



REPÚBLICA DEL ECUADOR

# Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**ESPECIFICACIONES DE UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE CORRIENTE, VOLTAJE Y  
ENERGÍA PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**ALEXIS ANDRÉS NARANJO GALARZA**

**DIRECTOR: MIGUEL ÁNGEL LUCIO CASTRO**

**CODIRECTOR: CARLOS FABIÁN GALLARDO QUINGATUÑA**

**Quito, Enero 2021**

## **AVAL**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Alexis Andrés Naranjo Galarza, bajo nuestra supervisión.

---

**MIGUEL ÁNGEL LUCIO CASTRO**  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**CARLOS FABIÁN GALLARDO QUINGATUÑA**  
**CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo Alexis Andrés Naranjo Galarza, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración dejo constancia de que la Escuela Politécnica Nacional podrá hacer uso del presente trabajo según los términos estipulados en la Ley, Reglamentos y Normas vigentes.

---

Alexis Andrés Naranjo Galarza

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padre y madre que juntos fueron el más grande apoyo y motivación durante toda esta aventura llamada Universidad, nunca dudaron de mis capacidades y aunque hubo momentos duros, siempre estuvieron para mí.

A mi hermano David, que de una u otra manera me ha demostrado su apoyo y espero sinceramente ser un ejemplo para él y que en un futuro él también logre terminar su carrera.

A mi perrito El Gomas, que, aunque no parezca importante me ayudo y me brindo su compañía en los momentos más difíciles y donde más solo me sentí.

A mis amigos, Andrés, Santiago, Jeison, Bryan que, aunque pocos han sido los suficientes, y han sido un gran apoyo en cada una de las etapas que vivimos en la universidad.

A mis profesores, que entre tantos que tuve en toda la carrera hubo contados que verdaderamente pueden ser considerados maestros.

A los ingenieros del laboratorio de Transformadores de la Empresa Eléctrica Quito que durante mi paso por ahí lograron transmitirme el buen ambiente de trabajo y generosidad que todo el mundo debería tener, y que me supieron dar pautas para poder desenvolverme en el mundo laboral, sin olvidar que pudieron hacer realidad este tema de tesis.

Para todos los demás y no menos importantes que hicieron posible que yo esté aquí acabando una carrera muy complicada.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer por todo el apoyo recibido a las personas fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

Primero, a mis padres que gracias a ellos he logrado estar aquí y me han sabido guiar para poder cumplir mis metas.

A toda mi familia, que muchos de ellos supieron estar en los momentos claves y nunca me han negado la ayuda que he necesitado además de brindarme el aliento para continuar en este largo camino.

A mis amigos, todos aquellos que hicieron posible que yo pueda llegar a este punto, ayudándome de diferente manera y en cada semestre que pase en esta universidad, toda su ayuda fue fundamental tanto académica como personal.

Al Ingeniero Juan Ramírez de la Escuela Politécnica Nacional por ser uno de los mejores maestros que tuve, y tener siempre la predisposición a brindarme su ayuda en cualquier tema que le solicité, y en especial por su ayuda para desarrollar correctamente esta Tesis.

Al Ingeniero Miguel Lucio y el Doctor Carlos Gallardo que me ayudaron de la manera más rápida posible para culminar este trabajo, además de las guías necesarias a lo largo de la carrera para desempeñarme de la mejor manera.

A los ingenieros Lenin Quisaguano, Carlos Tupiza y Byron Proaño, de la Empresa Eléctrica Quito, por mostrarme toda su generosidad y enseñarme mucho durante mi paso por dicha empresa, y por tomarme en cuenta para realizar esta Tesis.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AVAL .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PROBLEMÁTICA .....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 OBJETIVOS .....	2
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.5 ALCANCE .....	3
1.6 MARCO TEÓRICO.....	3
1.6.1 DEFINICIÓN DE METROLOGÍA .....	3
1.6.2 CONFIRMACIÓN METROLÓGICA .....	4
1.6.3 CALIBRACIÓN .....	5
1.6.4 AJUSTE DE UN SISTEMA DE MEDIDA.....	6
1.6.5 VERIFICACIÓN .....	6
1.6.6 TRAZABILIDAD.....	6
1.6.7 PATRÓN .....	6
1.6.8 PATRONES PRIMARIOS.....	7
1.6.9 PATRÓN SECUNDARIO O DE REFERENCIA.....	7
1.6.10 PATRONES TERCARIOS O DE TRABAJO .....	7
1.6.11 EXACTITUD .....	7
1.6.12 PRECISIÓN.....	8
1.6.13 REPETIBILIDAD.....	8
1.6.14 REPRODUCIBILIDAD .....	8
1.6.15 ERROR .....	9
1.6.15.1 Errores Sistemáticos .....	9
1.6.15.2 Errores Aleatorios.....	9

1.6.16	INCERTIDUMBRE.....	9
1.6.17	EVALUACIÓN TIPO A.....	10
1.6.18	EVALUACIÓN TIPO B.....	10
1.6.19	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE PARA PINZAS AMPERIMÉTRICAS .....	10
1.6.20	ACREDITACIÓN .....	17
1.6.21	REQUISITOS PARA LA ACREDITACIÓN.....	18
1.6.22	PROCEDIMIENTO DE ACREDITACIÓN.....	18
1.6.23	BENEFICIOS DE LA ACREDITACIÓN.....	20
1.6.24	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA NORMA INEN-ISO/IEC 17025:2017 ....	20
1.6.25	ESTUDIO FINANCIERO.....	23
1.6.25.1	Valor actual neto VAN .....	24
1.6.25.2	Tasa interna de retorno TIR.....	25
1.6.25.3	Costo-Beneficio .....	25
2.	METODOLOGÍA.....	27
2.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	27
2.2	DETERMINACIÓN DE CRITERIOS Y ENSAYOS PARA LA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS EN BASE A NORMAS .....	28
2.3	REALIZAR LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LOS INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN .....	28
2.4	REALIZAR LA PROPUESTA FINANCIERA DE LA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO .....	28
2.5	APLICACIÓN DE LA NORMA.....	29
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
3.1	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	30
3.1.1	VOLTÍMETROS.....	30
3.1.2	SECUENCIÓMETROS.....	30
3.1.3	ANALIZADORES DE CALIDAD.....	31
3.1.4	TELURÓMETROS.....	32
3.1.5	MULTÍMETROS .....	32
3.1.6	AMPERÍMETROS .....	33
3.1.7	EQUIPOS PARA DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y DE PUESTA A TIERRA.....	35
3.1.8	EQUIPOS PARA DETERMINAR RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.....	36
3.2	ANÁLISIS DE LA NORMA ISO/IEC 17025 .....	36
3.2.1	PROCEDIMIENTOS DE GESTIÓN.....	37



3.2.1.1	Gestión de documentos.....	37
3.2.1.2	Archivo de documentos y control de registros .....	41
3.2.1.3	Auditorías internas.....	42
3.2.1.4	Solicitudes, ofertas, contratos y recepción de equipos .....	44
3.2.1.5	Gestión de quejas .....	47
3.2.1.6	Trabajo no conforme, acciones correctivas y de mejora .....	48
3.2.1.7	Compras.....	51
3.2.1.8	Revisión por la dirección .....	54
3.2.1.9	Servicio al cliente .....	56
3.2.1.10	Gestión de riesgos.....	58
3.2.2	PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS .....	59
3.2.2.1	Condiciones ambientales.....	59
3.2.2.2	Gestión de personal .....	60
3.2.2.3	Gestión de Equipos .....	63
3.2.2.4	Gestión de Ítems de ensayo .....	67
3.2.2.5	Gestión de informes de análisis de resultados.....	69
3.2.2.6	Estimación de incertidumbre .....	72
3.2.2.7	Gestión de validación de métodos.....	73
3.2.2.8	Gestión de trazabilidad.....	76
3.2.2.9	Aseguramiento de la calidad .....	77
3.2.2.10	Procedimiento de ensayos .....	78
3.2.2.10.1	<i>Calibración de Pinzas Amperimétricas</i> .....	80
3.2.2.10.2	<i>Equipos para calibraciones en intensidad alterna [11]:</i> .....	80
3.2.2.10.3	<i>Equipos para las calibraciones en corriente continua [11]:</i> .....	81
3.2.2.10.4	<i>Operaciones previas</i> .....	82
3.2.2.10.5	<i>Proceso a seguir para la calibración</i> .....	85
3.2.2.10.6	<i>Definición de los puntos de medida</i> .....	86
3.2.2.10.7	<i>Manual de procedimientos para conexiones y realización de las medidas</i> .....	87
3.2.2.10.8	<i>Toma y tratamiento de datos</i> .....	89
3.2.2.10.9	<i>Interpretación de resultados</i> .....	91
3.3	ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO DEL LABORATORIO .....	92
3.3.1	DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL LABORATORIO.....	92
3.3.1.1	Área administrativa.....	92
3.3.1.2	Área para entrega y recepción de equipos .....	92
3.3.1.3	Bodega de almacenamiento .....	93
3.3.2	ÁREA PARA PRUEBAS .....	93

3.3.2.1 Iluminación .....	94
3.3.2.2 Elección de luminarias.....	94
3.3.2.3 Carga de los equipos de calibración .....	97
3.3.2.4 Personal del laboratorio.....	98
3.3.3 EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA.....	100
3.4 ANÁLISIS FINANCIERO .....	108
3.4.1 COSTOS LIGADOS A OPERACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y ADQUISICIÓN DE EQUIPOS .....	108
3.4.1.1 Costos de Inversión.....	111
3.4.1.2 Costos de operación y mantenimiento.....	112
3.4.2 ENSAYOS QUE OFRECERÁ EL LABORATORIO .....	113
3.4.3 ESTIMACIÓN DE INGRESOS .....	114
3.4.4 CÁLCULO DE INDICADORES ECONÓMICOS .....	116
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	120
4.1 CONCLUSIONES.....	120
4.2 RECOMENDACIONES .....	122
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	124
ANEXOS .....	127

## **RESUMEN**

La Empresa Eléctrica Quito al ser la empresa responsable de distribuir la energía eléctrica en la provincia de Pichincha y parte de la provincia de Napo, ha visto viable tener un laboratorio de calibración de instrumentos de medición de corriente, voltaje y energía eléctrica por lo que se ha dispuesto a realizar un estudio para conocer las especificaciones de dicho laboratorio y así poder decidir su implementación en la empresa.

Esta idea se ha presentado debido a que en el país existen pocos laboratorios que brinden este tipo de servicio y lo hacen bajo ciertas restricciones, por lo que en su mayoría las diferentes empresas envían la mayoría de sus equipos a calibrar o al proveedor del equipo o en su defecto a otro país que cumpla con los requisitos y sea validado por los organismos encargados.

Este estudio se realizará en base a los requerimientos que se deben cumplir según la norma ISO 17025, para poder dar garantía y validez del servicio final que se prestará a diferentes consumidores internos y externos; dentro de dicha norma se detallan todos los aspectos de los cuales debería constar un laboratorio de calibración para poder ser validado por los organismos rectores.

Con todo lo detallado anteriormente se realiza el estudio en cuestión, y al final se realizan las recomendaciones pertinentes en base del estudio realizado.

**PALABRAS CLAVE:** calibración, laboratorio, energía, eléctrica, ISO 17025.

## **ABSTRACT**

The Empresa Eléctrica Quito is the responsible company to distribute the electrical energy in the province of Pichincha and part of the province of Napo, has seen viable to have a laboratory of calibración of instruments of measurement of current, voltage and electrical energy by what have had to realise a study to know the specifications of said laboratory and like this can decide his implementation in the company.

This idea has presented due to the fact that in the country exist few laboratories that offer this type of service and do it under some restrictions, by what in his majority the different companies send the majority of his teams to calibrate or to the provider of the team or in his defect to another country that fulfil with the requirements and was validated by the organisms commissioned.

This study will realize in base to the requests that have to fulfil according to the norm ISO 17025, to be able to give guarantee and validity of the final service that will loan to different internal and external consumers; inside said norm details all the appearances of which would have to state a laboratory of calibration to be able to be validated by the organisms rectors.

With all the above, the study in question will be carried out, and in the end the pertinent recommendations will be made based on the study carried out.

**KEYWORDS:** calibration, laboratory, energy, electrical, ISO 17025.

# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

La Empresa Eléctrica Quito posee actualmente un convenio con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para fortalecer sus laboratorios mediante la adquisición de equipos de última tecnología que les permita cubrir un amplio margen de operación en mantenimientos y pruebas de rutina en todos los equipos pertenecientes a la zona de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito [2].

## **1.2 PROBLEMÁTICA**

La implementación de un Laboratorio de Calibración para equipos de medida en la Empresa Eléctrica Quito se torna necesario e importante, puesto que se pudo evidenciar que la Empresa Eléctrica Quito posee laboratorios antiguos y limitados para realizar las pruebas de rutina tales como pruebas de aislamiento [1], pruebas de aceites entre otras, en los transformadores.

Se evidenció que la Empresa Eléctrica Quito carece de las normativas y equipos adecuados para realizar las pruebas correspondientes en los diferentes equipos como: transformadores, re-conectores, transformadores de medida combinados (Trafomix), caja de maniobras, entre otros [2].

La Empresa Eléctrica Quito posee una cantidad considerable de equipos de medida como multímetros, pinzas amperimétricas y analizadores de calidad de energía, entre otros [2].

Todos estos equipos deben estar en un buen estado, lo que implica que deben estar calibrados correctamente ya que al ser equipos esenciales en el ámbito eléctrico se los usa diariamente por parte del personal operativo de la empresa, esto es esencial debido a que dichos equipos muestran resultados cuantitativos que deben estar entre los límites que se establecen en las normas vigentes para cada prueba y así poder ofrecer un servicio de calidad a sus usuarios.

En el Ecuador existe el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano donde la empresa envía sus equipos para que sean calibrados, debido a que es el único Centro dedicado a esta actividad en el país, sin embargo, esta institución tiene la limitante de poder calibrar equipos de hasta 1000 voltios(V).

Por esta razón la Empresa Eléctrica Quito se ve forzada a calibrar todos los equipos mayores a 1000 voltios (V) en el extranjero o en su defecto no calibrar varios equipos, lo que implica un costo sumamente alto y un tiempo considerable sin poder realizar las

pruebas de dichos equipos, lo que significa un perjuicio tanto para la empresa como para los clientes de la misma.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Con la problemática descrita anteriormente, se requiere realizar las especificaciones técnicas de equipos y los lineamientos generales a seguir según la norma ISO 17025 para implementar un laboratorio de Calibración en la Empresa Eléctrica Quito que permita calibrar equipos bajo la norma en cuestión, con miras a una acreditación nacional por parte del Sistema de Acreditación Ecuatoriano (SAE), con el fin de brindar el servicio de calibración de equipos no solo en la Empresa Eléctrica Quito sino a todas las distribuidoras del país, incluido el medio externo y así dar confiabilidad en las medidas de los equipos al realizar las pruebas en el sitio y en el laboratorio.

Con el fin de que todos los equipos calibrados en este laboratorio sean usados correctamente y brinden la garantía correspondiente a la hora de realizar las mediciones en todas las aplicaciones disponibles para cada equipo.

Se solucionará esta problemática mediante el estudio a continuación que refleja el levantamiento de la información de todos los equipos medidores de voltaje, corriente y energía, conjuntamente con el análisis de las normativas aplicables a cada equipo, disponibles en la Empresa Eléctrica Quito, además de una propuesta financiera para tener una idea de la viabilidad que tendrá la implementación de dicho laboratorio.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Elaborar las especificaciones técnicas para la implementación de un laboratorio de calibración de instrumentos de medición de corriente, voltaje y energía para la Empresa Eléctrica Quito según la norma ISO/IEC 17025:2017.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el levantamiento de las características técnicas de los equipos de medida que posee la Empresa Eléctrica Quito.
- Recopilar las normativas internacionales y nacionales aplicables a calibración de equipos de medidas eléctricas como voltaje, corriente y energía.
- Especificar equipos, infraestructura e instrumentos necesarios para la calibración de equipos eléctricos bajo normas nacionales e internacionales.

- Elaborar una propuesta financiera con precios actuales reales, mediante cotizaciones, flujos de caja, e índices de retorno de inversiones.

## **1.5 ALCANCE**

Se recopila la información de equipos eléctricos de medida ya sean de: voltaje, corriente y energía eléctrica disponibles en la Empresa Eléctrica, luego se recopilan las normas existentes nacionales como internacionales para cada equipo que se va a calibrar en el Laboratorio de Calibración y las normas para la gestión del mismo, para posteriormente poder especificar los elementos e infraestructura que van a formar parte del Laboratorio de Calibración.

Con todo lo mencionado anteriormente, se procede a realizar una propuesta financiera donde constan los valores unitarios de cada equipo necesario en el Laboratorio de Calibración y las recomendaciones pertinentes a la Empresa Eléctrica Quito sobre la implementación del Laboratorio de Calibración.

## **1.6 MARCO TEÓRICO**

### **1.6.1 DEFINICIÓN DE METROLOGÍA**

La metrología puede ser definida como “la ciencia de la medición, comprendiendo las determinaciones experimentales y teóricas a cualquier nivel de incertidumbre en cualquier campo de la ciencia y la tecnología” [3].

La metrología es una ciencia que depende de varios aspectos relacionados a las mediciones de las diferentes magnitudes como pueden ser: [4]

- Unidades de medida y sus patrones.
- Las mediciones: los métodos usados, la forma de ejecución y la estimación de su precisión.
- Los instrumentos de medición
- Los observadores, la forma correcta al leer las mediciones en los instrumentos de medición.

La metrología al tener varias aplicaciones se la puede clasificar en tres principales grupos que son: [12]

### **Metrología Industrial**

Se enfoca principalmente en asegurar las mediciones que se realizan por medio de una calibración periódica de sus instrumentos de medida, además de que dichas medidas deben estar relacionadas mediante comparaciones al Sistema Internacional de Unidades lo que se conocerá como trazabilidad, mediante buenas prácticas y procedimientos de medición que inciden y garantizan la calidad del producto o servicio [12].

### **Metrología Legal**

Está dirigida a proteger al consumidor, la cual espera garantizar que los datos o medidas indicados por el fabricante cumplen con todos los requerimientos establecidos por las entidades rectoras del país en ámbitos de interés público [12].

### **Metrología Científica**

Se encarga de los problemas técnicos y experimentales de la medición como nuevas formas de medición, desarrollo de patrones, etc. [12].

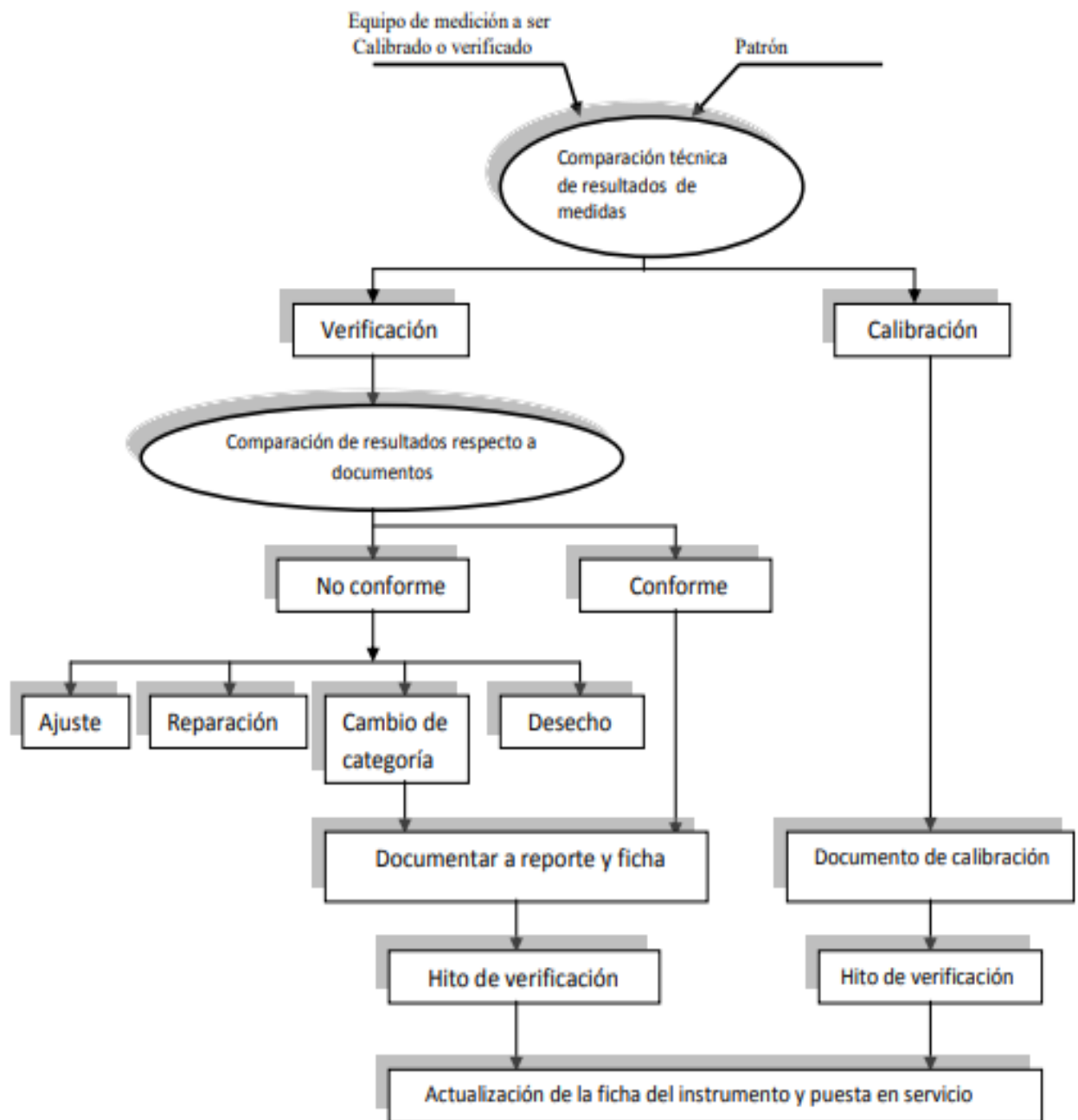
#### **1.6.2 CONFIRMACIÓN METROLÓGICA**

La confirmación metrológica se puede definir como “El conjunto de operaciones necesarias para asegurar que el equipo de medición cumple con los requisitos para su uso previsto” [5].

El tener o lograr una funcionalidad perfecta del equipo durante toda su vida útil o la mayor parte de la misma, en la práctica es algo muy complicado y difícil de mantener por lo que mediante el sistema de confirmación se puede mejorar la capacidad que posee el equipo [5].

Las actividades de las cuales consta principalmente la confirmación metrológica se pueden apreciar en la Figura 1.1.





**Figura1.1.** Confirmación metrológica [6]

### 1.6.3 CALIBRACIÓN

Se puede entender por calibración al grupo de operaciones que se realizan en condiciones específicas, o como una relación entre valores obtenidos por un equipo de medición y los correspondientes valores de las magnitudes establecidas por sus patrones [6].

Se debe tener en cuenta que cada vez que se realice una calibración en algún equipo de medida, dicha calibración debe estar acompañada de un certificado de calibración donde

se detallan qué procesos de medición se calibraron con sus respectivos errores, y en algunos casos con su incertidumbre. [6]

La confusión entre calibración y ajuste es muy frecuente ya que en varios instrumentos electrónicos se requiere tanto el ajuste a cero como al máximo, antes de ser usados. [6] Pero se debe tener en cuenta que la calibración del equipo es una exigencia previa para realizar el ajuste, y generalmente después de logrado el ajuste el equipo debe ser calibrado nuevamente [7].

En otras palabras, se puede entender por calibrar a registrar, procesar y contrastar la información de salida de un equipo de medición, en varios puntos de toda su escala, con el valor de confianza de un patrón (o combinación de patrones) que tiene la trazabilidad certificada, y así poder evaluar su incertidumbre [6].

#### **1.6.4 AJUSTE DE UN SISTEMA DE MEDIDA**

Según lo indicado en el numeral anterior, se entiende por ajuste al grupo de operaciones realizadas sobre un sistema de medida para proporcionar indicaciones prescritas, que corresponden a valores dados de la magnitud a medir [7].

#### **1.6.5 VERIFICACIÓN**

La verificación es el proceso por el cual se pueden interpretar los resultados que se conocen en el certificado de calibración correspondiente al equipo y con ello establecer si dicho equipo cumple o no con los requisitos establecidos [12].

#### **1.6.6 TRAZABILIDAD**

La trazabilidad se puede entender como la propiedad que posee una medición tomada por un instrumento o por un patrón para estar relacionada a referencias establecidas que pueden ser patrones tanto nacionales como internacionales, a través de una cadena ininterrumpida y documentada de comparaciones, todas ellas con incertidumbres determinadas [12].

#### **1.6.7 PATRÓN**

La definición del VIM (Vocabulario Internacional de Metrología) indica que un patrón es: "Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir uno o varios valores de una magnitud para servir de referencia" [3].

Es decir, cada uno de los instrumentos de medida, se calibran con patrones según la magnitud a la que se está calibrando, estos patrones deben ser comparados con los patrones nacionales que obliga el organismo que rige en cada país, y con patrones

internacionales si es necesario, para así tener validez en la medida que se está realizando y garantizar que la calibración de dicho instrumento es reconocida y aprobada a nivel internacional [6].

#### **1.6.8 PATRONES PRIMARIOS**

Son patrones relativos a ciertas magnitudes, que presentan altas cualidades metrológicas en sus respectivos campos de acción. Es aquel que en las mejores condiciones posibles puede ser directamente construido usando la definición de la unidad de medida para la cual se lo quiere utilizar [4].

Estos patrones nacionales se encuentran en laboratorios especializados de cada país en donde ya se tiene una actividad metrológica más organizada. A estos patrones se los calibra en cada laboratorio y por medio de mediciones absolutas. Los resultados que se dan en cada país se los compara entre sí para obtener la representación mundial promedio para el patrón primario de cada medida [4].

#### **1.6.9 PATRÓN SECUNDARIO O DE REFERENCIA**

Son los patrones cuyo valor se obtiene mediante la comparación con los patrones primarios. Estos patrones son utilizados para comparar patrones de orden inferior que son usados en distintos laboratorios o empresas particulares [4].

Estos patrones deben ser calibrados con los patrones primarios periódicamente, para así garantizar las comparaciones con patrones de precisión inferior que se hagan posteriormente [4].

#### **1.6.10 PATRONES TERCIARIOS O DE TRABAJO**

Patrones que, comparado con un patrón de referencia (secundario), se destinan a verificar los instrumentos de medición comunes de menor precisión que se usan diariamente [4].

Constituyen las herramientas básicas de medición en un laboratorio que son usadas para verificar y calibrar la exactitud y el comportamiento de las mediciones tomadas en los distintos procesos que se realizan [4].

#### **1.6.11 EXACTITUD**

Se conoce como exactitud de una medida a la proximidad de la concordancia entre el resultado de una medición y un valor real del mensurando. Es decir, la medida se considera más exacta cuando el error de medida es lo más pequeño posible [7].

### **1.6.12 PRECISIÓN**

La precisión de la medida es la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos adquiridos en mediciones repetidas de un mismo objeto, o de objetos similares, bajo condiciones especificadas. Esto se puede expresar en términos de una función de distribución de probabilidad o por medidas de dispersión [7].

Hay que tener claro que estos dos conceptos no son los mismos, y se los debe identificar claramente, ya que en muchas ocasiones se los confunde y para tratar de eliminar esta confusión se tienen 2 conceptos nuevos que son la repetibilidad y la reproducibilidad [3].

### **1.6.13 REPETIBILIDAD**

Es la proximidad de la concordancia entre los resultados de las mediciones continuas del mismo mensurando, con las mediciones realizadas aplicando todas las condiciones de repetibilidad que se enumeran a continuación [3]:

- El mismo procedimiento de medición
- El mismo observador
- El mismo instrumento de medición usado en condiciones iguales
- El mismo lugar
- La repetición dentro de un período corto

La repetibilidad se puede expresar de forma cuantitativa con la ayuda de las características de la dispersión de los resultados [3].

### **1.6.14 REPRODUCIBILIDAD**

Se entiende por reproducibilidad a la proximidad de la concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mensurando, con las mediciones realizadas haciendo variar las condiciones de medición [3].

La reproducibilidad será válida, siempre y cuando se aseguren las condiciones que se harán variar, estas condiciones son [3]:

- El principio de medición
- El método de medición
- El observador
- El instrumento de medición

- El patrón de referencia
- El lugar
- Las condiciones de uso
- El tiempo

La repetibilidad puede expresarse de modo cuantitativo usando la dispersión de los resultados. [3]

### **1.6.15 ERROR**

Según el VIM, se conoce al error como la diferencia entre el valor medido de una magnitud y un valor de referencia o verdadero [7].

Se sabe, que en toda medida que se realiza o se toma existen errores ya sea por el equipo de medición, el encargado de operar el equipo, el método que se utiliza, entre otras cosas, por lo que es importante tratar de minimizar estos errores ya que no se los podrá eliminar del todo para así obtener una medición mucho más confiable [12].

Al momento de clasificar los errores se lo puede hacer de varias maneras, pero aquí se lo hará en 2 grandes grupos que se recomienda en el VIM [7]:

#### **1.6.15.1 Errores Sistemáticos**

Son los errores que se repiten de manera constante y afectan al resultado en una sola dirección, solo aumentando o reduciendo la medida, generalmente se producen debido a un mal calibrado del equipo de medición. Estos errores se pueden eliminar con un análisis del problema y en muchos casos una auditoría por algún especialista en el tema que pueda determinar correctamente que se está omitiendo o haciendo mal en el procedimiento [6].

#### **1.6.15.2 Errores Aleatorios**

Este tipo de errores afectan al resultado en ambas direcciones aumentando y disminuyendo la medida, este tipo de error se puede reducir mediante un tratamiento estadístico al realizar varias medidas para las desviaciones [6].

### **1.6.16 INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre es un parámetro no negativo que viene asociado con el resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando [7].

Existen diferentes fuentes de incertidumbre como el material a medir, el proceso de medición, los patrones, entre otras que al ser inevitables siempre tendremos incertidumbre en la medición que se realice [12].

Para la cuantificación de las fuentes de incertidumbre se puede considerar 2 métodos, el primero basado en un análisis estadístico de una serie de mediciones y el segundo comprende todas las otras maneras de estimar la incertidumbre [12].

### **1.6.17 EVALUACIÓN TIPO A**

Es la evaluación que se hace a una componente de la incertidumbre de medida por medio de un análisis estadístico de los valores medidos bajo condiciones de medida definidas [7].

### **1.6.18 EVALUACIÓN TIPO B**

Es la evaluación de una componente de la incertidumbre de medida de una manera diferente al caso anterior [7].

### **1.6.19 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE PARA PINZAS AMPERIMÉTRICAS**

El procedimiento que será descrito a continuación será aplicable siempre y cuando los valores de intensidad se encuentren dentro de los rangos mostrados a continuación [11]:

- Intensidad continua: 10 A hasta 2000 A.
- Intensidad alterna, 60Hz: 10 A hasta 2000 A.

En la mayoría de casos las pinzas amperimétricas que son de lectura directa y digitales poseen una resolución de  $3^{1/2}$  o  $3^{3/4}$  dígitos, es decir, pinzas que lean 2000 cuentas o 4000 cuentas correspondientemente. Sin embargo, al cumplir con el principio de que la incertidumbre de calibración no supere un tercio del error de utilización admisible para el equipo a calibrar, se puede usar el procedimiento que se describe a continuación. En otras palabras, este procedimiento se podrá aplicar a todas las pinzas con cualquier resolución que tengan siempre y cuando se cumpla con el principio antes mencionado [11].

Primero hay que determinar la expresión de la magnitud de salida (error de la pinza a calibrar en cada punto de calibración), en función de todas las magnitudes de entrada [11].

Para determinar el error,  $e_x$ , de la indicación obtenida con la pinza a calibrar es necesario realizar cinco repeticiones y utilizando los valores medios del patrón y de la pinza a calibrar [11].

$$e_x = k_1(Lx + \delta Lx_1 + \delta Lx_2) - (k_2 + \delta k_2)(Lp + \delta Lp) \quad (1.1)$$

Y al despreciar los términos de segundo orden se tiene [13]:

$$e_x = (k_1Lx - k_2Lp) + k_1(\delta Lx_1 + \delta Lx_2) - k_2\delta Lp - \delta k_2Lp \quad (1.2)$$

Donde:

$k_1$ : Constante igual a uno para pinzas con lectura directa, en el caso de pinzas de lectura indirecta dicho valor es recomendado por el fabricante [11].

$L_x$ : Valor medio de las lecturas directas que se obtienen en la pinza, para las pinzas con lectura indirecta será el valor medio de las lecturas de voltaje (o corriente) a la salida de la pinza [11].

$\delta L_{x1}$ : Corrección que se da por la resolución finita del valor de la lectura  $L_x$  [11].

$\delta L_{x2}$ : Corrección de la lectura hecha con el voltímetro (o amperímetro) a la salida de la pinza que puede ser por varios efectos, y que son algo propio de las pinzas con lectura indirecta. Estos efectos pueden ser la deriva del voltímetro desde la última vez que fue calibrado, temperatura a la que funciona, falta de linealidad, efecto de las variaciones del voltaje de alimentación, y desviaciones ligadas a su calibración si no son corregidas [11].

$k_2$ : Constante propia del equipo patrón. En el caso de calibraciones en alterna la constante no será otra cosa que la relación de transformación que se escogió en el transformador patrón. Por otro lado, en el caso de tener una calibración en continua será la inversa del valor óhmico de la resistencia o shunt empleado en la calibración [11].

$\delta k_2$ : Corrección de la constante del patrón que se da por diversos efectos, como pueden ser deriva desde la última calibración, diferencias entre la corriente de calibración y la de uso, efecto de la temperatura, y desviaciones ligadas a su calibración si no se han corregido tomando los valores certificados. Cuando se utilice transformadores de intensidad es necesario tener en cuenta el efecto de carga, en el secundario del amperímetro, si dicha carga es diferente a la de las condiciones de calibración. En el caso de contar con un shunt para medidas en continua hay que tener en cuenta el auto calentamiento, si en la calibración se lo usa durante un intervalo de tiempo diferente del que se muestra en su certificado de calibración [11].

$L_p$ : Para pinzas de alterna será el valor medio de las lecturas de corriente que se tomen del secundario del transformador, o el valor medio de las lecturas de voltaje en los bornes de potencial del shunt cuando se haga calibraciones de pinzas en continua [11].

$\delta L_p$ : Corrección de la lectura hecha con el amperímetro o voltímetro del patrón que se da por varios efectos. Los efectos pueden ser falta de resolución, deriva que cuenta desde la última vez que tuvo una calibración, efecto que tiene la temperatura a la hora de operar, falta de linealidad, efecto de las variaciones del voltaje de alimentación, y desviaciones ligadas a su calibración si no se las ha corregido [11].

## Asignación de las componentes de la incertidumbre.

1. Incertidumbre ligada a ( $k_1$ ), por ser un valor invariable y teórico no cuenta con una incertidumbre ligada.
2. Incertidumbre asociada a ( $L_x$ ), debida a la falta de repetibilidad de las lecturas.

Se tomarán cinco valores obtenidos por la pinza o en el equipo ligado a la misma, cuando se tenga pinzas con lectura indirecta, siempre que haya variaciones. De otra forma esta contribución se obviará ya que es igual a cero. Se deben calcular los estimadores estadísticos que son una característica de la dispersión de los resultados conseguidos. Especialmente se debe calcular la media aritmética de los valores de  $L_x$ , la desviación estándar experimental,  $s(L_x)$ , y la desviación estándar experimental de la media que concuerda con la incertidumbre común de  $L_x$ . Al suponer que se cuenta con los cinco valores se tiene la siguiente expresión [11]:

$$\text{Desviación estándar experimental de la media} = u(L_x) = s(L_x) / \sqrt{5} \quad (1.3)$$

3. Incertidumbre ligada a ( $L_x$ ), dada por la incertidumbre de calibración del voltímetro (o amperímetro), esto se aplica exclusivamente para pinzas con lectura indirecta cuando el voltímetro o el amperímetro sean diferentes a los que se usa normalmente con las pinzas [11].

Esta incertidumbre se puede obtener del certificado de calibración. Dado que en los certificados se muestran incertidumbres expandidas ( $U_{certi}$ , con  $k=2$ ), para obtener la incertidumbre común se tiene que dividir el valor indicado por  $k_{certi}$  (suele ser 2). Cuando se tenga que el punto en el que será utilizado el voltímetro no sea similar a un valor certificado, se aumentará como una componente de incertidumbre la mayor incertidumbre de calibración de entre todos los puntos calibrados del rango en el que se utiliza [11].

$$u(L_x) = U_{certi} / 2 \quad (1.4)$$

4. Incertidumbre ligada a la resolución de la lectura ( $\delta L_x$ )

Para pinzas que tienen lectura digital sea directa o indirecta se tiene que considerar que el máximo error posible por la resolución es  $\pm 0,5$  veces el último dígito ( $Res=0,5$  dígitos). En el caso de pinzas con lectura analógica su resolución se la puede calcular al programar la fuente de corriente hasta que la aguja se situé en el centro de la división a calibrar, con esto, se cambiará poco a poco la fuente hasta observar



que la aguja se desvía del centro de la división, por lo que, la resolución será igual a la resta entre los dos valores y se los medirá por el correspondiente patrón [11].

La incertidumbre típica se puede obtener al suponer una distribución rectangular, es decir, dividiendo la resolución por  $\sqrt{3}$ . Esta contribución se debe expresar en unidades iguales a la de las demás contribuciones [11].

$$u(\delta Lx1) = \text{Res} / \sqrt{3} \quad (1.5)$$

5. Incertidumbre ligada con  $(\delta Lx2)$ , es la corrección de la lectura que fue tomada por el voltímetro (o amperímetro), a la salida de la pinza que se da por varios efectos, y que se aplica exclusivamente en el caso de pinzas con lectura indirecta en las que el voltímetro o el amperímetro no son los usados normalmente con las pinzas, y por ende no resulta agruparlos como parte del equipo a calibrar [11].

Como se sabe es muy difícil conocer cada una de las correcciones anteriores, por lo que es posible obtener estas componentes de las especificaciones dadas por el fabricante para el voltímetro o multímetro. En general dichas especificaciones aseguran que si el equipo opera bajo ciertas condiciones determinadas como son la temperatura, voltaje de alimentación, o el período de tiempo desde su última calibración, los errores de medida obtenidos no superarán los límites máximos o también llamados especificaciones. Para obtener la incertidumbre típica se supone una distribución rectangular por lo que hay que dividir especificaciones por  $\sqrt{3}$  [11].

$$u(\delta Lx2) = \text{espec.} / \sqrt{3} \quad (1.6)$$

Para realizar la aplicación del balance de incertidumbres con las contribuciones descritas anteriormente se debe garantizar que cuando las desviaciones certificadas para el voltímetro, o el amperímetro patronales la última vez que se los calibro excedan un límite (por ejemplo, el 25% de las especificaciones del fabricante) se debe realizar los ajustes que se requieran para reducir dichas desviaciones y no superen a este límite, acompañados de una nueva calibración. Con esto se facilita mucho el proceso desde el punto de vista práctico, ya que no se debe aplicar ninguna corrección a las lecturas que se obtengan con el voltímetro o amperímetro según sea el caso, y no será necesario considerar una contribución de incertidumbre por no aplicar la corrección adecuada por las desviaciones certificadas [11].

Para determinar el límite de ajuste que se menciona anteriormente es necesario que el voltímetro o amperímetro opere dentro de sus especificaciones hasta la

siguiente calibración, para lo cual se puede utilizar el historial de calibraciones anteriores. Este planteamiento no sería válido si se tiene una corrección de calibración considerable (puede ser superior al 25% de las especificaciones); por lo cual se tendría que sumar aritméticamente a la incertidumbre expandida final el valor más grande de esa corrección, y con esto se tiene una cota superior aceptable de la incertidumbre de calibración [11].

6. Incertidumbre ligada con ( $k_2$ ), dada por la incertidumbre de calibración del transformador de corriente o del shunt de los equipos de medida de alterna o continua, según corresponda. La determinación de la incertidumbre común se la puede obtener a través del mismo razonamiento utilizado en el punto 3 [11].

$$u(k_2) = U_{certi} / 2 \quad (1.7)$$

7. Incertidumbre asociada con ( $\delta k_2$ ), corrección a la constante del equipo patrón dada por varios efectos mencionados en la definición de ( $\delta k_2$ ) [11].

Para hacer uso del concepto de clase de precisión y usarlo como un límite superior de las posibles variaciones del valor del patrón por varios efectos se tiene que cumplir ciertos requisitos que son que el patrón a utilizar este en buen estado, sea usado en condiciones de referencia y se encuentre dentro de su período de calibración. En base a esto para obtener la incertidumbre común se puede suponer una distribución rectangular, por lo que se tiene que dividir la clase de precisión para  $\sqrt{3}$  [11].

$$u(\delta k_2) = clase / \sqrt{3} \quad (1.8)$$

Cuando se tiene el ámbito práctico se debe utilizar el valor certificado de la constante del equipo patrón. En el caso que dicho valor se encuentre medido a una corriente diferente de la corriente que usa normalmente, será necesario realizar una interpolación lineal para las dos corrientes de calibración más próximas. Con estas condiciones se puede omitir una contribución adicional de incertidumbre, debido a que el efecto que se tiene es mínimo y ya viene incluido en la clase de exactitud del patrón [11].

8. Incertidumbre asociada a ( $L_p$ ), dada por la falta de repetibilidad de las lecturas.

Si se tienen variaciones en las lecturas será necesario realizar cinco lecturas con el equipo patrón en las mismas condiciones de medida, de otro modo esta contribución sería igual a cero y no se tomará en cuenta. Se calcularán los

estimadores estadísticos que caracterizan la dispersión de los resultados obtenidos que pueden ser: la media aritmética de los valores de  $L_p$ , la desviación estándar experimental,  $s(L_p)$ , y la desviación estándar experimental de la media que concuerde con la incertidumbre común de  $L_p$ . Si se hacen las cinco lecturas se tiene que [11]:

$$\text{Desviación estándar experimental de la media} = u(L_p) = s(L_p) / \sqrt{5} \quad (1.9)$$

9. Incertidumbre relacionada a ( $L_p$ ), ocasionada por la incertidumbre de calibración del amperímetro o voltímetro del equipo patrón.

