos cumplen con el criterio de conformidad a excepción del punto 65 Hz el cual resultó en un valor superior a 3.0 (Señal de acción)

Tabla 2.8 Criterio de Confirmación de Intervalo Z-score

<b>Tensión C.A (V)</b>								
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>		<b>2016</b>		<b>2021</b>		<b>Criterio Z-score</b>	
	<b>Eca 1</b>	<b>U</b>	<b>Eca 2</b>	<b>U</b>	<b>Eca 3</b>	<b>U</b>	<b>2016-2013</b>	<b>2021-2016</b>
120	0,0235	0,0106	0,0300	0,0106	0,0024	0,0012	0,43	-2,59
240	0,0575	0,0135	0,0650	0,0135	0,0336	0,0144	0,39	-1,59
<b>Corriente C.A (A)</b>								
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>		<b>2016</b>		<b>2021</b>		<b>Criterio Z-score</b>	
	<b>Eca 1</b>	<b>U</b>	<b>Eca 2</b>	<b>U</b>	<b>Eca 3</b>	<b>U</b>	<b>2016-2013</b>	<b>2021-2016</b>
1	0,0002	0,000021	0,0003	0,0009	0,0004	0,0001	0,13	0,08
5	0,0002	0,000026	0,0012	0,0059	0,0021	0,0001	0,17	0,16
10	0,0007	0,000062	0,0014	0,0100	0,0043	0,0001	0,07	0,29
<b>Frecuencia (Hz)</b>								
<b>Trazo</b>	<b>2013</b>		<b>2016</b>		<b>2021</b>		<b>Criterio Z-score</b>	
	<b>Eca 1</b>	<b>U</b>	<b>Eca 2</b>	<b>U</b>	<b>Eca 3</b>	<b>U</b>	<b>2016-2013</b>	<b>2021-2016</b>
55	0,0026	0,0006	0,0020	0,000021	0,0050	0,0033	-1,03	0,89
60	0,0012	0,0006	0,0015	0,000021	0,0000	0,0012	0,52	-1,25
65	0,0012	0,0006	0,0030	0,000021	0,0035	0,0013	3,10	0,38

Fuente: Propia del autor

Los métodos aplicados para la validación corroboran los resultados como satisfactorios para el nuevo intervalo asignado a este Patrón.

## CONCLUSIONES

Se presentaron los fundamentos teóricos de evaluación de los métodos normalizados para la revisión de los Intervalos de Calibración del Patrón Multifuncional de Energía Eléctrica CLOU CL302.

Se analizaron las experiencias de la mejora por revisión de los Intervalos de Calibración del Patrón BEAMEX.

Se desarrolló el diagnóstico para conocer el Nivel real de riesgos metrológicos tolerables del patrón.

Se propuso la mejora del “Proceso de Calibración de Instrumentos Eléctricos” validando el Nivel de riesgos metrológicos del patrón.

Se mejoró la instrucción “Realización y Trazabilidad del Servicio”.

- En lo **científico-técnico** el proceso de confirmación metrológica del Intervalo asignado garantiza la calidad de las mediciones que se realizaron y las experiencias tomadas de la mejora por revisión de los Intervalos de Calibración del Patrón BEAMEX.
- La mejor capacidad de medición y calibración expresada como menor incertidumbre para un nivel de confianza  $P=95\%$ , es una expresión de la competencia técnica del laboratorio para asegurar que puede producir resultados conformes y con trazabilidad a patrones nacionales.
- La mejor capacidad de medición confirmada tiene una relación univoca de calibración: tensión, corriente y frecuencia, y ambos demostraron consistencia en el alcance de la acreditación del laboratorio.

**En lo social** se demuestra que el laboratorio puede realizar una inversión constante en la adquisición y transferencia de nuevos conocimientos en metrología como expresión de la mejora de su competencia técnica.

El **impacto económico** de la calidad del proceso de confirmación metrológica se evaluó con índices de desempeño, los principales fueron: índice de trazabilidad interna y externa, índice de consistencia e índice de conformidad.

El **impacto medioambiental** del patrón es permisible, no genera campos electromagnéticos fuertes y dispone de tecnologías de atenuación por lo que las radiaciones emitidas son mínimas.

## **RECOMENDACIONES.**

Aplicar el procedimiento de confirmación metrológica a otros Instrumentos Patrones del laboratorio ATI Santiago.

Tomar esta experiencia para enriquecer el talento humano y fortalecer el servicio de consultoría metrológica fundamentalmente al sector electro-energético y otros que lo necesiten.

Continuar profundizando en el estudio de otros métodos normalizados internacionales o experimentales para la determinación de intervalos de calibración de equipos mediante proyectos investigativos o tesis de diploma.

Extender esta experiencia a otros laboratorios: Calibración, ensayo, clínicos, centros de investigación y universidades.

Perfeccionar el análisis del impacto económico de los procesos de medición con otros enfoques (Pérdida de Taguchi).

## BIBLIOGRAFIA

- [1] «NC-ISO 10012 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LAS MEDICIONES — REQUISITOS PARA LOS PROCESOS DE MEDICIÓN Y LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN».
- [2] «OIML D 10. Lineamientos para la determinación de intervalos de calibración de los instrumentos de medición.pdf».
- [3] «ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad.Requisitos».
- [4] «ISO/IEC 17025:2017(es), Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración». <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-3:v2:es> (accedido 9 de noviembre de 2022).
- [5] «ISO/IEC 17043:2010(es), Evaluación de la conformidad — Requisitos generales para los ensayos de aptitud». <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17043:ed-1:v1:es> (accedido 9 de noviembre de 2022).
- [6] Y. P. O. Fonseca, J. J. E. Soto, y J. D. García, «Determinación de intervalos de calibración de patrones de masa en el laboratorio de masa del Instituto Nacional de Metrología (INM) de Colombia utilizando zeta-score ( $\zeta$ )», p. 4.
- [7] «NC-ISO 14001 SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL—REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO».
- [8] «NC ISO 45001 2018. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO – REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO».
- [9] «VIM. Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados». Accedido: 22 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web\\_0.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web_0.pdf)
- [10] B. Soriano, M. Asociados, y C. Guzmán, «DETERMINACIÓN DE INTERVALOS DE CALIBRACIÓN», p. 7, 2004.
- [11] M. B. A, W. A. U, y L. M. O. G, «Proceso de confirmación metrológica dentro de una organización productiva», *Sci. Tech.*, vol. XIV, n.º 40, pp. 189-193, 2008.

## ANEXOS

### Anexo 1.1 Confirmación Metrológica. Beamex MC5

 **ATI** tecnologías de la información y la automática

Filial Santiago de Cuba  
San Antonio # 754 / Reloj y Calvario. Santiago de Cuba. Cuba  
Teléf.: (53) (022) 62-3885, 62-3905, 65-3940  
Fax. (53) (022) 62-0406. E-mail: [leo@atisan.une.cu](mailto:leo@atisan.une.cu)

1 de 5

---

**Ministerio de la Industria Básica**  
**Empresa de Tecnología de la Información y Automática**  
**Santiago de Cuba**  
**Laboratorio de Calibración**

**Certificado de Confirmación Metrológica de Intervalo No. 5**

Cliente: Empresa de Tecnología de la Información y Automática  
Equipo: Calibrador Multifuncional Beamex  
Calibrado por: Beamex Oy Ab (Laboratorio de Calibración Acreditado)  
Modelo: MC5-IS  
No. de Serie: 20116857

**Análisis de Intervalo**  
Fecha: A partir del 1 de Junio de 2012 se evaluaron las Características Metrológicas.  
Fecha de Confirmación Metrológica de Intervalo: Desde el 1 de Junio del 2012 al 1 de Junio del 2014

**Método empleado: Ajuste Automático ó "Escalera" (Tiempo Calendario).**  
**Criterio de Conformidad: Conforme si  $E_c+U < 80\%$  del  $E_{MP} \{\pm(0.025\%RDG+0.01\%fs)\}$**

Firmantes: Téc. Raúl Omar Fonseca Montoya      Inq. Amariyls Reyes Villareal  
Metrólogo      Esp. Sist. Gestión Calidad. Laboratorio

Téc. Leonor Cedeño Centray      MSc. Fredy Oliva Álvarez  
EP de Metrología      EP. Sist Integrados de Gestión

Cantidad de páginas: 1de 5 de los documentos que se adjuntan.

  
Laboratorios Santiago

Este Certificado puede ser reproducido solamente con la autorización del Laboratorio ATI Santiago de Cuba.



Filial Santiago de Cuba  
San Antonio # 754 / Reloj y Calvario, Santiago de Cuba, Cuba  
Teléf.: (53) (022) 62-3885, 62-3905, 65-3940  
Fax. (53) (022) 62-0406. E-mail: [leo@atisan.une.cu](mailto:leo@atisan.une.cu)

2 de 5

### Certificado de Confirmación Metrológica de Intervalo No. 5

**Características Metrológicas del equipo: Errores de medición en ascenso, descenso y de histéresis.**

Módulo de Presión Interno: No. Serie: 20116857  
Tipo: INT6C-IS  
Rango: -100...600 kPa, Incertidumbre: Anual ( $\pm (0.025\% \text{ RDG} + 0.01\% \text{ FS})$ )

La Confirmación Metrológica de Intervalo realizado es trazable con los documentos nacionales e internacionales de referencia siguientes:

1. Howard Castrup, Ph.D. Method A3- Interval Test Method, Integrated Sciences Group, 2003-2010.
2. OIML D10 edición 2007 € "Guía para la Determinación de los Intervalos de Calibración para los Instrumentos de Medición".
3. NC-ISO/IEC 17025:2006. Requisitos Generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.
4. Certificado de Calibración No. K026-11P2974 del equipo, del módulo interno.
5. NC-ISO/IEC 10012:2007. Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición.
6. Instrucción IT- IO-10-03: Trazabilidad de las mediciones. Laboratorio de calibración ATI Santiago.