En este caso se aplica el mismo principio mencionado en el anterior punto 3 de la asignación de componentes de incertidumbre [11].

$$u = U_{certi} / 2 \quad (1.10)$$

10. Incertidumbre ligada a ( $\delta L_p$ ), corrección de la lectura hecha con el amperímetro o voltímetro del equipo patrón dada por diversos efectos.

En este caso se puede aplicar lo que se indica en el punto 5 de la asignación de componentes de incertidumbre [11].

$$u(\delta L_p) = espec / \sqrt{3} \quad (1.11)$$

**Nota:**

Esta nota se puede aplicar para las fuentes de incertidumbre ( $\delta L_x2$ ), ( $\delta k2$ ), ( $\delta L_p$ ), en lo que se refiere al manejo de los errores que se muestran en sus certificados de calibración [11]:

Cabe mencionar que se puede tener dos casos a la hora de considerar dichas correcciones que se indican en los certificados de calibración de los equipos que se utilicen como patrones para este procedimiento [11].

El primer caso será aplicar en cada punto las correcciones necesarias equivalentes a los errores que se muestran en el certificado de calibración, pero con el signo opuesto para así no incrementar la incertidumbre. Para el segundo caso no se realiza la corrección que se menciona en el primer caso, sino que, se suma aritméticamente el valor absoluto de esta corrección a la incertidumbre expandida encontrada sin considerarla, y con esto se puede tener un límite máximo de la incertidumbre [11].

Sin embargo, se puede despreciar el efecto de estos errores que se muestran en los certificados de calibración siempre y cuando estos sean inferiores respecto a otras contribuciones de la incertidumbre (un ejemplo puede ser, los errores son menores a la

cuarta parte de las especificaciones usadas en amperímetros, voltímetros o multímetros digitales). Esta situación se puede obtener de manera muy sencilla ya que solo basta con pedir obligatoriamente el ajuste de los patrones cuando los errores de calibración sobrepasen estos límites [11].

#### 11. Balance de las componentes:

**Tabla 1.1.** Balance de componentes para pinzas

Magnitud, $X_i$	Mejor valor estimado de la magnitud, $x_i$	Incertidumbre típica, ( $k=1$ ), $u(x_i)$	Distribución de probabilidad considerada	Coficiente de sensibilidad, $c_i$	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$
Lx	media de los valores de las repeticiones	$s(Lx)/\sqrt{5}$	normal	$C_1=k1$	$u_1(y) = k1 \cdot s(Lx)/\sqrt{5}$
Lx	media de los valores de las repeticiones	$U_{certi} / k_{certi}$	normal	$C_2=k1$	$u_2(y) = k1 \cdot U_{certi} / k_{certi}$
$\delta Lx1$	0	$Res./\sqrt{3}$	rectangular	$C_3=k1$	$u_3(y) = k1 \cdot Res./\sqrt{3}$
$\delta Lx2$	0	$Espec./\sqrt{3}$	rectangular	$C_4=k1$	$u_4(y) = k1 \cdot Espec./\sqrt{3}$
k2	Constante del transformador o shunt del patrón.	$U_{certi} / k_{certi}$	normal	$C_5=-Lp$	$u_5(y) = -Lp \cdot U_{certi} / k_{certi}$
$\delta k2$	0	$Clase / \sqrt{3}$	rectangular	$C_6=-Lp$	$u_6(y) = -Lp \cdot Clase / \sqrt{3}$
Lp	media de los valores de las repeticiones	$s(Lp)/\sqrt{5}$	normal	$C_7=-k2$	$u_7(y) = -k2 \cdot s(Lp)/\sqrt{5}$
Lp	media de los valores de las repeticiones	$U_{certi} / k_{certi}$	normal	$C_8=-k2$	$u_8(y) = -k2 \cdot U_{certi} / k_{certi}$
$\delta Lp$	0	$Espec./\sqrt{3}$	rectangular	$C_9=-k2$	$u_9(y) = -k2 \cdot Espec./\sqrt{3}$
$e_x$	--	--	--	--	$u(e_x) = \sqrt{\sum u_i(y)^2}$

Los factores de sensibilidad ( $C_i$ ), son calculados como las derivadas parciales de  $e_x$ , respecto de cada magnitud evaluada,  $X_i$ , en el punto de calibración correspondiente. Se debe considerar que para los valores indicados el mejor estimador para algunas magnitudes de entrada es cero.

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i) \quad (1.12)$$

### **Cálculo de la incertidumbre expandida:**

Para este caso se considera que todas las variables de entrada son independientes, y debido a esto no se necesita considerar los factores de correlación, entonces al aplicar la expresión de propagación de varianzas se tiene la siguiente expresión que corresponde a la incertidumbre expandida [11]:

$$U = k \cdot u(e_x) = k \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + u_4^2(y) + u_5^2(y) + u_6^2(y) + u_7^2(y) + u_8^2(y) + u_9^2(y)} \quad (1.13)$$

Si se da que la media pitagórica de las contribuciones 1, y 7 es mayor a la mitad de la media pitagórica de las demás se deberá ajustar el valor de k según los grados efectivos de libertad. En caso contrario, que considerando el ámbito práctico suele darse la mayoría de ocasiones el factor de cobertura que asegura la probabilidad de cobertura del 95% es k igual a dos [11].

Para que se pueda apreciar de mejor manera el cálculo que se debe realizar se detallarán dos ejemplos, el primero será de la calibración de una pinza con lectura directa en continua, y el segundo de una pinza con lectura indirecta en alterna que se podrá apreciar en el ANEXO B de este documento [11].

Este tipo de procedimientos tienen cierta diferencia para cada equipo por lo que no se puede usar el mismo procedimiento en otros equipos como multímetros, telurómetros, analizadores de calidad de energía, etc. [11].

En base a esto se puede seguir lo mencionado en el ANEXO C de este documento donde se detalla el proceso que se tiene que seguir para determinar la incertidumbre de multímetros digitales.

### **1.6.20 ACREDITACIÓN**

Es el procedimiento por el cual la autoridad competente reconoce formalmente que un laboratorio de ensayo o metrología según corresponda, posee la competencia técnica y la idoneidad necesarias para la ejecución de las funciones para las cuales aplicó a la acreditación [8].

En este caso el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) es el ente encargado de ofrecer la acreditación y certificación a los laboratorios del país, por lo que para el SAE “en la acreditación se verifica que los organismos que realizan las evaluaciones de la conformidad sean competentes en todos los ámbitos para los cuales están acreditados, además de actuar con imparcialidad y transparencia” [9].

Para que un laboratorio sea técnicamente competente en la ejecución de las pruebas que realiza debe considerar varios factores de los cuales depende la competencia técnica del laboratorio, como son [8]:

- Calificaciones, capacitación y experiencia laboral del personal.
- Equipos apropiados, con sus respectivos mantenimientos y calibraciones.
- Trazabilidad de la medición a normas nacionales y/o internacionales.
- Procedimientos apropiados y válidos para reportar y registrar resultados.

El lograr la acreditación de un laboratorio es tan beneficioso tanto para los que están a cargo del laboratorio como para los clientes, ya que el tener la acreditación permite a los usuarios del laboratorio encontrar un servicio garantizado y confiable en el momento de calibrar algún equipo o instrumento acorde a lo realizado en el laboratorio [12].

Por lo que el buscar la acreditación es un proceso extenso y en el cual se deben cumplir una serie de requisitos para asegurar la calidad del servicio prestado el laboratorio y los resultados de cada actividad realizada en el mismo.

#### **1.6.21 REQUISITOS PARA LA ACREDITACIÓN**

Para el caso de estudio, el Laboratorio de Calibración de instrumentos de medición de voltaje, corriente y energía para la Empresa Eléctrica Quito debe cumplir con todos los requisitos indicados en la Norma INEN-ISO/IEC 17025/2017 y con los requisitos generales y específicos establecidos por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

#### **1.6.22 PROCEDIMIENTO DE ACREDITACIÓN**

Según el Servicio de Acreditación Ecuatoriano hay que seguir un procedimiento indicado en su página web y que se resume a continuación [10]:

##### **Requisitos Generales**

Todo organismo que quiera obtener la acreditación debe cumplir con estos requisitos y adicionalmente con los que se establecen en la Norma ISO/IEC 17025 para laboratorios de ensayo y calibración y en la Norma ISO/IEC 15189 para laboratorios clínicos [10].

- Ser una entidad legalmente constituida, con personería jurídica.
- Contar con un sistema de gestión de la calidad en su organización, de acuerdo con la norma correspondiente.
- Tener el personal adecuado para desarrollar las actividades del laboratorio.

- Contar con una infraestructura acorde a las operaciones que se van a realizar.
- Estar al tanto de los requisitos establecidos por el SAE y cumplir dichos requisitos.

### **Solicitud de acreditación**

El laboratorio debe presentar en el SAE la solicitud de acreditación donde se defina claramente el alcance de la acreditación y debe adjuntar todos los documentos establecidos. Además, debe efectuar el pago de la tarifa vigente para poder iniciar con el proceso de acreditación [10].

### **Planificación de la evaluación inicial**

Equipo Evaluador: El Servicio de Acreditación Ecuatoriano escogerá un equipo evaluador, el mismo que dependerá del alcance de acreditación que el laboratorio solicite [10].

Y con esto, se procede cancelar el segundo pago de la tarifa vigente correspondiente a los costos del proceso de evaluación [10].

### **Evaluación**

Evaluación documental: El equipo evaluador debe revisar y evaluar todos los documentos correspondientes al sistema de gestión y técnicos del laboratorio y con esto emitir el informe correspondiente de los documentos [10].

Evaluación en sitio: El equipo evaluador debe verificar el sistema de gestión, la aplicación de sus procedimientos y la competencia técnica del personal que conforma el laboratorio. Además de verificar los resultados que se emiten a partir de las pruebas de inter-comparación y de calibración de los equipos para los cuales está diseñado el laboratorio [10].

### **Acciones correctivas**

En el caso de presentar no conformidades, el laboratorio tendrá un plazo definido por el SAE para corregir dichas no conformidades y seguir con el proceso de acreditación [10].

### **Toma de decisión**

La decisión de otorgar o no la acreditación se toma en base a toda la información relacionada y recolectada durante la evaluación y la manera de solventar las no conformidades por parte del laboratorio. Con esto se tendrá la acreditación que tiene una duración de 5 años, dentro de este período se realizarán evaluaciones anuales para

verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas correspondientes [10].

### **1.6.23 BENEFICIOS DE LA ACREDITACIÓN**

Los beneficios que brinda la acreditación a un laboratorio son muchos ya sea de carácter interno, externo o para el usuario [8].

#### **Beneficios de carácter interno y externo:**

- Atraer nuevos clientes, que buscan la garantía y validez de los resultados en organismos o laboratorios acreditados.
- Aumenta la confianza de los clientes en los resultados y certificados emitidos por el laboratorio.
- Mejora continua del sistema de gestión del laboratorio.
- Personal capacitado y competente en cada actividad del laboratorio.
- Las evaluaciones que se harán periódicamente por el organismo de acreditación ofrecen un punto de referencia al laboratorio para mantener la competencia y mejorar continuamente [8].

#### **Beneficios para el usuario:**

- Tienen la garantía de que los procesos son ejecutados por un organismo que es evaluado por personal competente e independiente [8].
- Un amplio mercado en el cual actuar y expandirse internacionalmente como resultado del reconocimiento dado por entidades de acreditación que garantizan la aceptación de los resultados a nivel internacional [8].

### **1.6.24 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA NORMA INEN-ISO/IEC 17025:2017**

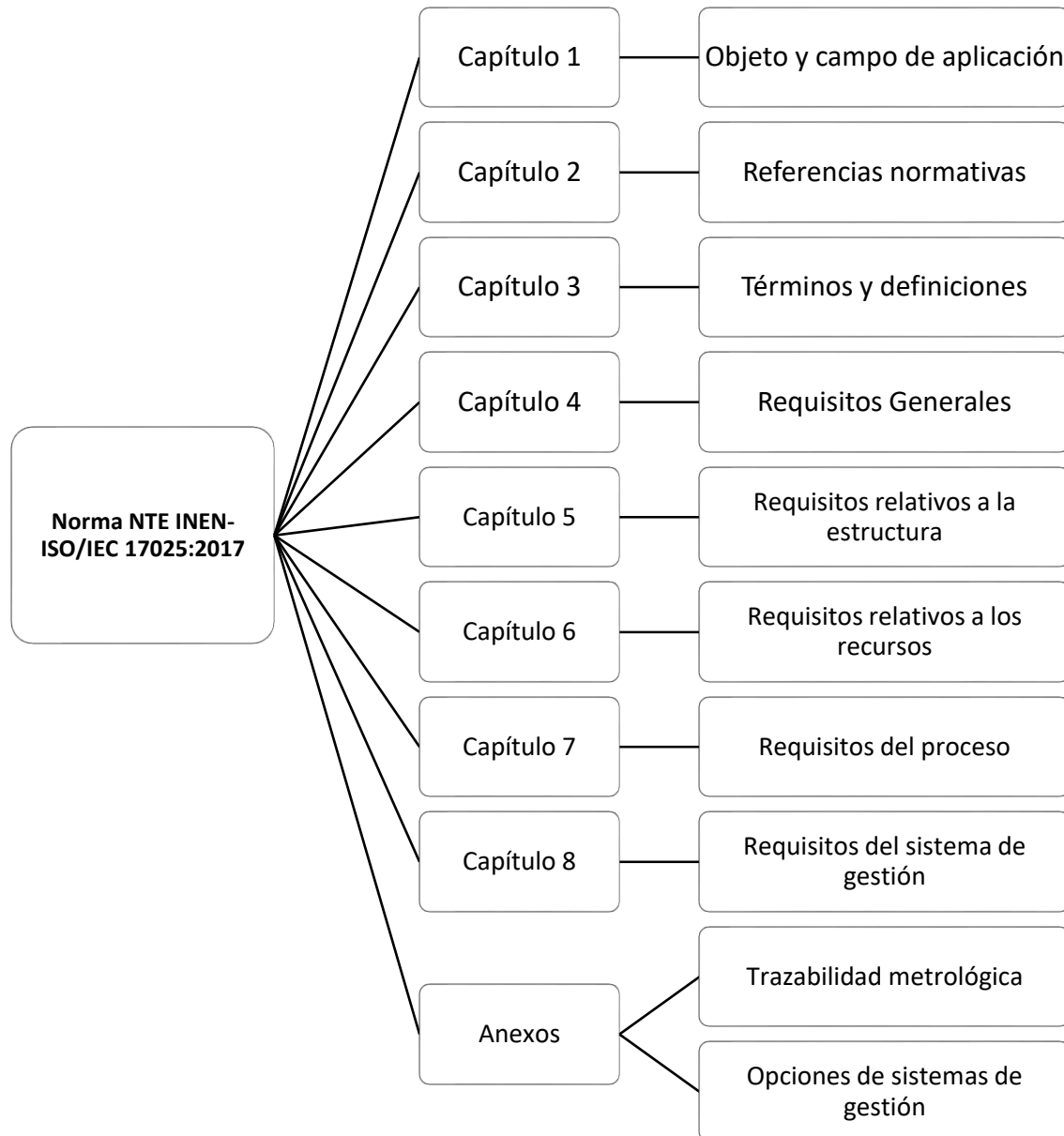
La norma INEN-ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración”, indica los requisitos tanto de gestión como técnicos que se deben cumplir por parte de los laboratorios que realicen ensayos y/o calibraciones a nivel internacional, para demostrar que están en la facultad de ofrecer resultados válidos en todas las mediciones o procesos que se rigen a esta norma [13].

Esta norma es un requisito obligatorio determinado por la máxima autoridad en el país que es el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) para todos los laboratorios que desean ser y estar acreditados como paso fundamental para la cooperación con otros laboratorios



u organismos con los cuales se pueda intercambiar información, validar y aceptar resultados [14].

La norma INEN-ISO/IEC 17025:2017 consta de ocho capítulos y dos anexos informativos, que en conjunto brindan toda la información necesaria y requisitos que deben cumplir todos los laboratorios y que se detallan en la Figura 1.2., además de que se los utilizará más adelante en el presente trabajo [13].



**Figura 1.2.** Estructura de la Norma INEN ISO/IEC 17025:2017

## **Capítulo 1: Objeto y campo de aplicación**

En este capítulo se determina mediante tres puntos específicos el alcance de la norma y a que organizaciones será aplicable [13].

## **Capítulo 2: Referencias normativas**

Aquí se citan los documentos importantes en los cuales se apoya esta norma [13].

## **Capítulo 3: Términos y definiciones**

Aquí se detallan algunas definiciones que ya vienen incluidas en las guías mencionadas el capítulo anterior [13].

## **Capítulo 4: Requisitos generales**

En este capítulo se abordan dos conceptos fundamentales que debe cumplir cada laboratorio que son la Imparcialidad y la Confidencialidad [13].

## **Capítulo 5: Requisitos relativos a la estructura**

Este capítulo hace referencia de manera general a la estructura de gestión y personal que debe poseer, al ser una entidad legal o parte definida de una debe tener el personal adecuado, calificado y con responsabilidades específicas para cada actividad junto con todos los recursos necesarios para desarrollar las mismas, además de llevar documentado cada proceso existente ya sea que se realice dentro del laboratorio, en instalaciones móviles del mismo o en instalaciones propias de los clientes [13].

## **Capítulo 6: Requisitos relativos a los recursos**

Aquí se detallan los requisitos en base a los recursos como los equipos, el personal, las instalaciones, trazabilidad metrológica, etc., con los cuales debe contar todo laboratorio y que se detallan mejor en el numeral 3.2. de este documento [13]:

## **Capítulo 7: Requisitos del proceso**

En este capítulo se muestran los documentos con los cuales debe contar cada proceso que se realice en el laboratorio y a continuación se los enumerará para posteriormente detallarlos en el numeral 3.2. [13].

1. Revisión de solicitudes, ofertas y contratos
2. Selección, verificación, y validación de métodos
3. Muestreo

4. Manipulación de los ítems de ensayo o calibración
5. Registros técnicos
6. Evaluación de incertidumbre de medición
7. Aseguramiento de la validez de los resultados
8. Informe de resultados
9. Quejas
10. Trabajo no conforme
11. Control de los datos y gestión de la información

### **Capítulo 8: Requisitos del sistema de gestión**

Este capítulo determina que el laboratorio debe establecer, documentar, implementar, y mantener un sistema de gestión que asegure la calidad de los resultados obtenidos en el laboratorio. Considerando dos opciones para cumplir con este capítulo, bien sea cumpliendo los requisitos de la Norma ISO 9001, o mediante el cumplimiento de ocho puntos que se enumeran a continuación y se detallan en el numeral 3.2. de este documento [13]:

1. Documentación del sistema de gestión
2. Control de documentos del sistema de gestión
3. Control de registros
4. Acciones para abordar los riesgos y oportunidades
5. Mejora
6. Acciones correctivas
7. Auditorías internas
8. Revisiones por la dirección

#### **1.6.25 ESTUDIO FINANCIERO**

El estudio financiero es uno de los pasos más importantes para identificar si el proyecto es o no viable, pero no el único ya que se tienen estudios de mercado, técnicos y de organización; con el objetivo de analizar las necesidades del tipo económico y financiero que precisa la puesta en marcha del proyecto, y así valorar la rentabilidad del mismo [15].

Dentro de cada análisis financiero que se hace en un proyecto es necesario considerar varios indicadores importantes para tener un análisis completo de la rentabilidad que tendrá el proyecto a lo largo del tiempo; estos son: Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR) y Costo-Beneficio [16].

#### 1.6.25.1 Valor actual neto VAN

El valor actual neto, valor neto actual (VNA) o valor presente neto (VPN), es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer las ganancias o pérdidas que se tendrán con dicha inversión. Para ello trae todos los flujos de caja al presente descontándolos a un tipo de interés determinado [17].

El método se basa en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que generan un proyecto o negocio y se tiene que comparar esta equivalencia con el desembolso inicial de capital [16].

Para calcular el VAN se hace uso de la Ecuación 1.14.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \quad (1.14)$$

En donde:

VAN: es el Valor actual neto.

I<sub>0</sub>: es la Inversión inicial (t=0).

F<sub>t</sub>: es el Flujo de dinero neto del período t.

n: es el número final en períodos de tiempo para el cual se analiza el proyecto.

k: es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión.

t: es el tiempo, es decir, número de períodos de tiempo.

Para llevar a cabo el cálculo del VAN se debe tomar en cuenta que la inversión inicial debe tener signo negativo desde el periodo cero, el signo negativo se debe a que ésta representa un desembolso de dinero que para el cálculo del VAN no es más que un egreso [17].

Los criterios de decisión sobre este indicador son los siguientes [17]:

Si VAN > 0: El proyecto generará beneficios.

Si VAN = 0: El proyecto no generará beneficios ni pérdidas.

Si VAN < 0: El proyecto generará pérdidas.

### 1.6.25.2 Tasa interna de retorno TIR

La tasa interna de retorno TIR es la tasa de interés o rentabilidad que puede dar una inversión, se define como la tasa de interés que disminuye a cero el valor presente, valor futuro, o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos [18].

La tasa interna de retorno TIR puede también ser definida como la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con los pagos, generando un VAN igual a cero como lo indica la Ecuación 1.15. [18]

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (1.15)$$

En donde:

F<sub>t</sub>: es el Flujo de dinero en cada período t.

n: número final de periodos de tiempo.

I<sub>0</sub>: es la Inversión inicial (t=0).

t: número de períodos de tiempo.

El criterio de selección según la Tasa interna de retorno será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN [18]:

Si TIR > k, al proyecto se lo acepta. En este caso, la tasa de rendimiento interno que se tiene es mayor a la tasa mínima de rentabilidad que se exige a la inversión.

Si TIR = k, se tiene un caso parecido al que se producía cuando el VAN era igual a cero. En este caso, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no existen opciones más favorables.

Si TIR < k, al proyecto se lo rechaza. No se alcanza la rentabilidad mínima que se pide a la inversión.

### 1.6.25.3 Costo-Beneficio

El análisis de costo-beneficio es un indicador financiero que busca conocer la rentabilidad del proyecto a realizar, se lo conoce también como índice neto de rentabilidad, y se obtiene al dividir el valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos entre el valor actual de los costos de inversión de un proyecto [19].

La Ecuación 1.16 describe el cálculo del costo-beneficio:

$$B/C = \frac{VAI}{VAC} \quad (1.16)$$

En donde:

B/C: es la relación beneficio-costo.

VAI: es el Valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos.

VAC: es el Valor actual de los costos de inversión o costos totales.

El criterio de selección para este indicador según el análisis que se haga será favorable cuando la relación costo-beneficio sea mayor que la unidad, en el caso de que la relación sea igual o menor que la unidad el proyecto no será rentable [19].

Si B/C mayor que 1 se entiende que existe rentabilidad del proyecto.

Si B/C igual o menor que 1 se entiende que no hay rentabilidad en el proyecto.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología para este documento se divide en varias etapas que serán explicadas a continuación, donde se detalla la importancia de cada una de ellas para la elaboración completa del documento y posteriormente la obtención de los resultados presentados en el siguiente capítulo.

### 2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En este punto se recaba la información de las fuentes más importantes como es la Norma ISO/IEC 17025:2017 a la cual se hace referencia en todo el documento, además se realizó una búsqueda de información en la que se pueda apoyar esta investigación, como son trabajos relacionados al tema de laboratorios implementados con la norma en cuestión; de la misma forma se acudió a las fuentes primarias para la recolección de datos proporcionados por los ingenieros encargados de la Empresa Eléctrica Quito, la misma que es muy importante en lo que se refiere a la cantidad de equipos que posee toda la empresa y que porcentaje de los mismos será posible de calibrar con la implementación de este nuevo laboratorio.

En base a lo mencionado anteriormente se puede apreciar la información en la Tabla 2.2. que corresponde al número de equipos que posee la empresa eléctrica en la actualidad agrupados en ocho grupos que serán detallados en el capítulo 3 de este documento y que se podrán calibrar con la posible implementación del laboratorio de calibración.

**Tabla 2.2.** Cantidad de equipos de la Empresa Eléctrica Quito

Ítem	Equipo	Cantidad
1	Voltímetros	5
2	Secuencímetros	61
3	Analizadores de Calidad	69
4	Telurómetros	1
5	Multímetros	45
6	Amperímetros	59
7	Equipos para determinación de resistencia de aislamiento y puesta a tierra	22

8	Equipos para determinar relación de transformación	2
	<b>TOTAL</b>	<b>264</b>

## **2.2 DETERMINACIÓN DE CRITERIOS Y ENSAYOS PARA LA CALIBRACIÓN DE EQUIPOS EN BASE A NORMAS**

En base a la norma ISO/IEC 17025:2017 se busca realizar una propuesta y una serie de recomendaciones para que el laboratorio cumpla con todos los requerimientos de la misma para implementar un laboratorio acreditado por el organismo correspondiente, y con esto lograr la expansión de sus instalaciones; por lo que se analizará cada punto de la norma y se establecerán los procedimientos para cumplir con cada requisito establecido.

## **2.3 REALIZAR LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LOS INSTRUMENTOS NECESARIOS PARA EL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

Con la información obtenida en los dos puntos anteriores y sobre todo la relacionada a los requisitos de la norma ISO/IEC 17025:2017, se procede a realizar las especificaciones técnicas que deben poseer los instrumentos que servirán en el Laboratorio de Calibración con el fin de obtener un equipo con la capacidad de calibrar a varios de los instrumentos de medida mencionados en la Tabla 2.2, y obtener ofertas por parte de los proveedores que garanticen la funcionalidad de sus equipos y la validez de los resultados que se obtenga de los mismos.

## **2.4 REALIZAR LA PROPUESTA FINANCIERA DE LA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN PARA LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO**

Con los resultados obtenidos en las etapas anteriores: instrumentos, características de los equipos, y cotizaciones de diferentes proveedores que pueden facilitar dichos equipos, se procederá a realizar una propuesta financiera analizando todos los índices económicos mencionados en el punto 1.6.25 de este documento, con la finalidad de determinar la rentabilidad del proyecto se buscará obtener valores reales o aproximados de equipos, infraestructura, y personal necesario para el completo funcionamiento del laboratorio.



Finalmente, con toda esta información se realizarán las recomendaciones pertinentes para brindar toda la información de forma clara y que se pueda usar este documento como referencia para el estudio de una futura implementación de un Laboratorio de calibración de instrumentos de medición de voltaje, corriente, energía, para la Empresa Eléctrica Quito.

## **2.5 APLICACIÓN DE LA NORMA**

Para la aplicación de cada uno de los puntos de la Norma ISO/IEC 17025 se debe tomar en cuenta que según la norma en cuestión se establecen dos tipos de procedimientos que el laboratorio debe cumplir y que se los agrupa en Procedimientos Técnicos y Procedimientos de Gestión, por lo que se detallará en el capítulo tres una breve descripción de cada tema y se recomendará la manera de realizar los documentos necesarios para cumplir con estos requerimientos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

A partir de la información consignada en la Tabla 2.2. de este documento en donde se detallan los equipos a calibrar con la creación de este laboratorio, se procede a describir cada grupo de equipos con las características principales que se pudieron obtener.

Cabe recalcar que estas tablas se obtienen de la información que la EEQ S.A. pudo proporcionar, pues no cuenta con un inventario actualizado de los equipos, además de que no se conoce el detalle exacto de los equipos personales que disponen los profesionales de la empresa como son multímetros o pinzas amperimétricas de uso diario.

Si bien es cierto la cantidad de equipos que se muestra a continuación es baja en relación al tamaño de la empresa, pero se hace énfasis en el hecho de que es una cantidad estimada y proporcionada por la misma empresa, por lo que dicha cantidad puede variar si se llega a realizar un inventario completo dentro de toda la EEQ S.A.

##### 3.1.1 VOLTÍMETROS

**Tabla 3.3.** Descripción de Voltímetros de la EEQ

Ítem	Equipo/Descripción	Cantidad
1	Voltímetro C.A 3CV,75V. 150V. 2016-(1973)	1
2	Voltímetro Amprobe	1
3	Voltímetro Y Óhmetro Tipo 107C	1
4	Voltímetro Serie #239926	1
5	Voltímetro EQ965Q150B	1
<b>Total</b>		<b>5</b>

##### 3.1.2 SECUENCÍMETROS

**Tabla 3.4.** Descripción de Secuencímetros de la EEQ

Ítem	Equipo/Descripción	Cantidad
1	Secuencímetro 9040 Fluke	1
2	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V. Mod-PSI-8031, Marca Amprobe	2
3	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V, Marca AEMC	14
4	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V, Meterman	1
5	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V, Marca AEMC. Mod 6608	3

6	Secuencímetro Mod-PSI-8031, Marca Kyoritsu	7
7	Secuencímetro trifásico de 0 a 120V, Marca AEMC	1
8	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V, Marca Amprobe	4
9	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V	14
10	Secuencímetro Marca Perri tipo giratorio Mod 8031	2
11	Secuencímetro AEMC	1
12	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V, Marca Extech	4
13	Secuencímetro indicador, Marca Kyoritsu 8031	1
14	Secuencímetro trifásico de 0 a 600V, Marca Phase rotation	2
15	Secuencímetro, Marca Fameca tipo Tag 100N°0791	2
16	Secuencímetro Mod-PSI-8030, Marca AWS	1
17	Secuencímetro trifásico marca Ferre, tipo giratorio AWS sperry	1
<b>Total</b>		<b>61</b>

### 3.1.3 ANALIZADORES DE CALIDAD

**Tabla 3.5.** Descripción de Analizadores de Calidad de la EEQ

<b>Ítem</b>	<b>Equipo/Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
1	Analizador de calidad de energía eléctrica trifásico, con accesorios, Marca Fluke 1744	27
2	Analizador de calidad de energía eléctrica trifásico, con accesorios	20
3	Analizador de calidad de energía eléctrica trifásico, Marca Fluke	10
4	Analizador de calidad de energía eléctrica trifásico, Marca AEMC Mod 3945-B	6
5	Analizador de calidad de energía trifásico, índice de voltaje hasta 500kV, con probadores de corriente y accesorios, Marca AEMC Mod. 8333	1
6	Analizador de calidad de energía eléctrica trifásico, Marca AEMC	2
7	Analizador de calidad de energía eléctrica monofásico, Marca Fluke 434 Power Quality Analyzer	2

8	Analizador de calidad de energía eléctrica trifásico, con accesorios, Marca ECAMEC	1
<b>Total</b>		69

### 3.1.4 TELURÓMETROS

**Tabla 3.6.** Descripción de Telurómetros de la EEQ

Ítem	Equipo/Descripción	Cantidad
1	Telurómetro con funciones de medición de perturbaciones de voltaje, frecuencia y resistencia de puesta a tierra, Marca TENTECH MOD. EM4058	1
<b>Total</b>		1

### 3.1.5 MULTÍMETROS

**Tabla 3.7.** Descripción de Multímetros de la EEQ

Ítem	Equipo/Descripción	Cantidad
1	Multímetro Kyoritsu Mod. 2602	1
2	Multímetro digital escalas: 0-1000V AC, 0-1000V DC, 10A, Auto rango, Marca Fluke 287	8
3	Multímetro digital escalas: 0-600V, 0.50 MA a 10.00A, AC/DC, de precisión	6
4	Multímetro digital escalas: 0-1000V AC, 0-2A(AC-DC), 0-20Megaohms, Marca Fluke.	4
5	Multímetro digital Marca Fluke	2
6	Multímetro digital automotriz, Marca Taisco	2
7	Multímetro digital 0-1000A, 0-700V, AC-DC, Fluke 187 Mms Multimeter	1
8	Multímetro digital auto rango 0-1000V AC, 0-1000V DC, 10A, 4 1/2 dígitos, Marca Fluke Mod 189	1
9	Multímetro de inductancias, capacidades, resistencias, transistores y diodos, rango 0.01 a 20MΩ, 0.1 PF a 2000PF, Marca BK precision USA Mod 879	2

10	Multímetro GB GMT-12P	1
11	Multímetro Digital Escalas: 0-1000V, 0-10A, 0-5UF, 0-40 Ohms, 0-5UF, Marca Fluke 87V	2
12	Multímetro digital de precisión de 0-600V, 80A, 10Kohmios, Marca Zero Mod. BK precision 316	3
13	Multímetro digital Fluke 88, hoster protector, batería instalada, estuche C800, manual usuario uso automotriz, guía de referencia, puntas de prueba TL24, puntas de prueba industriales TP20, Glips Tipo lagarto	1
14	Multímetro digital escalas: 0-600V, 0.50 MA a 10.00A, AC/DC, de precisión, Marca Fluke Mod 289	3
15	Multímetro digital de 0-1000V DC, 0-750V AC, 0-10A, Clase 0.2	1
16	Multímetro digital automotriz	2
17	Multímetro digital 0-1000V DC, 0-750V AC, 0-2A	1
18	Multímetro digital 0-1000V AC, 0-1000V DC, 10A	1
19	Multímetro digital AC/DC 1000V, con 2 pinzas volta-amperimétricas 0-600A y 0-5A, Marca Fluke 179	1
20	Multímetro digital automotriz MY-62	1
21	Multímetro digital escalas: 0-1000V AC, 0-1000V DC, 10A, Auto rango, Marca Fluke 289	1
<b>Total</b>		<b>45</b>

### 3.1.6 AMPERÍMETROS

**Tabla 3.8.** Descripción de Amperímetros de la EEQ

Ítem	Equipo/Descripción	Cantidad
1	Amperímetro digital de A.T, 40Kv, 2000A	4
2	Amperímetro digital 69KV, 1000A	12
3	Amperímetro digital de A.T, 40KV, 2000A, Marca Sensorlink	8
4	Amperímetro digital de A.T, 40Kv, 2000A, Marca Ampstik	6
5	Amperímetro digital 69KV, 2000A	1

6	Amperímetro digital de A.T, 40Kv, 2000A, Marca Chance	4
7	Amperímetro digital 69KV, 1000A Hyelec	1
8	Amperímetro de alta tensión desde 0 a 1979A AC, para 69KV	2
9	Amperímetro digital A.T 2000A	1
10	Amperímetro digital de A.T, 40KV, 2000A, Marca Logmaster Mod LM2000A	2
11	Amperímetro 92 L5 93 YEW	1
12	Amperímetro de alta tensión desde 0 a 1979A AC, para 69KV, Marca Ampstik	1
13	Amperímetro de C.A 1-5A	1
14	Amperímetro máxima corriente 5000 Cat. N°Meamp32rn Chance	1
15	Amperímetro digital A.T, 40KV, 2000A Marca Higt-Voltage	1
16	Amperímetro de extensión para alta tensón, 69KV, 2000A, Marca Chance	1
17	Amperímetro digital 69KV, 1000A, Marca Ampstik	1
18	Amperímetro de extensión para alta tensón, Hubbell AB Chance	3
19	Amperímetro de CA, escala 0-400A	1
20	Amperímetro Halo 110-1999 VAC, Cat 9390	2
21	Amperímetro digital A.T, 40KV, 2000A, Marca Hastings	1
22	Amperímetro de CA 0-1, 0-2	1
23	Amperímetro de 500-5	2
24	Amperímetro de alta tensión desde 0 a 1979A AC, para 69KV, Marca SensorLink	1
<b>Total</b>		<b>59</b>

### 3.1.7 EQUIPOS PARA DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y DE PUESTA A TIERRA

**Tabla 3.9.** Descripción de Equipos para determinar resistencia de aislamiento y de puesta a tierra de la EEQ

Ítem	Equipo/Descripción	Cantidad
1	Equipo de medición de resistencia de aislamiento y continuidad, 5KV- 1Tera-ohmio Marca Fluke Mod. 1550B	1
2	Equipo medidor de baja resistencia Marca AVOBIDLE. Mod. 247701	1
3	Equipo de medición de resistencia de bobinados para generadores y transformadores, MEGGER	1
4	Equipo de medición de resistencia de aislamiento y continuidad, 10KV-35Tera-ohmio, portátil, Meguer S1-1054/2	1
5	Equipo de medición de resistencia de aislamiento, 5KV, Cables, transf, gener, motor, aislad, cableado, Marca Megger	3
6	Equipo de medición de resistencia de aislamiento y continuidad, 10KV-35Tera-ohmio, portátil.	1
7	Equipo de medición de resistencia de aislamiento y continuidad, 5KV-5Tera-ohmio, megometro, Marca AEMC, Mod 5060	1
8	Equipo comprobador de resistencia de aislamiento, 5KV, Marca AEMC, Mod 6550	1
9	Equipo de pruebas de resistencia de aislamiento y continuidad, 2KV, Marca Slaughter, Mod 2945	1
10	Equipo de prueba de resistividad de suelo y resistencia de puesta a tierra, 50-100V, accesorios y estuche, Marca Megger Det4tcr2	3
11	Equipo de medición de resistencia de aislamiento y continuidad, 5KV-5Tera-ohmio, Megaohmetro, Marca Megger S1568	1
12	Equipo de medición de resistencia de aislamiento, 10KV, 20Tera-ohmios, cables, transformadores, generadores y aisladores, Marca Megger	1

13	Equipo de medición de resistencia de aislamiento, 5KV, Cables, transf, gener, motor, aislad, cableado	2
14	Equipo de prueba de resistividad de suelo y resistencia de puesta a tierra, 50-100V, accesorios y estuche, Marca AEMC, Mod 4630	1
15	Equipo de medición de resistencia de aislamiento, 10KV, 20Tera-ohmios, cables, transformadores, generadores y aisladores	2
16	Equipo de medición de resistencia de aislamiento y continuidad de 1KV, rango: 0,01Mohmios a 2Gigaohmios, voltajes de comprobación de aislamiento: 50V,100V,250V,500V, 1000V, Marca Fluke 1587	1
<b>Total</b>		22

### 3.1.8 EQUIPOS PARA DETERMINAR RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN

**Tabla 3.10.** Descripción de Equipos para determinar relación de transformación de la EEQ

Ítem	Equipo/ Descripción	Cantidad
1	Equipo para pruebas de relación de transformación TIR BIDDLE CAT. 550005.	1
2	Equipo de medición de curvas de los transformadores de corriente y su relación de transformación Multi-Amp CTER91	1
<b>Total</b>		2

### 3.2 ANÁLISIS DE LA NORMA ISO/IEC 17025

Al ser de aplicación internacional detalla todos los requisitos que los laboratorios deben cumplir y con ello asegurar que tienen plena capacidad de generar resultados válidos, y al demostrar que los laboratorios cumplen con este documento también se garantiza que operan de manera general con los principios de la Norma ISO 9001 [13].

Para la aplicación de cada uno de los puntos de la norma, es necesario agruparlos en dos grupos que son: los Procedimientos de Gestión y los Procedimientos Técnicos los mismos que se explicarán a continuación.



### **3.2.1 PROCEDIMIENTOS DE GESTIÓN**

Los procedimientos de gestión son una parte fundamental para el buen desempeño de un laboratorio y con ello cumplir con el numeral 8 de la norma en cuestión, para así estar bajo los requisitos establecidos en dicha norma y lograr con ello la validez de los resultados y la acreditación por parte del organismo correspondiente [13].

A continuación, se desglosa una serie de ítems que corresponden a los procedimientos de gestión, y con esto se cumplen varios puntos establecidos en la norma.

#### **3.2.1.1 Gestión de documentos**

Con la gestión de documentos se busca describir la metodología que debe seguir el laboratorio para elaborar, emitir, distribuir, controlar y modificar todos los documentos de acuerdo con lo establecido por la norma.

Para elaborar un documento lo suficientemente claro y que detalle todo lo mencionado anteriormente, debe contener los siguientes puntos:

**Objetivo:** Establecer el objetivo que tiene el documento de gestión de documentos.

**Alcance:** El alcance que tendrá el procedimiento en cuestión, en este caso afecta tanto a documentos externos como internos que se detallan más adelante.

**Definiciones:** Definiciones que se consideren pertinentes y que constarán dentro del documento.

**Referencias:** Material externo, normas, libros, u otros documentos en los cuales se apoyan para la creación de este documento.

#### **Descripción General**

Un breve resumen para identificar sin confusiones los diferentes documentos emitidos y realizados dentro del laboratorio, aquí se puede considerar llevar una codificación para cada tipo de documento dentro del laboratorio.

#### **Documentos Internos:**

Son documentos elaborados por el laboratorio, cuya información es aplicable en el desarrollo de las actividades y relacionados a la calidad de estas, pueden ser: instructivos, procedimientos, formatos, etc.

Aquí se debe detallar cada uno de los pasos del proceso a seguir para desarrollar todos los documentos internos del laboratorio, dentro de este proceso se pueden considerar los siguientes puntos:

- La elaboración de documentos internos
- Revisión y aprobación de documentos
- Edición de documentos
- Control
- Difusión
- Distribución interna
- Distribución externa
- Modificaciones

### **Documentos Externos:**

En este caso se refiere a los documentos externos que pueden ser usados como referencias, bien sean normas, manuales, métodos para realizar ensayos, etc., para la elaboración de documentación útil para el laboratorio, por lo cual, se designará a un responsable de revisar, verificar, modificar y aprobar o no la utilización de dichos documentos, y de ser necesario se pueden difundir o distribuir los mismos al personal adecuado.

### **Reemplazo de documentos**

El laboratorio debe llevar un procedimiento para el correcto reemplazo de documentos, por nuevas versiones de los mismos, para esto debe marcar debidamente los documentos para evitar confusiones y usos inadecuados de los mismos hasta que se les declare obsoletos, con lo cual se los eliminará física o digitalmente según estén almacenados.

### **Anulación de documentos**

Los documentos podrán ser anulados al caer en desuso y deberán ser destruidos para evitar confusiones.

### **Archivo de documentos**

Los documentos del sistema de gestión de la calidad deben ser archivados físicamente y de la manera más clara posible donde se indique el tipo de documentación.

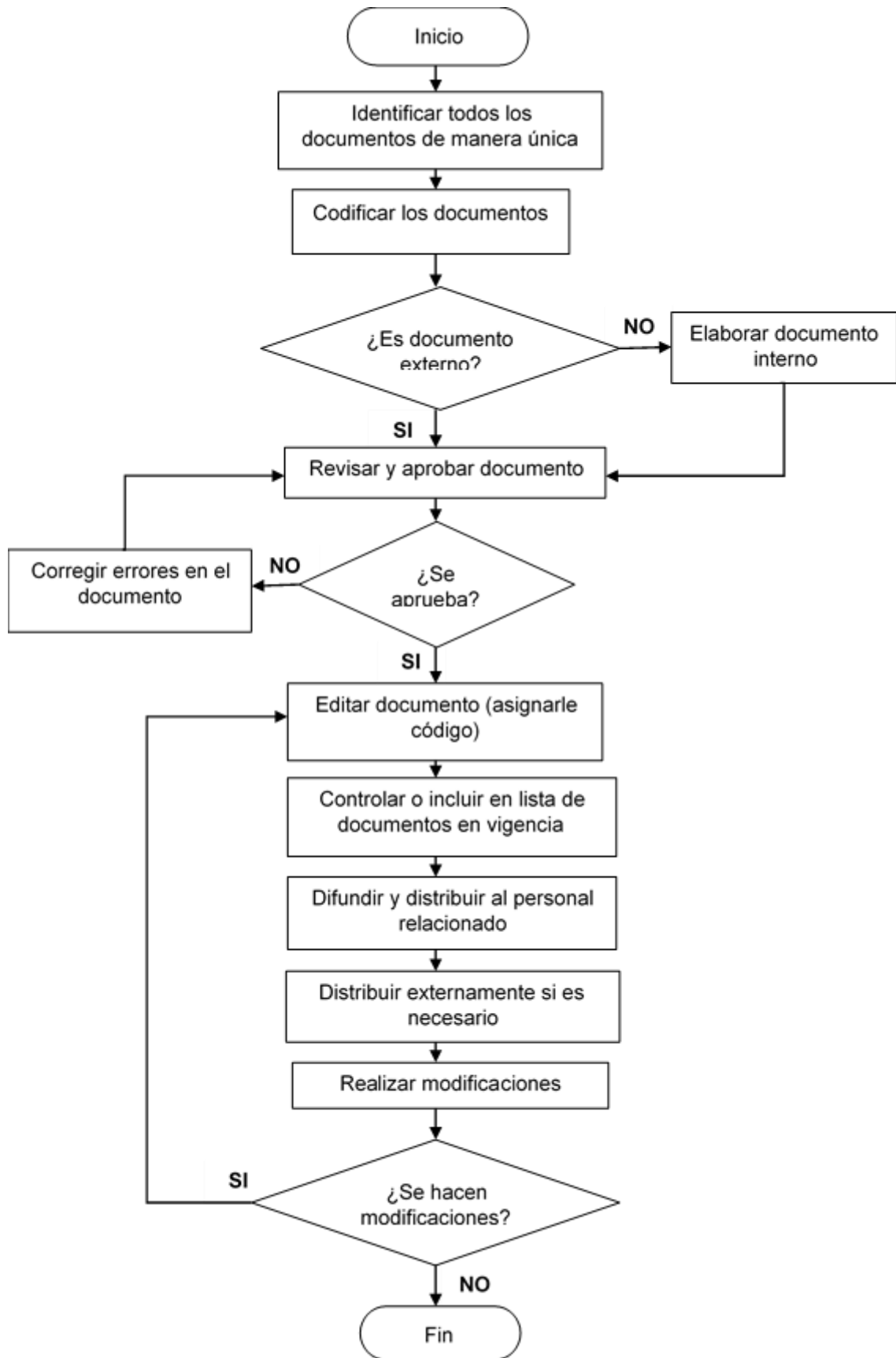
### **Manejo de documentación confidencial**

El laboratorio debe garantizar la confidencialidad de sus documentos, para ello tomará las medidas necesarias con el objetivo de que la información sea accesible solo al personal autorizado, y evitar que se reproduzca total o parcialmente dicha información, dado que esto significaría una grave afectación al desempeño y la imagen del laboratorio, además de los intereses del cliente.

### **Anexos**

En este apartado el laboratorio debe indicar la información adicional que considere pertinente en el documento, como puede ser la estructura básica de los documentos, las claves o siglas de identificación para cada proceso, el cuadro de responsabilidades, entre otras.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo para el procedimiento en cuestión Figura 3.3., donde es necesario recordar que dicho diagrama corresponde a la parte de descripción del documento que se debe elaborar, dado que todos los documentos que se recomiendan realizar a partir de aquí deben llevar los puntos necesarios que se mencionan en el numeral 3.2.1.1.



**Figura 3.3.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de Documentos

### **3.2.1.2 Archivo de documentos y control de registros**

Este procedimiento se aplicará a todos los documentos y registros que se relacionan con el sistema de gestión de calidad establecido en el laboratorio. Por lo que se puede seguir los mismos puntos del numeral anterior como son: Objetivo, Alcance, Referencias, Anexos, y en el acápite se puede destacar [13]:

#### **Descripción**

Detallar la codificación de las carpetas de archivos, diferenciando:

#### **Documentos externos**

Estos pueden ser de gestión como la norma ISO/IEC 17025 u otra norma vigente, criterios, procedimientos, políticas del organismo de acreditación, o pueden ser técnicos como normativas de control o documentos que incluyan métodos analíticos de referencia.

#### **Documentos obsoletos**

De la misma manera, pueden ser de gestión o técnicos y se debe especificar el año, el nombre del documento, así como si es técnico o de gestión.

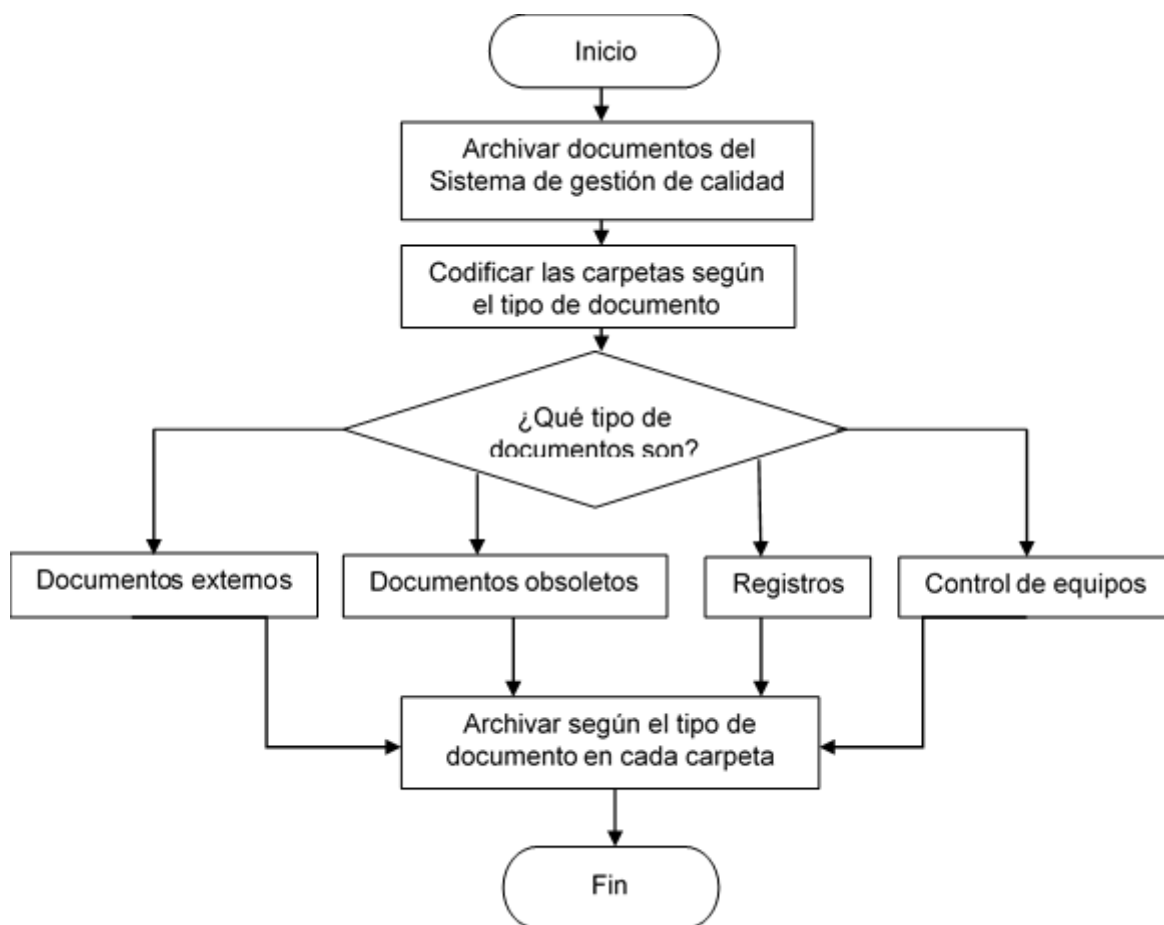
#### **Registros**

Los registros pueden ser de calidad o técnicos y según el medio de almacenamiento se debe tener en cuenta que todos los registros deben conservarse al menos cinco años, y deben ser revisados al menos cada año.

#### **Control de Equipos**

El laboratorio debe tener una carpeta que almacene información de los equipos disponibles en el laboratorio como son la ficha de los equipos, el inventario, ingreso de bienes adquiridos, los informes y programas de calibración, verificación y mantenimiento para cada equipo.

En la Figura 3.4. se presenta el diagrama de bloques correspondiente al procedimiento de archivo de documentos y control de registros.



**Figura 3.4.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Archivo de documentos y control de registros

### 3.2.1.3 Auditorías internas

En este caso, el documento debe contar con toda la información necesaria para realizar auditorías internas que ayuden a verificar el cumplimiento de todos los aspectos relacionados con el trabajo que se realiza en el laboratorio. Por lo que, al igual que en los casos anteriores se establecen varios puntos que se pueden incluir como son: Objetivo, Alcance, Referencias, Descripción, Formatos generados, Anexos, según estime conveniente el encargado de realizar este documento; lo que se puede sugerir es en el campo de Descripción, el mismo que puede constar de [13]:

Una descripción detallada de los pasos que debe seguir el laboratorio para realizar una auditoría interna, donde se establezcan los objetivos, el alcance, el número de auditorías en un año, y que aspectos del laboratorio se auditarán.

## **Preparación**

Aquí se debe establecer la fecha y el alcance que tendrá la auditoría, seleccionar el personal calificado para realizar la misma y que no tenga responsabilidades directas o conflicto de interés con las actividades a ser auditadas, y un cuestionario que se vaya a usar durante la auditoría conocido también como lista de verificación auditoría interna cuyo formato depende del estilo del auditor pero que debe constar de preguntas o verificaciones concretas a realizar.

En caso de no contar con el personal calificado internamente y se requiera de un auditor o un equipo externo para la auditoría, estos deben cumplir con ciertos criterios y presentar documentos para demostrar su capacitación como auditores calificados, entre los cuales están: currículum vitae, certificados, etc.

## **Notificación**

Después de la preparación se procede a notificar a todo el personal responsable del área a ser auditada a través de un documento físico o digital, con un tiempo prudente de anticipación.

## **Ejecución**

La ejecución de la auditoría consiste en verificar y observar si se cumplen los requisitos del sistema de calidad, todo esto siguiendo los cuestionarios de auditoría donde se anotarán todas las observaciones que se detecten. Posteriormente, se debe realizar una reunión para informar de las novedades que se encontraron, y las acciones que se tomarán ya sea para corregir alguna deficiencia o para mejorar algún aspecto del laboratorio.

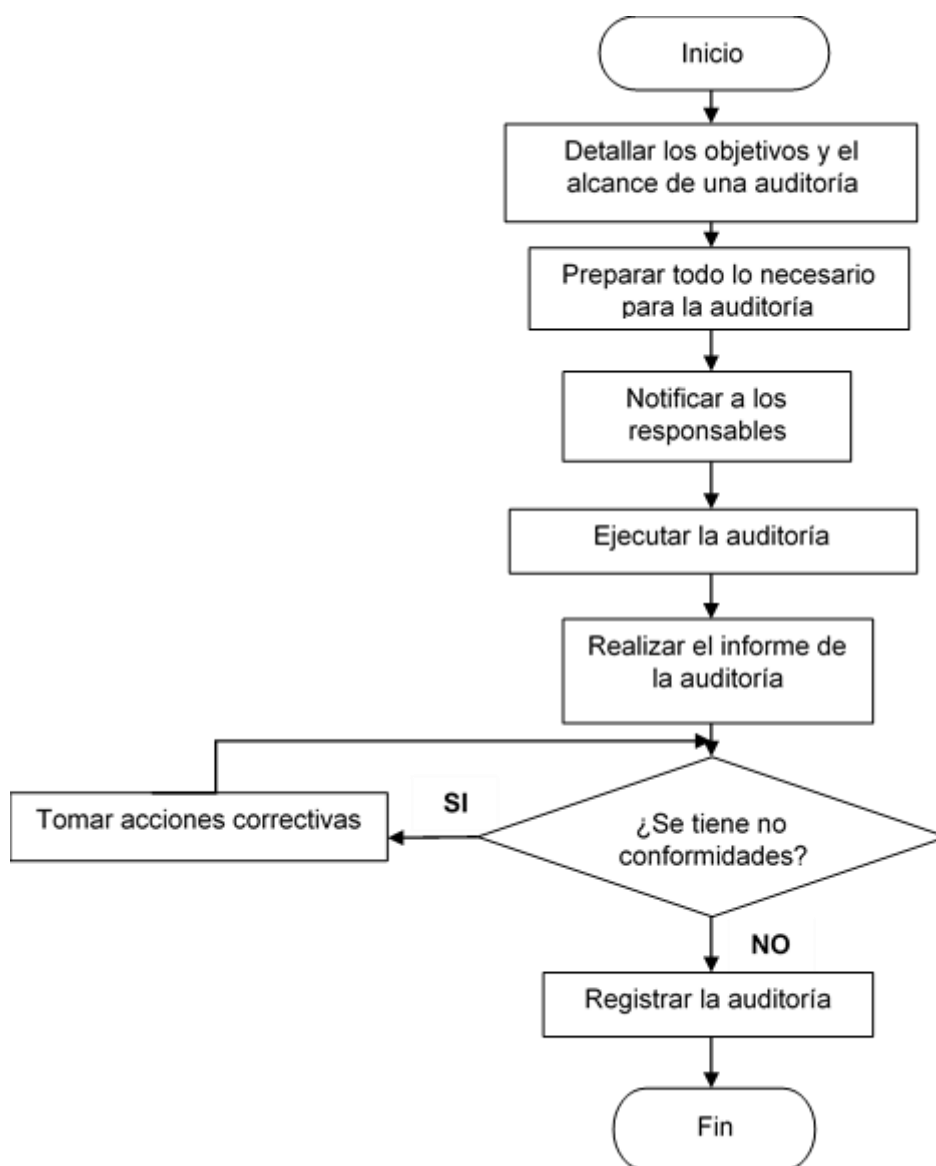
## **Informe**

Al terminar la auditoría se deberá realizar un informe de los resultados obtenidos en la auditoría en un plazo máximo de quince días, para que los responsables del área auditada procedan a tomar las acciones correspondientes. Con esto se debe realizar un seguimiento de las acciones a tomar hasta que se haya eliminado la causa de la no conformidad presente en la auditoría.

## **Registro de la auditoría**

Se debe llevar un registro de todas las auditorías internas que se realicen en el laboratorio con la información pertinente que ayuden a identificar claramente cada documento de cada auditoría realizada. Por lo que, los documentos como el: Plan de auditorías, Programa de

auditorías, Cuestionarios de auditorías, Informes finales y de no conformidad, deben estar sometidos al control de documentos y pueden incluirse otros que se consideren adecuados.



**Figura 3.5.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Auditorías Internas

#### **3.2.1.4 Solicitudes, ofertas, contratos y recepción de equipos**

Este punto se refiere al proceso que el laboratorio implementará para asegurar que todas las actividades como solicitudes, contratos para compra de equipos, instrumentos recibidos y ofertas emitidas sean planificadas adecuadamente. Para ello se puede seguir el formato de los documentos anteriormente descritos, y se puede tener en cuenta que en la descripción del documento hay que considerar [13]:



## **Generalidades**

El laboratorio debe establecer la forma de recibir las peticiones para las calibraciones de equipos, si es mediante un correo electrónico, verbalmente, o en una solicitud física, con esta solicitud el laboratorio debe elaborar una proforma que se enviará al cliente para que conozca el valor del servicio solicitado y al llegar a un acuerdo se pueda continuar con el proceso.

Para los procesos que se considere necesario realizarlos a través del SERCOP, se realizará con el departamento adecuado y encargado de compras públicas, donde el responsable del laboratorio del proceso en cuestión emitirá la cotización con los datos requeridos en los Términos de Referencia de la licitación pública.

## **Emisión de Proforma**

Una vez aprobada la oferta por parte del cliente, se debe elaborar la proforma de pago que se le enviará al cliente según el servicio que solicite. Con la que después de su verificación y el pago de la misma el cliente pueda continuar con el proceso. Cabe recalcar, que todos estos documentos deben ser archivados y quedar como constancia en caso de reclamos o auditorías.

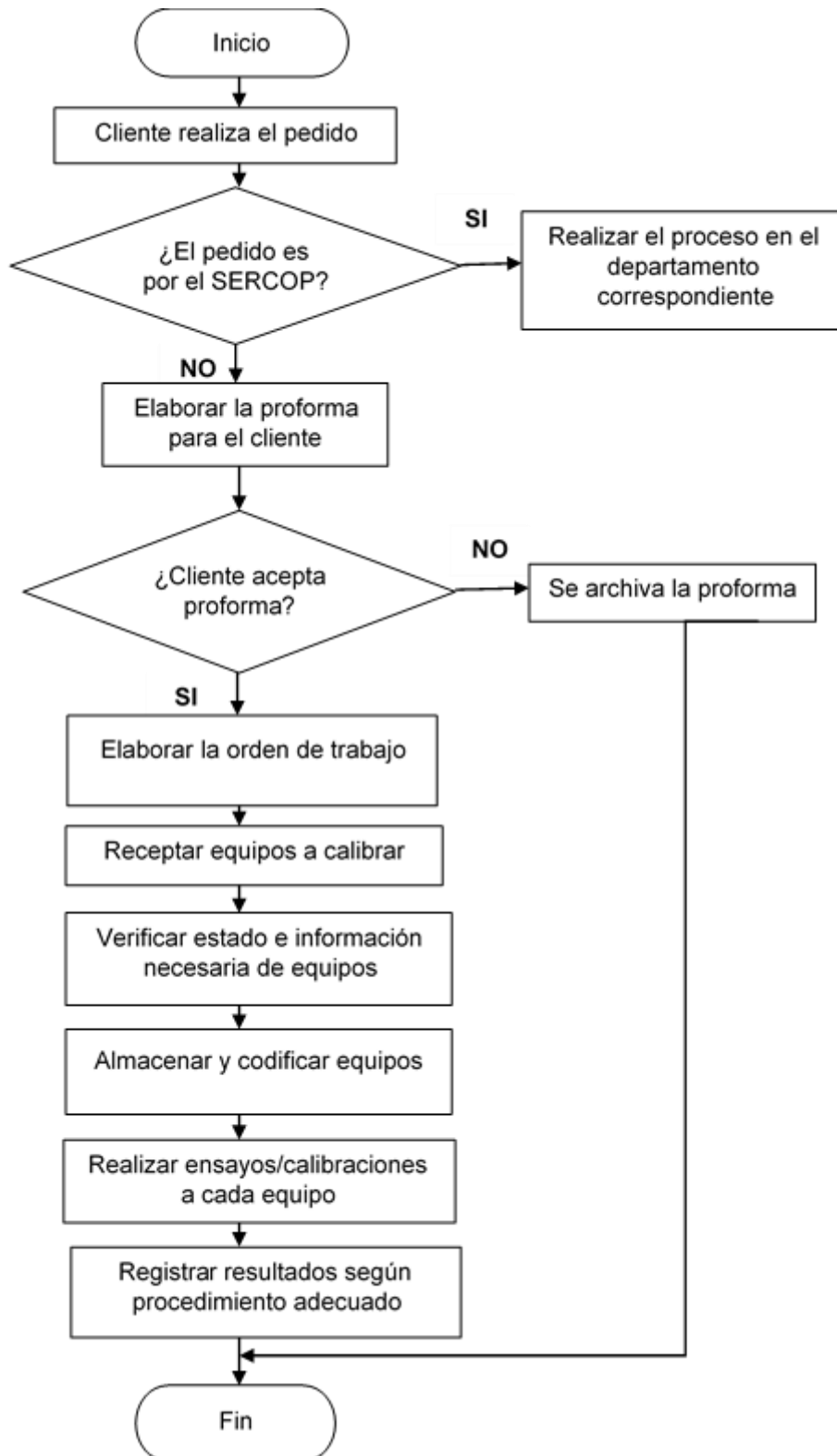
## **Elaboración de orden de trabajo**

Una vez que exista constancia del pago del servicio, se procede a realizar la Orden de Trabajo con el formato indicado por el laboratorio para el servicio solicitado.

## **Recepción de equipos**

El laboratorio debe recibir los equipos a ser calibrados, y para ello debe realizar una recepción cuidadosa detallando la manera y en la condición que recibe los equipos, así como una identificación de cada uno para que no existan confusiones, ni problemas con el cliente. Cualquier información necesaria y faltante debe ser solicitada al cliente de manera inmediata para poder recibir los equipos.

Después del correcto almacenamiento de los equipos, y el cumplimiento de toda la documentación correspondiente, los responsables de los ensayos realizarán las pruebas que fueron solicitadas para los equipos y que el laboratorio esté en capacidad de realizar, se registrarán todos los resultados y observaciones que encuentren durante el proceso en un formato determinado por el laboratorio. Cuya información debe ser entregada al cliente y archivada por parte del laboratorio.



**Figura 3.6.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Solicitudes, ofertas, contratos y recepción de equipos.

### **3.2.1.5 Gestión de quejas**

En este apartado se debe detallar el procedimiento por el laboratorio para la gestión de cada reclamo o queja que pueda ocurrir como resultado de las actividades realizadas y los servicios prestados por el laboratorio. Por lo que, el documento constará de varios ítems como los mostrados en los anteriores puntos, y lo que se puede sugerir en el campo de la descripción es tener en cuenta la siguiente información [13]:

#### **Recepción y gestión**

Cuando un cliente quiera realizar un reclamo o queja que se pueda evidenciar, el funcionario del laboratorio que la reciba debe comunicarla inmediatamente al responsable asignado o en su defecto registrarla en un formato establecido por el laboratorio, para así atenderla lo más pronto posible.

#### **Ingreso del reclamo o queja**

El encargado del proceso deberá archivar y enumerar los reclamos y quejas que se presenten con el fin de llevar un registro de cada uno y así poder identificarlos fácilmente y asegurar que no sean propensos a confusiones entre sí.

#### **Evaluación del reclamo o Queja**

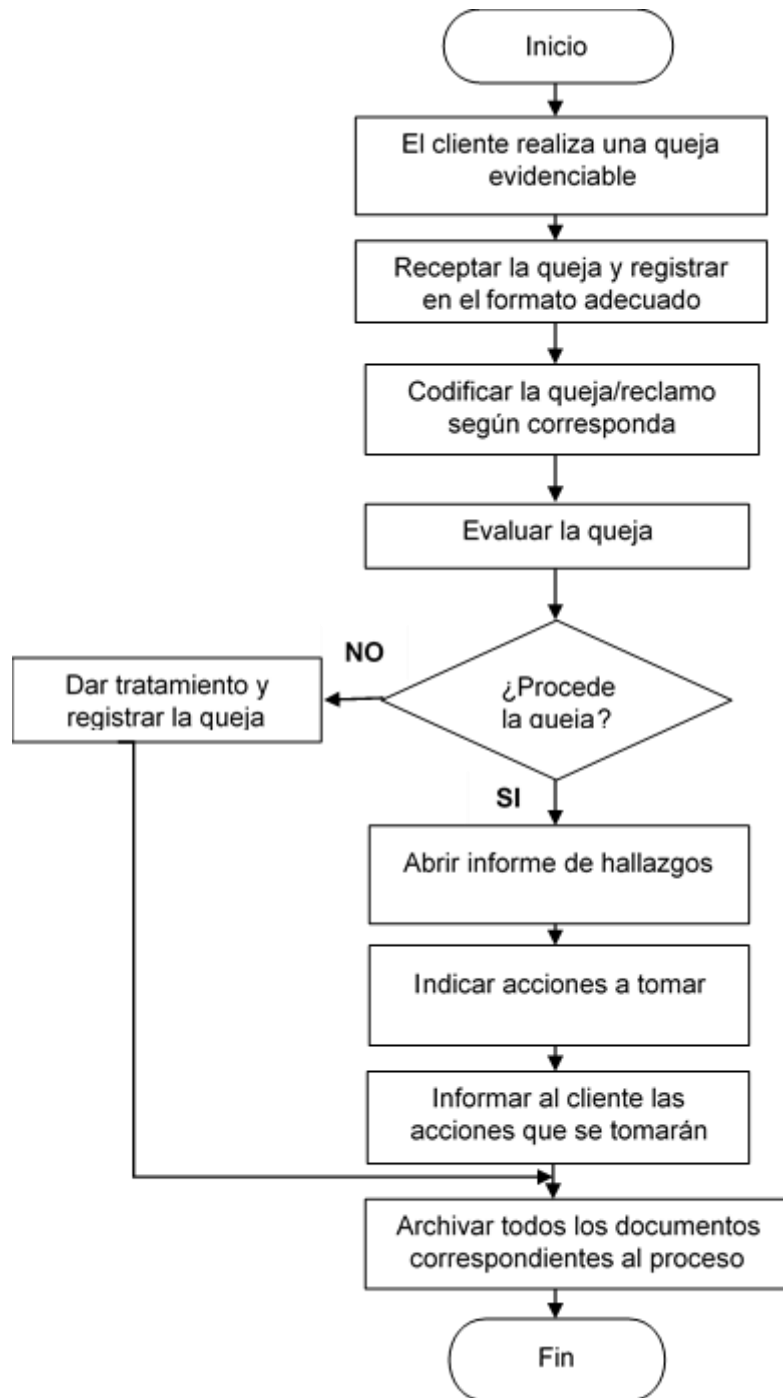
El responsable de calidad del laboratorio o el responsable asignado realizará la evaluación para conocer si procede o no el reclamo/queja. En caso de ser positivo se abrirá un informe de hallazgos donde se dará seguimiento al reclamo/queja hasta solucionar el mismo. Caso contrario, se le dará el tratamiento necesario justificando con una explicación adecuada y registrándola para que quede como constancia.

#### **Cierre del reclamo o queja**

En un formato establecido por el laboratorio se registrará las acciones a tomarse ante el reclamo/queja. En caso de que el cliente realice un reclamo/queja a través de una instancia legal, y sea designado el laboratorio para realizar la prueba, el laboratorio lo hará de acuerdo a lo que se menciona en el punto 3.2.2.4 "Procedimiento de Gestión de Ítems de Ensayo" y bajo la supervisión de un perito.

#### **Información del reclamo o queja al remitente**

Después de terminar lo establecido en el punto anterior, el encargado será el responsable de comunicar al remitente por escrito sea de manera física o digital, y mantendrá el archivo que se adjuntará al informe de no conformidad levantado.



**Figura 3.7.** Diagrama de Flujo del procedimiento Gestión de quejas

### 3.2.1.6 Trabajo no conforme, acciones correctivas y de mejora

Este documento deberá establecer la forma de proceder por parte del laboratorio cuando se presente un trabajo no conforme relacionado con las actividades de calibración o problemas con el sistema de gestión. Al igual que los documentos antes mencionados, éste se puede componer de varios puntos de acuerdo a lo que el laboratorio considere

pertinente, y lo que se puede sugerir para la parte de descripción del documento es que se considere lo siguiente [13]:

### **Detección de Trabajos no conformes**

La identificación de los trabajos no conformes puede ocurrir en cualquier momento del proceso ya que todas las actividades del laboratorio son controladas por criterios técnicos, aseguramiento de calidad, supervisión por parte de personal calificado, lo que permite la identificación temprana de dichos problemas en la realización de los procesos.

En el caso de que el trabajo no conforme no haya sido detectado previo a la entrega del informe, este puede ser detectado por el cliente y así realizar el reclamo correspondiente, lo que se tratará de la forma indicada en el Procedimiento de Gestión de Quejas y Reclamos.

### **Gestión de trabajo no conforme**

Cuando una persona ha identificado un trabajo no conforme deberá registrar todos los detalles en el formato correspondiente establecido por el laboratorio, y entre lo más importante a registrar debe estar:

- La corrección inmediata realizada.
- La evaluación del trabajo no conforme para determinar si el problema puede volver a ocurrir, o si el laboratorio no está cumpliendo sus propias políticas.
- El seguimiento de acciones correctivas cuando aplique.

### **Decisión sobre continuidad de la actividad**

El informe levantado deberá ser evaluado por el personal correspondiente y así decidir si es necesario o no suspender las actividades de calibración y las que estén relacionadas al trabajo no conforme.

Posteriormente, se identificará la causa principal por la cual se originó el problema y se evaluará el grado de afectación a los equipos calibrados durante el problema, con esto se podrá determinar acciones inmediatas además de evaluar la eficacia de estas acciones.

### **Notificación al cliente**

Cuando se dé el caso que los resultados entregados han sido afectados o no se podrán cumplir las características de exactitud y precisión, se debe notificar al cliente mediante cualquier medio.

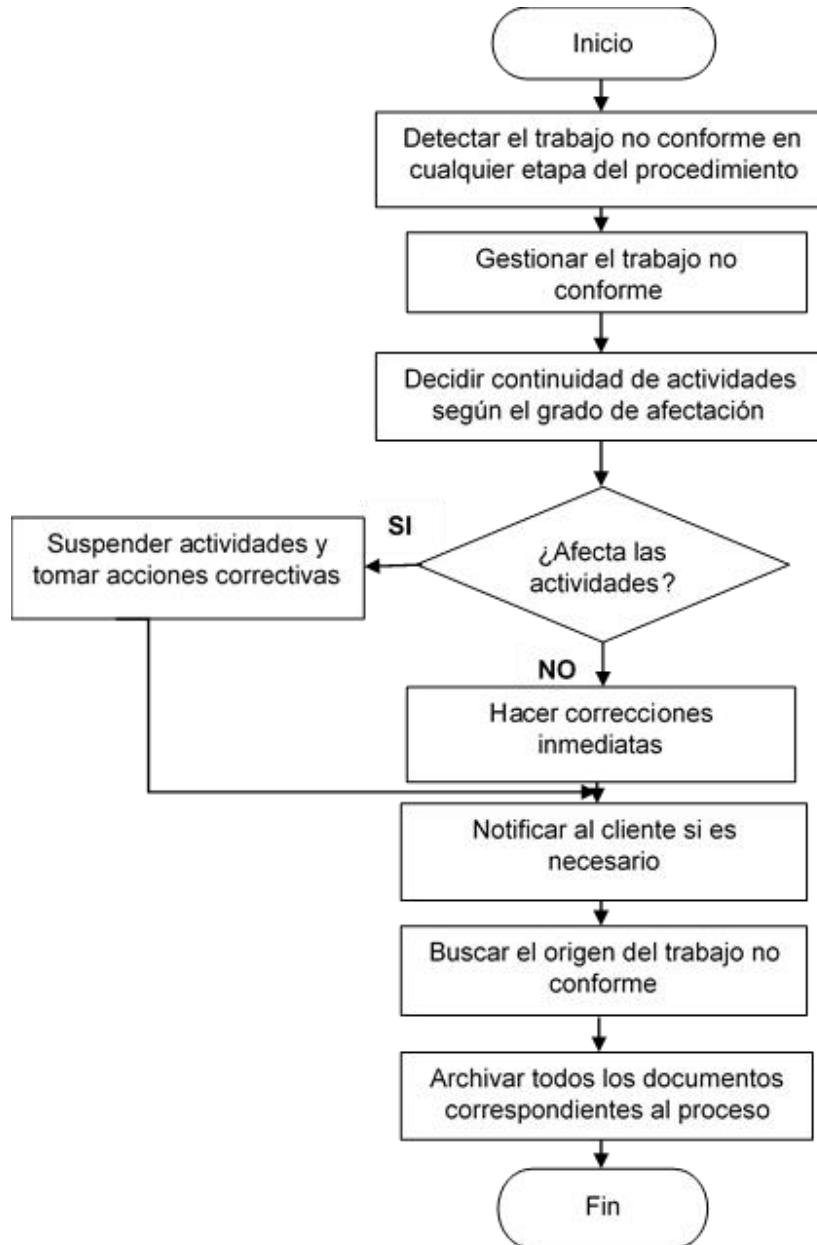
## Origen del trabajo no conforme

Los trabajos no conformes pueden darse por cualquier aspecto vinculado con los requisitos de gestión o requisito técnico, por lo que el origen y el tratamiento que se sugiere ante cada trabajo no conforme se lo puede apreciar en la Tabla 3.11.

**Tabla 3.11.** Origen y tratamiento del trabajo no conforme (TNC).

<b>Origen del TNC</b>	<b>TRATAMIENTO</b>
<b>Quejas y reclamos</b>	Un trabajo no conforme puede ser detectado como resultado de una queja o reclamo por parte de un cliente, en este caso se lo tratará de acuerdo con la sistemática de quejas o reclamos. Si es necesario se detiene el trabajo hasta solucionar el problema.
<b>Cálculo de resultados</b>	Si se detectan errores en el cálculo de resultados se deben retener, revisar y corregir los informes. Si el informe fue entregado al usuario, se le avisa del trabajo no conforme, se recupera el documento y se emite uno nuevo donde quede registrada la referencia al documento original que se reemplaza.
<b>Supervisión del personal</b>	Si se detecta durante observaciones o supervisión del personal, se evaluará la implicación de la no conformidad, si esta influye en el resultado final se recomienda parar el proceso y evaluar los equipos o resultados de equipos involucrados. El trabajo se retoma solo cuando se haya solucionado la no conformidad. Si el problema tiene que ver con la capacitación del personal, se debe entrenar o capacitar en el aspecto que dio como resultado la no conformidad.
<b>Auditorías internas</b>	Las no conformidades detectadas en auditorías internas pueden ser originadas por trabajos no conformes no detectados a su debido momento y estos se gestionan con acciones correctivas.
<b>Revisión por la dirección</b>	Registrar el o los hallazgos y evaluar las implicaciones del trabajo no conforme. Si hay afectación en el resultado final se tiene que detener el trabajo, y se reanuda solo cuando se hayan hecho las debidas correcciones. Si en la evaluación se determina que ya se lleva algún tiempo comprometiendo resultados analíticos es necesario avisar al usuario y solicitar la devolución de los informes necesarios ya que no se pueden garantizar dichos resultados.
<b>En la realización de calibraciones</b>	De ser necesario, se notifica al cliente el trabajo no conforme y se suspende el mismo.

<b>Informes de calibración</b>	Detener el uso del equipo y analizar si es posible que regrese a las condiciones de conformidad o si es necesario darlo de baja.
--------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



**Figura 3.8.** Diagrama de Flujo del procedimiento Trabajo no conforme, acciones correctivas y de mejora.

### 3.2.1.7 Compras

Este documento debe describir el procedimiento que usará el laboratorio para la adquisición, recepción y almacenamiento de equipos, materiales, productos consumibles y servicios, relacionados con las actividades que se realizan en el laboratorio. Por lo tanto,

el documento debe constar de puntos parecidos a los documentos anteriores, y lo que se puede sugerir en el apartado de descripción del documento es [13]:

En este punto el laboratorio debe describir el proceso que se llevará a cabo al momento de realizar alguna compra, para así asegurar la calidad de los suministros que adquiere el laboratorio y que puedan afectar en los resultados de las actividades que se desempeñan en el laboratorio. Por lo que el proceso de compras puede realizarse mediante cinco puntos como se describen a continuación:

### **Necesidad de Compra**

El laboratorio debe tener un formato donde se registre la solicitud de cada compra que desee realizar el laboratorio, este formato debe contener todas las características de calidad y especificaciones técnicas requeridas de cada material solicitado. El personal encargado contactará con los proveedores para obtener una cotización por correo electrónico y evaluar el monto requerido para escoger la mejor opción según cuatro criterios que son:

- Servicio
- Calidad
- Precio
- Tiempo de entrega

Con esto se podrá determinar el tipo de compra, si se lo hace vía caja chica o por compras públicas.

Las características técnicas de los equipos serán determinadas por los involucrados en el manejo de dicho equipo y en función de los catálogos disponibles y al alcance del laboratorio.

### **Selección de Proveedores**

La selección de proveedores de los bienes o servicios se basará en criterios técnicos internos del laboratorio, para esto se hará una primera compra al proveedor y se llenará una ficha de identificación del proveedor según el formato propio del laboratorio.

El Laboratorio a fin de garantizar que los productos o equipos adquiridos sean de las características técnicas requeridas, preparará una lista de los proveedores que distribuyan dichos productos en un formato propio, en otro formato se puede calificar a los proveedores



en base a criterios de calidad como pueden ser el servicio, costo, tiempo de entrega y otros parámetros que el laboratorio considere conveniente.

### **Orden de compra**

Una vez realizado y aprobado el pedido de adquisiciones por parte del laboratorio, se realiza el pedido al departamento encargado para que se inicie el proceso de adquisición que corresponda.

### **Recepción de los bienes adquiridos**

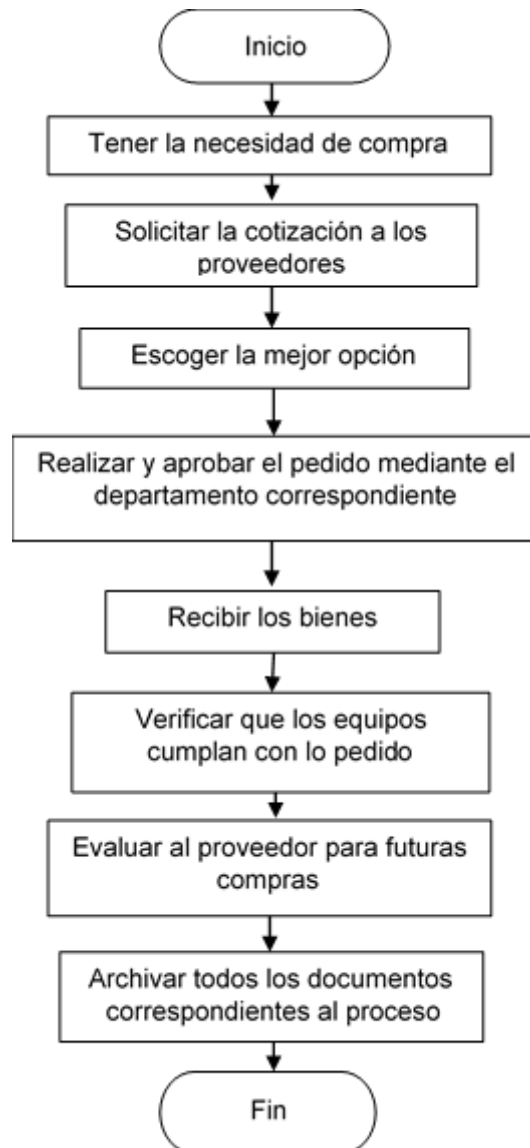
Una vez que el proveedor entrega el material solicitado, el laboratorio o los encargados deben verificar que dicho material cumpla con las especificaciones técnicas solicitadas, una vez verificado eso se puede formalizar la recepción y registrarla en un formato de bienes adquiridos para llevar registro de los equipos que ingresan a formar parte del laboratorio.

Cabe mencionar que antes de usar los equipos o los consumibles que influyan en la calidad de la calibración o los resultados de la misma, estos equipos deben ser probados para asegurarse que funcionen adecuadamente, una vez hecho esto se debe registrar en el inventario del laboratorio.

### **Evaluación de proveedores**

Con esto, se puede evaluar a los proveedores en función de sus productos o servicios brindados y se llevará un registro del desempeño de cada proveedor en un formato adecuado para tener en cuenta todas las observaciones para una próxima compra.

En la figura 3.9. se puede apreciar el diagrama de bloques correspondiente al procedimiento de compras.



**Figura 3.9.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Compras.

### **3.2.1.8 Revisión por la dirección**

En este documento se debe describir el procedimiento a seguir por parte de la dirección del laboratorio para revisar todos los aspectos de gestión y técnicos del laboratorio. Este documento puede seguir el mismo formato que los documentos anteriores, por lo que en el apartado de descripción se puede sugerir que lleve la siguiente información [13]:

#### **Reunión de revisión por la dirección**

Aquí se puede establecer la frecuencia de las reuniones de revisión que debe realizar la dirección, el personal que debe asistir a las mismas, y el número de días de anticipo que se debe anunciar dichas reuniones al personal involucrado, se sugiere quince días de anticipo.

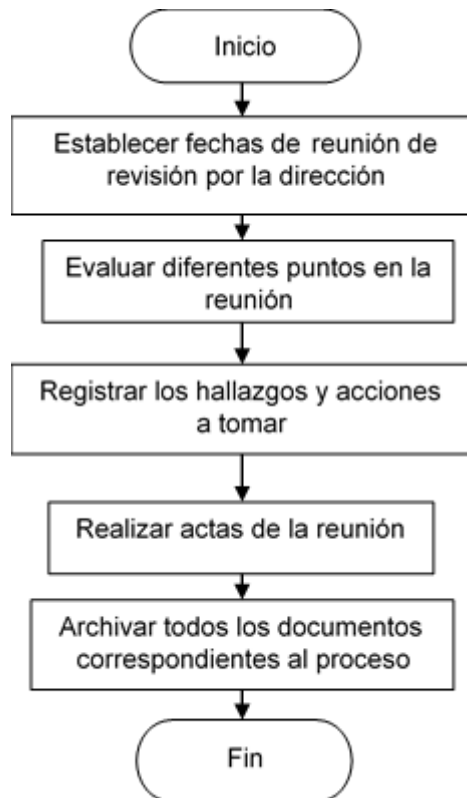
Dentro de la evaluación de los diferentes aspectos que se tendrá en dicha reunión no pueden faltar los mencionados a continuación:

- Posibles modificaciones al Sistema de Gestión de Calidad.
- Informes del personal directivo y de supervisión.
- Resultados de auditorías internas y externas.
- Acciones correctivas y preventivas.
- Resultados de aseguramiento de la validez de resultados.
- Capacitaciones del personal.
- Determinar recursos para mantener el Sistema de gestión.
- Idoneidad de los recursos humanos y equipos existentes.
- Cumplimiento de objetivos.
- Retroalimentación tanto de clientes como del propio personal.
- Resultados de la identificación de riesgos.
- Planes futuros referentes a nuevos trabajos o equipos.
- Cambios en formatos, reglamentos o cuestiones externas que afecten a todo el personal y sea pertinente compartirlo.