## **Anexo 1.2 Política de la Empresa**

La Empresa de Tecnología de la Información y Automática (ATI), brinda servicios técnicos con garantía de la calidad, en correspondencia con los requisitos de los clientes y de otras partes interesadas, en las actividades de informática, automática y comunicaciones a la Unión Eléctrica, sus empresas y a terceros, cumpliendo los requerimientos legales y reglamentarios, en un entorno ambiental y de trabajo protegido y saludable, con enfoque de prevención y desempeño laboral superior de sus trabajadores a través de la gestión de competencias.

Para ello, ATI se compromete a realizar los servicios aplicando métodos adecuados y buenas prácticas profesionales, cumpliendo la documentación aplicable y el programa de mantenimiento y mejora continua de su Sistema Integrado de Gestión basado en la Ley No. 116, el Decreto 281, la Resolución 60 sobre el Control Interno y en las normas vigentes NC ISO 9001, NC ISO 14001, NC 18001 y la NC ISO 50001; los laboratorios de calibración se comprometen a cumplir los requisitos de la NC ISO/IEC 17025.

Esta política se implementa, comunica y divulga a todos los niveles de la organización y se revisa periódicamente para su adecuación.

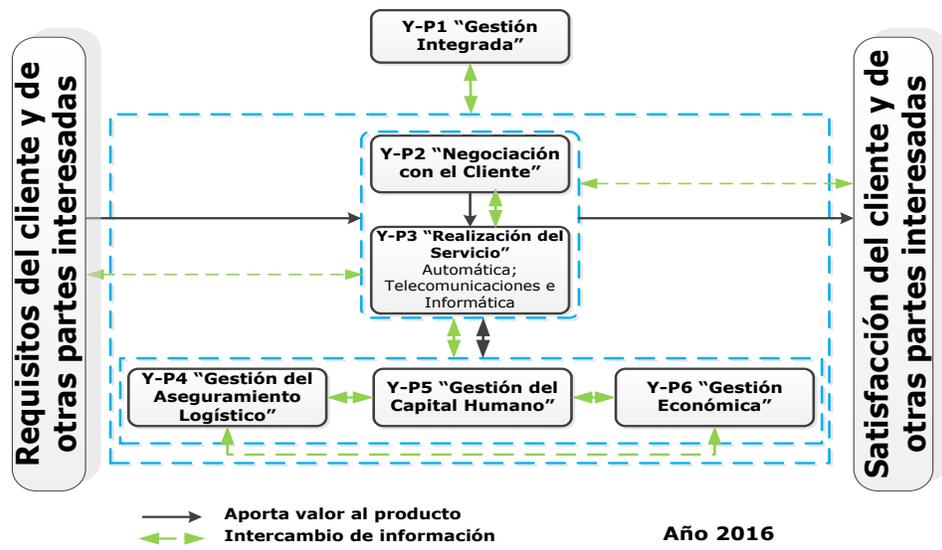
Ing. Antonio A. Roche Rodríguez

Director General ATI

Aprobada por Resolución No. 162/2016

Revisión 05: 26/10/2016

### Anexo 1.3 Esquema de Proceso



Anexo 2.1 CU01-47303-1-C (INIMET 2013)



**Certificado de Calibración No.** CU01-47303-1-C

Denominación: Calibrador  
No. de serie: 2008887 Modelo: CL 302  
Fabricante, marca ó país: China  
Pertenece a: ATI Santiago de Cuba  
Dirección: San Antonio # 754 e/ Reloj y Calvario

Notas

Los patrones utilizados son trazables al SI a través de los del Servicio Nacional de Metrología, los cuales son intercomparados o calibrados periódicamente con patrones nacionales de otros países o con las definiciones de las unidades.  
El presente certificado ampara solamente las mediciones realizadas en el momento y con las condiciones ambientales y de uso en que se ejecutó la calibración. El INIMET no certifica ninguna característica del instrumento diferente a las descritas en este certificado.  
Queda prohibida la reproducción parcial de este documento, el cual no solo tiene validez en su forma íntegra y original.  
El usuario del instrumento es responsable de recalibrarlo en intervalos apropiados, así como de su transportación.  
Las incertidumbres expandidas son obtenidas multiplicando las incertidumbres estándar combinadas por los factores de cobertura (k) especificados en cada caso, para formar intervalos de confianza del 95%. La evaluación de la incertidumbre se realizó de acuerdo a la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición" (GUM).

Lugar de calibración: **Centro Habana**

Patrones utilizados:

Multímetro digital FLUKE 8508A No. 185363721 Calibrado en FLUKE, Trazable a NIST  
Multímetro digital FLUKE 8545A No. 1905003 Calibrado en FLUKE, Trazable a NIST  
Medidor de diferencia de fase F 2-34 No. 0906 Trazable a VNIIM  
Wattímetro D 50561 No. 17 Trazable a INIMET

Método de calibración:  
Medición directa. IC 209-28.

Fecha de calibración: 2013-05-31 Fecha de emisión: 2013-06-18

Calibró: [Firma]  
Firma

Elba González Gonzalez  
Nombre

Téc. en Metrología  
Cargo

Aprobó: [Firma]  
Firma

Ing. Mirtha Navarro Glez.  
Nombre

Jefe de Laboratorio  
Cargo



Página 1 de 4, siendo todas ellas parte íntegra de este certificado.

Consulado No. 206. CP 10200,  
Centro Habana, Cuba  
Tel: 8623041-44

Fax: (537) 8676966

Leonor No. 10. CP 12000  
Cerro, Cuba  
Tel: 6418539

E-mail: [laboratorio@inimet.cu](mailto:laboratorio@inimet.cu)

Calle 20 No. 507. CP 11300  
Playa, Cuba  
Tel: 2027859

[www.inimet.cubaindustria.cu](http://www.inimet.cubaindustria.cu)

Magnitudes influyentes:

Magnitud	Valor	Incertidumbre combinada
Temperatura (°C)	24,1	0,9
Humedad relativa (%)	47,5	2,8

Resultados:

Tensión de CD					Corriente CD				
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	± U (k=2) (V)	Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	± U (k=2) (A)
75 mV	18,75	18,75244	mV	6,0E-07	100 mA	25	24,9794	mA	6,0E-06
75 mV	37,5	37,50443	mV	6,1E-07	100 mA	50	49,9771	mA	6,3E-06
75 mV	56,25	56,25584	mV	6,3E-07	100 mA	75	74,9748	mA	6,7E-06
75 mV	67,5	67,50694	mV	6,5E-07	100 mA	90	89,9761	mA	6,9E-06
1 V	0,5	0,5000337	V	6,1E-06	1 A	0,5	0,5003657	A	5,9E-06
1 V	0,9	0,9000920	V	6,5E-06	1 A	0,9	0,9007632	A	5,9E-06
10 V	5	4,999948	V	6,1E-05	5 A	2,5	2,4996	A	1,3E-03
10 V	9	8,999989	V	6,5E-05	5 A	4,5	4,5006	A	2,1E-03
100 V	50	50,00506	V	6,3E-04	20 A	10	10,0042	A	4,2E-03
100 V	90	90,01092	V	7,0E-04					
700 V	350	350,0713	V	2,0E-03					
700 V	630	630,1113	V	3,1E-03					

CA con frecuencia 60 Hz					Tensión de CA con frecuencia 60 Hz				
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	± U (k=2) (A)	Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	± U (k=2) (V)
200 mA	49,989	49,977	mA	8,8E-05	57 V	14,256	14,253300	V	5,9E-05
200 mA	100,008	99,984	mA	5,8E-04	57 V	28,503	28,49890	V	1,0E-04
200 mA	149,983	149,936	mA	5,9E-04	57 V	42,753	42,74910	V	1,0E-04
200 mA	180,020	179,990	mA	5,9E-04	57 V	51,297	51,29000	V	1,0E-04
1 A	0,50002	0,499953	A	2,1E-05	100 V	49,998	49,9856	V	6,0E-03
1 A	0,90001	0,899738	A	2,1E-05	100 V	89,993	89,9762	V	9,2E-03
5 A	2,50077	2,501790	A	2,2E-05	300 V	150	149,953	V	1,2E-02
5 A	4,50041	4,500700	A	2,3E-05	300 V	270,02	269,939	V	1,4E-02
25 A	9,9991	9,998410	A	6,2E-05	700 V	174,97	174,910	V	1,4E-02
					700 V	630,04	630,046	V	5,2E-02

*Handwritten signature*

**Continuación del Certificado No.** CU01-47303-1-C

Resultados:

Frecuencia				
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	$\pm U (k=2)$ (A)
65 Hz	45,000	44,99870	Hz	5,8E-04
	47,000	46,99830	Hz	5,8E-04
	49,000	48,99900	Hz	5,8E-04
	51,000	50,99870	Hz	5,8E-04
	53,000	52,99840	Hz	5,8E-04
	55,000	54,99740	Hz	5,8E-04
	57,000	56,99820	Hz	5,8E-04
	59,000	58,99870	Hz	5,8E-04
	61,000	60,99890	Hz	5,8E-04
	63,000	62,99870	Hz	5,8E-04
	65,000	64,99880	Hz	5,8E-04