### **Registro de la reunión**

Se deberá registrar todos los hallazgos obtenidos en las revisiones por la dirección y las acciones a tomarse, junto con los plazos y el personal encargado de ejecutar dichas acciones. Esto se debe realizar en el formato que tenga el laboratorio para las actas de reuniones, el mismo que deberá constar de al menos [13]:

- Asistentes.
- Asuntos tratados.
- Planificación para el siguiente año.
- Plazos de ejecución.
- Responsables de la implantación.



**Figura 3.10.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Revisión por la dirección.

### 3.2.1.9 Servicio al cliente

Este documento describirá el procedimiento que el Laboratorio debe seguir en base al servicio que preste a sus clientes, con esto se puede seguir el mismo formato de documentos anteriores, según el laboratorio lo considere prudente. En el literal de descripción se puede sugerir que no le falte la información que se recomienda a continuación [13].

El laboratorio debe registrar toda conversación con sus clientes en el formato correspondiente y establecer una vía de comunicación con los mismos con el fin de mejorar la relación entre ambos, siendo de beneficio común y que considere:

- Aclarar las solicitudes de trabajo.
- Permitir al cliente el acceso al laboratorio para supervisar alguna actividad requerida.
- Aclarar los resultados de informes finales.
- Realizar análisis de contradictorios cuando el cliente lo solicite.

### Acceso del cliente a las instalaciones

El laboratorio debe permitir al cliente ingresar al laboratorio en caso de que lo solicite, previa autorización y firma de una carta de confidencialidad. Todo esto con la finalidad de demostrar transparencia en las actividades realizadas en el laboratorio.

Para esto el cliente debe enviar una solicitud de acceso sea de manera física o vía correo electrónico y de manera anticipada, para su aprobación por el responsable correspondiente.

Las personas externas al laboratorio deberán llenar un registro de ingreso provisto por el laboratorio cada vez que ingresen al mismo.

### Evaluación de la satisfacción del cliente

El laboratorio deberá estar en constate mejora y para esto debe conocer la satisfacción de sus clientes mediante una encuesta de satisfacción la misma que se enviará al cliente en el momento de retirar los resultados de las actividades solicitadas.

Una vez receptada la encuesta llena, se procede a analizar la información a fin de conocer en qué aspectos se debe mejorar, y se realizará un informe de esta información para la comunicación interna y coordinación de acciones correctivas o de mejora.

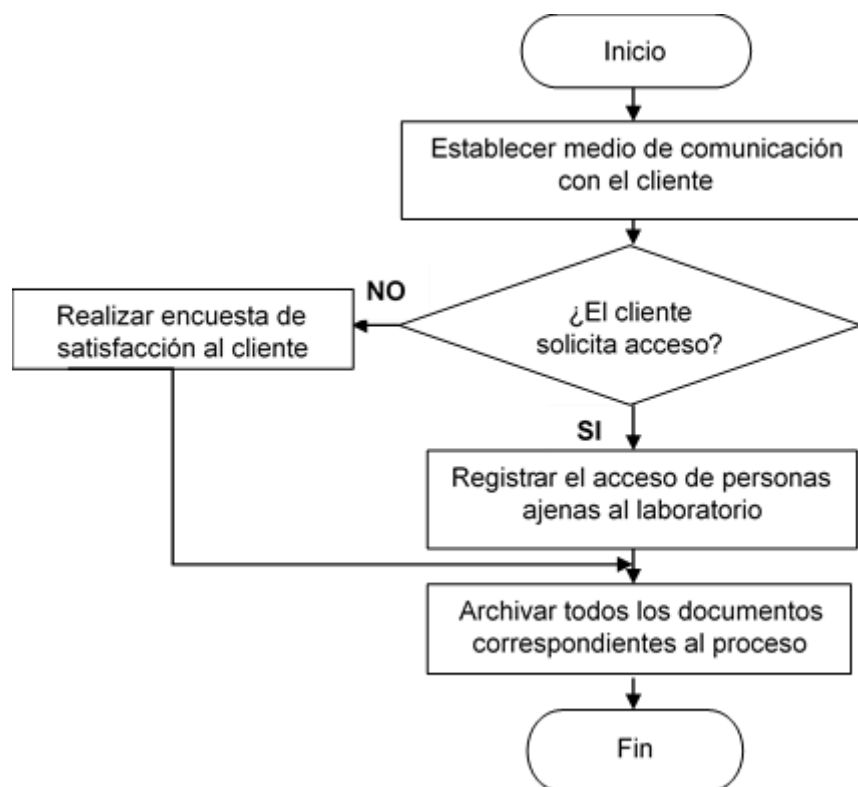


Figura 3.11. Diagrama de Flujo del procedimiento de Servicio al cliente.

### **3.2.1.10 Gestión de riesgos**

Este documento describe el procedimiento utilizado por el laboratorio para la gestión de los riesgos y oportunidades asociadas a las actividades realizadas. Al igual que los casos anteriores se puede seguir el formato de documentos antes mencionados y en el cuerpo de la descripción que se puede sugerir lo mencionado a continuación [13]:

#### **Política**

Es política del laboratorio considerar todos los posibles riesgos y las oportunidades asociadas con las actividades realizadas en el laboratorio para:

- Prevenir o reducir los impactos no deseados y los posibles incumplimientos en las actividades realizadas en el laboratorio.
- Mejorar las oportunidades de conseguir los objetivos establecidos y lograr la mejora.

#### **Identificación de riesgos**

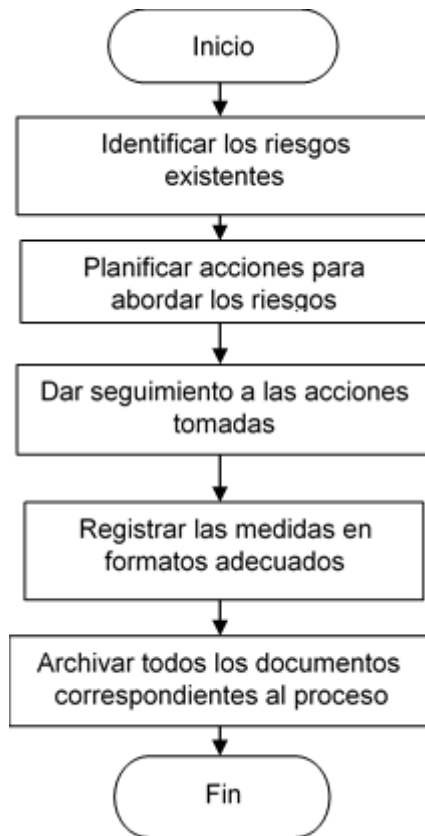
Es responsabilidad del laboratorio identificar y planificar acciones para mitigar los riesgos, para ello el personal designado debe realizar una identificación de estos y el seguimiento adecuado de las acciones tomadas, todo esto se debe realizar al menos una vez al año.

El responsable determinará la influencia de los interesados y evaluará el riesgo que pueden representar sobre el sistema de gestión del laboratorio, así como los riesgos que se pueden dar en los procesos tales como compras, personal, equipos; y deberán llenar un formato de análisis de riesgos de los interesados y matriz de identificación de riesgos según corresponda donde tengan toda la información y puedan determinar las medidas a tomarse y las fechas de las mismas para disminuir los riesgos encontrados.

Para un mejor entendimiento de este punto, se presenta una recomendación de una matriz de identificación de riesgos y una matriz de análisis de riesgos de los interesados visibles en el ANEXO E, considerando los posibles riesgos que el laboratorio pueda llegar a tener; al ser una recomendación el laboratorio puede usar dicho ejemplo como referencia y en caso de ser necesario aumentar o quitar información.

#### **Seguimiento de las medidas de control**

Una vez identificados los riesgos y conforme las fechas para la implementación de las medidas correctivas, se debe realizar un seguimiento de dichas acciones y se registrara la efectividad de las medidas en los formatos correspondientes.



**Figura 3.12.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de riesgos

### 3.2.2 PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS

Los procedimientos técnicos al igual que los procedimientos de gestión son una parte muy importante que el laboratorio no debe dejar pasar por alto, ya que estos procedimientos ya tienen que ver más con las calibraciones y actividades que se realizan en el laboratorio y con esto cumplir los requisitos establecidos en la norma ISO/IEC 17025 y lograr validar sus resultados a nivel nacional e internacional además de la acreditación por el organismo correspondiente [13].

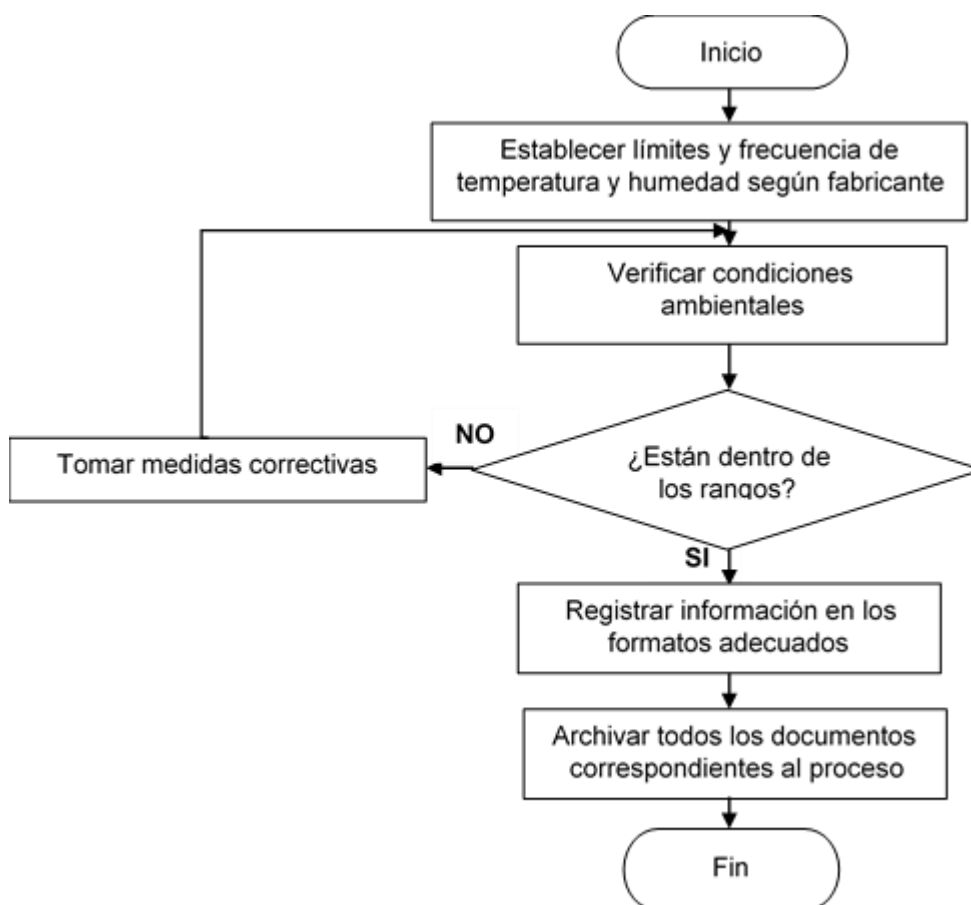
A continuación, se detalla una serie de procedimientos que corresponden a los procedimientos técnicos con los cuales el laboratorio debe cumplir.

#### 3.2.2.1 Condiciones ambientales

En este documento el laboratorio debe establecer los lineamientos para el control de las condiciones ambientales al momento de realizar alguna actividad en el laboratorio, y al igual que los documentos de gestión debe llevar un formato parecido según lo considere el laboratorio o el encargado de realizar este documento, lo que se puede sugerir en el apartado de la descripción del documento es lo que se menciona a continuación [13]:

El laboratorio debe describir cómo realizar el monitoreo y seguimiento de las condiciones ambientales que influyan tanto a los equipos como a las actividades que se realicen en el lugar, principalmente se debe controlar temperatura y humedad, por lo cual el laboratorio debe establecer un rango para cada parámetro y controlar que se encuentren dentro del rango permitido y lo puede hacer en base a lo que recomienden los fabricantes de los equipos.

Para un mejor entendimiento se puede observar la Figura 3.13., correspondiente al diagrama de bloques del procedimiento de condiciones ambientales.



**Figura 3.13.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Condiciones ambientales.

### 3.2.2.2 Gestión de personal

Este documento tiene como finalidad establecer y describir las funciones, el personal, responsabilidades y actividades del laboratorio para garantizar una adecuada comunicación interna y externa. Al igual que en los procedimientos de gestión este documento debe llevar un formato parecido a los antes mencionados según lo estime necesario el laboratorio.



En el cuerpo del documento se debe detallar varios puntos importantes que se mencionarán a continuación:

### **Descripción general de funciones**

Aquí se debe colocar todas las funciones principales y secundarias que se desempeñará en cada puesto de trabajo existente en el laboratorio según lo establezca la empresa, para que a la hora del trabajo no existan confusiones en las actividades que el personal tiene que desempeñar.

### **Calificación y autorización del personal**

Se designará a alguien que califique al personal asegurando que éste sea competente para realizar ciertas actividades dentro del laboratorio o para operar diferentes equipos.

Se debe tener en cuenta contar con un formato adecuado para el registro del personal existente y otro con la calificación de cada uno, así como las respectivas autorizaciones para realizar actividades específicas, emitir informes o manipular equipos.

### **Requisitos del personal**

El laboratorio debe mantener el número adecuado de trabajadores para cada sección del laboratorio y según sea el volumen de trabajo, además se debe asegurar que el personal cumpla con los requisitos indicados para cada puesto, que deben constar en un formato propio del laboratorio.

### **Formación de personal**

En lo que se relaciona a la formación, el personal puede sugerir eventos de capacitación según sea la necesidad y mediante una solicitud por correo electrónico, estas sugerencias serán evaluadas en base a los objetivos y necesidades operativas del laboratorio y se gestionará la ejecución de las mismas según corresponda.

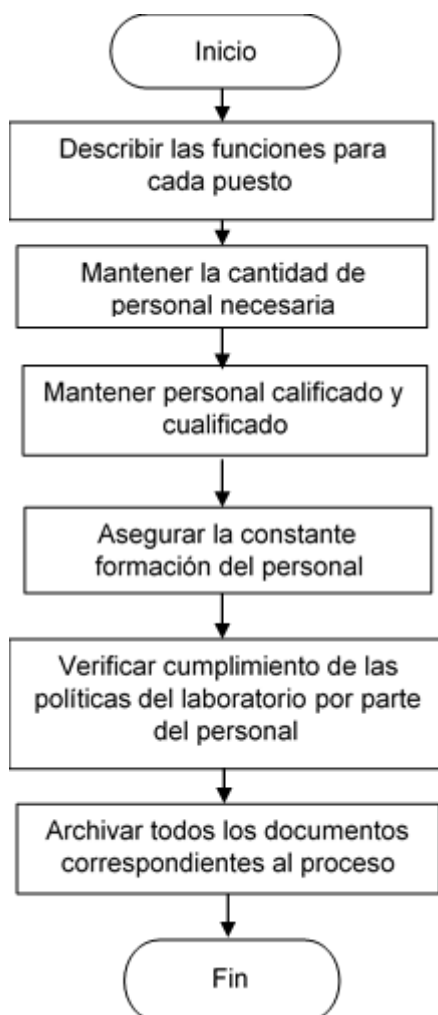
Se elaborará un programa de formación para el personal y se lo registrará en un formato adecuado, y de igual manera para las actividades, seguimiento del programa y la eficacia de las acciones de formación implementadas.

El laboratorio debe mantener actualizados los perfiles para cada puesto de trabajo, y se debe encargar a alguien competente el definir los perfiles para dichos puestos de acuerdo a la experiencia y formación del personal.

## Comunicación

El responsable asignado debe asegurar que la comunicación dentro del laboratorio se desarrolle mediante reuniones con la frecuencia que el laboratorio estime conveniente donde se puedan tratar todas las inquietudes, el avance del cumplimiento de los objetivos, entre otras cosas.

Es importante que el personal del laboratorio tenga en cuenta que la información que maneje debe ser confidencial y no puede usarse con otros fines más que los necesarios para los ensayos o calibraciones, por ello todo el personal debe conocer los códigos de comportamiento dentro del laboratorio y las políticas vigentes dentro del mismo, en caso de ser necesario firmar una carta de compromiso del personal cuyo formato es realizado por el laboratorio.



**Figura 3.14.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de personal.

### **3.2.2.3 Gestión de Equipos**

Este procedimiento se desarrolla para todos los equipos que forman parte del laboratorio con la finalidad de asegurar la calidad de las calibraciones mediante la trazabilidad de medidas, apropiado funcionamiento, control de calidad y correcta disposición, así como el buen manejo de cada equipo [13].

Igual que en los casos anteriores este documento debe seguir un formato parecido, y lo que no se puede obviar en el cuerpo del documento es lo que se menciona a continuación:

#### **Identificación**

Todos los equipos deben estar codificados de acuerdo al inventario del Laboratorio o en su defecto de la Empresa Eléctrica, por lo que cada equipo tendrá un código asignado con el cual se podrá identificar a dicho equipo, este código se lo debe colocar mediante una etiqueta en un lugar visible, protegida y que no afecte la visión de las características del equipo, caso contrario se lo colocará en el sitio de almacenamiento, todo esto para evitar confusiones entre equipos.

#### **Recepción de Equipos**

Una vez realizada la compra de un equipo según lo establece el documento correspondiente al numeral 3.2.1.7. de este escrito, y entregado por el proveedor se procede a receptor dicho equipo y para ello se debe seguir ciertos pasos:

- Inspección visual para detectar posibles daños externos en el equipo.
- Verificación que los equipos cumplen con las características solicitadas.
- Asignación y acondicionamiento del lugar e instalación de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Pruebas iniciales con los equipos según su funcionamiento.
- Asignación de códigos e etiquetas de identificación.
- Registro en el formato adecuado a la ficha del equipo, así como en el inventario de equipos.

Cabe recalcar que el laboratorio debe tener y mantener actualizado el inventario de equipos, esto se hará cada vez que ingrese o se elimine un equipo; en el caso de que se rechace un equipo al no cumplir con los requisitos antes mencionados, las fichas de dichos equipos se deben almacenar en el registro de control de calidad de los proveedores, si el equipo es aceptado, las fichas se archivan en cada carpeta perteneciente al equipo.

## **Documentación de actividades**

Todas las actividades que tengan relación con los equipos sean externas o internas como recepción, calibración, verificación, mantenimiento y reparación deben ser registradas en un formato adecuado, indicando fecha y actividad, para llevar el historial de cada equipo.

Aquí se puede mencionar que todos los equipos instrumentales tendrán guías de usuario, manuales que deben estar a disposición del personal y ser almacenados adecuadamente.

## **Control de Anomalías**

El personal del laboratorio informara lo más pronto posible que detecte algún problema con los equipos, y que se pueda tener resultados incorrectos. Con lo que el encargado deberá analizar el estado del equipo y decidir las acciones a tomarse sobre el mismo. En caso de que el equipo tenga que salir de servicio, se debe registrar en un formato adecuado la anomalía encontrada y las observaciones pertinentes, además de colocar una etiqueta en el equipo que lo identifique como equipo fuera de uso.

## **Reparación de equipos**

Una vez determinada la anomalía se registrará en el historial de operaciones y el equipo se someterá a una reparación interna o externa según corresponda, cualquiera que sea el caso se debe registrar las actividades realizadas y los resultados obtenidos, y posteriormente después de reparar a dicho equipo, éste se debe someter a una calibración o verificación para comprobar su estado.

## **Baja de Equipos**

En el caso de que un equipo tenga que ser dado de baja sea porque se encuentra obsoleto, o no se lo pudo reparar, esto debe ser registrado en la ficha del equipo indicando la razón de la dada de baja, además de una etiqueta en el equipo para poder identificarlo. Con esto el equipo debe ser almacenado en un lugar específico para que el equipo no pueda ser utilizado por el personal, es preciso mencionar que toda la documentación permanecerá archivada al menos 5 años después de la fecha de baja, o el tiempo que establezca prudente el laboratorio o la reglamentación aplicable dentro de la empresa.

## **Calibración de Equipos y verificación**

El laboratorio debe contar con un programa anual de calibración, verificación y mantenimiento de sus equipos, principalmente los que influyen directamente en los resultados de las actividades realizadas en el laboratorio. Al ser un laboratorio de calibración, las calibraciones de los equipos se harán de manera externa en lugares

acreditados y donde se pueda asegurar la trazabilidad de dichas calibraciones con su respectivo certificado. Todo este procedimiento debe ser registrado en un formato adecuado provisto por el laboratorio.

Una vez que el equipo haya pasado por cualquiera de los procesos antes mencionados, el laboratorio debe etiquetarlos para poder identificar que el equipo ha sido calibrado y puede ser utilizado para los procesos correspondientes.

El laboratorio debe establecer un plan anual de calibración y verificación y un programa de calibraciones, verificaciones y mantenimiento en formatos distintos elaborados por el mismo laboratorio, además de asegurar el cumplimiento y la actualización de estos procedimientos.

### **Verificación Interna**

El laboratorio debe establecer intervalos de verificación y con esto poder decidir si se acorta o dilata el período de calibración, en caso de existir algún cambio en estos períodos se deben registrar en un formato adecuado y se determinarán de acuerdo a:

- Normativa aplicable
- Tipo de equipo
- Frecuencia de uso
- Recomendaciones del fabricante

### **Registro de uso de equipos**

Todo equipo que sea utilizado dentro del laboratorio se registrará en un formato de registro de uso de equipos que debe ser provisto por el propio laboratorio, donde se debe colocar todos los datos necesarios como el responsable, fecha de entrega y recepción, para tener un control del uso de los equipos más importantes en el laboratorio.

### **Mantenimiento**

El responsable designado por el laboratorio designara los mantenimientos de acuerdo a las instrucciones del fabricante o según considere necesario, estas acciones deben estar descritas en la ficha de cada equipo y con la periodicidad recomendada para cada mantenimiento, además de registrar en los formatos de historial de operaciones y programa de calibraciones, verificaciones y mantenimiento, entre otros que disponga el laboratorio.

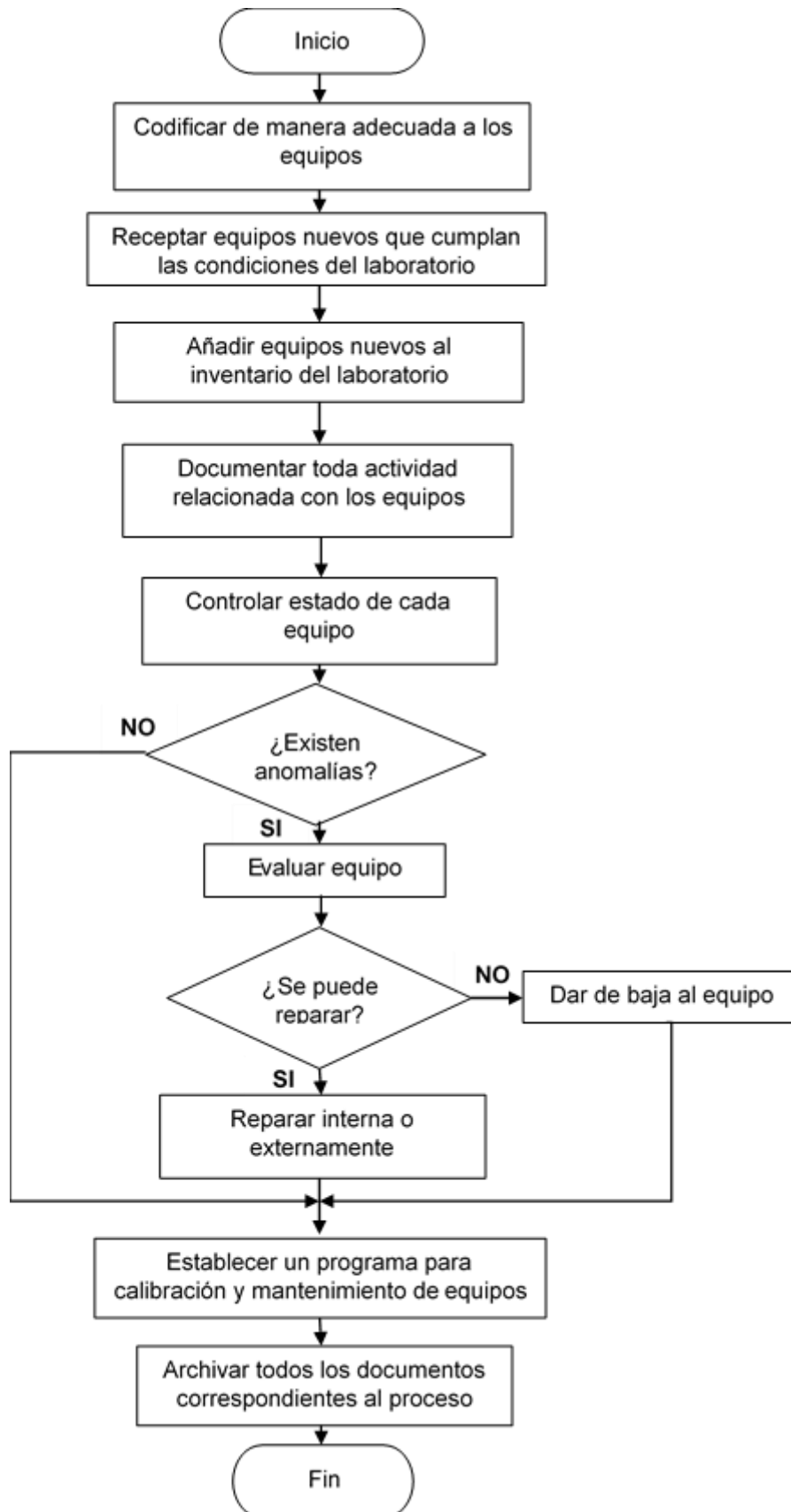


Figura 3.15. Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de equipos.

### **3.2.2.4 Gestión de Ítems de ensayo**

Este documento establece las medidas a emplear por el laboratorio para la recepción, transporte, identificación, manipulación, protección, almacenamiento y disposición final de los objetos de ensayo, a fin de proteger la integridad de los mismos y los intereses tanto del laboratorio como de sus clientes. Se puede seguir el formato de los documentos anteriores según crea conveniente el laboratorio, lo que se puede sugerir en el cuerpo del documento es lo siguiente [13]:

#### **Transporte**

El laboratorio no será responsable de realizar el transporte de los equipos a calibrar, por tanto, el cliente deberá hacer llegar dichos instrumentos al laboratorio para los trabajos solicitados.

#### **Recepción**

Los equipos serán receptados por el personal del laboratorio, previo a la solicitud realizada por el cliente y el respectivo pago por el servicio, caso contrario el personal no podrá recibir los equipos del cliente. Una vez realizada la inspección de los equipos recibidos se debe decidir si cumple o no con las especificaciones para realizar los ensayos/ calibraciones, y con eso llenar el formato de recepción de equipos en el que deben constar todos los ensayos/calibraciones solicitados por el cliente.

#### **Criterios de aceptación o rechazo**

Se comprobará que el objeto es idóneo, es decir, revisar sus características, estado, contenido, cantidad, etc.

El instrumento o equipo no se aceptará si éste no cumple los requisitos mínimos exigibles para la calibración o actividad solicitada al laboratorio, en caso de que el equipo no es idóneo y se llegue a un acuerdo con el cliente para realizar la actividad solicitada, se debe informar al cliente que los resultados pueden ser afectados por el estado de recepción del equipo, además de registrar estas observaciones en los formatos correspondientes, tanto de los equipos como del cliente para su constancia y evitar reclamos o quejas.

Cualquiera que sea el caso se registrarán todas las recepciones en un formato establecido, donde además se especificara si el equipo fue o no aceptado.

#### **Conservación y almacenamiento de los equipos**

El equipo debe estar plenamente identificado durante todo el tiempo que pase en el laboratorio para evitar confusiones, por lo que las marcas de identificación que se coloquen

al equipo deben estar en un lugar visible y no afectar las actividades que se realicen sobre dichos equipos.

El laboratorio debe garantizar que los equipos durante su estancia en el laboratorio no sufran deterioros, pérdidas o daños, para esto el laboratorio debe contar con la seguridad e instalaciones adecuadas.

### **Disposición final**

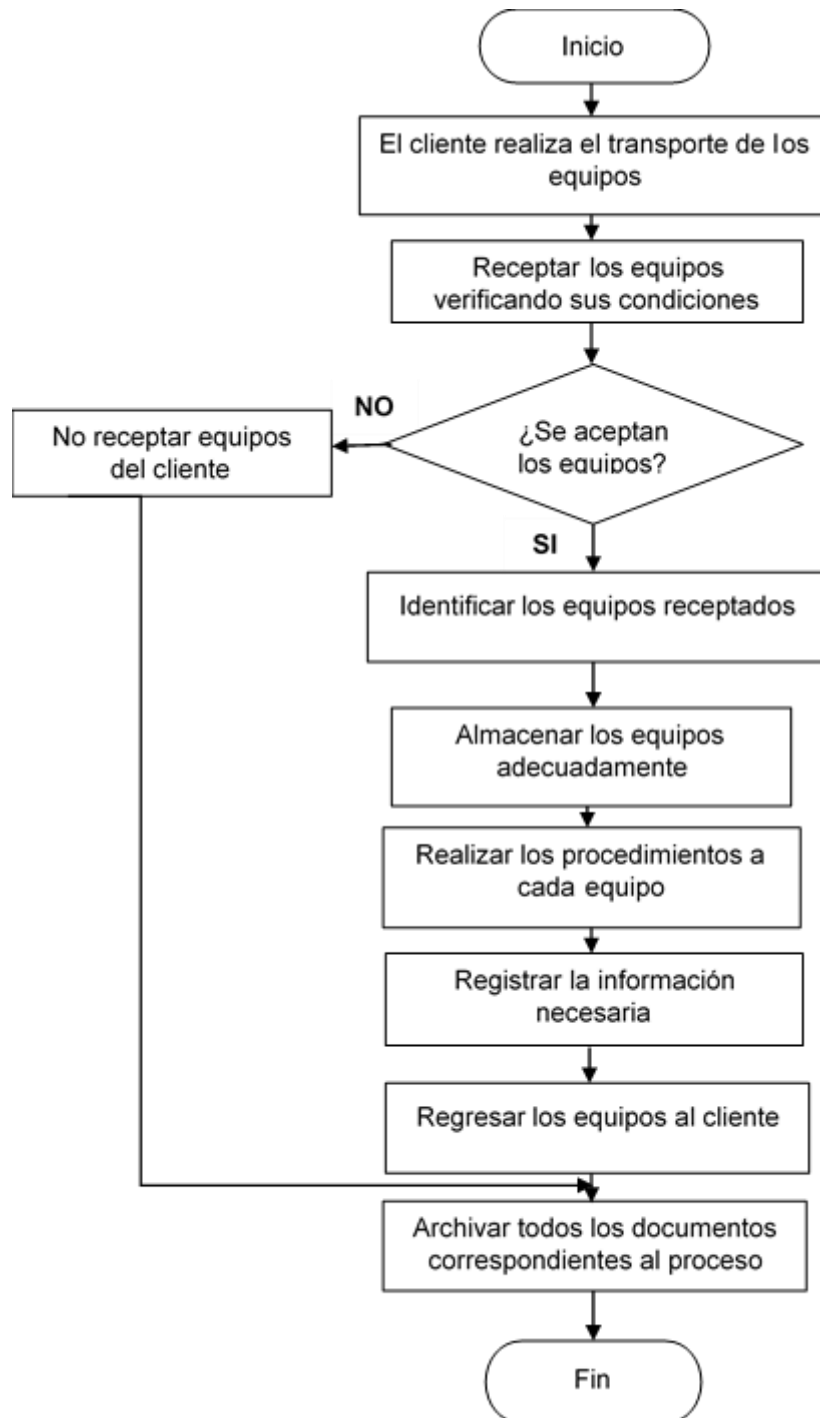
Al terminar todas las calibraciones y actividades solicitadas para cada equipo, este debe ser devuelto al cliente, según sea la duración del proceso o la disponibilidad del laboratorio, todo esto se debe acordar al momento de la recepción del equipo, para estimar un período prudente para la correcta realización del procedimiento.

En caso de que el laboratorio no logre realizar dicho proceso en el tiempo establecido y acordado con el cliente, se debe notificar al cliente de manera inmediata para establecer una prórroga en caso de ser necesario o en su defecto para que el cliente retire su equipo.

En caso de que el cliente no se acerque a retirar el equipo dentro del período de tiempo establecido por el laboratorio e informado al cliente, dicho equipo llegará a ser propiedad del laboratorio y éste tendrá la plena facultad de utilizarlo como más le convenga.

En la Figura 3.16. se encuentra un diagrama de bloques que puede ayudar a entender de mejor manera este procedimiento.





**Figura 3.16.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de ítems de ensayo.

### 3.2.2.5 Gestión de informes de análisis de resultados

Este documento debe indicar las instrucciones y criterios para la emisión, transmisión y corrección de los informes de resultados, con el fin de dar una información útil de forma objetiva, precisa, y sin ambigüedades. Este documento puede seguir el formato de los documentos anteriores, estableciendo los puntos que corresponda y se crea conveniente, pero en el cuerpo del documento se puede sugerir [13]:

## **Informe de ensayos**

El informe de resultados es un documento en un formato establecido que debe contar con toda la información pertinente tanto la solicitada por el cliente como la necesaria para una correcta interpretación de resultados, información del método utilizado y las condiciones de trabajo como temperatura y humedad.

Todos los informes deben ser identificados de acuerdo al número asignado a cada cliente en el momento de la emisión de la proforma.

## **Emisión del informe de ensayo**

La emisión, evaluación, revisión y firma del informe será responsabilidad de alguien específico del personal y dicho informe debe tener algunos aspectos mínimos como son:

- Título del informe, identificación única del informe.
- Nombre y dirección del cliente y del laboratorio.
- Identificación del instrumento calibrado, así como el método utilizado.
- Procedimiento de ensayo, fechas de recepción, realización y finalización.
- Resultados derivados de las medidas y ensayos realizados.
- Nombre, cargo y firma del responsable que autoriza el informe.
- Condiciones ambientales en las que se ejecutó la calibración.
- Incertidumbre de la calibración y/o una declaración de la conformidad con una especificación.
- Referencia a la condición de acreditado que puede ser un símbolo.

Cabe recalcar que el laboratorio no emitirá ninguna opinión, interpretación o juicio de valor con respecto a los resultados obtenidos en los ensayos, y con el objetivo de permitir una correcta interpretación de los resultados se podrá incluir cuando se considere necesario los siguientes requisitos:

- Cualquier desviación, adición o exclusión de las especificaciones de los procedimientos específicos de ensayo o documentos normativos aplicables.
- Información sobre las condiciones específicas de ensayo como pueden ser condiciones ambientales.

- Indicación de incertidumbre de medida.
- Cualquier otra información requerida por métodos específicos o clientes.

### **Incertidumbre de medida en los ensayos**

La incertidumbre de medida de los ensayos incluidos en el alcance de acreditación, será incluida en el informe de ensayo cuando:

- Influya en la validez o aplicación de los resultados.
- Lo requiera el cliente.
- La incertidumbre afecte al cumplimiento de los límites de una especificación.

### **Resultados analíticos**

Los resultados serán expresados en unidades del Sistema Internacional salvo casos excepcionales.

Se debe incluir la identificación de los procedimientos específicos de ensayo o calibración, el método utilizado, y toda la información relativa al ensayo específico.

### **Modificación de los informes**

Los reclamos que se pudieran plantear a los informes emitidos serán evaluados por el responsable asignado quien solicitará la modificación de los mismos, siempre que dichos reclamos correspondan a un error imputable al laboratorio.

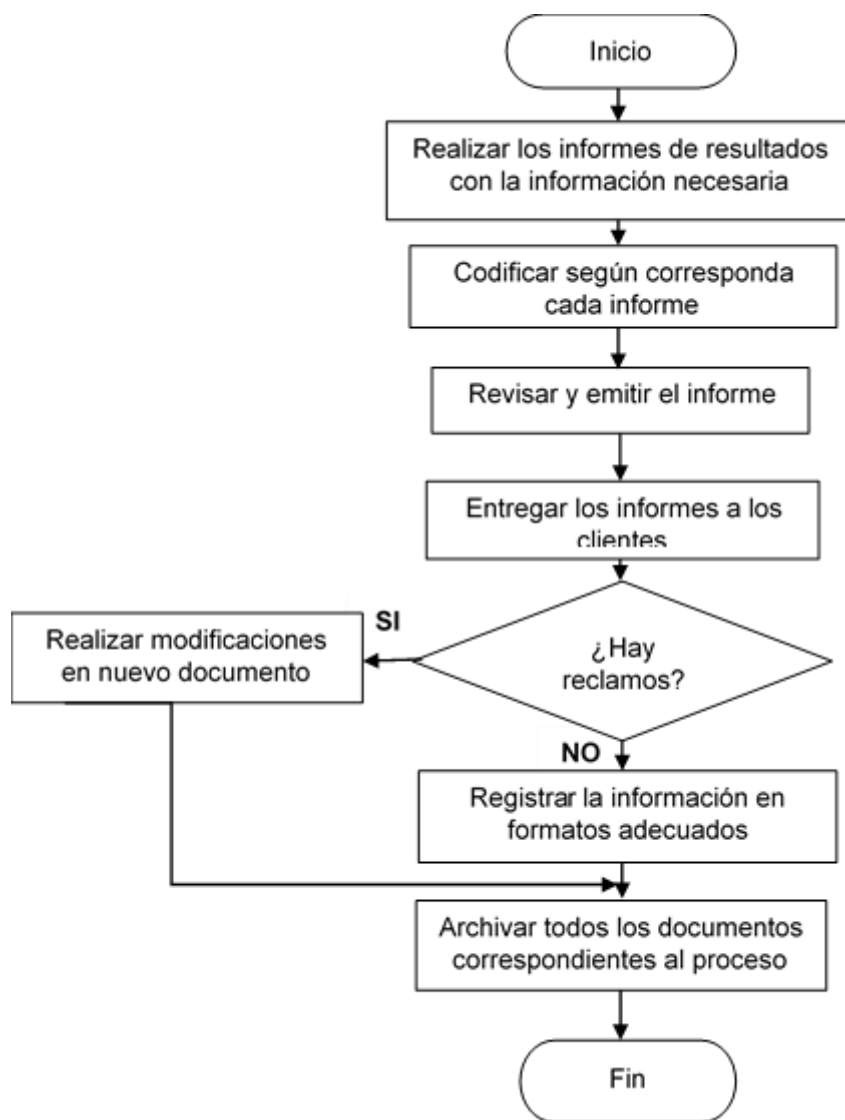
Las modificaciones se realizarán en un nuevo documento con su correspondiente número de informe, haciendo referencia al informe original que se modifica.

### **Entrega de resultados**

Los informes entregados a los clientes deben ser documentados en un formato adecuado para tener constancia del reporte enviado y/o recibido por el cliente.

Estos informes deben ser entregados a los clientes de manera que se asegure la protección de la información enviada, sea que se los envíe de manera física o virtual.

En el ANEXO A se puede apreciar un ejemplo de un informe de calibración donde se pueden apreciar los datos necesarios que se deben incluir y que fueron enumerados en el punto 3.2.2.5 de este documento, cabe recalcar que solo es un ejemplo y que el laboratorio puede decidir si seguir o no el formato presentado.



**Figura 3.17.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de informes de análisis de resultados.

### 3.2.2.6 Estimación de incertidumbre

Este documento debe indicar el procedimiento que se debe seguir para el cálculo de la incertidumbre en ensayos, verificaciones internas y validaciones a aplicar en el laboratorio. En este caso la estimación de la incertidumbre será un proceso diferente para cada equipo que el laboratorio requiera calibrar, por ende, debe existir un documento para cada instrumento y que contenga toda la información necesaria para su claro entendimiento, como ejemplo para pinzas amperimétricas se puede colocar lo mencionado en el numeral 1.6.19 de este trabajo.

### **3.2.2.7 Gestión de validación de métodos**

Este documento debe describir la metodología que debe seguir el laboratorio para asegurar la selección y utilización de métodos de ensayo adecuados y describir el proceso a seguir para lograr la validación de los métodos analíticos que lo precisen. Para el formato de este documento se puede tomar como referencia los casos anteriores, y lo que se puede acotar en el cuerpo del documento se muestra a continuación [13]:

#### **Selección de métodos**

El laboratorio utilizará métodos de ensayo apropiados respaldados en documentos de normas internacionales, nacionales, documentos publicados en revistas científicas o por organizaciones de prestigio relacionadas a las actividades realizadas en el laboratorio; también se podrá hacer uso de métodos desarrollados o adaptados por el propio laboratorio, los mismos que deben ser elaborados por personal calificado.

En la mayoría de los procedimientos de calibración que se tiene previsto utilizar, el laboratorio puede utilizar métodos conocidos y aprobados como son una comparación directa entre el patrón y el calibrando sin la interferencia de otro equipo, por lo que, solo debe demostrar el desempeño que debe tener el procedimiento y esto se lo puede realizar con el parámetro estadístico conocido como error normalizado cuyo criterio de aceptación es satisfactorio para [21]:

$$E_n \leq 1^4 \quad (3.17)$$

Para que este criterio sea correcto se debe comparar las lecturas obtenidas de la medición con los valores de otra medición que se haya hecho al mismo equipo en los mismos puntos por algún otro equipo o instrumento con un procedimiento de mayor jerarquía metrológica, certificados de calibración recientes, o equipos de mejores prestaciones metrológicas [21].

El cliente podrá acordar con el laboratorio el método de ensayo a utilizar, y debe ser notificado del método que se utilizará.

#### **Validación de métodos**

Los métodos no normalizados y los que se desarrollen en el laboratorio se los debe validar antes de su uso, así como los métodos normalizados que hayan sido modificados o aplicados para un uso distinto del indicado en dicho método.

#### **Puesta a punto**

Para que el laboratorio tenga un conocimiento general de un método debe realizar la puesta a punto de dicho método que no es más que una actividad previa a la validación del método

que busca obtener un conocimiento general de dicho método. Para posteriormente tener un método funcional y con respuestas aceptables y consistentes.

El laboratorio para cada método que quiera normalizar puede seguir las guías de los procedimientos de calibración de los diferentes equipos mencionados en el numeral 3.2.2.10 de este documento, y para validar sus métodos debe considerar los parámetros que tendrá en cuenta para dicha validación y que varían dependiendo del tipo de ensayo que se vaya a realizar, estos parámetros pueden ser los que se encuentran en la Tabla 3.12. pero no limitarse a estos.