Angulo de Fase										
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	$\pm U (k=2)$ (°)	Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	$\pm U (k=2)$ (°)	
+ 90 °	0,00	0,05	°	0,12	- 90 °	-10,00	-11,13	°	0,12	
	10,00	10,01	°	0,12		-20,00	-21,12	°	0,12	
	20,00	19,88	°	0,12		-30,00	-31,13	°	0,12	
	30,00	30,09	°	0,12		-40,00	-41,12	°	0,12	
	40,00	40,06	°	0,12		-50,00	-51,11	°	0,12	
	50,00	49,91	°	0,12		-60,00	-61,13	°	0,12	
	60,00	59,69	°	0,12		-70,00	-71,12	°	0,12	
	70,00	69,82	°	0,12		-80,00	-81,14	°	0,12	
	80,00	79,92	°	0,12		-90,00	-90,13	°	0,12	
	90,00	89,30	°	0,12						

*[Handwritten signature]*

Anexo 2.2 CU01-58812-1-C (INIMET 2016)



**Certificado de Calibración No.** CU01-58812-1-C

Denominación: Calibrador  
No. de serie: 2008887 Modelo: CL 302  
Fabricante, marca ó país: China  
Perteneiente a: Tecnología de la Información y la Automática Santiago de Cuba  
Dirección: San Antonio No. 754 e/ Reloj y Calvario, Santiago de Cuba

Notas:  
Los patrones utilizados son trazables al SI a través de los del Servicio Nacional de Metrología, los cuales son intercomparados o calibrados periódicamente con patrones nacionales de otros países o con las definiciones de las unidades.  
El presente certificado ampara solamente las mediciones realizadas en el momento y con las condiciones ambientales y de uso en que se ejecutó la calibración. El INIMET no certifica ninguna característica del instrumento diferente a las descritas en este certificado.  
Queda prohibida la reproducción parcial de este documento, el cual solo tiene validez en su forma íntegra y original.  
El usuario del instrumento es responsable de recalibrarlo en intervalos apropiados, así como de su transportación.  
Las incertidumbres expandidas son obtenidas multiplicando las incertidumbres estándar combinadas por los factores de cobertura (k) especificados en cada caso, para formar intervalos de confianza del 95%. La evaluación de la incertidumbre se realizó de acuerdo a NC 1066:2015 "Guía para la expresión de incertidumbre de medición."

Lugar de calibración: Centro Habana

Patrones utilizados:  
Multímetro digital FLUKE 8508A No. 185363721 Trazable a INIMET  
Multímetro Digital FLUKE 8845A No. 1905003 Trazable a INIMET  
Medidor de diferencia de fase F 2-34 No. 0908 Trazable a VNIIM  
Wattímetro D 50561 No. 17 Trazable a INIMET

Método de calibración:  
Medición directa. IC 209-29.

Fecha de calibración: 2016-03-22 Fecha de emisión: 2016-03-23

Calibró: [Firma]  
Firma  
Elba González Gonzalez  
Nombre  
Téc. en Metrología  
Cargo

Aprobó: [Firma]  
Firma  
Ing. Mirna Navarro Glez  
Nombre  
Jefe de Laboratorio  
Cargo



Página 1 de 4, siendo todas ellas parte íntegra de este certificado.

Consulado No. 206. CP 10200  
Centro Habana, Cuba  
Tel: 78623041-44

Leonor No. 10. CP 12000  
Cerro, Cuba  
Tel: 76418539

Calle 20 No. 507. CP 11300  
Playa, Cuba  
Tel: 72027566

E-mail: [laboratorio@inimet.cu](mailto:laboratorio@inimet.cu)

[www.inimet.cubaindustria.cu](http://www.inimet.cubaindustria.cu)

**Continuación del Certificado No.** CU01-58812-1-C

Magnitudes influyentes:

Magnitud	Valor Inicial	Valor Final	Incertidumbre combinada
Temperatura (°C)	24,0	24,1	0,7
Humedad relativa (%)	38,5	39,2	1,8

Resultados:

Tensión de CD					Corriente CD				
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	$\pm U (k=2)$ (V)	Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	$\pm U (k=2)$ (A)
100 mV	25	25,00310	mV	6,0E-07	100 mA	25	24,9831	mA	6,0E-06
100 mV	50	50,00303	mV	6,3E-07	100 mA	50	49,9771	mA	6,3E-06
100 mV	75	75,00643	mV	6,5E-07	100 mA	75	74,9714	mA	6,7E-06
100 mV	90	90,00846	mV	6,7E-07	100 mA	90	89,9703	mA	6,9E-06
1 V	0,5	0,500042	V	6,1E-06	1 A	0,5	0,50044	A	1,0E-04
1 V	0,9	0,900109	V	6,5E-06	1 A	0,9	0,90088	A	1,7E-04
10 V	5	4,999765	V	6,1E-05	5 A	2,5	2,4999	A	1,3E-03
10 V	9	8,999585	V	6,5E-05	5 A	4,5	4,5011	A	2,1E-03
100 V	50	50,00644	V	6,3E-04	20 A	10	10,0058	A	4,2E-03
100 V	90	90,01241	V	7,0E-04					
700 V	350	350,0789	V	2,0E-03					
700 V	630	630,1229	V	3,1E-03					

CA con frecuencia 60 Hz					Tensión de CA con frecuencia 60 Hz				
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	$\pm U (k=2)$ (A)	Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	unidad	$\pm U (k=2)$ (V)
200 mA	49,988	49,970	mA	8,8E-05	57 V	15	14,941850	V	5,9E-05
200 mA	100,01	99,98	mA	5,8E-04	57 V	28	27,91350	V	1,0E-04
200 mA	150,00	150,00	mA	5,9E-04	57 V	43,01	42,97920	V	1,0E-04
200 mA	179,982	179,94	mA	5,9E-04	57 V	51,0551	50,94070	V	1,0E-04
1 A	0,49999	0,49981	A	5,0E-04	100 V	50,106	49,9978	V	6,0E-03
1 A	0,9001	0,89984	A	7,4E-04	100 V	90,012	89,9062	V	9,1E-03
5 A	2,49957	2,4986	A	4,0E-03	300 V	149,971	149,944	V	1,2E-02
5 A	4,50043	4,4993	A	5,6E-03	300 V	270,08	269,955	V	1,4E-02
25 A	9,99840	9,997	A	1,0E-02	700 V	350,651	349,911	V	3,0E-02
					700 V	630,018	629,860	V	5,2E-02

**Continuación del Certificado No. CU01-58812-1-C**

Resultados:

Frecuencia				
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	Unidad	$\pm U (k=2)$ (A)
65 Hz	45,000	44,99910	Hz	5,8E-04
	47,000	46,99830	Hz	5,8E-04
	49,000	48,99890	Hz	5,8E-04
	51,000	50,99810	Hz	5,8E-04
	53,000	52,99820	Hz	5,8E-04
	55,000	54,99860	Hz	5,8E-04
	57,000	56,99900	Hz	5,8E-04
	59,000	58,99900	Hz	5,8E-04
	61,000	60,99800	Hz	5,8E-04
	63,000	62,99800	Hz	5,8E-04
	65,000	64,99700	Hz	5,8E-04

Angulo de Fase									
Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	Unidad	$\pm U (k=2)$ (°)	Rango	Valor a Calibrar	Lectura del Patrón	Unidad	$\pm U (k=2)$ (°)
+ 90 °	0,00	0,01	°	0,12	- 90 °	-10,00	-11,09	°	0,12
	10,00	10,01	°	0,12		-20,00	-21,08	°	0,12
	20,00	20,01	°	0,12		-10,00	-31,10	°	0,12
	30,00	30,01	°	0,12		-40,00	-41,09	°	0,12
	40,00	40,01	°	0,12		-50,00	-51,10	°	0,12
	50,00	50,00	°	0,12		-60,00	-61,12	°	0,12
	60,00	60,00	°	0,12		-70,00	-71,10	°	0,12
	70,00	70,01	°	0,12		-80,00	-81,13	°	0,12
	80,00	80,01	°	0,12		-90,00	-90,13	°	0,12
	90,00	90,01	°	0,12					

**Anexo 2.3 LCP-ABR-023 (EPE 2021)**



EMPRESA DE PRODUCCIONES ELECTROMECÁNICAS  
**FÁBRICA DE FUSIBLES Y DESCONECTIVOS**  
 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN



**Certificado de Calibración**

RI-CE-1-2

**Instrumento:** Calibrador Multifunción

**Marca:** CLOU

**Modelo:** CL302

**No. de Serie:** 2008887

**Resolución:** 0,00001

**Clase Exactitud (EMP):** 0,1 %

**Rango de medición:** de 57 V a 700,0 V  
 de 0,05 A a 30,0 A

**Pertenciente a:** Laboratorio de Calibración ATI Santiago de Cuba

**Dirección:** San Antonio, # 754, c/ Reloj y Calvario. Santiago de Cuba.

**Condiciones ambientales durante la calibración:**

**Temperatura:** 21,5 °C      **Humedad Relativa:** 65 %

**Ha sido calibrado conforme con:** I-CE-1 Contadores de Energía Eléctrica, monofásico, clase 0,05 % y menos exactos.

**Trazabilidad:** Comparador Monofásico de Energía Eléctrica, marca ZERA GmbH, modelo COM 1003, No. Serie 050000511 y Certificado de Calibración No. 5376.D-K-15103-01-00, trazable a DKD, Alemania.