**Tabla 3.12.** Parámetros de validación por tipo de ensayo.

<b>Tipo de ensayo</b>	<b>Parámetro</b>
Identificación	Selectividad / Especificidad
Determinación cualitativa	Selectividad / Especificidad Límite de detección
Determinación cuantitativa de un componente	Intervalo de trabajo Linealidad / Función respuesta, siempre que se aplique al método. Selectividad / Especificidad Precisión Exactitud Límite de cuantificación, siempre que se aplique al método. Incertidumbre

### **Elección de parámetros de validación**

Basados en lo que dice la norma ISO/IEC 17025, los requisitos que deben cumplir los métodos deben ser especificados previo a la validación, por lo que los objetivos de validación serán dichos requisitos establecidos, o en su defecto se podrá tomar uno o varios parámetros de la Tabla 3.12. según considere oportuno el laboratorio para cada método.

### **Tratamiento estadístico de los datos**

Una vez realizadas las pruebas correspondientes de acuerdo a cada procedimiento establecido y obteniendo todos los resultados se debe realizar un tratamiento estadístico de éstos para determinar el cumplimiento de los objetivos definidos.

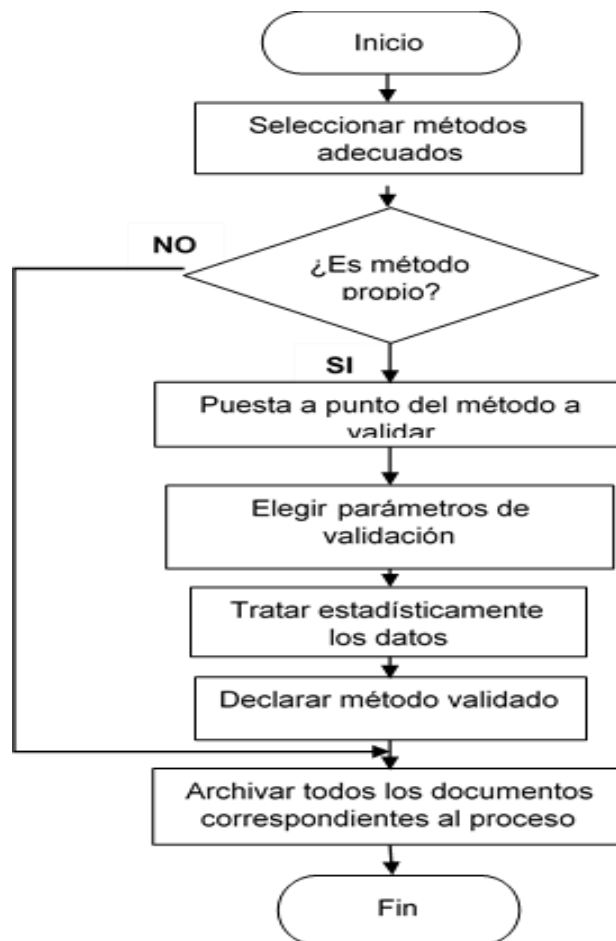
Los datos obtenidos en la validación serán tratados estadísticamente siguiendo los lineamientos que el laboratorio indique en el instructivo para cada proceso de calibración.

### Declaración de método validado

Si los objetivos predefinidos se han cumplido, se puede declarar dicho método como válido.

Dicha declaración se debe realizar en un formato adecuado donde se registren todas las características importantes del método, y se deben registrar todos los documentos que justifiquen dicho proceso como pueden ser:

- Borrador del método con sus anexos.
- Parámetros de validación seleccionada y objetivos preestablecidos.
- Registros de ensayos realizados.
- Tratamiento de datos obtenidos.
- Declaración de método validado.



**Figura 3.18.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de validación de métodos.

### **3.2.2.8 Gestión de trazabilidad**

En este documento el laboratorio debe detallar el procedimiento para asegurar que las mediciones de ensayos y los resultados de las calibraciones realizadas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional. Por lo que, para la elaboración del documento se puede seguir el formato de los documentos antes mencionados, con los puntos que crea conveniente el laboratorio, y lo que se puede sugerir en el cuerpo del documento es lo siguiente [13]:

#### **Calibración de equipos**

El laboratorio debe asegurarse que todas las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al SI, a través de laboratorios de calibración acreditados, y designará a un responsable para este caso.

#### **Incertidumbre de calibración**

Se debe designar a un encargado que realice un análisis técnico de la incertidumbre de los equipos utilizados por el laboratorio para visualizar que se provee la incertidumbre de medición requerida de acuerdo a cada procedimiento que se realice.

#### **Verificaciones intermedias**

Un responsable designado revisará y hará las verificaciones necesarias para conservar la confianza en el estado de calibración de los equipos de acuerdo al tipo de procedimiento y la programación definida por el laboratorio. Estos datos deben ser registrados en un formato propio del laboratorio para tener una evidencia de dichas verificaciones y las fechas de las mismas.





**Figura 3.19.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Gestión de trazabilidad.

### **3.2.2.9 Aseguramiento de la calidad**

Este documento tiene como finalidad describir la sistemática para controlar el resultado de mediciones, para ello se puede seguir el mismo formato de los documentos anteriores y se puede sugerir que en el apartado de la descripción del documento se contemple lo siguiente [13]:

#### **Registro de datos**

El laboratorio designará a alguien para llevar un registro de los resultados obtenidos de cada ensayo o calibración realizada en su respectivo registro de datos, dicho registro debe contar con la información necesaria para una posterior revisión.

#### **Técnicas estadísticas**

El laboratorio debe elaborar técnicas estadísticas para revisión de datos registrados en ensayos según requiera en cada método de ensayo. En caso de usar medios informáticos en la obtención de estos datos se debe asegurar los resultados.

#### **Control de validez de ensayos**

Los ensayos deberán ser controlados por al menos uno de los siguientes pasos:

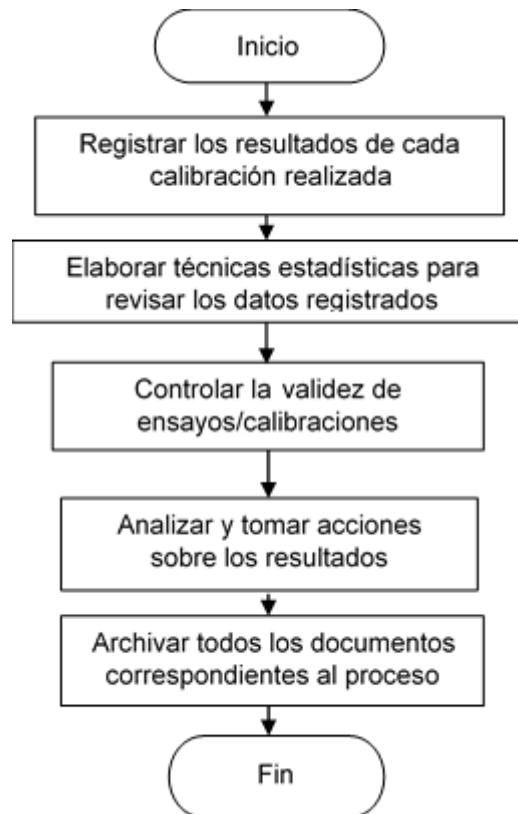
- Participación en inter-comparaciones de laboratorios al menos 2 veces al año.
- Exámenes técnicos al personal del laboratorio anualmente.

Del tipo de control se debe llevar constancia en un formato propio del laboratorio donde se puede establecer el tipo de control y la periodicidad de cada uno de estos.

### Rechazo de resultados

El laboratorio designará al personal adecuado para que se encargue de analizar los resultados y tomar las decisiones adecuadas sobre los mismos.

En caso de que los resultados obtenidos en los controles de calidad planteados no resulten satisfactorios por diversas razones, se deberá tratar con el procedimiento de trabajo no conforme antes mencionado.



**Figura 3.20.** Diagrama de Flujo del procedimiento de Aseguramiento de la calidad.

### 3.2.2.10 Procedimiento de ensayos

Este procedimiento tiene como finalidad establecer las instrucciones y criterios para la realización de ensayos/calibraciones en el Laboratorio de acuerdo a las normas técnicas tomadas como referencia [13].

En este caso las referencias que puede tomar según lo que dice la propia norma ISO/IEC 17025:2017 son normas internacionales, regionales o nacionales, o por organizaciones técnicas reconocidas, o en libros y revistas científicas especializadas.

En el tema estricto de calibración actualmente no se cuenta con normas nacionales para los equipos de energía eléctrica, por lo que los procedimientos se pueden basar tranquilamente en normas o guías internacionales, éstas últimas las más usadas, ya que son provistas por organismos reconocidos y aprobados.

Cabe recalcar que normas como tal para la calibración de equipos es muy difícil de encontrar debido a que cada laboratorio puede validar su propio método, por lo que, en el país la mayoría de laboratorios dedicados a esta actividad se basan en las guías provistas por el Centro Español de Metrología (CEM).

Y como recomendación se puede tomar las guías del CEM que muestran los procedimientos para calibrar cada tipo de equipos como se enlistan a continuación [28]:

- Procedimiento EL-001 para la calibración de multímetros digitales de hasta 5 1/2 dígitos de resolución.
- Procedimiento EL-003 para la calibración de cajas de décadas de resistencia.
- Procedimiento EL-004 para la calibración de megóhmetros.
- Procedimiento EL-005 para la calibración de medidores de energía eléctrica.
- Procedimiento EL-007 para la calibración de pinzas amperimétricas.
- Procedimiento EL-008 para la calibración de resistencias de alto valor (método directo) (margen de 100M Ohm a 100 T Ohm).
- Procedimiento EL-010 para la calibración de calibradores multifunción.
- Procedimiento EL-011 para la calibración de vatímetros y varímetros analógicos.
- Procedimiento EL-014 para la calibración de vatímetros digitales.
- Procedimiento EL-015 para la calibración de resistencias patrón CC. Método potenciométrico.
- Procedimiento EL-020 multímetros digitales de más de 5 1/2 dígitos de resolución.

También se puede tomar como referencias las guías de la Asociación Europea de Institutos Nacionales de Metrología (Euramet) que es otro organismo reconocido por el BIPM (La

Oficina Internacional de Pesas y Medidas). En este organismo hay tres guías en particular que se pueden recomendar [29]:

- No. 7 | Calibration of Oscilloscopes | TC-EM | Version 1.0, 06/2011
- No. 8 | Guidelines on the Calibration of Thermocouples | TC-T | Version 3.1, 02/2020
- No. 15 | Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters |TC-EM | Version 3.0, 02/2015

Las recomendaciones antes descritas son solo eso, y el laboratorio puede adoptar o no dichas recomendaciones, ya que a nivel mundial existen varios organismos como el SIT (Servizio di taratura in Italia) o el ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia) que poseen guías para los procedimientos de calibración de los equipos y el laboratorio puede buscar el que mejor se adapte a sus necesidades.

En este caso se puede seguir el formato de los documentos anteriormente mencionados, y en la descripción de dicho documento se debe colocar el procedimiento a seguir para un ensayo/calibración que el laboratorio vaya a realizar, recordando que debe tener un documento por separado con cada procedimiento de calibración que se tenga en el laboratorio, es decir, un documento con el procedimiento para pinzas amperimétricas, multímetros digitales, amperímetros, analizadores de calidad de energía, etc.

Para mencionar un ejemplo, en este caso se describe el procedimiento para la calibración de pinzas amperimétricas.

#### *3.2.2.10.1 Calibración de Pinzas Amperimétricas*

Este procedimiento de calibración tiene el mismo alcance que se muestra en el punto 1.6.19, en lo relacionado a pinzas amperimétricas; entre los equipos a utilizarse hay que buscar preferentemente patrones de medida que tengan una incertidumbre de calibración por lo bajo tres veces más pequeña comparada con la tolerancia admitida para la pinza que se desea calibrar durante su uso normal [11].

#### *3.2.2.10.2 Equipos para calibraciones en intensidad alterna [11]:*

- Fuente de corriente alterna, de estabilidad mejor de 0.5% en 8 horas, distorsión armónica inferior del 2%, que se usará como un equipo auxiliar.
- Transformador de corriente de clase 0.5, 0.2, o mejor que dependerá de la tolerancia admisible en la calibración para la pinza.

- Amperímetro digital de  $4^{1/2}$  dígitos de resolución de corriente alterna o mejor, con especificación básica mejor del 0,2%, dependiendo de la tolerancia que se permita en la calibración para la pinza.
- En el caso de pinzas con lectura indirecta se necesitará también un multímetro digital de  $4^{1/2}$  o más dígitos de resolución, con una especificación básica mejor del 0,2%, o mejor, y se lo usará en la función de voltímetro de alterna.

### 3.2.2.10.3 Equipos para las calibraciones en corriente continua [11]:

- Fuente de corriente continua, de estabilidad mejor de 0.5% en 8 horas, que se utilizará como un equipo auxiliar.
- Shunt de clase 0.5, 0.2, o incluso mejor según la tolerancia que se permita en la calibración para la pinza.
- Voltímetro digital de voltaje continuo de  $4^{1/2}$  dígitos o más de resolución con una especificación básica mejor del 0,2%, o mejor según sea la tolerancia que se permita en la calibración para la pinza. El voltímetro debe tener un campo de medida de fondo de escala de preferencia menor o igual a 100 mV, ya que las caídas de voltaje a medir en los shunts varían desde los 60 mV hasta 100 mV para una corriente igual a la nominal del shunt.
- Adicionalmente, para la calibración de pinzas con lectura indirecta se hará uso de un multímetro digital de al menos  $4^{1/2}$  dígitos de resolución, con una especificación básica mejor del 0,2%, o mejor, que debe estar funcionando como voltímetro de voltaje continuo.

Es necesario mencionar que según sea la tolerancia admitida en la calibración para la pinza las características de exactitud, resolución, etc., pueden cambiar ya que los valores mencionados anteriormente son solo una orientación que se puede seguir [11].

Para este caso el significado de clase de exactitud hace relación al error máximo admisible para el equipo de medida, dado en %, para un valor del mensurando igual al fondo de escala [11].

En el caso de calibración de pinzas con lectura indirecta sea en alterna o continua, se puede omitir el uso del multímetro mencionado en el último lugar de la lista, solo si se tiene otro equipo capaz de realizar varias medidas a la par mediante dos canales, o que se tenga medidas seguidas (corriente alterna - voltaje alterno, voltaje continuo - voltaje continuo) si la estabilidad de la fuente es la apropiada [11].

#### 3.2.2.10.4 Operaciones previas

Se debe realizar las siguientes operaciones antes de iniciar la calibración [11]:

- Hay que asegurarse que la pinza tenga de forma visible su marca, modelo y número de serie correspondiente, o en su defecto un código interno del dueño. En caso de no contar con estos datos el laboratorio le debe asignar un código de identificación que se debe colocar en un lugar seguro de la pinza y que no interfiera en el proceso de calibración [11].
- La persona responsable de la calibración debe revisar el manual de operación de la pinza, además de tener a la mano si es posible las instrucciones de ajuste que recomiende el fabricante en caso de que se necesite esta información durante la calibración [11].
- En el caso de que la pinza cuente con una batería para su funcionamiento, se debe comprobar el estado de la misma según las instrucciones del manual, y de ser el caso se debe cambiar dicha batería para un correcto funcionamiento durante la calibración [11].
- Se tiene que fijar la tolerancia para la calibración de la pinza, esta tolerancia puede ser similar con las especificaciones del fabricante, o se la puede calcular en función del uso que se le da a la pinza. Los errores provenientes de la calibración se deben confrontar con los valores de dicha tolerancia admisible de forma que posteriormente se puedan aplicar los criterios que se mencionan en “Proceso de Calibración” [11].
- El personal o la persona encargada de la calibración debe contar con los manuales de los equipos auxiliares y patrones que se usen en el procedimiento, con la finalidad de estar al tanto del manejo de dichos equipos [11].
- Se tiene que comprobar el estado de los equipos patrones que serán usados en la calibración, además de verificar si poseen un certificado de calibración en vigencia que pueda garantizar la trazabilidad e incertidumbre correctas a las medidas que se harán durante la calibración [11].
- Para el correcto funcionamiento de los equipos que requieren alimentación eléctrica se debe comprobar el valor de la frecuencia y voltaje de alimentación y sus posibles cambios y que estos estén dentro de los límites que se establecen en el manual de cada equipo. Las comprobaciones de estos parámetros se los puede hacer con un

multímetro digital al realizar la primera calibración, sin ser necesario repetir esto en cada calibración [11].

- Los instrumentos que sean necesarios para el proceso de calibración y necesiten conectarse a la red de alimentación eléctrica se deben conectar antes de empezar el proceso para conseguir la estabilización térmica. Este tiempo es diferente para cada equipo y se debe seguir las instrucciones que indique el fabricante, en el caso de contar con esta información se puede tener en cuenta que generalmente se requiere un mínimo de 30 minutos [11].
- La temperatura al ser un factor que influye en la calibración de los equipos se la debe mantener entre 18 °C y 28 °C, debido a que dentro de estos valores los equipos y patrones conservan sus especificaciones. Es posible realizar la calibración cuando la temperatura esta fuera de este rango, pero para ello se debe considerar en la asignación de incertidumbres de calibración [11].
- La humedad relativa es otro factor importante que como recomendación no debe superar el 70%, pero es importante seguir las instrucciones de los manuales de cada equipo necesario [11].
- El laboratorio debe contar con una puesta a tierra tanto para la protección de los equipos como del personal, por lo que se debe comprobar que en los enchufes que sean utilizados por los equipos se cuente con dicha protección [11].
- La fuente utilizada para corriente alterna debe tener una distorsión armónica total menor al 2%, para ello se puede realizar la medición correspondiente, o consultando las especificaciones, si no se cumple con este parámetro se debe considerar su influencia [11].
- Para la pinza que se vaya a calibrar se deben ejecutar las pruebas iniciales que se describan en el manual técnico, para comprobar el estado general y el funcionamiento de la pinza para que no haya contratiempos durante el procedimiento de calibración [11].
- Se debe comprobar que las mordazas de la pinza cierren correctamente, además del estado superficial de las dos caras accesibles del circuito magnético [11].
- Para pinzas con lectura indirecta se tiene que comprobar que la impedancia de entrada del equipo conectado a la salida de la pinza se encuentra en los límites de impedancia que se indican en el manual de funcionamiento de la pinza [11].

- Si se tiene una pinza analógica se hará el ajuste de su cero mecánico [11].
- Se debe tener en cuenta que el conductor por el que circula la corriente debe estar vertical y centrado a la superficie definida por las mordazas de la pinza. También hay que asegurar que no exista ningún otro conductor u objeto metálico cerca de la pinza con el fin de evitar distorsiones en el campo magnético y errores en los resultados finales, se recomienda una distancia mínima de 40 cm [11].
- Para las pinzas de continua se debe realizar primero el comienzo de las medidas en cada rango a la des-magnetización del núcleo, para eso después que se haya aplicado una corriente cercana al fondo de escala de la pinza hay que quitar la pinza del conductor y se deben abrir y cerrar sus mordazas de forma ruda de tres a cinco veces [11].
- En el caso de contar con pinzas de continua se debe ajustar su cero antes de comenzar las medidas en cada rango. Por lo cual, se debe colocar la pinza en el circuito previsto para la calibración, y sin la necesidad de aplicar intensidad al conductor se ajustará el cero eléctrico de la pinza hasta que se tenga una lectura que sea la más cercana a cero. Por otro lado, si se tiene pinzas con lectura indirecta se realizará un ajuste de cero de la pinza y después del voltímetro conectado a la salida de la pinza a calibrar [11].
- Cuando se tenga pinzas de continua se debe orientar la pinza de forma que las lecturas sean positivas [11].

Hay que tener en cuenta que durante todo el procedimiento de calibración de los equipos y en los terminales externos o internamente se puede tener voltajes peligrosos para las personas. Por lo tanto, el personal debe tomar las precauciones necesarias siguiendo las instrucciones de los procedimientos tal y como se las indica, utilizando los equipos de seguridad necesarios según sea el caso, y tomando en cuenta las recomendaciones que da el fabricante en los manuales técnicos de cada equipo. [11].

Entre algunas medidas que el personal debe tomar en cuenta están las siguientes [11]:

- Utilizar cables con el nivel de aislamiento necesario para impedir la perforación de su aislamiento (usar cables que soporten como mínimo 2000 V a 60Hz).
- Es recomendable usar cables con terminales o bananas ya que al ser introducidos en los bornes adecuados no se tenga partes activas que puedan dañar al personal que esté ejecutando la calibración.



- Para realizar una conexión a los bornes de la fuente de corriente primero se debe desconectar su salida de corriente, o se debe apagar la fuente.

#### 3.2.2.10.5 Proceso a seguir para la calibración

El proceso de calibración puede seguir cualquier secuencia de las que se presenta a continuación [11]:

- a) Calibración inicial – Ajustes – Calibración final.
- b) Calibración sin ajustes.
- c) Ajuste – Calibración final.

La secuencia a) es la secuencia común donde se hace una calibración inicial, y si como resultado el equipo necesita un ajuste, se realiza dicho ajuste y posterior a esto se hace la calibración final. Con esto se logra tener información de la primera calibración en base al estado del instrumento desde la última calibración. Mientras la calibración final nos muestra si los ajustes que se hizo son correctos además de garantizar la trazabilidad. Hay que tener en cuenta llevar y conservar registros de la calibración inicial y final [11].

En el caso de que la pinza necesite un ajuste y dicho ajuste no se pueda llevar a cabo, se procede con la reparación o sustitución de la pinza [11].

La secuencia b) será parecida a la secuencia a) que se podrá aplicar cuando los errores obtenidos en la calibración sean menores a unos límites determinados, o en el caso de que no exista la autorización del cliente para realizar el ajuste [11].

La secuencia c) será aplicable siempre y cuando el estado de la pinza antes de la calibración no se considere relevante, esto puede darse por varios motivos entre los cuales pueden estar que, recién fue reparada, es un equipo nuevo, recientemente estaba fuera de uso, etc. [11].

Se tiene que establecer unos límites de tolerancia en la calibración para realizar su ajuste o limitar su uso, y estos límites se los establecerá en base al uso que se espere dar a la pinza. Se podrá realizar el ajuste siempre y cuando se disponga de la autorización del usuario del equipo o el cliente y de los medios, para ello la desviación conseguida tiene que ser superior al límite de tolerancia determinado disminuido en la incertidumbre de calibración [11].

Hay que considerar que los ajustes se deben realizar siguiendo las instrucciones que se encuentran en el manual del fabricante de la pinza, sin embargo, en la mayoría de casos no se puede realizar el ajuste ya que estos instrumentos se los usa en la industria y no en

un laboratorio, por ende, cuando se tenga que los errores de la calibración superen el límite de tolerancia preestablecido, la solución más viable es arreglar el equipo o cambiarlo por un nuevo equipo, y en la práctica esto resulta más sencillo [11].

### 3.2.2.10.6 Definición de los puntos de medida

En la Tabla 3.13. se muestran los puntos de medida que se sugieren para hacer una calibración completa, pero cabe recalcar que si la pinza se va a utilizar para una actividad con un campo de medida específico se deben definir otros puntos de medida. Las observaciones a continuación son una guía para entender la Tabla 3.13. [11]:

**Tabla 3.13.** Puntos de calibración

Rangos	Nº de puntos	Valores de prueba (% fondo de escala)
<b>Intensidad Alterna</b>		
Todos, excepto uno intermedio	2	10%, 90%
Rango intermedio	5	10%, 30%, 50%, 70%, 90%
<b>Intensidad Continua</b>		
Todos, excepto uno intermedio	2	10%, 90%
Rango intermedio	5	10%, 30%, 50%, 70%, 90%

Los puntos de calibración se los expresa en % del fondo de escala de la pinza. Los valores que se muestran son recomendaciones que pueden ser referenciales para elegir los puntos de calibración, los mismos que deben cubrir todo el rango de medida útil del equipo y, cuando se tenga dos o más, estar distribuidos homogéneamente a lo largo de toda la escala [11].

El valor del 10% solo es un punto arbitrario que está al inicio de la escala, pero el valor real puede ir hasta el 25% o 50%, con la finalidad de que no se realice la calibración para un punto que se pueda medir en el rango inferior [11].

El valor del 90% indica un punto arbitrario del fondo de escala, sin embargo, el valor real se puede establecer dentro del 80% y 95% del fondo de escala [11].

En el momento que se tenga un rango en el que se está comprobando la linealidad (tomando medidas de cinco puntos en el mismo rango), los valores del 10%, y de 90% serán utilizados estrictamente [11].

Hay que tener claro que en este procedimiento no se incluyen medidas de intensidad continua con polaridad negativa y no se justifica la calibración en esta polaridad, debido a

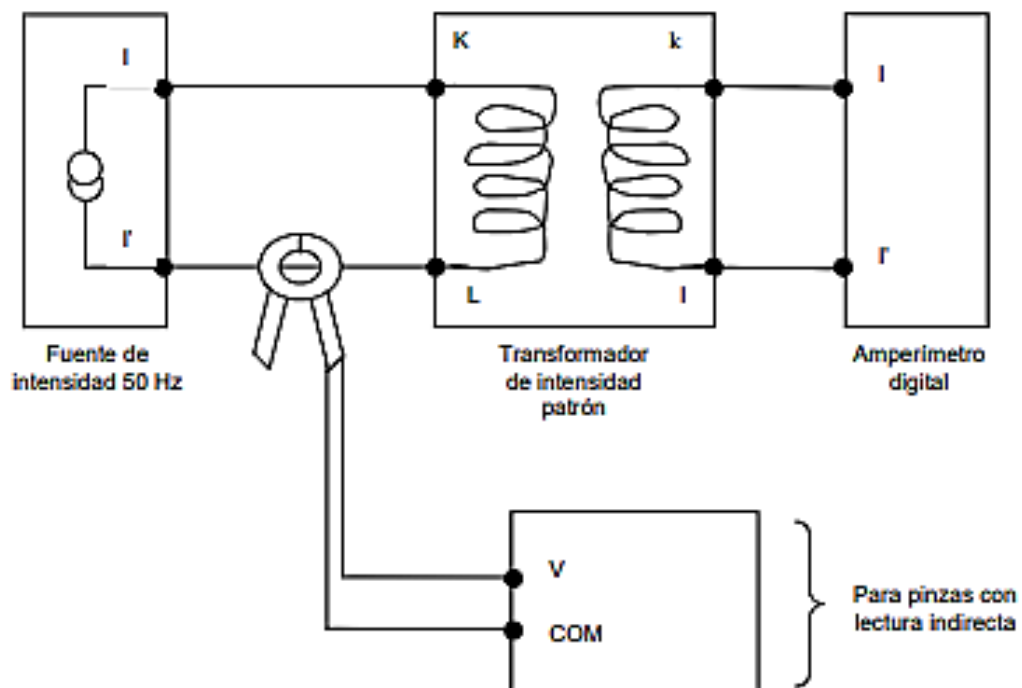
que en su mayoría las pinzas no poseen esta característica para poder medir, por lo que, en el caso de tener lecturas negativas, se puede solucionar con tan solo invertir la posición de la pinza [11].

### 3.2.2.10.7 Manual de procedimientos para conexiones y realización de las medidas.

Después de superar el régimen transitorio se harán cinco lecturas en cada punto de calibración [11].

En el caso de que la pinza a calibrar tenga la posibilidad de ser configurada en varias formas de medida (resolución o velocidad de medida) se escogerá la que brinde las mejores especificaciones según se indique en el manual del fabricante, estas especificaciones por lo general suelen ser la más lenta y con mejor resolución, o aquellas que el usuario del equipo utilice de manera habitual. Esta información se debe registrar en la hoja de datos, así como las configuraciones seleccionadas en la pinza a calibrar, y en el informe de calibración [11].

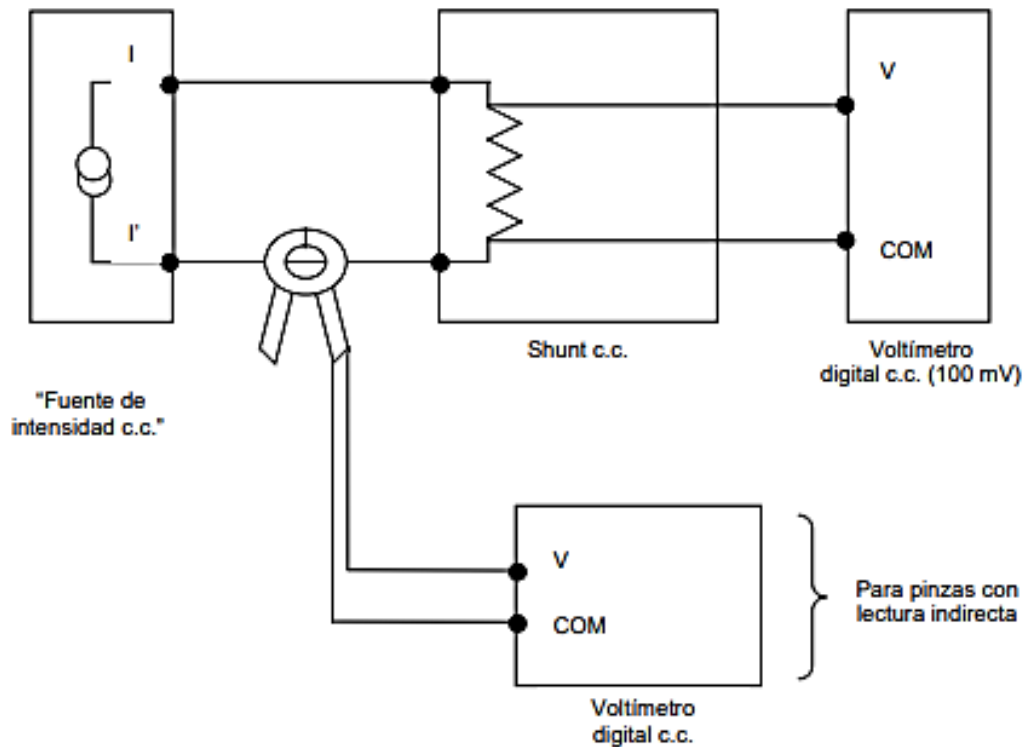
En las Figuras 3.21. y 3.22., se muestran los esquemas que se deben seguir para la calibración en alterna (Figura 3.21.), y continua (Figura 3.22.) [11].



**Figura 3.21.** Esquema de conexión para calibración en alterna.

Para la calibración en alterna se puede escoger entre un transformador patrón o una relación de transformación, en el caso de escoger la segunda opción que será usada si se

trata de un transformador de corriente de relaciones múltiples, hay que asegurar que la corriente a medir esté siempre dentro del 20% y 120% de la corriente primaria nominal [11].



**Figura 3.22.** Esquema de conexión para calibración en continua.

Para la calibración en continua se debe operar la fuente de corriente en su modo de funcionamiento corriente constante [11].

El shunt que se va usar como patrón se debe elegir de manera que se cumplan las condiciones a continuación [11]:

- ❖ La intensidad de prueba debe ser menor a la intensidad máxima soportada por el shunt.
- ❖ Se usará un shunt de forma que en cualquier punto de medida su voltaje de salida sea mayor a 20 mV, con el fin de disminuir lo máximo posible la intervención de las fuerzas termoeléctricas, y del error de medida del voltímetro. Sin embargo, si se pueden medir voltajes inferiores con instrumentos más especializados como puede ser un nanovoltímetro digital o multímetros de gran exactitud (por ejemplo, de  $8^{1/2}$  dígitos).

Con la finalidad de tener la mínima incertidumbre y la mejor resolución posible en el proceso de calibración, se debe elegir los alcances de medida del amperímetro y voltímetro digital para así tener la corriente o voltaje según sea el caso lo más cerca posible al fondo de escala, esto es aplicable en calibraciones tanto en alterna como en continua. La calibración se hará aplicando corrientes crecientes en cada campo de medida [11].

Cuando se tenga pinzas digitales se procede a ajustar la fuente de manera que se pueda apreciar en la pinza el valor nominal de la corriente de prueba. Mientras que, para las pinzas análogas se debe ajustar la fuente hasta centrar la aguja en la división que se desea en la escala. En los dos casos se lee y anota el valor de la corriente de prueba al mismo tiempo con la pinza a calibrar y con el equipo patrón [11].

La calibración puede seguir en orden los pasos que se muestran a continuación [11]:

- Aplicar la corriente necesaria al punto de calibración y ajustar según se tenga una pinza analógica o digital.
- Hay que comprobar que se han estabilizado las indicaciones y anotar las lecturas en la pinza si es el caso de pinzas con lectura directa, y si se tiene pinzas con lectura indirecta las lecturas se tomarán en el multímetro. En los dos casos se tomarán al menos cinco lecturas.
- Tomar el valor de las lecturas provenientes del patrón, para calibraciones en alterna será de un amperímetro, mientras que para calibraciones en continua se lo hará de un voltímetro.
- Incrementar el valor de corriente al punto de calibración siguiente y repetir los 2 pasos anteriores.

#### *3.2.2.10.8 Toma y tratamiento de datos*

Los datos que se enumeran a continuación se deben anotar en cada punto de calibración que se haga [11]:

- Equipos usados.
- Condiciones ambientales.
- Encargado de realizar la calibración.
- Alcance o rango de medida y la configuración de la pinza a calibrar, fuente de corriente y patrones.

- Lectura proveniente de la pinza en el caso de que sea lectura directa, para cada repetición.
- Si se tiene pinzas con lectura indirecta se tomará la lectura del voltímetro o del amperímetro según corresponda, para cada repetición y constante de la pinza.

Si la pinza cuenta con una salida en corriente se recomienda añadir un shunt o resistencia patrón calibrados a su salida, para poder obtener un valor de voltaje. Pero hay que asegurarse que dicha resistencia sea menor al valor máximo de resistencia de carga permitido por la pinza [11].

- Tolerancia delegada a la pinza en cada punto de calibración, en su caso.
- Se debe anotar el valor medio y la desviación típica en cada una de las cinco lecturas tomadas en cada punto de calibración. Cabe recalcar que siempre que se tenga una fuente muy estable y por el hecho de que las pinzas no poseen mucha resolución no se pueda apreciar variación alguna en sucesivas lecturas.
- Para calibrar en alterna se considera la relación usada del transformador, o el valor de la resistencia del shunt utilizado en caso de calibraciones en continua. En los dos casos se debe utilizar un valor certificado.
- Lectura del patrón (amperímetro o voltímetro) tomada a la salida del transformador de corriente o shunt, según los casos, para cada repetición.
- Corriente medida por el patrón resultado de los valores conseguidos en los dos puntos anteriores, para cada repetición.
- Valor medio y desviación típica de las lecturas de corriente que se obtienen para las cinco repeticiones hechas en cada punto de calibración.
- Error ligado a la calibración en cada punto (diferencia entre la lectura media de la pinza y el valor medio que se mide en el patrón).

Posterior a esto, se compararán los errores encontrados con las tolerancias asignadas a la pinza para la calibración, con el fin de verificar si es necesario o no realizar ajustes, según los criterios del apartado “Secuencias posibles de calibración” [11].

Una vez determinados los errores y si se tiene alguna duda sobre los valores obtenidos por cualquier motivo, se puede repetir la calibración en los puntos que sean necesarios para verificar los valores obtenidos y que sean resultados válidos [11].

### 3.2.2.10.9 Interpretación de resultados

Al terminar con el proceso de calibración donde están incluidos los ajustes que hayan sido necesarios según sea el caso, se procede a determinar los errores ligados a la calibración final en cada uno de los puntos, y se debe comprobar si esos errores son menores al límite de tolerancia disminuido en la incertidumbre de calibración. Si se tiene un resultado favorable la pinza esta puede ser usada nuevamente o devuelta al cliente correspondiente. Caso contrario se debe reparar o recomendar un uso diferente del previsto donde se admita una tolerancia de uso mayor [11].

El tiempo que se recomienda para una re-calibración de estos instrumentos generalmente esta entre 9 y 12 meses, ya que en el correspondiente certificado de calibración se indica el tiempo de vigencia de dicho certificado (normalmente 12 meses), aunque en la mayoría de casos este tiempo dependerá de las características técnicas de la pinza, del uso que se le dé a la misma, y de su tolerancia asignada. Pero al final, el único responsable será el usuario del instrumento el que considere el período de re-calibración [11].

Cabe recalcar que posterior a la calibración se debe emitir un informe en un formato adecuado donde consten todos los datos pertinentes e importantes en todo el procedimiento, así como los resultados obtenidos y las observaciones encontradas [11].

Además, se emitirá un certificado de calibración para el cliente, donde se anoten los resultados más importantes obtenidos en cada escala en la que se calibro a dicho equipo entre los cuales pueden destacar los mencionados en la Tabla 3.14. Resultados de calibración, así como las observaciones que se encontraron a lo largo del procedimiento [21].

**Tabla 3.14.** Resultados de calibración

Punto	Función	División de escala	Indicación del equipo	Valor de patrón	Variab le	Corrección	Unidades	Incertidumbre(±)	Factor de cobertura k
1									
2									
3									

## **3.3 ESPECIFICACIÓN Y DISEÑO DEL LABORATORIO**

### **3.3.1 DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL LABORATORIO**

Los diseños arquitectónicos de un laboratorio de calibración o en general de metrología no están normalizados, más bien dependen del espacio disponible, de los equipos a utilizarse, los procesos establecidos con los que contará dicho laboratorio y del número de personas que se espera que trabajen en dicho laboratorio [12].

El espacio físico para desarrollar los procesos de ensayos o calibraciones debe ser el suficiente para que se puedan realizar cualquier actividad tomando en cuenta que se requiere de un espacio mínimo aproximado de  $3m^2$  por persona y que cada actividad se debe aislar una de la otra para evitar error en los resultados por la contaminación cruzada [12].

#### **3.3.1.1 Área administrativa**

Al ser necesario cumplir con todos los requerimientos en lo que tiene que ver con el ámbito de gestión que establece la norma ISO/IEC 17025:2017 para ir en busca de la acreditación del laboratorio, éste debe asegurarse de contar con el espacio necesario para desarrollar las actividades administrativas y así asegurar el buen funcionamiento del laboratorio, en el caso de la Empresa Eléctrica Quito, se puede tener estos departamentos administrativos en el mismo laboratorio o en un edificio diferente cómo se maneja actualmente, depende de lo que decidan las autoridades correspondientes, sin embargo, entre las áreas que no pueden faltar están [12]:

- Dirección General del Laboratorio.
- Departamento de Ensayo y/o Calibración.
- Sala de Juntas y Capacitación.
- Departamento de Auditorías.
- Departamento de Atención al Cliente.

#### **3.3.1.2 Área para entrega y recepción de equipos**

En esta área se entregarán y recibirán los equipos que requieran algún servicio por parte del laboratorio y el espacio dependerá del volumen de los equipos receptados y la cantidad de personas que trabajen en dicha área, al ser responsabilidad directa del laboratorio, éste debe encargarse de que el lugar sea seguro y esté en las mejores condiciones para que no exista daños en los equipos y por ende disconformidad o quejas por parte de los clientes. Entre las cosas más importantes que deben tener esta área son: una iluminación mínima



de 200lux, una alimentación eléctrica de 127/220V, un sistema contra incendios, y sistemas adecuados para el transporte de los equipos como uñas hidráulicas o montacargas según el laboratorio lo crea conveniente [12].

### **3.3.1.3 Bodega de almacenamiento**

El laboratorio debe contar con el espacio suficiente para almacenar los equipos que lleguen en caso de que no se pueda realizar el servicio de manera inmediata o en el caso de que llegue una cantidad muy grande de equipos para ser calibrados; el laboratorio debe asegurar que está área sea segura para dichos equipos y que se mantengan los rangos de temperatura y humedad para que no afecten ni a los equipos ni a los resultados a la hora de una calibración [12].

### **3.3.2 ÁREA PARA PRUEBAS**

En lo que se refiere netamente a la parte o sección del laboratorio en donde se realizaran las calibraciones o ensayos, se debe tener en cuenta que para realizar este tipo de trabajo hay que tener una perfecta iluminación, que esta normalizado con magnitudes entre 500 y 1000lux en la superficie de trabajo, y se recomienda tener una iluminación de 750lux de preferencia en luz blanca [12].

Otro factor importante viene a ser la alimentación eléctrica con la cual contará el laboratorio, para esto es recomendable basarse en los equipos que se van a utilizar que normalmente en nuestro país funcionan con una alimentación de 127/220V, y si es necesario para algún equipo especial se puede tener una alimentación de 380/440V [12].

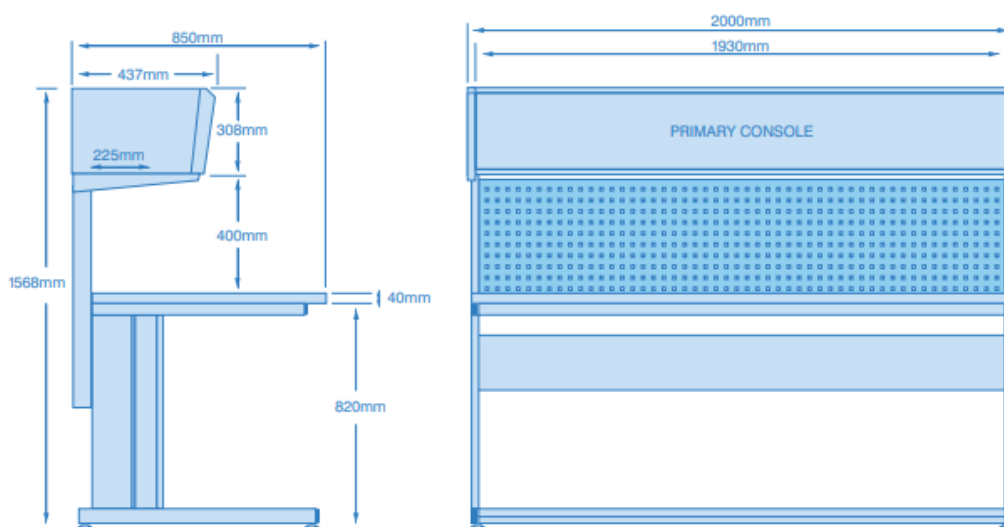
En caso de ser necesario y se busque tener un sistema que permita a los equipos siempre estar alimentados se puede incorporar los equipos UPS (Uninterruptible Power Supply) que son independientes de la red de alimentación eléctrica normal [12].

Además, el laboratorio deberá tener un sistema de puesta a tierra, con la finalidad de dispersar corrientes eléctricas y captar el potencial de referencia cero, y lograr proteger a los equipos conectados y sobre todo el personal, se considera un buen sistema de puesta a tierra si los valores máximos de resistencia están entre 2 y 5 $\Omega$  [12].

Las condiciones ambientales es otro factor importante que puede tener incidencia en los resultados obtenidos dentro del laboratorio, por lo que el laboratorio debe controlar y asegurar que dichas condiciones permanezcan constantes durante los ensayos y/o calibraciones dentro de los rangos que sugieran los fabricantes o se recomienden en cada proceso, o en los manuales de cada equipo [12].

El ruido es un factor que en este laboratorio no va a ser un problema ya que no existirán ruidos fuertes que afecten a las actividades normales del personal, pero se debe mantener un nivel adecuado que no supere los 45dB [12].

Teniendo en cuenta que los equipos se colocarán sobre unas mesas de trabajo, se puede tomar como referencia las mesas que se incluyen en la propuesta de Time Electronics y que tienen las dimensiones que se muestran en la Figura 3.23. Por lo que las dimensiones del laboratorio se realizarán tomando en cuenta esto.



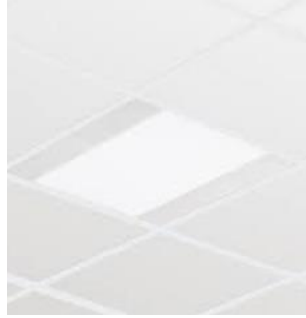
**Figura 3.23.** Dimensiones de la mesa de trabajo 7080. [Catálogo Time Electronics]

### 3.3.2.1 Iluminación

Debido a que este laboratorio usara equipos de mesa que no son tan grandes y los equipos que se van a calibrar tampoco son muy grandes se recomienda un edificio de una altura promedio de 3m donde las luminarias sean de alta luminosidad para garantizar la luminosidad requerida para cada proceso, por lo que se recomienda utilizar luminarias Core Line Led disponibles en el catálogo de Philips, dentro de este tipo de luminarias para este tipo de trabajos se recomienda un nivel de 750lux o más, y para el cálculo se debe tomar en cuenta que se lo hace con la consideración de un techo blanco o claro, paredes claras y suelo gris u oscuro. [24].

### 3.3.2.2 Elección de luminarias

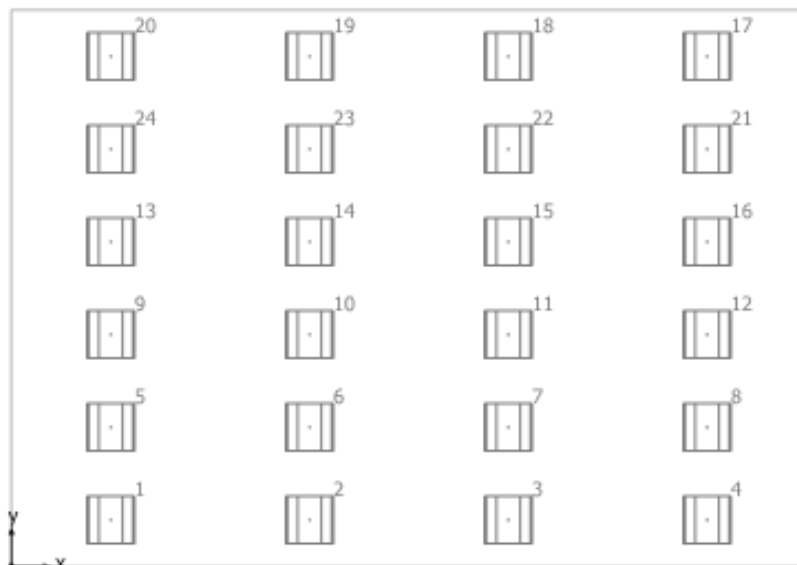
Con la ayuda del software Dialux Evo, se determinó que la luminaria a escoger debe contar con un rendimiento lumínico de al menos 98,6 lm/W y la altura de montaje será a los 3m ya que es empotrada al techo, para este caso en particular se ha seleccionado la luminaria RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD, que se aprecia en la Figura 3.24. [24].



**Figura 3.24.** Muestra de luminaria recomendada. Fuente: Dialux Evo.

En la Figura 3.25. se aprecia la disposición recomendada por el software Dialux Evo, mientras que la

**Tabla 3.15.** muestra las coordenadas exactas en las cuales se deben colocar las luminarias [24].



**Figura 3.25.** Disposición geométrica de las luminarias en el laboratorio. Fuente: Dialux Evo.

**Tabla 3.15.** Coordenadas para la ubicación de las luminarias. Fuente: Dialux Evo.

Philips RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD

N°	X [m]	Y [m]	Altura de montaje [m]
1	1.250	0.583	3.000
2	3.750	0.583	3.000
3	6.250	0.583	3.000
4	8.750	0.583	3.000
5	1.250	1.750	3.000
6	3.750	1.750	3.000
7	6.250	1.750	3.000
8	8.750	1.750	3.000
9	1.250	2.917	3.000
10	3.750	2.917	3.000
11	6.250	2.917	3.000
12	8.750	2.917	3.000
13	1.250	4.083	3.000
14	3.750	4.083	3.000
15	6.250	4.083	3.000
16	8.750	4.083	3.000
17	8.750	6.417	3.000
18	6.250	6.417	3.000
19	3.750	6.417	3.000
20	1.250	6.417	3.000
21	8.750	5.250	3.000
22	6.250	5.250	3.000
23	3.750	5.250	3.000
24	1.250	5.250	3.000

De acuerdo a los datos expuestos por la Tabla 3.16., se puede determinar que la carga de iluminación resultante es de 900W [24].

Es necesario mencionar que este valor solo representa la carga de iluminación en el laboratorio, por lo que para obtener la carga de iluminación de los otros ambientes se seguirá el mismo método usando Dialux Evo y con ello obtener un resultado estimado de dicho valor, ya que las dimensiones de los otros ambientes pueden ser modificados y con

ello su carga de iluminación según considere adecuado el laboratorio; pero para el cálculo se incluirá ese valor [24].

**Tabla 3.16.** Detalle del consumo de energía de luminarias. Fuente: Dialux Evo.

Número de luminaria	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
24 RC120B W60L60 1xLED37S/830 PSD	3.697	37.5	98,6
<b>Suma total de luminarias</b>	88.728	900	98,6

Potencia de conexión: 12,86 W/m<sup>2</sup> (Superficie de planta de la estancia 70m<sup>2</sup>)

Consumo: 2050 kWh/a de un máximo de 2500 kWh/a

### 3.3.2.3 Carga de los equipos de calibración

Pues en este caso los equipos son electrónicos y como cada módulo viene con varias funciones no se necesitan tantos equipos, por lo que el consumo de estos será similar al que tiene una computadora normal, y se conectarán a los tomacorrientes normales de 120/200V [24].

Por lo que en la Tabla 3.17. se puede apreciar un número estimado de tomacorrientes recomendados para el laboratorio donde generalmente se conectarán los equipos necesarios para los procesos del laboratorio [24].

**Tabla 3.17.** Demanda de energía de las cargas del laboratorio.

Elemento	Carga [kW]	Factor de utilización Fu	Carga instalada representativa [kW]	Factor de simultaneidad Fc	Demanda máxima unitaria [kW]
5 Tomacorrientes de 120 V/20A	12	0,7	8,4	0,2	1,68
2 Tomacorrientes de 220/50A	22	0,7	15,4	0,2	3,08
<b>Total</b>					4,76

Se debe mencionar que el número de tomacorrientes considerados son estimados en relación a los pocos equipos que se deben conectar dentro del laboratorio. Por lo que, para

los demás ambientes se sigue la misma metodología y se obtiene una demanda máxima estimada de 10,136kW [24].

En base a las consideraciones anteriores se puede estimar el valor de un transformador de alimentación para todo el laboratorio, y considerando un posible crecimiento en la demanda de energía de un 20%, podemos estimar el dimensionamiento del transformador [24]:

Demanda en iluminación del laboratorio: 0,9kW

Demanda en iluminación del resto de ambientes: 1,777kW

Demanda en equipos y cargas adicionales: 14,896kW

Demanda total: 17,573kW

Aplicando el factor de crecimiento del 20% se tiene una demanda final de:

Demanda final: 21,0876kW

A la demanda final se le debe agregar lo que corresponde al factor de potencia que se recomienda sea del 0,9 y con esto se obtiene la demanda de diseño de 23,43kVA, por lo que se busca un transformador con valor nominal más cercano para poder cubrir esta demanda, en este caso el transformador será de 25kVA [24].

### **3.3.2.4 Personal del laboratorio**

Todo el personal que labore en el laboratorio debe tener la competencia requerida en cada puesto que se desempeñe, todos los requerimientos deben ser realizados por el laboratorio y éste se debe asegurar que se cumplan. Además de ofrecer una constante capacitación y actualización continua [12].

El personal que se recomienda para cubrir todas las necesidades del laboratorio se describen a continuación:

#### **Jefe del Laboratorio**

El jefe del laboratorio es la persona que está a cargo del pleno funcionamiento del laboratorio y es el responsable de las conclusiones finales en los certificados emitidos por el laboratorio, además debe mantener y asegurar el cumplimiento de los procesos para los cuales el laboratorio está destinado [12].

#### **Jefe de calidad**

El jefe de llevar a cabo la calidad en los procesos correspondientes es la persona responsable de los sistemas de gestión, velar que se cumplan los procedimientos por parte

del personal para asegurar la calidad en los resultados de los procesos realizados en el laboratorio, estar pendiente de las auditorías internas, en otras palabras, estará más pendiente de la parte administrativa para liberar un poco de carga al jefe del laboratorio [12].

### **Secretaria**

La secretaria es la encargada de ejecutar labores que ayuden a brindar una respuesta oportuna a las solicitudes que llegan al laboratorio, atender a los clientes, generar y documentar los procesos del laboratorio [12].

### **Metrólogos Principales**

El metrólogo principal es la persona responsable de las pruebas de ensayo y/o calibración de los equipos que ingresen al laboratorio, por lo cual, deberá tener pleno conocimiento de las pruebas que se vayan a realizar y los equipos a utilizar [12].

### **Metrólogos auxiliares**

El metrólogo auxiliar es el ayudante del metrólogo principal, pese a no tener tantas responsabilidades debe estar al tanto de los procedimientos para cada tipo de prueba [12].

### **Personal de bodega**

El encargado de bodega será el responsable de mantener en buen estado a todos los equipos que requieran ser almacenados, por lo que debe llevar un registro de los equipos y de las personas que los ocupen [12].

### **Personal de departamento de auditorias**

El departamento de auditorías está ligado con la Dirección General de la empresa y el Jefe del Laboratorio, con el fin de realizar el cronograma y la planificación de las auditorías internas que deben realizarse cada cierto tiempo para garantizar la calidad en los servicios que presta el laboratorio y en los resultados de cada procedimiento [12].

### **3.3.3 EQUIPAMIENTO DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA**

El laboratorio deberá contar con todos los equipos necesarios para realizar todos los procedimientos que ofrecen, con las condiciones establecidas en la norma ISO/IEC 17025:2017 [12].

En este caso hay una serie de equipos que pueden ayudar a la calibración de todos los equipos que requiere la Empresa Eléctrica Quito, pero se ha hecho énfasis en los equipos patrones de dos marcas diferentes en vista de que la EEQ S.A. realizó las cotizaciones previamente a estos proveedores y esta información se usará con fines didácticos para el desarrollo de este trabajo, estas proformas se las puede observar en el ANEXO D.

Dichas proformas son meramente referenciales y utilizadas para la elaboración del presupuesto estimativo que se realiza en este trabajo; en el mercado existe una gran cantidad de proveedores que la EEQ S.A. puede seleccionar para obtener dichos equipos según sea conveniente para sus intereses. Además, se debe aclarar que esta información se obtuvo en 2019 sin tomar en cuenta la crisis del Covid-19 y se las hizo con todos los instrumentos que la empresa considero pertinente en ese momento, como herramientas, estantería, entre otras cosas.

#### **Fluke 5522A**

El calibrador multi-producto 5522A tiene la capacidad de realizar varios trabajos y cuenta con características de protección interna y externa para evitar daños del equipo, además de brindar una facilidad para su traslado de un lugar a otro, lo que ayuda para calibraciones en sitio o móviles. El calibrador 5522A cubre muchas pruebas a diferentes equipos, como son [22]:

- Multímetros manuales y de banco (analógicos y digitales) de hasta 6,5 dígitos
- Pinzas amperimétricas
- Termopares y RTD
- Calibradores de procesos
- Registradores de datos
- Watthorímetros
- Analizadores de armónicos de potencia
- Medidores de panel



- Multímetros gráficos
- Analizadores de calidad de la energía (extra)
- Osciloscopios manuales y de banco analógicos o digitales de 600 MHz o 1,1 GHz (extra)
- Manómetros de presión, transductores y medidores de potencia trifásicos.

### **Características de 5522A**

Dentro de las características que se puede destacar de este equipo están [22]:

- Calibra una amplia cantidad de equipos de pruebas eléctricas.
- Posee circuitos de protección para evitar afectaciones por errores que cometa el usuario.
- Un diseño adecuado de las asas de transporte facilita el traslado del calibrador.
- Cuenta con un maletín de transporte resistente y puertas de acceso posterior y delantera extraíble que facilita su movilidad y ayuda a realizar calibraciones en cualquier entorno.

### **La compatibilidad prioritaria del software ayuda en la productividad**

MET/SUPPORT Gold es un programa de suscripción anual que ofrece servicios y asistencia premium con el software MET/CAL Plus. Este software es de mucha ayuda a la hora de recopilar y almacenar los datos de los procedimientos realizados para aumentar la rapidez del proceso y la productividad del laboratorio. Entre los servicios se destacan actualizaciones de software de manera gratuita, acceso los procedimientos garantizados de Fluke MET/CAL y desarrollo de procedimientos personalizados. Además, recibirán invitaciones para participar en charlas o seminarios acerca del software de calibración. [22].

Aparte del equipo y todos los componentes disponibles que posee la empresa Fluke, ofrece una capacitación y seminarios constantes para la formación del personal, así como la calibración acreditada trazable con estándares nacionales y la reparación de los módulos que adquiera la empresa de ser el caso [22].

La Tabla 3.18. muestra las especificaciones con las cuales cuenta este módulo [22]:

**Tabla 3.18.** Especificaciones técnicas del equipo 5522A.

<b>Especificaciones Técnicas</b>	
Función e intervalo	
Voltaje directo	0 a $\pm 1020$ V
Intensidad directa	De 0 a 20,5 A
Voltaje alterno	De 1 mV a 1.020 V
	De 10 Hz a 500 kHz
Volt*Hertz	1.000 V@ 10 kHz/ 330 V@100 kHz
Intensidad alterna	De 29 $\mu$ A a 20,5 A
	De 10 Hz a 300 kHz
Formas de onda	Sinusoidal, cuadrada, triangular, sinusoidal truncada
Resistencia	De 0 M $\Omega$ a 1.100 M $\Omega$
Capacitancia	De 220 pF a 110 mF
Alimentación (cargas fantasma)	20,9 kW
Control de fase	0,01°
Termopar (Generación y medición de termopares)	B, C, E, J, K L N R, S, T, U
	10 $\mu$ V/°C
RTD (generación de temperatura)	Pt 385-100 $\Omega$ , Pt 3926-100 $\Omega$ Pt 3916-100 $\Omega$ ,
	Pt 385-200 $\Omega$ , Pt 385-500 $\Omega$ , Pt385 1000 $\Omega$ ,
	PtNi 385-120 $\Omega$ , (Ni120), Cu 427 10 $\Omega$
Interfaces	RS-232, IEEE 488
Bloqueo de fase	Sí
Incertidumbre de frecuencia	<2,5 ppm
Referencia de frecuencia externa (10 MHz)	Sí
Calibrador de osciloscopio (extra)	Onda sinusoidal nivelada de 5 mV a 5,5 Vpp máx., frecuencias de 50 kHz a 600 kHz y 3,5 Vpp máx. hasta 1.100 MHz; tiempos de subida de flanco de < 300ps, varias funciones de activación, CC más bajo, onda cuadrada e incertidumbre de temporización
Calibrador de energía (opcional)	Armónicos compuestos, simulación de fluctuaciones y modos de simulación de valles y picos de tensión

## **Bancos de calibración time electronics**

### **Módulo 7051**

Este módulo viene instalado en el centro de la consola primara, el 7051 incluye un calibrador multifunción de precisión, un multímetro de 6½ dígitos, y una computadora con

pantalla táctil que facilitarán el proceso de calibración. Este módulo es el equipo principal para realizar calibraciones de alto rendimiento [23].

**Calibrador:** Cuenta con una alta gama de salidas calibradas para corriente y voltaje AC/DC, simulación de termopar y RTD, posee varias funciones de resistencia y frecuencia. Se puede tener un aumento en sus capacidades agregando opciones internas [23].

**Multímetro:** El multímetro de 6½ dígitos puede medir voltajes continuos hasta 1000V, voltajes alternos hasta 750V, frecuencia máxima de 300kHz y resistencia máxima de 100MΩ [23].

**PC:** Se cuenta con un sistema operativo Windows 8.1, dicha computadora es de 2GHz a la cual se le puede conectar periféricos para mejorar la experiencia del usuario [23].

**Software EasyCal:** Este software es de mucha utilidad ya que brinda la posibilidad de automatizar la calibración incrementando la velocidad y eficiencia del trabajo. Además, este software puede manejar y administrar un inventario y control de calidad. Estas y otras funciones del software pueden ser utilizadas por medio del mouse, teclado o por la pantalla táctil. Se incluye un equipo de conectividad y una impresora para la emisión de certificados y reportes de los procesos realizados [23].

**Paquete Plus 7051:** Este paquete cuenta con opciones para cumplir con los requerimientos en aplicaciones eléctricas y de proceso. Cuenta también con todas las capacidades internas del módulo 7051 y los respectivos adaptadores externos para aumentar su funcionalidad [23].

Entre las características más importantes con las que cuenta el calibrador multifuncional 7051 son:

- Calibrador/ DMM/ PC con pantalla táctil.
- 0 a 22V AC/DC, 0 a 220mA AC/DC.
- 0 a 1GΩ – década de pasos.
- Frecuencia 10MHz.
- Simula y mide de termocuplas y RTDs.
- Multímetro interno de 6½ dígitos.
- Resistencia simulada 10Ω a 40M.Ω.
- Opción de alto voltaje/corriente – 1kV/22A AC/DC.

- Software de control de calibración de presión.
- Software de calibración EasyCal.

**Fuentes de poder:** Intensidad variable principal AC, variable DC y cuadrada fija o suministro doble DC pueden ser añadidas, así como otros módulos que incluyan más funciones [23].

### **Módulo 7051 plus**

Un módulo que integra una fuente de calibración de alta precisión con un multímetro digital. Incorpora una amplia gama de funciones internas para proporcionar a los usuarios una solución de calibración multi-producto. Es adecuado para la rápida calibración con pruebas automatizadas utilizando el software EasyCal, que cubre la calibración eléctrica con herramientas de prueba, instrumentación de procesos, osciloscopios y más. Los cables de prueba suministrados permiten las conexiones necesarias para la mayoría de las aplicaciones [23].

**Calibrador:** brinda una amplia gama de salidas calibradas para voltaje CA/CC y simulaciones de corriente, resistencia, capacitancia, inductancia, RTD y termopar [23].

**Multímetro:** el multímetro integral de 6½ dígitos mide el voltaje de CC a 1000V, Voltaje de CA a 750 V, resistencia a 100 MΩ y frecuencia a 300 kHz [23].

**EasyCal:** el mismo software y con las características mencionadas anteriormente del módulo 7051 [23].

Otros accesorios incluidos incluyen un lector de código de barras para una identificación rápida de dispositivos en EasyCal y una impresora de etiquetas para crear pegatinas y etiquetas para colocar en los instrumentos [23].

El módulo 7051 plus es un módulo muy completo y que puede ser destinado para varias funciones, entre lo que puede calibrar están:

- Multímetros, medidores de pinza, óhmetros, fuentes de señal AC/DC
- Cajas de década, registradores de datos, medidores RCL
- Tacómetros, osciloscopios, contadores de frecuencia, contadores de temporizador
- Medidores de frecuencia, vatímetros, medidores de potencia, sondas de corriente
- Termopares, RTDs, Termómetros, PRTs, termistores

- Indicadores de temperatura, grabadoras, controladores, interruptores
- Calibradores de lazo y proceso
- Instrumentos de presión utilizando módulos adicionales

Las especificaciones técnicas del módulo 7051 plus y sus componentes se pueden apreciar en la Tabla 3.20., y las especificaciones del multímetro que posee este módulo se encuentran en la Tabla 3.19.

**Tabla 3.19.** Especificaciones del multímetro del módulo 7051 plus.

<b>Multímetro digital (medida)</b>		
<b>Función</b>	<b>Rango/ Valores</b>	<b>Mejor especificación de 1 año</b>
Voltaje DC	0 a 1000V	35ppm de rdg + 6ppm de rng
Corriente DC	0 a 3A	500ppm de rdg + 50ppm de rng
Voltaje AC	0 a 750V	0.06% de rdg + 0.04% de rng
Corriente AC	0 a 3A	0.1% de rdg + 0.04% de rng
Resistencia	0 a 100MΩ	100ppm de rdg + 50ppm de rng
Frecuencia	3Hz a 300kHz	0.01% de rdg
Termopar	-270 a 1800°C (Tipo J, K, R, T, S, B, E, N)	± 0.5°C
PT 100	-180 a 850°C	± 0.08°C

**Tabla 3.20.** Especificaciones técnicas módulo 7051 plus.

<b>Calibrador (Fuente)</b>		
<b>Función</b>	<b>Rango/Valores</b>	<b>Mejor especificación de 1 año</b>

Voltaje DC	0 a $\pm 1050V$	$\pm 15ppm$ de ajuste
Intensidad DC	0 a $\pm 22A$	$\pm 80ppm$ de ajuste
Voltaje AC	1mV a 1050V (10Hz a 1MHz, onda senoidal)	$\pm 300ppm$ de ajuste
Intensidad AC	10uA a 22A (20Hz a 1kHz, onda senoidal)	$\pm 0.05\%$
Adaptador de medidor de pinza giro x50	Corriente AC/DC hasta 1100A (DC, 45 a 90Hz)	$\pm 0.5\%$
Capacitancia	1nF, 10nF, 100nF, 1uF, 10uF, 100uF (100V Max)	$\pm 0.25\%$
Inductancia	1mH, 1.9mH, 5mH, 10mH, 19mH, 50mH, 100mH, 190mH, 500mH, 1H, 10H	$\pm 0.1\%$
Década de resistecia	1 $\Omega$ a 1G $\Omega$ (valores de década)	$\pm 20ppm$ de ajuste
Resistencia de rango completo	1 $\Omega$ a 120M $\Omega$ (variable)	$\pm 100ppm$ de ajuste
Conductancia	1s a 1ns (valores fijos, pasos de década)	$\pm 20ppm$ de ajuste
Simulación de termopar	-270 a 1820 $^{\circ}C$ (tipo J, K, R, T, S, B, E, N)	$\pm 0.15^{\circ}C$
Simulación PT100	-180 a 850 $^{\circ}C$	$\pm 0.07^{\circ}C$
<b>Calibración del osciloscopio</b>		
Amplitud	6mV a 200V y 6mV a 2V 50 $\Omega$ (onda cuadrada o DC)	$\pm 0.05\%$
Frecuencia/ período	0.1Hz a 100MHz / 10ns a 10s (valores fijos 1, 2, 5 secuencia)	$\pm 0.1ppm$ (0.1Hz a 10MHz / 100ns a 10s) $\pm 20ppm$ (20, 50, 100MHz / 50, 20, & 10ns)
Ciclo de trabajo	3 frecuencias: 100Hz, 1kHz, 10kHz, ajustable de 0 a 100%	–
Fast-Rise	< 400ps. Comprobación del ancho de banda hasta 400MHz	–

### Calibrador Multifunción 5025C

El 5025C es un equipo de alto desempeño que ofrece una solución rentable a la calibración de equipos de prueba y medición. Este equipo posee varias funciones que se detallan en la Tabla 3.20. y adicionalmente existe la posibilidad de incorporar la función de calibrar potencia y la calibración del osciloscopio puede ser instalada internamente. Existe también

la posibilidad de incorporar adaptadores externos para calibrar pinzas amperimétricas, tacómetros ópticos y más [25].

### Operación Simple

El equipo cuenta con fácil acceso a las funciones y los rangos que se necesiten. Posee teclas para aumentar o disminuir los valores por dígito. El control de la desviación da la posibilidad al usuario de ajustar de manera muy fina el valor de salida como un porcentaje (+/- 9.999%). Toda esta información es visible y se la puede leer y entender de manera clara en una pantalla tipo LED [25].

### Calibraciones Fáciles de Realizar

El proceso de calibración puede ser automatizado tan solo con conectar el 5025C a una PC/Laptop que cuente con el software de calibración EasyCal con lo que se incrementa la velocidad de calibración y con resultados válidos, se puede elaborar certificados de calibración y reportes que cumplan con las normas ISO 9001, ISO 17025, entre otras que tengan que ver con la calidad [25].

En la Tabla 3.21. se puede apreciar las especificaciones técnicas de este modelo de calibrador [25].

**Tabla 3.21.** Especificaciones técnicas del calibrador 5025C

<b>Funciones Estándar</b>		
<b>Función</b>	<b>Rango/Valores</b>	<b>Mejor especificación de 1 año</b>
Voltaje DC	0 a $\pm 1050V$	$\pm 15ppm$ de ajuste
Corriente DC	0 a $\pm 22A$ 1100A con adaptador para pinza amperimétrica (opción 9780)	$\pm 60ppm$ de ajuste
Voltaje AC	1mV a 1050V (20Hz a 100kHz, onda senoidal)	$\pm 200ppm$ de ajuste
Corriente AC	10 $\mu A$ to 22A (20Hz to 5kHz onda senoidal) 100A con transformador de corriente (opción 9790) 1100A con adaptador de pinza amperimétrica (opción 9780)	$\pm 0.05\%$ de ajuste

Simulación de termopar	-210 a 1820°C (tipo J, K, R, T, S, B, E, N)	± 0.05°C
Frecuencia digital/ Período	0.1Hz a 10MHz / 100ns a 10s	± 20ppm de ajuste
Conductancia	1s a 1ns (valores de década)	± 20ppm de ajuste
Década de resistencia	1Ω a 1GΩ (valores de década)	± 20ppm de ajuste
Simulación de resistencia	10Ω a 40MΩ (variable)	± 0,02% de ajuste
Simulación PT100	-180°C to 850°C	± 0.2°C
Capacitancia	1nF, 10nF, 20nF, 50nF, 100nF, 200nF, 500nF, 1μF	± 0,25% de ajuste

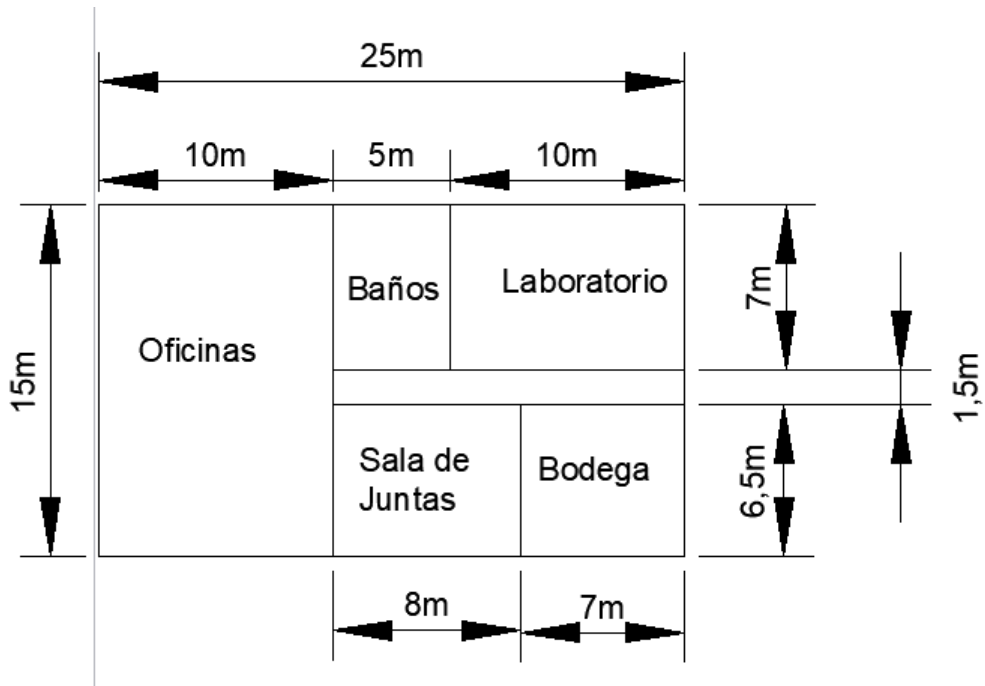
### 3.4 ANÁLISIS FINANCIERO

En este capítulo se podrá apreciar todo lo relacionado con el análisis financiero correspondiente al Laboratorio de Calibración, considerando todas las variables posibles para dar una estimación lo más verdadera y fiable posible.

#### 3.4.1 COSTOS LIGADOS A OPERACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y ADQUISICIÓN DE EQUIPOS

Dentro del laboratorio existirán diversas zonas para diferentes actividades las mismas que se pueden identificar en la Figura 3.26.





**Figura 3.26.** Distribución recomendada para el Laboratorio.

Cabe recalcar que esta es una distribución de zonas recomendada, por lo que el laboratorio puede tomar dicha distribución o realizar una nueva según crea conveniente para sus intereses, las medidas de cada zona que se pueden estimar en la Figura 3.26. son medidas estimadas y que van en función de los equipos y el personal que va a trabajar en el laboratorio [24].

Adicionalmente se muestra en la Figura 3.27 y Figura 3.28 una recomendación de un plano arquitectónico del laboratorio en cuestión, que puede ser o no tomado en cuenta para la realización del mismo.



**Figura 3.27.** Vista superior del plano arquitectónico del laboratorio.



**Figura 3.28.** Plano arquitectónico del laboratorio.

### 3.4.1.1 Costos de Inversión

Para el cálculo de los costos de inversión se considera esencial la adquisición de normas para el funcionamiento del mismo que en este caso hay dos normas fundamentales la ISO/IEC 17025 y la ISO 9001 que tienen un valor similar en el mercado de \$160,00 aproximadamente, este precio puede variar según el proveedor [24].

Luego de tener contacto con varios fabricantes para el tipo de equipos que se requieren para el laboratorio, se pudo obtener el precio de los mismos, que se pueden apreciar en el ANEXO D que corresponde a las proformas de dos fabricantes, y que se hizo con todos los equipos necesarios y pedidos por la empresa además de módulos y equipos extras para facilitar todo el procedimiento. Por lo que, para la Tabla 3.22. relacionada a los costos de inversión se tomarán los valores de los equipos más importantes del proveedor Time Electronics, ya que se considera que sus equipos son más completos y acordes a las exigencias del laboratorio [24].

Cabe recalcar que todos los costos mostrados en la Tabla 3.22. son costos aproximados en relación a la información que se pudo obtener, por lo que los precios pueden variar [24].

**Tabla 3.22.** Costos de inversión del laboratorio.

<b>Equipo</b>	<b>Inversión (USD)</b>
Módulo 7051 plus	58.524,19
Banco 7080-HD	12.059,53
CCPAD	1.979,18
Módulo 7087	2.943,94
Módulo 7080-HD	12.059,53
Módulo 7085A	3.851,96
Calibrador 5025C	17.805,54
Adaptador 9780	844,17
Calibrador 5090	17.379,91
Certificados de Calibración de fábrica	8.512,61
Transformador de alimentación para el laboratorio	2.000,00
Adquisición de normas	320,00
Costo de ingeniería del proyecto	15.000,00
Costo de la edificación	70.000,00
Costo del terreno	90.000,00
<b>Total</b>	<b>313.280,56</b>

### 3.4.1.2 Costos de operación y mantenimiento

Con el fin de calcular los egresos del laboratorio en la Tabla 3.23. se especifican los egresos correspondientes a la construcción, operación y mantenimiento del mismo [24].

Los costos de mantenimiento se han estimado en 1% de la inversión en el equipamiento. Los salarios del personal se han tomado directamente de los datos proporcionados por la EEQ, mientras que para el cálculo del número de trabajadores se ha tomado como referencia el actual laboratorio de transformadores, teniendo en cuenta que para realizar la mayoría de los ensayos ofrecidos por el laboratorio propuesto requiere de al menos de dos personas y del hecho que la empresa apoya mucho lo que se refiere a pasantías, se considera la jornada laboral como ocho horas diarias y cinco días a la semana [24].

Para el caso de los ayudantes o pasantes que tenga la empresa y en especial el laboratorio, se manejará según los datos de la EEQ que son 6 horas diarias y cinco días a la semana [24].

Si bien la EEQ tiene en su haber terrenos que podrían ser utilizados para la construcción del proyecto, en este caso se considera que todo proyecto debe ser autosuficiente, por ende, el costo del terreno también se incluye para el cálculo del costo total de inversión [24].

Se considera que el terreno donde se ubique el laboratorio debe ser de aproximadamente unos 400 m<sup>2</sup>, mientras que, para la construcción del laboratorio en sí, la obra será en su mayoría de hormigón armado para los 70 m<sup>2</sup> y según las especificaciones que considere el laboratorio [24].

**Tabla 3.23.** Costos de operación y mantenimiento

Razón	Costo unitario	Cantidad	Costo final por año (USD)
<b>Mantenimiento del laboratorio</b>	USD	1 vez/año	3132,8
<b>Pago Jefe de laboratorio/jefe de calidad</b>	13,5 USD/hora	2	51840
<b>Pago ingeniero eléctrico/metrólogo</b>	8,125 USD/hora	2	31200
<b>Pago tecnólogos</b>	6,25 USD/hora	2	24000
<b>Pago pasantes</b>	1,09 USD/hora	2	3152
<b>Consumo de energía</b>	0,081 USD/kWh	36973,592 kW h/año	2994,86
<b>Secretaria</b>	4,786 USD/hora	1	9189,72

Seguridad y aseo	2,5 USD/hora	1	4800
<b>Costo Total</b>			<b>130309,3</b>

### 3.4.2 ENSAYOS QUE OFRECERÁ EL LABORATORIO

La cantidad de calibraciones que se pueden realizar con los equipos que se puede adquirir para este campo es bastante amplia y tiene grandes proyecciones de cara al futuro, por lo que los equipos que se pueden calibrar en este laboratorio serán [24]:

- Multímetros digitales y analógicos
- Pinzas amperimétricas
- Óhmetros y fuentes de señal AC/DC
- Cajas de década, registradores de datos, medidores RCL
- Tacómetros, osciloscopios, contadores de frecuencia, contadores de temporizador
- Medidores de frecuencia, vatímetros, medidores de potencia, sondas de corriente
- Termopares, RTDs, Termómetros, PRTs, termistores
- Indicadores de temperatura, grabadoras, controladores, interruptores
- Calibradores de lazo y proceso

Los equipos descritos anteriormente son los más comunes, pero no se descarta la posibilidad de realizar calibraciones a mas equipos relacionados a la parte eléctrica que se puedan calibrar en un futuro, o aumentar los rangos en los cuales se puedan calibrar dichos equipos [24].

Estos equipos serán calibrados en los rangos en los que se pueda según el patrón que se use en el laboratorio, ya que cada patrón tiene características propias y rangos en los cuales puede calibrar a diferentes equipos, con esto se puede considerar que para determinar el rango de calibración depende exclusivamente de la disponibilidad que tenga el equipo patrón, y la empresa podrá seleccionar entre los equipos mencionados en el numeral 3.3.3 de este documento o en su defecto equipos de algún otro proveedor con mejores características.

Debido a que en el país existen muy pocos laboratorios acreditados para realizar este tipo de calibraciones se puede tener una amplia demanda del servicio.

A nivel de la EEQ que cuenta con más de 200 equipos y teniendo en cuenta que cada año existe un aumento o reemplazo en el número de equipos se tiene un gran mercado a nivel interno, además esto se puede considerar como un ingreso ya que representa un ahorro para la empresa el hecho de utilizar un laboratorio propio para la calibración de todos sus equipos [24].

En lo que se refiere a clientes externos podemos destacar las empresas que distribuyen la energía eléctrica en todas las provincias alrededor del país, que pueden tener una cantidad aproximada de equipos que necesitan tener su certificado de calibración para poder garantizar la veracidad de sus resultados, y al ser equipos que deben ser calibrados al menos una vez al año, existe un gran mercado en este aspecto, por otro lado, también se puede destacar como clientes externos a cualquier cliente particular que requiera este tipo de servicios para sus equipos como pueden ser grandes empresas nacionales e internacionales, universidades públicas o privadas o pequeñas empresas [24].

### 3.4.3 ESTIMACIÓN DE INGRESOS

Después de conocer el mercado al cual puede ofrecer sus servicios el laboratorio y el tipo de servicio que ofrece, se puede realizar el respectivo cálculo de ingresos que puede percibir el laboratorio por el hecho de ofrecer los servicios antes mencionados, es necesario recordar que los ingresos no son más que una estimación considerando los precios actuales del mercado en base a proformas adquiridas a instituciones que realizan este tipo de servicios, y pueden tener variación en base a muchos factores, además que el número de pruebas realizadas va en función de la lista de equipos que se pudo obtener de la misma EEQ, por este motivo y lo mencionado en el numeral 3.1. de este documento se hará dos tablas de estimación de ingresos, la una en base al número de equipos que se pudo obtener Tabla 3.24., y otra en base al número de equipos que se necesita para que el proyecto sea viable económicamente Tabla 3.25., en estos dos casos se tomara una tasa de crecimiento anual de 4% que sería lo esperado de clientes particulares [24].

**Tabla 3.24.** Estimación de ingresos del laboratorio al año

PRUEBA	COSTO (USD)	Nº DE Equipos	Nº DE PRUEBAS POR AÑO	INGRESO NETO (USD)
Calibración a telurómetros	63,75	4	2	510,00
Calibración a analizadores de calidad	272	69	2	37.536,00
Calibración a secuencímetros	110,5	61	2	13.481,00

Calibración a multímetros digitales	93,5	45	2	8.415,00
Calibración a voltímetros	93,5	5	2	935,00
Calibración a amperímetros	93,5	59	2	11.033,00
Calibración a equipos para determinar relación de transformación	120	2	2	480,00
Calibración a equipos para determinar resistencia de aislamiento y puesta a tierra	100	22	2	4.400,00
<b>Total</b>				<b>76.790,00</b>

**Tabla 3.25.** Estimación de ingresos esperado para tener viabilidad (800 Equipos)

<b>PRUEBA</b>	<b>COSTO (USD)</b>	<b>Nº DE Equipos</b>	<b>Nº DE PRUEBAS POR AÑO</b>	<b>INGRESO NETO (USD)</b>
Calibración a telurómetros	63,75	12	2	1.530,00
Calibración a analizadores de calidad	272	207	2	112.608,00
Calibración a secuencímetros	110,5	183	2	40.443,00
Calibración a multímetros digitales	93,5	135	2	25.245,00
Calibración a voltímetros	93,5	15	2	2.805,00
Calibración a amperímetros	93,5	177	2	33.099,00
Calibración a equipos para determinar relación de transformación	120	6	2	1.440,00
Calibración a equipos para determinar resistencia de aislamiento y puesta a tierra	100	66	2	13.200,00
<b>Total</b>				<b>230.370,00</b>

Otro punto importante a destacar es considerar que la inflación aumenta anualmente en un porcentaje no mayor al 4%, es decir, el costo de bienes y servicios crece dependiendo de la inflación del país. Si bien en los últimos dos años 2018, 2019 la inflación del Ecuador no ha crecido más allá del 0,40% y durante la pandemia este indicador ha bajado, ya que para julio del 2020 se tiene una inflación anual de -0,54% es posible apreciar que desde el año 2003 al 2016 el país contaba con tasas de inflación superiores al 2%, es por ello que para llevar a cabo el cálculo de los indicadores económicos en el punto 3.4.4 se considera una inflación del 2% anual [26].

Por último, se debe tener en cuenta que una vez los equipos y la edificación sean pagados, éstos pasan a ser un activo para la empresa que si bien verán su valor inicial reducido debido a la depreciación aún continuarán teniendo valor en el mercado, para el cálculo de dichos valores se considera una depreciación lineal y teniendo en cuenta que las edificaciones tienen una vida útil de 20 años mientras que los equipos tendrán 10 años de vida útil, a diferencia del terreno que se revaloriza con el tiempo, para el presente estudio se considera un incremento en su valor de un 2% anual y todo esto considerando un horizonte de 10 años. Todos los valores correspondientes a los parámetros antes mencionados se aprecian en la Tabla 3.26. [24].

**Tabla 3.26.** Valor final de equipos y elementos luego de la depreciación

<b>Elemento</b>	<b>Valor inicial (USD)</b>	<b>Valor final (USD)</b>
<b>Edificio</b>	70.000	14.000
<b>Inversión en equipos</b>	135.960,56	27.192,11
<b>Terreno</b>	90.000	108.000
<b>Total</b>		149.192,11

### **3.4.4 CÁLCULO DE INDICADORES ECONÓMICOS**

Haciendo uso de los conceptos y ecuaciones descritos en el punto 1.6.25. de este documento, se procede al cálculo de los diversos indicadores económicos [24].

A partir de los valores expuestos en el punto 3.4.1., es posible llevar a cabo el análisis financiero pertinente, del cual se obtiene un flujo de caja real en base a la información obtenida de la empresa que se aprecia en la Tabla 3.27., mientras que en la Tabla 3.28. se tiene un flujo de caja estimado con el número de equipos necesarios (alrededor de 800) para que el proyecto sea viable económicamente.