**Lugar donde se realizó la calibración:** Laboratorio de Calibración 100

**Fecha de realización de la calibración:** 2021-04-06

**Fecha de emisión del certificado:** 2021-04-06

<b>No. Certificado:</b>	LCP-ABR-023
<b>Páginas</b>	1 de 6

Los patrones e instrumentos de medición utilizados para la calibración son trazables a las unidades de medida del SI.  
 Es responsabilidad del propietario de este instrumento recalibrarlo a intervalos apropiados, así como realizar una adecuada transportación del mismo.  
 El laboratorio de calibración solo recomendará el intervalo de recalibración cuando haya sido acordado con el cliente.  
 Si antes de esa fecha el instrumento sufre algún desperfecto, fallo técnico o se sospeche de su mal funcionamiento debe ser recalibrado.  
 Los métodos y medios de calibración, las condiciones ambientales y de uso en que se realizó esta calibración están amparados por el documento utilizado para efectuarla.  
 El presente certificado ampara solamente las mediciones realizadas al objeto calibrado en el momento y con las condiciones ambientales y de uso en que se ejecutó la calibración por el documento especificado.  
 No se certifica ninguna característica del instrumento diferente a las descritas en este certificado.  
 Este certificado ha sido elaborado en correspondencia con los requisitos de la norma NC-ISO-IEC 17025:2006.  
 NOTA: La calibración acreditada se indica con un asterisco (\*) en el anexo.



<b>Calibrado por:</b> Rolando Yera López	<b>Aprobado por:</b> Leonardo Pacheco González
<b>Cargo:</b> Jefe Grupo Laboratorios	<b>Cargo:</b> Director UAB-Fábrica de Fusibles y Desconectivos
<b>Firma:</b>	<b>Firma:</b>

No se permite la reproducción parcial excepto, íntegramente de este documento sin la autorización del laboratorio que lo emite, el cual solo tiene validez en su forma íntegra y original. Las observaciones al dorso y anexas a este certificado son parte íntegra del mismo.

Laboratorio de Calibración. Fábrica de Fusibles y Desconectivos. Empresa de Producciones Electromecánicas. Unión Eléctrica.  
 Carretera a Camajuani, km 4 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Tel: (053) 42-281092, (+53) 42-281093      Tele-fax (+53) 42-281094      Email: leonardo@fusibles.epem.uncu

**RESULTADOS DE LAS MEDICIONES. (FASE A)**

Estabilidad de la potencia (máx. permisible 0,5 %)

Tensión (V)	Intensidad (A)	cosφ	Yp
120,0	5,0	1	0,027
		0,5	0,012

Medición de tensión (máx. permisible 0,5 %)

Tensión (V)	Error (%)	Incertidumbre (%)
120,0	-0,015	0,001
240,0	-0,027	0,006

Medición de frecuencia (permisible 0,2 %)

Frecuencia (Hz)	Error (%)	Incertidumbre (%)
55,0	0,000	0,002
60,0	0,000	0,002
65,0	0,000	0,002

Medición de intensidad (máx. permisible 0,5 %)

Intensidad (A)	Error (%)	Incertidumbre (%)
0,05	-0,002	0,101
1,00	-0,026	0,003
10,00	-0,041	0,011
30,00	-0,025	0,002

Medición de Angulo (máx. permisible 0,2 %)

Angulos (°)	Error (%)	Incertidumbre (%)
60,0	-0,050	0,002
120,0	-0,025	0,001
240,0	-0,012	0,001
300,0	-0,010	0,001

.....última línea.....

**RESULTADOS DE LAS MEDICIONES. (FASE B)**

Estabilidad de la potencia (máx. permisible 0,5 %)

Tensión (V)	Intensidad (A)	cosφ	Yp
120,0	5,0	1	0,003
		0,5	0,105

Medición de tensión (máx. permisible 0,5 %)

Tensión (V)	Error (%)	Incertidumbre (%)
120,0	-0,002	0,001
240,0	-0,014	0,006

Medición de frecuencia (permisible 0,2 %)

Frecuencia (Hz)	Error (%)	Incertidumbre (%)
55,0	0,009	0,006
60,0	0,000	0,012
65,0	0,015	0,002

Medición de intensidad (máx. permisible 0,5 %)

Intensidad (A)	Error (%)	Incertidumbre (%)
0,05	0,000	0,006
1,00	-0,039	0,008
10,00	-0,043	0,001
30,00	-0,014	0,001

Medición de Angulo (máx. permisible 0,2 %)

Angulos (°)	Error (%)	Incertidumbre (%)
60,0	-0,017	0,002
120,0	-0,008	0,001
240,0	-0,004	0,001
300,0	-0,003	0,001

.....última línea.....

No se permite la reproducción parcial excepto, íntegramente de este documento sin la autorización del laboratorio que lo emite, ya que éste no es válido en su forma íntegra y original. Las observaciones al dorso y anexas a este certificado son parte íntegra del mismo.