**Tabla 3.27.** Flujo de caja real para el laboratorio expresado en dólares

	Inv. Inicial	Ingresos	Operación y mantenimiento	Depreciación	Costos Totales	Ingreso Neto	Flujo de caja
<b>Año 0</b>	313280,56						-313280,56
<b>Año 1</b>		76790,00	130309,30	16476,84	146786,14	-69996,14	-69996,14
<b>Año 2</b>		81397,40	132915,49	16476,84	149392,33	-67994,93	-67994,93
<b>Año 3</b>		86281,24	135573,80	16476,84	152050,64	-65769,39	-65769,39
<b>Año 4</b>		91458,12	138285,27	16476,84	154762,11	-63303,99	-63303,99
<b>Año 5</b>		96945,61	141050,98	16476,84	157527,82	-60582,21	-60582,21
<b>Año 6</b>		102762,34	143872,00	16476,84	160348,84	-57586,49	-57586,49
<b>Año 7</b>		108928,08	146749,44	16476,84	163226,28	-54298,19	-54298,19
<b>Año 8</b>		115463,77	149684,43	16476,84	166161,27	-50697,50	-50697,50
<b>Año 9</b>		122391,59	152678,11	16476,84	169154,95	-46763,36	-46763,36
<b>Año 10</b>		129735,09	155731,68	16476,84	172208,52	-42473,43	-42473,43

VAN = -414.227,71 USD

TIR = no hay

COSTO BENEFICIO = 0,37

**Tabla 3.28.** Flujo de caja estimado para el laboratorio expresado en dólares (800 equipos)

	Inv. Inicial	Ingresos	Operación y mantenimiento	Depreciación	Costos Totales	Ingreso Neto	Flujo de caja
<b>Año 0</b>	313280,56						-313280,56
<b>Año 1</b>		230370,00	130309,30	16476,84	146786,14	83583,86	83583,86
<b>Año 2</b>		244192,20	132915,49	16476,84	149392,33	94799,87	94799,87
<b>Año 3</b>		258843,73	135573,80	16476,84	152050,64	106793,10	106793,10
<b>Año 4</b>		274374,36	138285,27	16476,84	154762,11	119612,24	119612,24
<b>Año 5</b>		290836,82	141050,98	16476,84	157527,82	133309,00	133309,00

Año 6		308287,03	143872,00	16476,84	160348,84	147938,19	147938,19
Año 7		326784,25	146749,44	16476,84	163226,28	163557,97	163557,97
Año 8		346391,30	149684,43	16476,84	166161,27	180230,04	180230,04
Año 9		367174,78	152678,11	16476,84	169154,95	198019,83	198019,83
Año 10		389205,27	155731,68	16476,84	172208,52	216996,75	216996,75

VAN = 67.146,79 USD

TIR = 0,34

COSTO BENEFICIO = 1,10

### **Análisis de viabilidad**

Al analizar los resultados que los indicadores económicos nos proponen, se observa que el proyecto es económicamente inviable ya que se tiene un Van negativo y no se puede obtener una TIR al tener todos los datos negativos. Al analizar el VAN se observa que si el proyecto se lleva a cabo se tendrán unas pérdidas en valor actual de USD 414.227,71. Lo que nos indica claramente que no se puede realizar el proyecto con ese número de equipos.

Mientras que para lograr ganancias y que el proyecto sea viable económicamente se estima que se requiere realizar este tipo de pruebas a un número estimado de 800 equipos, con lo que obtenemos los resultados de la Tabla 3.28. , cosa que se ve posible al considerar que la empresa por sí sola puede aportar la mitad de estos equipos para dichas pruebas, y llegando a convenios y buscando el crecimiento del laboratorio se puede lograr calibrar equipos de otras empresas distribuidoras, ya que existen más de 20 empresas distribuidoras en el país, comenzando con las más cercanas como son la Empresa Eléctrica Ambato y la Empresa Eléctrica Norte.

Considerando esto, se tiene un VAN y una TIR positivas y por ende el proyecto resulta económicamente viable además de tener unas ganancias en valor actual de USD 67.146,79.

En el caso del TIR con un valor de 34%, nos indica que mientras que los intereses que se paguen por el crédito utilizado para realizar este proyecto no sean superiores al 34%, el proyecto es económicamente viable.

El indicador del costo beneficio muestra la relación entre los ingresos y egresos en el laboratorio a lo largo de su vida útil, en este caso en concreto su valor es de 1,10.

Cabe mencionar que el riesgo país utilizado en el presente documento corresponde a fechas en las cuales se produjo la crisis por el COVID-19, por lo cual el riesgo país utilizado en base a la información obtenida del banco central del Ecuador es de 2700 puntos es decir una tasa de interés del 27% [27].

Es necesario mencionar que en temas de viabilidad existen otros factores que determinan si el proyecto es viable o no, y que se los puede estudiar si el Laboratorio lo cree conveniente, pero hablando de una viabilidad económica se puede observar que el proyecto resulta rentable y ofrece ganancias en un futuro.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- Al realizar el levantamiento de información y cumpliendo con el primer objetivo específico, se concluye que si bien se logró obtener una lista de equipos de la empresa, ésta no representa el número real de equipos que dispone la misma, ya que muchos equipos aun no son registrados por ser una empresa tan grande, además de que en algunos casos los trabajadores tienen sus propios equipos como son multímetros o pinzas amperimétricas que no constan dentro de los bienes de la empresa, dado esto se realiza una estimación de ingresos con el número de equipos obtenidos y otra estimación con el número necesario de equipos para lograr que el proyecto sea viable económicamente como se detalla en el punto 3.4.3.
- Al momento de buscar normas aplicables a calibración de equipos para este tipo de laboratorio se pudo evidenciar que a nivel nacional no se cuenta con normas de ese tipo, y a nivel internacional es muy difícil encontrar normas relacionadas, esto debido a que cada laboratorio puede normalizar y desarrollar su propio método para calibrar estos equipos, y esto hace que no se realicen normas generales, lo que se puede tener como referencia son las guías de procedimientos de organismos acreditados y reconocidos como es el caso de Euramet, SIT, o del Centro Español de Metrología (CEM), en cuyas guías se basan la mayoría de laboratorios para desarrollar sus procedimientos a nivel nacional.
- En el Ecuador existen pocos laboratorios acreditados para realizar calibraciones de este tipo de equipos, por lo que lo importante es lograr la acreditación del laboratorio y eso se logra con el pleno cumplimiento de todos los puntos de la norma ISO/IEC 17025 que están explicados en el punto 3.2. de este documento, y con esto proyectarse a ser uno de los mejores laboratorios acreditados a nivel nacional y con proyección a prestar servicios a nivel internacional.
- Dado que los equipos patrones que ayudarán a la calibración de los instrumentos de medida seleccionados son relativamente pequeños y compactos al tener varias funciones en uno, no se necesita un laboratorio de grandes dimensiones, por lo que estos equipos pueden ser colocados sobre mesas de trabajo de 2m de largo como se puede apreciar en el numeral 3.3.2., y con esto el laboratorio puede tener las dimensiones de  $70m^2$  y una altura de 3m como se puede apreciar en la Figura 3.26. y así cumpliendo el objetivo específico tres.

- Como parte fundamental para cumplir con lo establecido en la norma ISO/IEC 17025, el personal del laboratorio debe estar plenamente capacitado para realizar los diferentes procedimientos dentro del laboratorio, esta capacitación debe ser responsabilidad del laboratorio para mantener la acreditación del laboratorio y la calidad y validez de sus resultados, con lo que al pasar el tiempo incluso puede ser el laboratorio o su personal el encargado de capacitar a otras empresas en lo que se relaciona a la norma ISO/IEC 17025.
- Al llevar a cabo el estudio financiero del proyecto se puede garantizar la viabilidad del mismo al tener un número estimado de 800 equipos que ingresen al laboratorio para las pruebas de calibración al año, y con esto obtener valores positivos de los indicadores como son el VAN y TIR, considerando el horizonte de 10 años se puede obtener unas ganancias de USD 67.146,79 además de recuperar la inversión inicial, cifra importante pero que se puede mejorar considerablemente al ofrecer los servicios a las demás empresas distribuidoras de energía en el país e incluso en países vecinos, que se puede lograr al tener el título de laboratorio acreditado, y al mejorar esas ganancias, se puede financiar nuevos proyectos para la empresa, esto se puede apreciar en el punto 3.4.4 de este documento, cumpliendo con el objetivo específico cuatro.
- Dentro de la obtención de los indicadores económicos en el punto 3.4.4 de este documento y la estimación de precios de cada calibración es necesario mencionar que se lo hace bajo las condiciones de la crisis dada por el Covid-19, por lo cual se puede concluir que una vez superada la crisis estos precios pueden variar considerablemente tomando en cuenta cómo evolucione la economía del país, considerando una evolución positiva, las ganancias que se puedan obtener serán mayores a las mencionadas en este documento.
- El potencial mercado que se puede abrir para este laboratorio es muy grande a nivel nacional por el hecho de que en el país existen pocos laboratorios acreditados que presten este tipo de servicios y que puedan garantizar la trazabilidad de sus resultados, y al lograr la acreditación para este laboratorio se puede proyectar a prestar servicios a nivel nacional, tanto a empresas distribuidoras como a empresas privadas relacionadas con este tipo de trabajo, incluso se puede proyectar a aumentar las magnitudes en las cuales el laboratorio realizará las calibraciones como puede ser en temperatura, humedad, entre otras.

- Otra forma viable por la cual el laboratorio puede tener más ingresos conforme pase el tiempo es mediante capacitaciones dadas por su personal a otras empresas privadas y públicas y al público en general en lo que se relaciona a la norma ISO/IEC 17025, algo que puede ser muy importante y puede ser útil tanto a nivel interno como externo, con lo que incluso pueden proyectarse a impartir charlas y conferencias acerca del tema.
- La viabilidad técnica de este proyecto se justifica debido a la necesidad de la empresa de garantizar un buen servicio y para ello debe realizar correctamente sus medidas con los instrumentos adecuados y calibrados para garantizar que los resultados son correctos, por lo que al utilizar diariamente estos equipos necesitan estar calibrados y mantener la calidad del servicio, por lo que al tener un laboratorio que ayude a calibrar estos equipos tan cerca se gana mucho tiempo y se abaratan costos, algo que es muy importante para este tipo de trabajo.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Implementar un reglamento el cual imponga a las distintas empresas dentro del área de concesión de la EEQ a calibrar sus equipos dentro de este Laboratorio de Calibración dentro de los rangos que sea posible al menos una vez al año para abaratar costos y garantizar un número mínimo de equipos a ingresar al laboratorio y llevar una política de calidad.
- A la hora de validar un método se recomienda seguir las guías o métodos de organismos reconocidos en donde se encuentran los pasos a seguir para la validación de métodos de calibración como puede ser la Guía del organismo Eurachem “La Adecuación al Uso de los Métodos Analíticos”.
- Se recomienda obtener cotizaciones de más proveedores en lo que respecta a los equipos, ya que si bien es cierto estos equipos vienen con la garantía de estar calibrados y ser trazables a patrones nacionales o internacionales, se puede encontrar equipos de una infinidad de proveedores con mejores características o en mejores rangos de precio.
- Es necesario recomendar la búsqueda y análisis de diferentes proveedores ya que las marcas aquí mencionadas se usaron exclusivamente para fines didácticos y realización del presupuesto estimativo mencionado en este trabajo y con la premisa de que la empresa ya había realizado cotizaciones a dichos proveedores, por lo

que al momento de realizar la compra de equipos se puede encontrar una infinidad de proveedores que la EEQ puede considerar.

- Se recomienda que la Empresa Eléctrica Quito tenga un inventario actualizado de todos los equipos que se tiene tanto a nivel de secciones como a nivel general, para mantener un seguimiento de cada equipo y hacer uso de esta información cada vez que se requiera tanto por parte de la empresa como por parte de futuros interesados.
- Se recomienda la adquisición de las normas relacionadas a la calidad y a la norma ISO/IEC 17025 así como estar al tanto de las actualizaciones que se puedan dar a esta norma, para poder cumplir todos los requisitos de la misma y mantener la acreditación del laboratorio.
- Tener al menos 2 equipos patrones para las diferentes magnitudes, para evitar retrasos en sus funciones por daños o calibraciones del equipo patrón, ya que este tipo de equipos también deben estar calibrados y asegurar la trazabilidad sea a patrones nacionales o internacionales para asegurar la validez de sus resultados.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Standard 60076-1 Power Transformer-Part 1," IEC Commission Electrotechnique International, vol. 31, no. 42. p. 01–85, 2000.
- [2] L. Quisaguano, "Implementación de un Laboratorio de Calibración de equipos de medida en la Empresa Eléctrica Quito", Empresa Eléctrica Quito-El Dorado, abril-2019.
- [3] A. Escamilla, "Conceptos de Metrología", en Metrología y sus aplicaciones, 1st ed. México: Grupo Editorial Patria, 2014. [En línea]. Disponible: [https://books.google.com.ec/books?id=P-ThBAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metrologia&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwje0LOi\\_YXoAhXxUN8KHdViAz8Q6AEIKDAA#v=onepage&q=metrologia&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=P-ThBAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=metrologia&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwje0LOi_YXoAhXxUN8KHdViAz8Q6AEIKDAA#v=onepage&q=metrologia&f=false)
- [4] D. S. Puga, "Estudio y diseño del laboratorio de potencia y energía eléctrica del centro de metrología del ejército", Tesis de ingeniería, Escuela Politécnica del Ejército, Quito, 2011.
- [5] ISO 10012. (2003). International Standard. Measurement management systems - Requirements for measurement processes and measuring equipment. First edition 2003-04-15. International Organization for Standardization.
- [6] A. J. Paredes, "Estudio de un sistema de metrología normalizado aplicable en la empresa Ecuamatrix Cía. Ltda. Para garantizar la confiabilidad del control de calidad", Tesis de ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [7] CEM, "VIM Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados", 3ra ed., 2012.
- [8] E. M. Torres, "Diseño, documentación e implementación de un sistema de gestión calidad basado en la norma NTC-ISO-IEC 17025:2001 para el laboratorio de difracción de rayos X de la Universidad Industrial de Santander", Tesis de ingeniería, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2005.
- [9] Servicio de Acreditación Ecuatoriano, ¿Qué es la acreditación?, <https://www.acreditacion.gob.ec/que-es-la-acreditacion/>, 2020.
- [10] Servicio de Acreditación Ecuatoriano, Como acreditarse: Laboratorios, <https://www.acreditacion.gob.ec/como-acreditarse-laboratorios/>, 2020.
- [11] Centro Español de Metrología, Procedimiento EL-007 para la calibración de pinzas amperimétricas, 1ra ed., 2020.



- [12] E. R. Illescas, J. M. Ortega, "Diseño de un laboratorio de metrología para el ensayo y calibración de medidores de energía eléctrica y transformadores de medición", Tesis de ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2010.
- [13] Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, ISO/IEC 17025:2017.
- [14] S. E. Telpis, "Propuesta para la aplicación de la norma INEN ISO/IEC 17025:2006 en las pruebas a zapatos de seguridad en el laboratorio de alto voltaje de la Escuela Politécnica Nacional", Tesis de tecnología, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [15] OBS Business School, Elementos claves en el estudio económico de un proyecto, <https://obsbusiness.school/int/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto>, 2020.
- [16] R. Coss Bu, "Valor del dinero a través del tiempo", en Análisis y Evaluación de Proyectos, México: Limusa, 1995. [En línea], Disponible: [https://www.academia.edu/37260881/Analisis\\_y\\_Evaluacion\\_de\\_Proyectos](https://www.academia.edu/37260881/Analisis_y_Evaluacion_de_Proyectos).
- [17] Economipedia, Valor Actual Neto (Van), <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>, 2020.
- [18] Economipedia, Tasa Interna de Retorno (TIR), <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>, 2020.
- [19] Crece Negocios, ¿Qué es el análisis costo beneficio?, <https://www.crecenegocios.com/analisis-costo-beneficio/>, 2020.
- [20] Centro Español de Metrología, Procedimiento EL-001 para la calibración de multímetros digitales, 1ra ed., 2020.
- [21] J. R. Gómez, "Procedimiento para la calibración de calibradores multifunción de inferior o igual exactitud al Fluke 5520<sup>a</sup> utilizando el multímetro digital Fluke 8508A como patrón de referencia para el laboratorio CAMERICA S.A.", Universidad de Costa Rica, Tesis de licenciatura, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 2017.
- [22] Fluke Calibration, Calibrador multiproducto 5522A, <https://la.flukecal.com/products/electrical-calibration/electrical-calibrators/calibrador-multiproducto-5522a>, 2020.
- [23] Time electronics, Bancos de calibración, <https://www.timeelectronics.com/es/bancos-de-calibracion/>, 2020.

[24] J. C. Asipuela, A.G. Fuentes, “Especificaciones de un laboratorio de alto voltaje para la Empresa Eléctrica Quito”, Tesis de ingeniería, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2020.

[25] Time electronics, 5025C Calibrador multifunción, <https://www.timeelectronics.com/es/calibradores-multifuncionales/5025c-calibrador-multifuncion/>, 2020.

[26] «INEC,» 23 08 2020, <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/search/inflacion/>.

[27] «Banco Central del Ecuador,» 23 08 2020, <https://www.bce.fin.ec/index.php/informacioneconomica>

[28] Centro Español de Metrología (CEM), <https://www.cem.es>, 2020.

[29] Euramet, <https://www.euramet.org/publications-media-centre/calibration-guidelines/?L=0>, 2020.

# **ANEXOS**

ANEXO A. Ejemplo de un informe de calibración.

ANEXO B. Ejemplo de cálculo de incertidumbres de la calibración de una pinza con lectura directa en corriente continua y con lectura indirecta en corriente alterna.

ANEXO C. Procedimiento para el cálculo de incertidumbre de la calibración para multímetros digitales.

ANEXO D. Proformas de equipos.

ANEXO E. Posible Matriz de identificación de riesgos y matriz de análisis de riesgos de los interesados.

## ANEXO A

<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b>	
Certificado N°	
Dirección del Laboratorio Quito-Ecuador Tlf:	
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>	

Cliente:

Dirección:

Persona de contacto:

Fecha de calibración:

Fecha de emisión:

IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		CONDICIONES AMBIENTALES	
Instrumento:	Telurómetro	Temperatura:	21,1 °C
Código:		Humedad:	58,9 %
Tipo:	Digital	Lugar de calibración:	
Marca:		<b>MÉTODO UTILIZADO</b>	
Modelo:	DY4300B	Procedimiento para la Calibración de medidores de resistencia TM-CM-09	
Serie:	0317372		
Unid. de medida:	$\Omega - K\Omega$		

PATRONES UTILIZADOS						
NOMBRE	CÓDIGO	MARCA	MODELO	FECHA CALIB.	PRÓXI. CALIB	CERTIFICADO
Calibrador multifunción	TM-E-001	Transmille	1000 A			LMEL19303PMC
Termohigrómetro	TM-T-018	Extech	RHT520			TEG-LAB-TH-170-19

### EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

En este apartado el laboratorio debe detallar las observaciones que se presentaron durante el transcurso del proceso de calibración y otras que se considere necesario mencionar. Entre algunas observaciones pueden estar:

La calibración fue realizada bajo un sistema de gestión de calidad conforme a la norma ISO/IEC 17025:2017.

Los resultados de la calibración y su incertidumbre se exponen en las páginas siguientes y son parte de este documento y se refieren al momento y condiciones en que se realizó la calibración.

El Laboratorio no se responsabiliza por los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado.

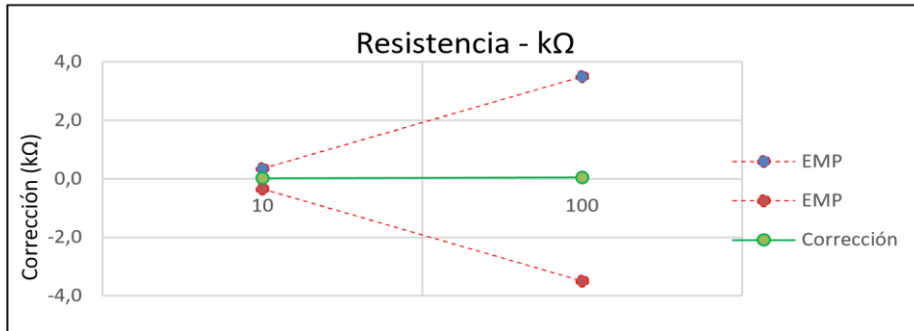
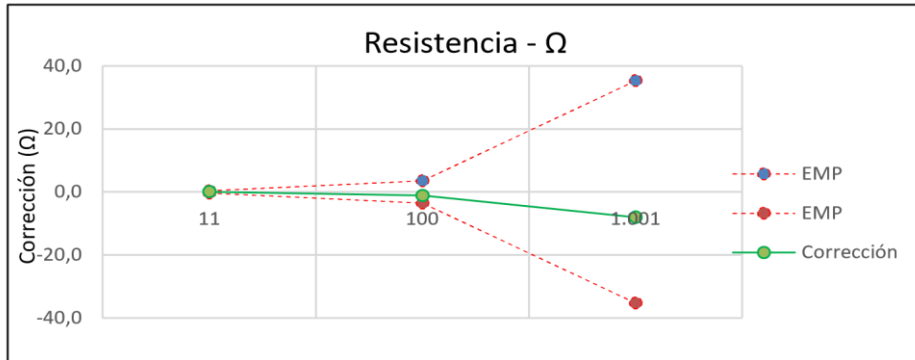
Es responsabilidad del cliente establecer la fecha de las nuevas calibraciones del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en este certificado, depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas de manejo y uso.

RESULTADOS OBTENIDOS

No. Cert. :

Unidad de medida	Parámetro Rango	Patrón Corregido	Lectura media (IBP)*	Corrección	Grados efectivos de	k	Incertidumbre.
	Resistencia (4 polos)						
$\Omega$	10	10,7360	10,67	0,0660	$\infty$	2	0,012
$\Omega$	100	100,473	101,6	-1,127	$\infty$	2	0,11
$\Omega$	1000	1000,97	1009	-8,03	$\infty$	2	1,1
Unidad de medida	Parámetro Rango	Patrón Corregido	Lectura media (IBP)*	Corrección	Grados efectivos de	k	Incertidumbre.
	Resistencia (4 polos)						
k $\Omega$	10	10,0004	9,98	0,0204	$\infty$	2	0,011
k $\Omega$	100	100,003	100,0	0,043	$\infty$	2	0,12

\* Es el promedio de 5 observaciones realizadas



Observación:  
Este documento reemplaza al certificado AVS-LAB-RES-003-20.

Calibrado por:  
Técnico

Autorizado por:  
Gerente Técnico

Fin de documento

## **ANEXO B**

**Ejemplo de cálculo de incertidumbres de la calibración de una pinza con lectura directa en corriente continua y con lectura indirecta en corriente alterna.**

### **Lectura Directa en corriente continua**

#### **A) Datos de partida**

Se realiza la calibración en intensidad continua de una pinza digital de  $3^{1/2}$  dígitos de lectura directa, a una temperatura de  $23 \pm 5$  °C en la sala de metrología de una empresa de fabricación de equipos eléctricos. La tensión de alimentación de red se mantiene dentro de los límites de  $230 \text{ V} \pm 10 \%$ , durante toda la calibración.

La calibración se realiza mediante un shunt de corriente continua de valor nominal de 100 A, leyendo la tensión de salida del shunt mediante un multímetro digital.

Rango de medida a calibrar: 200 A.

Punto para la calibración en el ejemplo: 100 A.

Tolerancia asignada a la pinza para la calibración:  $\pm 2\%$  de la lectura.

Datos del shunt:

Intensidad nominal: 100 A.

Valor nominal:  $1 \text{ m}\Omega$ .

Clase de precisión: 0,1.

Se dispone de un certificado de calibración en vigor, con valores certificados a 25A, 50A, y 100A. Para la intensidad de 100A, el valor certificado del shunt es de  $1.0015 \text{ m}\Omega$  con una incertidumbre de calibración con  $k=2$  de  $\pm 0,04\%$ . No se dispone de más datos sobre su deriva o histórico de calibración.

#### **Datos del multímetro:**

Resolución:  $5^{1/2}$  dígitos.

Especificaciones a un año, para  $23 \pm 5$  °C, el rango de 100mV:  $\pm 0.05\%$  lectura  $\pm 0.05\%$  fondo de escala. Por lo tanto, para una lectura próxima a 100 mV las especificaciones serán  $\pm 0.1\%$  lectura.

Se dispone de un certificado de calibración en vigor del multímetro con una incertidumbre de calibración en tensión continua de 100 mV de 0.0025%, para un factor de cobertura,

$k=2$ , y además el error certificado es inferior al 25% de las especificaciones en ese rango. No se dispone de más historial de calibración.

**Resultado de la calibración:**

Indicación de la pinza: 101.8 A (sin variación en la lectura).

Lecturas obtenidas con el multímetro conectado a la salida del shunt:

- 100.018 mV
- 100.023 mV
- 100.008 mV
- 100.025 mV
- 100.017 mV

Valor medio: 100.018 mV

**B) Determinación del error asociado a la calibración.**

El error,  $e_x$ , de la indicación obtenida por la pinza a calibrar se obtiene como:

$$e_x = (k_1 L_x - k_2 L_p) + k_1 (\delta L_{x1} + \delta L_{x2}) - k_2 \delta L_p - \delta k_2 L_p \quad (B.1)$$

Esta expresión se puede simplificar teniendo en cuenta que la mejor estimación de las distintas correcciones consideradas por múltiples efectos es cero, y, por tanto:

$$e_x = (k_1 L_x - k_2 L_p) \quad (B.2)$$

donde:

$k_1 = 1$  (Pinza de lectura directa).

$L_x = 101,8 \text{ A}$

$k_2 = 1 / 1.0015 \text{ m}\Omega = 1000 / 1.0015 \Omega = 998.5 \Omega^{-1}$

$L_p = 100.018 \text{ mV} = 0.100018 \text{ V}$

$k_2 L_p = 99.868 \text{ A}$

$k_1 L_x = 101,8 \text{ A}$

$e_x = 1.932 \text{ A}$

### C) Asignación de las componentes de la incertidumbre.

Tabla B.1. Componentes de la incertidumbre.

Magnitud, $X_i$	Mejor valor estimado de la magnitud, $x_i$	Incertidumbre típica, (k=1), $u(x_i)$	Distribución de probabilidad considerada	Coefficiente de sensibilidad, $c_i$	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$
Lx	101,8A	0	--	$C_1=1$	$u_1(y) = 0$
$\delta Lx1$	0	$0,05A / \sqrt{3}$	rectangular	$C_2=1$	$u_2(y) = 0,029A$
k2	$998,5\Omega^{-1}$	$0,04\%(998,5\Omega^{-1})/2 = 0,2\Omega^{-1}$	normal	$C_3 = -Lp = 0,100018V$	$u_3(y) = -Lp \cdot U_{certi} / k_{certi} = -0,020A$
$\delta k2$	0	$0,1\%(998,5\Omega^{-1})/2 = 0,2\Omega^{-1}$	rectangular	$C_4 = -Lp = 0,100018V$	$u_4(y) = -0,058A$
Lp	0,100018V	$\frac{s(Lp)}{\sqrt{5}} = 0,000003V$	normal	$C_5 = -998,5\Omega^{-1}$	$u_5(y) = -0,003A$
Lp	0,100018V	$\frac{0,0025\% \cdot 100mV}{2} = 0,00000125V$	normal	$C_6 = -998,5\Omega^{-1}$	$u_6(y) = -0,0012A$
$\delta Lp$	0	$\frac{0,1\% \cdot 100mV}{\sqrt{3}} = 0,000058V$	rectangular	$C_7 = -998,5\Omega^{-1}$	$u_7(y) = -0,058A$
$e_x$	1,93A	--	--	--	$u(e_x) = 0,089A$

Las contribuciones 3, y 4 aunque en sentido estricto son de  $1/k2$ , tendrán el mismo valor si se consideran para k2, despreciando los términos de segundo orden que son insignificantes.

En este tipo de calibraciones es posible simplificar el cálculo de incertidumbres, ya que, si las distintas fuentes de incertidumbre se expresan en tanto por ciento de la magnitud de entrada correspondiente, la incertidumbre típica combinada se obtiene de forma muy aproximada como suma cuadrática de todas las componentes, sin necesidad de utilizar los coeficientes de sensibilidad. Esto es posible ya que  $k1Lx$  es muy próximo al valor de  $k2Lp$ , y sólo se cometen errores de segundo orden que son insignificantes.

Ejemplo1:

Resolución de la pinza	$w1 = 0.1 \% / \sqrt{3}$
Incertidumbre de calibración del shunt	$w2 = 0.04\% / 2$
Incertidumbre por la clase de precisión del shunt	$w3 = 0.1\% / \sqrt{3}$



Falta de repetibilidad de las lecturas del voltímetro	$w_4 = 0.003\%$
Incertidumbre de calibración del voltímetro	$w_5 = 0.0025\%/2$
Especificaciones del voltímetro	$w_6 = 0.1\% / \sqrt{3}$

Realizando la suma cuadrática de las seis contribuciones anteriores se obtiene:

$$w = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2 + w_5^2 + w_6^2} = 0,089\% \quad (\text{B.3})$$

#### **Cálculo de la incertidumbre expandida:**

Considerando que todas las variables de entrada son independientes, que por tanto no es necesario tener en cuenta los coeficientes de correlación, y aplicando la expresión de propagación de varianzas, y teniendo en cuenta que se han realizado algunas correcciones debidas a efectos sistemáticos conocidos (se ha tomado el valor certificado del shunt), la incertidumbre expandida sigue la siguiente expresión:

Nota: si se calculan los grados efectivos de libertad en este ejemplo el resultado es muy elevado, al ser la incertidumbre típica debida a la falta de repetibilidad de las lecturas muy pequeña frente al resto de contribuciones. Por lo tanto, el factor de cobertura es  $k=2$ .

$$U = k u(e_x) = 2 \cdot 0.087 \text{ A} = 0,18 \text{ A} \quad (\text{B.4})$$

#### **D) Expresión del resultado de la calibración:**

$$e_x = (1.93 \pm 0.18) \text{ A} \quad (k=2) \quad (\text{B.5})$$

La incertidumbre de calibración indicada corresponde a una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura de  $k=2$ , que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95 % aproximadamente. Nota: con este resultado no se puede asegurar que la pinza cumpla con la tolerancia establecida del 2%.

### **Ejemplo-2 Lectura indirecta en corriente alterna**

#### **a) Datos de partida**

Se realiza la calibración en intensidad alterna de una pinza digital de lectura indirecta, a una temperatura de  $23 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  en la sala de metrología de una empresa de fabricación de equipos eléctricos. La tensión de alimentación de red se mantiene dentro de los límites de  $230 \text{ V} \pm 10 \%$ , durante toda la calibración. La calibración se realiza mediante un transformador de intensidad de corriente alterna, leyendo la intensidad en el secundario del transformador mediante un amperímetro digital.

Nota: la carga sobre el transformador de intensidad consiste del conjunto amperímetro y cables de conexión y se estima que tiene un valor de 2 VA, con factor de potencia unitario.

Rango de medida a calibrar: 2000 A.

Punto para la calibración en el ejemplo: 1000 A - 60 Hz

Tolerancia asignada a la pinza:  $\pm 5\%$  de la lectura.

Relación de la pinza 1mV/A. Por lo tanto, para una intensidad de 1000 A, la tensión de salida será del orden de 1V.

**Datos del multímetro conectado a la salida de la pinza:**

Resolución:  $4^{1/2}$  dígitos.

Especificaciones a un año, para  $23 \pm 5$  °C, en el rango de 100V a 60 Hz:  $\pm 0.05\%$  lectura  $\pm 0.01\%$  fondo de escala. Por lo tanto, para una lectura próxima a 1 V las especificaciones serán  $\pm 1,05\%$  lectura. El rango inferior es de 100 mV, y por lo tanto es necesario medir en el siguiente que es el de 100V.

Se dispone de un certificado de calibración en vigor del multímetro con una incertidumbre de calibración en tensión alterna para el rango de 100V de 0.2%, para un coeficiente de cobertura,  $k=2$ , y además el error certificado es inferior al 25% de las especificaciones en ese rango. No se dispone de historial complementario de calibraciones previas.

**Datos del transformador de intensidad:**

Relaciones de transformación 100-500-1000-2000 /1 A. Se utilizará por tanto en la relación 1000/1

Clase de precisión: 0,5.

Potencia de precisión: 10 VA

Se dispone de un certificado de calibración en vigor, que para la relación de transformación 1000 / 1, indica entre otros los siguientes resultados:

Error de relación % In Carga  $\cos \varphi$

+ 0,23% 100 10 VA 0.8

+ 0,25% 100 2.5 VA 1

con una incertidumbre de calibración con  $k=2$  de  $\pm 0,05\%$ . No se dispone de historial complementario de calibraciones previas.

### **Datos del amperímetro usado en el secundario del transformador:**

Resolución:  $4^{1/2}$  dígitos.

Especificaciones a un año, para  $23 \pm 5$  °C, en el rango de fondo de escala de 2 A, a 50 Hz:  $\pm 0.3\%$  lectura  $\pm 0.1\%$  fondo de escala. Por lo tanto, para una lectura próxima a 1A, las especificaciones serán  $\pm 0.5\%$  lectura.

Se dispone de un certificado de calibración en vigor del amperímetro con una incertidumbre de calibración en intensidad alterna en el rango de 2A de 0.1%, para un factor de cobertura ( $k=2$ ), y además el error certificado es inferior al 25% de las especificaciones en ese rango. No se dispone de historial complementario.

### **Resultado de la calibración:**

Lecturas del multímetro a la salida de la pinza:

- 1.0235 V
- 1.0245 V
- 1.0198 V
- 1.0220 V
- 1.0215 V

Valor medio. 1.0223 V, que equivalen a 1022.3 A.

La incertidumbre típica debida a la no repetibilidad, aplicando los estimadores estadísticos ya descritos será: 0.08%

Lectura obtenida con el amperímetro conectado a la salida del transformador, sin que se observe variación alguna.

1.0005 A

Teniendo en cuenta que la relación empleada del transformador de intensidad es de 1000 /1, y que tiene un error certificado para unas condiciones de carga iguales a las de empleo de +0.25%, la relación corregida será de: 997.5 /1. La intensidad medida en el secundario del transformador con el amperímetro equivaldrá a su producto por la relación de transformación certificada, y este producto es igual a:  $1.0005 \text{ A} \times 997.5 = 998.0 \text{ A}$

### **b) Determinación del error asociado a la calibración.**

El error,  $e_x$ , de la indicación obtenida por la pinza a calibrar se obtiene como:

$$e_x = (k_1 L_x - k_2 L_p) + k_1 (\delta L_{x1} + \delta L_{x2}) - k_2 \delta L_p - \delta k_2 L_p \quad (\text{B.6})$$

Esta expresión se puede simplificar teniendo en cuenta que la mejor estimación de las distintas correcciones consideradas por múltiples efectos es cero, y, por tanto:

$$e_x = (k_1 L_x - k_2 L_p) \quad (\text{B.7})$$

donde:

$$k_1 = 1 \text{ mV / A}$$

$$L_x = 1.0223 \text{ V}$$

$$k_1 L_x = 1022.3 \text{ A}$$

$$k_2 = 997.5$$

$$L_p = 1.0005 \text{ A}$$

$$k_2 L_p = 998.0 \text{ A}$$

$$e_x = 1022.3 \text{ A} - 998.0 \text{ A} = 24.3 \text{ A} = 2.43 \%$$

### c) Asignación de las componentes de la incertidumbre.

Se empleará el cálculo simplificado, indicado en el ejemplo1, sin necesidad de utilizar los coeficientes de sensibilidad, ya que se cumplen las mismas condiciones que en el ejemplo anterior.

Falta de repetibilidad de las lecturas del voltímetro	$w_1 = 0.08\%$
Incertidumbre de calibración del voltímetro	$w_2 = 0,2\%/2$
Resolución de la lectura indirecta	$w_3 = 0.01 \% / \sqrt{3}$
Especificaciones del voltímetro	$w_4 = 1.05\%/\sqrt{3}$
Incertidumbre de calibración del transformador	$w_5 = 0.05\% /2$
Incertidumbre por la clase del transformador	$w_6 = 0.5\% / \sqrt{3}$
Incertidumbre de calibración del amperímetro	$w_7 = 0.1\%/2$
Especificaciones del amperímetro	$w_8 = 0.5\% / \sqrt{3}$

Realizando la suma cuadrática de las ocho contribuciones anteriores se obtiene:

$$w = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + w_3^2 + w_4^2 + w_5^2 + w_6^2} = 0,744\% \quad (\text{B.8})$$

**Cálculo de la incertidumbre expandida:**

Considerando que todas las variables de entrada son independientes, que por tanto no es necesario tener en cuenta los coeficientes de correlación, y aplicando la expresión de propagación de varianzas, y teniendo en cuenta que se han realizado algunas correcciones debidas a efectos sistemáticos conocidos (se ha tomado el valor certificado de la relación del transformador de intensidad), la incertidumbre expandida sigue la siguiente expresión:

$$U = ku(e_x) = 2 \cdot 0.744\% = 1.5\% \quad (\text{B.9})$$

Si se calculan los grados efectivos de libertad en este ejemplo el resultado es muy elevado, al ser la incertidumbre típica debida a la falta de repetibilidad de las lecturas muy pequeña frente al resto de contribuciones. Por lo tanto, el factor de cobertura es  $k=2$ .

**d) Expresión del resultado de la calibración:**

$$e_x = (2.4 \pm 1.5) \% \quad (k = 2)$$

La incertidumbre de calibración indicada corresponde a una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura de  $k=2$ , que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95 % aproximadamente.

## ANEXO C

### Multímetros Digitales

Este procedimiento es aplicable para los multímetros digitales, cuya resolución no sea mayor de  $5^{1/2}$  dígitos, pero siempre que se cumpla con el principio básico de que la incertidumbre de calibración no sea mayor de un tercio, y preferiblemente de una décima, del error de utilización permitido para el instrumento a calibrar, se recomienda usar este procedimiento de calibración. Dependiendo de las características que tengan el calibrador y el instrumento a calibrar este procedimiento puede ser válido incluso para multímetros de mayor resolución como los de  $6 \frac{1}{2}$  dígitos, y en algunos casos no será posible aplicarlo para la calibración de algún modelo de  $5 \frac{1}{2}$  dígitos de resolución.

Para seguir con este procedimiento los multímetros digitales deben contar con una capacidad para medir magnitudes que se encuentren dentro de los siguientes intervalos:

- Voltaje continuo: 1mV a 1000V
- Voltaje alterno: 10mV a 1000V (frecuencia de 10 Hz a 1 MHz).
- Intensidad continua: 1mA a 20A
- Intensidad alterna: 1mA a 20A (10 Hz a 10 kHz)
- Resistencia:  $1\Omega$  a  $100\text{M}\Omega$

Se debe recalcar que este procedimiento se puede aplicar a instrumentos digitales que tengan la capacidad de medir algunas de las magnitudes indicadas como pueden ser voltímetros digitales, pero no se aplica a instrumentos que a pesar de medir algunas de las magnitudes antes mencionadas estén destinados principalmente para medir otras magnitudes, sin embargo, se puede usar este procedimiento para una calibración parcial de estos instrumentos.

### Cálculo de incertidumbres

En primer lugar, hay que determinar la expresión de la magnitud de salida que no es otra cosa que el error del multímetro a calibrar en cada punto de calibración, en función de las distintas magnitudes de entrada. La determinación del error,  $e_x$ , de la indicación obtenida con el multímetro a calibrar para voltaje continuo y medidas de resistencia a dos hilos necesita realizar dos medidas, la una con la señal aplicada y otra con un cortocircuito en los bornes del multímetro [20].

$$e_x = V_{iX} + \delta V_{iX} - (V_{iX0} + \delta V_{iX0}) - (V_S + \delta V_S) \quad (\text{C.1})$$

donde:

$V_{iX}$ : indicación del multímetro cuando se aplica la señal (voltaje, resistencia) con el calibrador.

$V_{iX0}$ : indicación del multímetro cuando se aplica un cortocircuito en su entrada.

$\delta V_{iX}$ : corrección dada por la resolución finita del multímetro cuando se aplica la señal.

$\delta V_{iX0}$ : corrección dada por la resolución finita del multímetro cuando se aplica el cortocircuito.

$V_S$ : valor de la señal (voltaje o resistencia) aplicada con el calibrador.

$\delta V_S$ : corrección del valor de la señal aplicada por el calibrador debida a diferentes efectos.

$$\delta V_S = \delta V_{SD} + \delta V_{SC} + \delta V_{ST} + \delta V_{SP} + \delta V_{SL} + \delta V_{ST} + \delta V_{SE} \quad (C.2)$$

donde:

$\delta V_{SD}$ : corrección de la señal del calibrador ocasionada por su deriva desde su última calibración.

$\delta V_{SC}$ : corrección de la señal del calibrador ocasionada por su falta de linealidad.

$\delta V_{ST}$ : corrección de la señal del calibrador ocasionada por la temperatura de funcionamiento.

$\delta V_{SP}$ : corrección de la señal del calibrador ocasionada por variaciones en el voltaje de alimentación.

$\delta V_{SL}$ : corrección de la señal del calibrador dada por los efectos de carga del multímetro.

$\delta V_{ST}$ : corrección dada por la estabilidad del calibrador.

$\delta V_{SE}$ : corrección de la señal aplicada por el calibrador dada por su error de calibración.

El error,  $e_x$ , de la indicación obtenida en el multímetro a calibrar para el resto de magnitudes (voltaje alterno, intensidad, y resistencia a cuatro hilos), se obtiene realizando una simplificación a la expresión anterior debido a que no se realiza lectura en cortocircuito.

$$e_x = V_{iX} + \delta V_{iX} - (V_S + \delta V_S) \quad (C.3)$$

### **Asignación de las componentes de la incertidumbre.**

1. Incertidumbre debido a la falta de repetibilidad del multímetro, ( $V_{iX}$ ).

Siempre que se tenga variaciones en la indicación del multímetro se deben tomar los valores de cinco lecturas en las mismas condiciones de medida. De otra forma, esta contribución no se debe considerar, porque tendrá un valor igual a cero. Se calcularán los estimadores estadísticos que caracterizan la dispersión de los resultados obtenidos. Entre los estimadores más importantes están la media aritmética de los valores de  $V_{iX}$ , la desviación estándar experimental,  $s(V_{iX})$ , y la desviación estándar experimental de la media que coincide con la incertidumbre típica de  $V_{iX}$ .

$$\text{Desviación estándar experimental de la media} = u(V_{iX}) = s(V_{iX}) / \sqrt{5} \quad (\text{C.4})$$

Las indicaciones obtenidas al realizar el cortocircuito en bornes del multímetro a calibrar para voltaje continuo y resistencia a dos hilos, se considera que no tienen ninguna variación, como suele darse en la práctica.