Laboratorio de Calibración. Fábrica de Fusibles y Desconectivos. Empresa de Producciones Electromecánicas. Unión Eléctrica.

Carretera a Camajuaní, km: 4 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Tel: (+53) 42-281092. (+53) 42-281093

Tele-fax (+53) 42-281094

Email: leonardo@fusibles.epem.uncu.cu

## RESULTADOS DE LAS MEDICIONES. (FASE C)

Estabilidad de la potencia (máx. permisible 0,5 %)

Tensión (V)	Intensidad (A)	cosφ	Yp
120,0	5,0	1	0,093
		0,5	0,118

Medición de tensión (máx. permisible 0,5 %)

Tensión (V)	Error (%)	Incertidumbre (%)
120,0	-0,008	0,002
240,0	-0,044	0,006

Medición de frecuencia (permisible 0,2 %)

Frecuencia (Hz)	Error (%)	Incertidumbre (%)
55,0	0,009	0,006
60,0	0,000	0,012
65,0	0,015	0,002

Medición de intensidad (máx. permisible 0,5 %)

Intensidad (A)	Error (%)	Incertidumbre (%)
0,05	0,000	0,023
1,00	-0,039	0,008
10,00	-0,035	0,010
30,00	-0,020	0,007

Medición de Angulo (máx. permisible 0,2 %)

Angulos (°)	Error (%)	Incertidumbre (%)
60,0	0,000	0,002
120,0	0,008	0,001
240,0	0,000	0,001
300,0	-0,003	0,001

última línea

## Observaciones:

La incertidumbre declarada es la expandida asumiendo que las mediciones siguen una distribución normal, con factor de cobertura  $k=2$  y nivel de confianza para el intervalo que describe de  $P=95\%$ .  
El resultado de las mediciones se expresa como  $Y \pm U$  con  $k=2$

No se permite la reproducción parcial excepto, íntegramente de este documento sin la autorización del laboratorio que lo emite, el cual solo tiene validez en su forma íntegra y original. Las observaciones al dorso y anexas a este certificado son parte íntegra del mismo.

Laboratorio de Calibración, Fábrica de Fushles y Desconectivos. Empresa de Producciones Electromecánicas. Unión de Escuelas.

\* Carretera a Canajuaní, km 4 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Tel: (+53) 42-281092, (+53) 42-281093

Tele-fax (+53) 42-281094

E-mail: laboratorio@fushles.epem.unc.cu

## **Anexo 2.4 Registro/Informe de la Confirmación Metrológica**

- a) descripción e identificación única del fabricante del equipo, tipo, número de serie.
- b) Fecha de la confirmación metrológica;
- c) Resultado de la confirmación metrológica;
- d) **Intervalo de confirmación metrológica asignado;**
- e) Identificación del procedimiento de confirmación metrológica
- f) Error máximo permitido designado;
- g) Condiciones ambientales pertinentes y una declaración sobre cualquier corrección necesaria;
- h) Incertidumbres implicadas en la calibración del equipo;
- i) Detalles del mantenimiento, tales como ajustes, reparaciones y modificaciones realizadas;
- j) Cualquier limitación de uso;
- k) Persona o personas que realizaron la confirmación metrológica;
- l) Personas responsables de la veracidad de la información registrada;
- m) Identificación única (tal como número de serie) de cualquiera de los certificados e informes de calibración y de otros documentos pertinentes;
- n) Evidencia de la trazabilidad de los resultados de calibración;
- o) Requisitos metrológicos para el uso previsto;
- p) Resultados de calibración obtenidos después y, cuando se requiera, antes de cualquier ajuste, modificación o reparación.

**Anexo 2.5 Certificado de Acreditado del Laboratorio de ATI Santiago.**

**ORGANO NACIONAL DE ACREDITACION  
REPUBLICA DE CUBA**

**CERTIFICADO**

**que acredita a**  
**Laboratorio de Calibración**  
**UEB ATI Santiago de Cuba**  
**UEB ATI Santiago de Cuba**

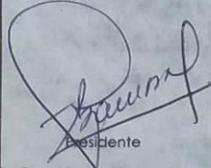
Por cumplir las exigencias establecidas en la NC ISO/IEC 17025:17  
“Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de  
Ensayo y Calibración” y demás regulaciones complementarias.

Este **CERTIFICADO** confiere a su titular las facultades legales  
para ostentar la condición de **LABORATORIO ACREDITADO**.

Válido para el alcance descrito en el Anexo a la Resolución de otorgamiento No. 03-2020 consignada en el  
Registro de Entidades Acreditadas del Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba.

Expedido en La Habana el día 27 del mes de enero del 2020  
Vigente hasta 21 de enero de 2024

Reg. No. 068

  
Presidente

  
Jefe de la Secretaría Ejecutiva

47 rev00