2. Incertidumbre de calibración del patrón. ( $V_S$ ).

La incertidumbre de calibración del equipo patrón será la que se obtiene de su certificado de calibración, para el punto considerado. Puesto que en los certificados se indican incertidumbres expandidas ( $U_{certi}$ , con  $k=2$ ), para hallar la incertidumbre típica se tiene que dividir el valor indicado por el valor de  $k_{certi}$  (normalmente 2). Cuando se tenga que el punto en el que se va a realizar la calibración del multímetro no concuerde con un valor certificado del calibrador, se deberá incluir como componente de incertidumbre la mayor incertidumbre de calibración del calibrador de entre todos los puntos calibrados del rango en el que se usa.

3. Resolución del multímetro a calibrar. ( $\delta V_{iX}$ ,  $\delta V_{iX0}$ ).

En los dos casos que se muestran en la definición de  $\delta V_{iX}$  y  $\delta V_{iX0}$ , se tomará como el máximo error posible que se puede cometer por la resolución del multímetro como  $\pm 0,5$  veces el último dígito ( $\text{Res}=0,5$  dígitos), la incertidumbre típica se hallará suponiendo una distribución rectangular por lo que se tiene que dividir por  $\sqrt{3}$ . El valor de esta contribución debe estar en unidades iguales con el resto de contribuciones.

4. Correcciones en la salida del calibrador, ( $\delta V_{SD}$ ,  $\delta V_{SC}$ ,  $\delta V_{ST}$ ,  $\delta V_{SP}$ ,  $\delta V_{SL}$ ).

Dado el hecho de que es imposible conocer cada una de las correcciones anteriores, las componentes de incertidumbre asociadas a estos factores se pueden derivar de las especificaciones facilitadas por el fabricante para el calibrador



multifunción. En su mayoría estas especificaciones garantizan que las señales generadas coincidirán con las indicadas en la pantalla del calibrador dentro de un margen máximo de diferencias, llamadas especificaciones (espec.), siempre y cuando el calibrador opere dentro de ciertos límites como son la temperatura, alimentación, y en un período de tiempo determinado desde la última calibración. Para hallar la incertidumbre típica se supondrá una distribución rectangular dividiendo por tanto (espec.) por  $\sqrt{3}$ .

5. Corrección de la señal aplicada por el calibrador dada por el error durante la calibración del mismo, ( $\delta V_{SE}$ ).

Se tienen diferentes planteamientos a la hora de considerar las correcciones de los voltajes generados por el calibrador indicados en el certificado de calibración del mismo. Un primer planteamiento, tiene que ver en aplicar en cada punto las correcciones correspondientes, usando la información del certificado de calibración, y con esto aumenta la incertidumbre; en este punto está basada la Tabla C.1. que se puede apreciar en el punto 6 y que corresponde al balance de componentes. Otro caso que se puede seguir es realizar el cálculo y asignación de incertidumbres sin considerar la corrección mencionada en el primer planteamiento, y sumar aritméticamente el valor absoluto de esta corrección para obtener un límite superior de la incertidumbre.

Exista una tercera opción que se puede dar en el caso de que los errores certificados del calibrador patrón sean pequeños en comparación con sus especificaciones, en cuyo caso se puede asumir que la incertidumbre dada por las correcciones no realizadas está englobada en la que considera las especificaciones que se describen en el punto 4. Cabe recalcar que, si se aplica esta posibilidad, el laboratorio debe garantizar mediante un estudio de la evolución de las derivas en calibraciones sucesivas que los errores certificados previstos para la siguiente calibración seguirán siendo menores que las especificaciones, para ello en algunos casos se deberá realizar el ajuste del calibrador.

6. Balance de las componentes:

**Tabla C.1.** Balance de componentes para multímetros

Magnitud, $X_i$	Mejor valor estimado de la magnitud, $x_i$	Incertidumbre típica, ( $k=1$ ), $u(x_i)$	Distribución de probabilidad considerada	Coficiente de sensibilidad, $c_i$	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$
$V_{iX} - V_{iX0}$	media de los valores de $(V_{iX} - V_{iX0})$	$s(V_{iX})/\sqrt{5}$	normal	$C_1=1,0$	$u_1(y) = s(V_{iX})/\sqrt{5}$
$V_S$	$V_S$	$U_{certi} / k_{certi}$	normal	$C_2=-1,0$	$u_2(y) = U_{certi} / k_{certi}$
$\delta V_{iX}$	0	$Res./\sqrt{3}$	rectangular	$C_3=1,0$	$u_3(y) = Res./\sqrt{3}$
$\delta V_{iX0}$	0	$Res./\sqrt{3}$	rectangular	$C_4=-1,0$	$u_4(y) = Res./\sqrt{3}$
$\delta V_S$	Corrección certificada según certificado del calibrador	$Espec./\sqrt{3}$	rectangular	$C_5=-1,0$	$u_5(y) = Espec./\sqrt{3}$
$e_x$	--	--	--	--	$u(e_x)$

Los coeficientes de sensibilidad se calculan como las derivadas parciales de  $e_x$ , respecto de cada una de las magnitudes evaluadas en el punto de calibración considerado. Siempre que se utilice el procedimiento de calibración expuesto anteriormente estos coeficientes tomarán los valores que se muestran en la Tabla C.1. y no intervienen en la estimación de incertidumbres, al tomar valores de +1 y -1.

**NOTA:**

$$u_i(y) = |c_i| u(x_i) \quad (C.5)$$

Para las medidas en voltaje alterno, intensidad y resistencia a cuatro hilos  $\delta V_{iX0}$  no interviene en el cálculo de incertidumbres, ya que no está incluida en la expresión del error  $e_x$ .

**Cálculo de la incertidumbre expandida final** (considerando un factor de cobertura,  $k=2$ ).

Teniendo en cuenta que todas las variables de entrada son independientes, y por ende no es necesario considerar los coeficientes de correlación, y aplicando la expresión de propagación de varianzas, además de considerar que se han realizado las correcciones dadas por efectos sistemáticos conocidos (en este caso corrección del error del calibrador indicado en su certificado de calibración), la incertidumbre expandida tiene la siguiente expresión:

$$U = k \cdot u(e_x) = k \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + u_4^2(y) + u_5^2(y)} \quad (\text{C.6})$$

En el caso de no realizar la corrección debida al certificado de calibración un límite superior de la incertidumbre de calibración se encontraría sumando aritméticamente el valor absoluto del error no corregido debido al certificado con la incertidumbre indicada anteriormente:

$$U' = U + |\delta V_S| \quad (\text{C.7})$$

En este caso especial para calcular el error de indicación del multímetro a calibrar se tomaría como cero el valor de la corrección  $\delta V_S$ .

Con la finalidad de explicar de mejor manera el cálculo que se debe realizar se tomarán dos ejemplos, uno en el que no hay variación en la indicación del multímetro a calibrar, y otro en el que, si se considera una variación. En la práctica la variación de lecturas no se presenta en la calibración de multímetros digitales de  $3^{1/2}$  dígitos de un cierto nivel de calidad. Sin embargo, sí se puede encontrar esta variación en multímetros de  $5^{1/2}$  dígitos cuando se realiza la calibración en voltaje alterno

### **Cálculo de incertidumbres cuando no existe variación en la indicación del multímetro.**

#### **a) Datos de partida.**

Se está realizando la calibración en tensión continua de un multímetro digital de  $3^{1/2}$  dígitos. La calibración se realiza a una temperatura de  $23 \pm 5$  °C en la sala de metrología de una empresa de fabricación de componentes electrónicos. La tensión de alimentación de red se mantiene dentro de los límites de  $230 \text{ V} \pm 10 \%$ , durante toda la calibración.

Inicialmente se realizó el ajuste del cero del multímetro aplicando un cortocircuito en los bornes de entrada del multímetro y se obtuvo una lectura de 0,0 V. Se aplicó a continuación una tensión de 100 V con el calibrador multifunción, usando cables de conexión adecuados. La indicación en la pantalla del multímetro fue de 100,1 V sin existir ninguna variación en el valor de la lectura una vez transcurrido el breve transitorio de conexión del calibrador.

El certificado de calibración del calibrador indica que la tensión generada coincide con el valor seleccionado en pantalla, con una desviación o error de +0,003 V siendo la incertidumbre de calibración del certificado para el punto de 100 V de 0,002 V (con un factor de cobertura,  $k=2$ ).

## b) Determinación del error asociado a la calibración.

El error,  $e_x$ , de la indicación obtenida en el multímetro a calibrar se obtiene como:

$$e_x = V_{iX100} + \delta V_{iX100} - (V_{iX0} + \delta V_{iX0}) - (V_{S100} + \delta V_S) \quad (\text{C.8})$$

donde:

$V_{iX100}$ : indicación del multímetro cuando se aplican 100 V con el calibrador.

$V_{iX0}$ : indicación del multímetro cuando se aplica un cortocircuito en su entrada.

$\delta V_{iX100}$ : corrección debida a la resolución finita del multímetro en 100 V.

$\delta V_{iX0}$ : corrección debida a la resolución finita del multímetro en 0 V.

$V_{S100}$ : tensión aplicada por el calibrador cuando se seleccionan 100 V

$\delta V_S$ : corrección de la tensión aplicada por el calibrador debida a múltiples efectos.

$$\delta V_S = \delta V_{SD} + \delta V_{SC} + \delta V_{ST} + \delta V_{SP} + \delta V_{SL} + \delta V_{ST} + \delta V_{S100} \quad (\text{C.9})$$

donde:

$\delta V_{SD}$ : corrección en la tensión del calibrador debida a su deriva desde su última calibración.

$\delta V_{SC}$ : corrección en la tensión del calibrador debida a su falta de linealidad.

$\delta V_{ST}$ : corrección en la tensión del calibrador debida a la temperatura de funcionamiento.

$\delta V_{SP}$ : corrección en la tensión del calibrador por variaciones en la tensión de alimentación.

$\delta V_{SL}$ : corrección en la tensión del calibrador debida a los efectos de carga del multímetro.

$\delta V_{ST}$ : corrección debida a la estabilidad del calibrador.

$\delta V_{S100}$ : corrección de la tensión aplicada por el calibrador debida a su error de calibración.

## c) Asignación de las componentes de la incertidumbre.

c.1. Incertidumbre de calibración del patrón en el punto de 100V, ( $V_{S100}$ ).

La incertidumbre de calibración del calibrador es de 0,002V, (con  $k=2$ ). Por lo tanto, la incertidumbre típica será de 0,001 V, (con  $k=1$ ).

c.2. Resolución del multímetro a calibrar en 100V, y en 0V ( $\delta V_{iX100}$ ,  $\delta V_{iX0}$ ).

En ambos casos, considerando el máximo error posible que se puede cometer debido a la resolución del multímetro como  $\pm 0,5$  veces el último dígito, se tendrá un valor de  $\pm 0,05$  V.

c.3. Correcciones en la salida del calibrador,  $(\delta V_{SD}, \delta V_{SC}, \delta V_{ST}, \delta V_{SP}, \delta V_{SL})$

Debido a que no es posible conocer normalmente cada una de las correcciones anteriores, las componentes de incertidumbre asociadas a estos factores se pueden derivar de las especificaciones facilitadas por el fabricante para el calibrador multifunción. Normalmente estas especificaciones garantizan que, si el calibrador funciona en un margen de temperatura determinado, con una tensión de alimentación determinada, y habiendo transcurrido un período de tiempo determinado, desde la última calibración, las tensiones generadas coincidirán con las indicadas en la pantalla del calibrador dentro de un margen máximo de diferencias, (por ejemplo, el:  $\pm 0,01\%$ ). Es posible realizar un estudio detallado de alguna de las contribuciones anteriores (por ejemplo, la deriva), y considerar esta contribución de forma independiente.

c.4. Corrección de la tensión aplicada por el calibrador debida al error durante la calibración,  $(\delta V_{S100})$ .

Existen dos posibles planteamientos a la hora de considerar las correcciones de las tensiones generadas por el calibrador indicadas en el certificado de calibración del mismo. El primero, consiste en aplicar en cada punto las correcciones correspondientes iguales a los errores indicados en el certificado de calibración, pero cambiando el signo, con lo cual no se incrementa la incertidumbre; este planteamiento es el seguido en la Tabla C.2. del siguiente punto c.5. Un segundo planteamiento consiste en realizar el cálculo y asignación de incertidumbres sin considerar esta corrección, y sumar aritméticamente el valor absoluto de esta corrección para obtener un límite superior de la incertidumbre.

c.5. Balance de las componentes:

**Tabla C.2.** Balance de componentes del primer ejemplo con multímetro.

Magnitud, $X_i$	Mejor valor estimado de la magnitud, $x_i$	Incertidumbre típica, $(k=1)$ , $u(x_i)$	Distribución de probabilidad considerada	Coficiente de sensibilidad, $c_i$	Contribución a la incertidumbre $u_i(y)$
$V_{IX100} - V_{IX0}$	100,1 V	--	--	--	
$V_{S100}$	100,0 V	0,002 / 2 V	normal	$C_1=-1,0$	$u_1(y) = 0,001$ V

$\delta V_{iX100}$	0,0 V	0,05 / $\Omega$ 3 V	rectangular	$C_2=1,0$	$u_2(y) = 0,029 V$
$\delta V_{X0}$	0,0 V	0,05 / $\Omega$ 3 V	rectangular	$C_3=-1,0$	$u_3(y) = 0,029 V$
$\delta V_S$	-0,003 V	0,01 / $\Omega$ 3 V	rectangular	$C_4=-1,0$	$u_4(y) = 0,0058 V$
$e_x$	+0,097 V	--	--	--	$u(e_x) = 0,041V$

Los coeficientes de sensibilidad se calculan como las derivadas parciales de  $e_x$ , respecto de cada una de las magnitudes evaluadas en el punto de calibración considerado. Siempre que se utilice el procedimiento de calibración descrito estos coeficientes tomarán los valores indicados en el cuadro y no intervienen en la estimación de incertidumbres, al tomar valores de +1, y -1.

**NOTA:**

$$u_i(y) = \frac{1}{2} c_i \frac{1}{2} u(x_i) \tag{C.10}$$

**Cálculo de la incertidumbre expandida final (con factor de cobertura, k=2).**

Considerando que todas las variables de entrada son independientes, que por tanto no es necesario tener en cuenta los coeficientes de correlación, y aplicando la expresión de propagación de varianzas, y teniendo en cuenta que se han realizado las correcciones debidas a efectos sistemáticos conocidos (error del calibrador indicado en su certificado de calibración), la incertidumbre expandida sigue la siguiente expresión:

$$U = k u(e_x) = k \sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + u_4^2(y)} \tag{C.11}$$

$$U = k u(e_x) = 2 \cdot 0,041V = 0,082 V. \tag{C.12}$$

Si no se realiza la corrección debida al certificado de calibración un límite superior de la incertidumbre de calibración se hallaría sumando aritméticamente el valor absoluto del error no corregido debido al certificado con la incertidumbre indicada anteriormente:

$$U = 0,082 V + \frac{1}{2} \delta V_S \frac{1}{2} = 0,085 V \tag{C.13}$$

Con este segundo enfoque para calcular el error de indicación del multímetro a calibrar se consideraría como cero el valor de la corrección  $\delta V_S$ , y por lo tanto  $e_x = +0,1 V$ .

#### d) Expresión del resultado de la calibración:

El error de indicación del multímetro calibrado para un valor de prueba de 100 V en corriente continua es el siguiente:

$$e_x = (0,097 \pm 0,082) \text{ V (k = 2)} \quad (\text{C.14})$$

La incertidumbre de calibración indicada corresponde a una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura de  $k=2$ , que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95 % aproximadamente.

Aplicando el segundo planteamiento considerado en cuanto a la corrección  $\delta V_s$ , se tendría:

$$e_x = (0,1 \pm 0,085) \text{ V (k = 2)} \quad (\text{C.15})$$

En función del análisis realizado un límite superior de la incertidumbre, sin aplicar correcciones por calibración del calibrador podría calcularse considerando la resolución del multímetro a calibrar ( $\pm 1$  dígito de la última cifra significativa de la indicación del multímetro) como una contribución que se suma aritméticamente al resultado final del cálculo de incertidumbres, y sumando aritméticamente el valor absoluto de  $\delta V_s$ .

$$U = k\sqrt{u_1^2(y) + u_4^2(y)} + 1\text{dígito} + |\delta V_s| \quad (\text{C.16})$$

$$U = 2 \cdot 0,006 \text{ V} + 1 \text{ dígito} + 0,003 \text{ V} = 0,015 \text{ V} + 1 \text{ dígito.}$$

$$e_x = 0,1 \text{ V} \pm (0,015 \text{ V} + 1 \text{ dígito}) \quad (\text{C.17})$$

#### Cálculo de incertidumbres cuando sí existe variación en la indicación del multímetro.

##### a) Datos de partida

Se está realizando la calibración en tensión alterna a 10 kHz, de un multímetro digital de  $5^{1/2}$  dígitos. La calibración se realiza a una temperatura de  $23 \pm 5$  °C en la sala de metrología de una empresa de fabricación de componentes electrónicos. La tensión de alimentación de red se mantiene dentro de los límites de  $230 \text{ V} \pm 10 \%$ , durante toda la calibración.

En tensión alterna no existe ajuste de cero del multímetro, al contrario que en continua. Para la calibración se aplicó una tensión de 100 V, 10 kHz, con el calibrador multifunción, usando cables de conexión adecuados. Las indicaciones obtenidas en la pantalla del multímetro fueron las siguientes:

- 100,083 V

- 100,077 V
- 100,079 V
- 100,082 V
- 100,080 V

El certificado de calibración del calibrador indica que las tensiones generadas coinciden con el valor seleccionado en pantalla, (por lo tanto, la corrección debida al certificado de calibración del calibrador sería nula), siendo la incertidumbre de calibración del certificado para el punto de 100 V a 10 kHz, de 0,012 V (con un factor de cobertura,  $k=2$ ).

### b) Determinación del error asociado a la calibración.

El error,  $e_x$ , de la indicación obtenida en el multímetro a calibrar se obtiene como:

$$e_x = V_{iX100} + \delta V_{iX100} - (V_{S100} + \delta V_S) \quad (\text{C.18})$$

donde:

$V_{iX100}$ : indicación del multímetro cuando se aplican 100 V a 10 kHz con el calibrador.

$\delta V_{iX100}$ : corrección debida a la resolución finita del multímetro en 100 V.

$V_{S100}$ : tensión aplicada por el calibrador cuando se seleccionan 100 V a 10kHz.

$\delta V_S$ : corrección de la tensión aplicada por el calibrador debida a los mismos efectos indicados en el ejemplo anterior

### c) Asignación de las componentes de la incertidumbre.

c.1. Incertidumbre por no repetibilidad del multímetro, ( $V_{iX100}$ ).

Las lecturas están tomadas en las mismas condiciones de medida. Se calcularán los estimadores estadísticos que caracterizan la dispersión de los resultados obtenidos.

Media aritmética de los valores de  $V_{iX100} = 100,080$  V

Desviación estándar experimental:  $s(V_{iX100}) = 0,0024$  V

Desviación estándar experimental de la media =  $u(V_{iX100}) = s(V_{iX100}) / \sqrt{5} = 0,001$  V

c.2. Incertidumbre de calibración del patrón en el punto de 100V a 10 kHz ( $V_{S100}$ ).



La incertidumbre de calibración del calibrador es de 0,012V (con k=2). Por lo tanto, la incertidumbre típica será de 0,006 V (con k=1)

c.3. Resolución del multímetro a calibrar en 100V a 10 kHz, ( $\delta V_{iX100}$ ).

Considerando el máximo error posible que se puede cometer debido a la resolución del multímetro como  $\pm 0,5$  veces el último dígito, se tendrá que en valor absoluto es  $\pm 0,0005$  V.

c.4. Correcciones en la salida del calibrador, ( $\delta V_S$ ).

Debido a que no es posible conocer normalmente cada una de las correcciones anteriores, las componentes de incertidumbre asociadas a estos factores se pueden derivar de las especificaciones facilitadas por el fabricante para el calibrador multifunción. Normalmente estas especificaciones garantizan que, si el calibrador funciona en un margen de temperatura determinado, con una tensión de alimentación determinada, y habiendo transcurrido un período de tiempo determinado desde la última calibración, las tensiones generadas coincidirán con las indicadas en la pantalla del calibrador dentro de un margen máximo de diferencias, (por ejemplo, el:  $\pm 0,04\% = \pm 0.04$  V, para una frecuencia de 10 kHz). Es posible realizar un estudio detallado de alguna de las contribuciones anteriores (por ejemplo, la deriva), y considerar esta contribución de forma independiente.

En este caso al no existir correcciones debidas al certificado de calibración  $\delta V_S$  toma un valor de cero.

c.5. Balance de las componentes:

**Tabla C.3.** Balance de componentes del segundo ejemplo con multímetro.

Magnitud, $X_i$	Mejor valor estimado de la magnitud, $x_i$	Incertidumbre típica, (k=1), $u(x_i)$	Distribución de probabilidad considerada	Coficiente de sensibilidad, $c_i$	Contribución a la incertidumbre $u_i$ (y)
$V_{iX100}$	100,080 V	0,001 V	normal	$c_1=1,0$	$u_1(y) = 0,001$ V
$V_{S100}$	100,000 V	0,012 / 2 V	normal	$c_2= - 1,0$	$u_2(y) = 0,006$ V
$\delta V_{iX100}$	0,0 V	0,0005 / $\Omega 3$ V	rectangular	$c_3=1,0$	$u_3(y) = 0,00029$ V
$\delta V_S$	0,0 V	0,040 / $\Omega 3$ V	rectangular	$c_4= - 1,0$	$u_4(y) = 0,023$ V

$e_x$	+0,080 V	--	--	--	$u(e_x) = 0,024 V$
-------	----------	----	----	----	--------------------

### Cálculo de la incertidumbre expandida final (con factor de cobertura, $k=2$ )

Considerando que todas las variables de entrada son independientes, que por tanto no es necesario tener en cuenta los coeficientes de correlación, y aplicando la expresión de propagación de varianzas, se tiene para la incertidumbre expandida:

$$U = ku(e_x) = k\sqrt{u_1^2(y) + u_2^2(y) + u_3^2(y) + u_4^2(y)} \quad (\text{C.19})$$

$$U = ku(e_x) = 2 \cdot 0,024V = 0,048 V. \quad (k=2) \quad (\text{C.20})$$

### d) Expresión del resultado de la calibración:

El error de indicación del multímetro calibrado para un valor de prueba de 100 V a 10 kHz es el siguiente:

$$e_x = (0,080 \pm 0,048) V \quad (k=2)$$

La incertidumbre de calibración indicada corresponde a una incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura de  $k=2$ , que para una distribución normal corresponde a un nivel de confianza del 95% aproximadamente.

En este ejemplo las componentes debidas a la no repetibilidad de las indicaciones del multímetro a calibrar y a la resolución del multímetro a calibrar son despreciables frente al resto de contribuciones, y se obtendría el mismo resultado si no se consideraran.

# ANEXO D

## Proforma de Fluke con Proteco Coasin



OFERTA : PC-RL-26MAR19 EEQ FLUKE CAL VARIOS

Quito, 26 de Marzo del 2019

CLIENTE:	CLIENTE	DIRECCION
Ingeniero Lenin Quisaguano	<b>EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A. LABORATORIO DE TRANSFORMADORES</b>	Email: lquisaguano@eeq.com.ec Tel: 2 Cel: 09 Dirección: El Dorado Quito

De acuerdo a su solicitud presentamos nuestra mejor oferta:

item	Catálogo	Descripción	Cant	Precio Unitario	Precio Total
<b>Calibrador Multi Propósito</b>					
1	5522A/6 120	SUPERIOR MULTI-PRODUCT CALIBRATOR + 600 MHZ SCOPE OPT	1	75,000.00	75,000.00
1	5522A-PQ 120	SUPERIOR MULTI-PRODUCT CALIBRATOR + POWER QUALITY OPT	1	58,800.00	58,800.00
1.1	5520A-525A	LEADS	1	1,745.00	1,745.00
1.2	1543902	Meter cable kit	1		-
<b>ACCESORIOS</b>					
1.3	5500A/COIL	50 TURN CURRENT COIL W/ACCREDITED CAL	1	1,925.00	1,925.00
1.4	52120A/COIL3K A	52120A/COIL3KA	1	4,665.00	4,665.00
1.5	52120A/COIL6K A	52120A/COIL6KA	1	4,665.00	4,665.00
1.6	52120A-C 4324815	TRANSCONDUCTANCE AMPLIFIER, 120A W/ACCREDITED CAL	1	34,490.00	34,490.00
1.7	52120A-LEADKIT	VOLT/CURRENT LEAD SET (SET OF 2), 52120A	1	120.00	120.00

Incluye:

Certificado de Calibración

1  
1  
1  
1  
1

Ar

<b>Multímetro 6 1/2 Dígitos</b>					
2	8846A/CSU 120V	6.5 DIGIT PRECISION DMM, CERT, SW & CABLE	1	2,690.00	2,690.00
2.1	TL910	ELECTRONIC TEST PROBES WITH REPLACEMENT TIPS	1	222.00	222.00
2.2	TL2X4W-PTII	2X4 WIRE OHMS 1000V TEST LEAD	1	238.00	238.00
2.3	TL2X4W-TWZ	2X4 WIRE OHMS SMD TEST TWEEZER	1	260.00	260.00
<b>ACCESORIOS</b>					
2.4	8508A-LEAD	COMPREHENSIVE MEASUREMENT LEAD KIT	1	1,515.00	1,515.00
<b>Calibrador de Probadores</b>					
3	4983683	5322A/5/VLC/40 US,ELEC TESTER CALIBRATOR 5KV +600V+LC+40KV	1		-
3.1	4983690	5322A-LOAD,HIGH VOLTAGE LOAD ADAPTER	1		-
<b>ACCESORIOS</b>					
3.3	5071974	5322A/CASE Transit Case	1		-
<b>Software MET/CAL/TEAM</b>					
4	MET/CAL/TEAM 4220971	MET/TEAM and MET/CAL software installation DVD, with 1 MET/TEAM license and 1 MET/CAL license.	1	21,630.00	21,630.00
4.1	MET/CAL-IEEE USB 2574051	MET/CAL-IEEE USB TO-GPIB CONTROLLERS, QTY. 2	1	4,075.00	4,075.00
4.2	MET/SUPPORT GOLD 4082635	MET/SUPPORT GOLD Software support for a single Metrology SW Workstation. Annually renewable software support program for one workstation.	1	7,750.00	7,750.00

SUMAN:	219,790.00
IVA 12%:	26,374.80
<b>TOTAL:</b>	<b>246,164.80</b>

División Instrumentación - Ventas  
Cel: (593) 99 190 4069 E-mail: rlucero@coasin.com.ec  
Skype: romel.lucero

Tel:(593-2) 2500 616-617 | Ext 2204  
Av. 12 de Octubre N26-141 y Orellana, Edificio Jericó, PB.  
Quito | ECUADOR. [www.proteco.coasin.com](http://www.proteco.coasin.com)

**TERMINOS COMERCIALES**

Fabricante: FLUKE.  
País de origen: USA  
Forma de pago: 70% anticipo y 30% contra entrega de los bienes.  
Plazo de entrega: 100 días después de la recepción del anticipo.  
Validez de precios: 45 días a partir de la presente fecha.  
Forma de entrega: Los precios indicados incluye todos los gastos de importación de tal forma que los bienes serían entregados en las bodegas de su Empresa en Ecuador.  
Garantía: Los ítems ofertados van respaldados por 12 meses de garantía técnica contado a partir de la entrega de los mismos. Una vez concluido este período, nuestro Departamento de Servicio Técnico será el encargado de ofrecer todo el respaldo de mantenimiento que los equipos pudieran requerir, somos Representantes Unicos Fluke para Ecuador.  
Capacitación: Un curso de entrenamiento para la operación de los equipos, será dictado por uno de nuestros ingenieros, sin costo alguno para el cliente.

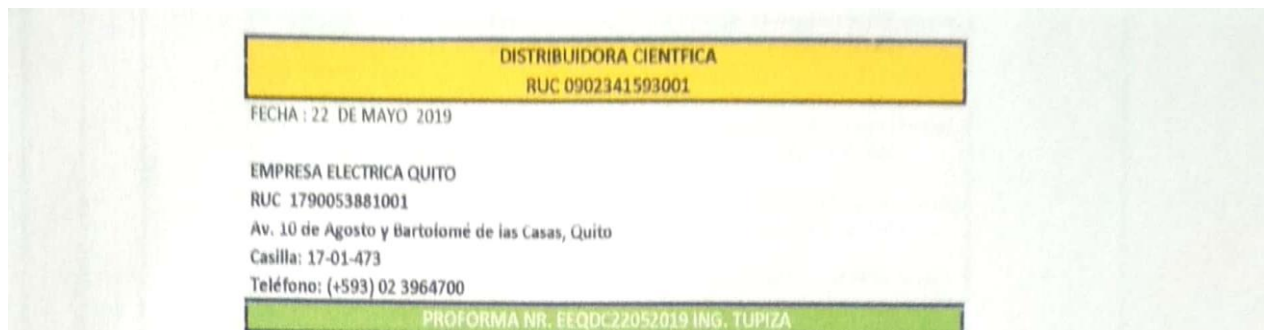
Atentamente,   
PROTECO COASIN S.A.

Ing. Fis. Romel Lucero  
DIVISION INSTRUMENTACION  
PROTECO COASIN S.A.  
RUC: 1790051765001



## Proforma Time Electronics

En este caso por facilidad se procede a sintetizar la información de la proforma en la Tabla D.1. donde se puede apreciar todos los equipos que se cotizaron en dicha proforma.



**Tabla D.1.** Proforma de Equipos de Time Electronics.

ITEM	CTAD	CODIGO	DESCRIPCIÓN	P.UNITARIO	P.TOTAL
1	1	7080-HD	Time Electronics Origen Inglaterra 7080-HD Heavy Duty CalBench	12059,53	12059,53
2	1	7082	Unidad de 5 cajones (W500xD550xH600mm)	1631,58	1631,58
3	3	7134	Kit de separador ranurado para cajones dentro de 7121, 7122, 7131, 7132 (3,6 o 9 compartimentos)	106,41	319,23
4	1	7137	Opción de panel perfo: Kit de gancho para herramientas de 40 piezas	319,22	319,22
5	1	7139	Opción de panel perfo: Tira de almacenamiento (W450xH75mm). Se suministra con 4 cubos de 1 l.	127,69	127,69
6	1	7141	Opción de panel perfo: Tira de almacenamiento (W450xH75mm). Se suministra con 4 cubos de 1 l.	85,13	85,13
7	1	7051+	Centro de control y calibrador multifunción 7051 plus	58524,19	58524,19
8	1	CCPAD	CCPAD Control center módulo de teclado numérico con jog dial	1979,18	1979,18
9	1	CC-FROC	Contador de frecuencia integral del centro de control con módulo de conexión-6000MHz, operación a través del centro de control	2482,84	2482,84
10	1	CC-AFG25-2	Centro de control Generador de funciones integrales con módulo de conexión-25MHz, 2 canales, operación a través del centro de control	2766,6	2766,60

11	1	CCSCOPE-2208B	Osciloscopio integral de centro de control con módulo de conexión-100MHz, 2canales, operación a través del centro de control	4469,12	4469,12
12	1	M-PSW160-21.6	Módulo de fuente de alimentación de CC de rango múltiple (0~160V, 0~21.6A, 1080W)	6597,27	6597,27
13	1	7088D	Módulo de alimentación de AC ajustable con pantallas digitales (0-270V/ 10A)	3475,98	3475,98
14	1	7087	Módulo de fuente de alimentación cuádruple CC-6V(20A), 12V(10A), 24V(6A),48V(3A)	2943,94	2943,94
15	1	7085A	Módulo de distribución de temperatura de conmutación automática (requiere 7051, 8060 o 5065B, y software EasyCal)	3851,96	3851,96
16	1	7080-HD	7080-HD Heavy Duty CalBench	12059,53	12059,53
17	1	7082	Unidad de 5 cajones (W500xD550xH600mm)	1631,58	1631,58
18	3	7134	Kit de separador ranurado para cajones dentro de 7121, 7122, 7131, 7132 (3,6 o 9 compartimentos)	106,41	319,23
19	1	7137	Opción de panel perfo: Kit de gancho para herramientas de 40 piezas	319,22	319,22
20	1	7139	Opción de panel perfo: Tira de almacenamiento (W450xH75mm). Se suministra con 4 cubos de 1 l.	127,69	127,69
21	1	7141	Opción de panel perfo: Tira de almacenamiento (W450xH75mm). Se suministra con 4 cubos de 1 l.	85,13	85,13
22	1	8060+	8060	33979,5	33979,50
23	1	CCPAD	CCPAD Control center módulo de teclado numérico con jog dial	1979,18	1979,18
24	1	8083	Módulo de fuente de alimentación fija de 24VCC con resistencias HART en dos suministros	3795,2	3795,20
25	1	7023	Módulo de osciloscopio digital-100MHz, 4 canales, pantalla LCD a color	7519,47	7519,47
26	1	7046	Módulo de fuente de alimentación de CA/CC variable-CA de 500VA, CC de 400W, frecuencia 40-500Hz	11307,58	11307,58
27	1	8027	Módulo generador de funciones DDS arbitrarias de 25MHz con modulación de contador, barrido, AM, FM y FSK	3100,01	3100,01
28	1	5025C	Calibrador multifunción (15ppm)	17805,54	17805,54

29	1	9701	Paquete de rendimiento mejorado 5025C Resistencia variable de rango completo, funciones de temperatura extendidas, capacitancia extendida, inductancia, rangos de DCV altos de precisión adicional y mayor ancho de banda de frecuencia de ACV	8157,92	8157,92
30	1	9797	Opción de calibración de energía interna (0-20KW CA y CC)	7306,66	7306,66
31	1	9780	Adaptador de medidor de abrazadera (1 y 50 vueltas bobina)	844,17	844,17
32	1	5090	Calibrador de probador de aislamiento (10kO a 1TO, 10kV DC)	17379,91	17379,91
33	1	5070	Calibrador para probadores de ductores y medidores de micro-ohmios (DuctorCal)	7086,75	7086,75
34	1	5080	Calibrador para probadores de aislamiento y PAT( PatCal 2)	5320,38	5320,38
35	1	5075	Multímetro digital de precisión	7767,76	7767,76
36	1	5030	Calibrador de probador eléctrico	7881,26	7881,26
37	1	1065	Caja de resistencia-Potencia 10W(0.1 Ohm-120kOhm)	1837,3	1837,30
38	1	8029-BT	DC carga electrónica de sobremesa-80A,80V,400/600 vatios, programable	3334,11	3334,11
39	1	7033-BT	Medidor LCR de alta precisión-200kHz	7093,84	7093,84
40	1	7048-BT	Módulo generador de señal sintetizada de 2Ghz( AM, FM, modulación de fase)	8157,92	8157,92
41	2	7145	Estación de soldadura/ desoldadura/ retrabajo de alto rendimiento: se suministra con soldador, herramienta de desoldar y herramienta de retrabajo de aire caliente( puntas estándar/ boquillas incluidas)	5589,95	11179,90
42	2	7146	Puntas de soldadura extra (juego de 6 piezas)	383,07	766,14
43	1	7147	Kit de extracción de humos de sobremesa( portátil o montado debajo de encimera)	1830,21	1830,21
44	2	7180	Titular de la placa de circuito de mesa	532,04	1064,08
45	2	TL91	Luz de inspección y aumento de alto rendimiento	3114,2	6228,40
46	1	7183	Maletín de servicio electrónico (82 herramientas)	3256,07	3256,07

47	3	7186	Kit de estación de trabajo ESD para CalBench (tapete de sobremesa, señalización, tapones de unión, muñequera y cables)	546,23	1638,69
48	1	TL20	Unidad de esquina combinada	6384,46	6384,46
49	1	7080-HD/MFS	Marco, brazos y encimera de CalBench (W2000xD850)	10002,32	10002,32
50	1	7131	Combinación 1 cajón+ Unidad de gabinete(W500xD550xH600mm)	1170,48	1170,48
51	1	7137	Opción de panel perfo: Kit de gancho para herramientas de 40 piezas	319,22	319,22
52	1	7137	Opción de panel perfo: Tira de almacenamiento (W900xH75mm). Se suministra con 6 cubos de 3,5 l.	156,06	156,06
53	2	TL56	Armario de almacenamiento (W1000xD550xH2000mm) con 4 estantes	2340,97	4681,94
54	1	RK1525-610	Estanterías para trabajos pesados (1980Hx1525Wx610D mm) con 5 estantes (440kg de capacidad por estante)	1979,18	1979,18
55	1	CERTS	Certificados de calibración de fábrica para todos los módulos de prueba y equipos de prueba adicionales (rastreado según NPL)	8512,61	8512,61
				<b>Subtotal</b>	337000,06
				<b>IVA</b>	40440,01
				<b>Total</b>	377440,07

**TERMINOS Y CONDICIONES:**  
**GARANTIA 12 MESES EN CONDICIONES NORMALES**  
**PAGO**  
PAGO 70% ANTICIPO 30% CONTRAENTREGA  
**TIEMPO DE ENTREGA**  
130 DIAS CONTADOS A PARTIR DEL ANTICIPO  
VALIDEZ DE LA OFERTA 22/08/2019  
**INSTALACION Y CAPACITACION PARA EQUIPOS Y SOFTWARE**  
VIENE TECNICO DE TIME ELECTRONICS MEXICO


DISTRIBUIDORA CIENTIFICA  
HARALD CHILRENKEN

DISTRIBUIDORA CIENTIFICA Cdla. LA SAIBA BLOQUE  
S3 LOCAL 1 GUAYAQUIL ECUADOR  
Ruc: 0902341593001 Telf. 04-6042859



**ANEXO E**

**Tabla E.1.** Posible Matriz de identificación de riesgos.

 Siempre junto a ti	<p><b>EMPRESA ELÉCTRICA QUITO</b>  <b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS</b></p> <p><b>MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS</b></p> <p><b>PROCESO ANALÍTICO</b></p>	Revisión:: 00  Fecha:  Página: <b>1 de 1</b>  Código:
---------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

Elaborado por:  
 Colaboradores:

Etapa clave del proceso	Número de Riesgo /Oportunidad	Riesgo	Oportunidad	Consecuencias - Beneficios/ Potenciales	Medidas de Control Existentes	Impacto Baja = 1 Media = 2 Alta = 3	Probabilidad Baja = 1 Media = 2 Alta = 3	Nivel de Riesgo	Medidas de control planificadas y/o adicionales	Responsabilidad	Fecha
RECEPCIÓN DE EQUIPOS	1	Que se confunda el equipo dentro del laboratorio	Establecer una sistemática adecuada que permita la fácil y rápida recepción del equipo sin perjuicio del cliente	Hacer un análisis erróneo, pérdida del prestigio del laboratorio, conflicto con el cliente.	Etiquetar/Identificación de equipo	1	1	1	1.- Implementar el instructivo para recepción de equipos y mantener un registro de los equipos que ingresan.  2.- Desarrollar	1 y 2.- Responsable técnico	

	2	Que se pierda el equipo		Que se incumpla el trabajo por no poder realizarlo	No existen	3	2	6	sistema para almacenamiento o y organización de equipos		
PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO	1	El incumplimiento en las fechas de entrega de los informes	Generar un sistema de trabajo orientado a la satisfacción del cliente	Pérdida de credibilidad Sanciones Pérdida de clientes	No existen	3	2	6	Mantener un sistema de planificación de acuerdo a las capacidades del laboratorio	Responsable técnico y de gestión	
	2	Falta de información referente a los equipos y pruebas a realizar por parte del cliente		Que los resultados no se puedan ejecutar o que no cumplan el requerimiento del cliente	No existen	3	1	3	Mantener un registro de recepción de equipos en donde se especifique su naturaleza y ensayos a realizarse, específica y detalladamente	1. Responsable técnico	
ANÁLISIS	1	Que no se cumplan los parámetros de humedad y temperatura al momento de acondicionar el equipo	Potenciar la forma de trabajo del laboratorio en base a un sistema de calidad que prevenga fallas en los ensayos y que genere experiencia en su personal	Que se generen datos erróneos debido al mal acondicionamiento del equipo	No existen	3	2	6	Mantener un registro y control de las condiciones ambientales durante la preparación de los equipos	1. Responsable técnico	
	2	Que el equipo falle		Que no se pueda realizar el análisis	No existen	3	2	6	Planificar y cumplir el plan de mantenimiento de equipos	1. Responsable técnico	
	3	Que existan errores en los procedimientos de ensayos		Que se generen datos erróneos	No existen	3	1	3	Revisión periódica de los procedimientos de ensayos.	1. Responsable técnico	
	4	Que los equipos estén fuera de los periodos de calibración		Que se generen datos con incertidumbres desconocidas	No existen	3	2	6	Cumplimiento del plan de calibración	Responsable técnico y de gestión	

	5	Que el analista no tenga el suficiente conocimiento, habilidad o experiencia en el uso del equipo		Que se generen datos erróneos.	No existen	3	1	3	Evaluación periódica	Responsable técnico y de gestión	
				Daños en el equipo	No existen	3	1	3			
GENERACIÓN DEL INFORME	1	Que se confundan los informes	Generar un sistema de trabajo orientado a la satisfacción del cliente y la calidad para evitar fallas en los informes y generando consciencia tanto en los empleados como en los clientes sobre la importancia de los informes	Que exista un cruce de informes	No existen	3	1	3	Llevar un registro de liberación de informes, con una identificación clara	Responsable técnico y de gestión	
	2	Que se omita información necesaria sobre el método de calibración		Que se dé una devolución del informe, debido a la falta de información	No existen	2	1	2	Cumplir lo establecido en las normas de ensayo con respecto a la información que debe ir en el informe. Establecer en la orden de trabajo o contrato, los requerimientos de la información solicitada por el cliente	Responsable técnico y de gestión	
	3	Que se pierda el informe		Que no se pueda cumplir con la entrega oportuna del informe	No existen	3	1	3	Mantener un sistema de control de documentos adecuado para archivar los informes de los clientes.	Responsable de gestión	

	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
FUNCIÓN			

NOMBRE			
FECHA			
FIRMA			

**Tabla E.2.** Posible matriz de análisis de riesgos de los interesados.



**EMPRESA ELÉCTRICA QUITO  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS**

Revisión::	00
Fecha:	
Página:	<b>1 de 1</b>
Código:	

**ANÁLISIS DE RIESGOS DE LOS INTERESADOS**

Nombre /Institución	Influencia/Poder	Interés	Riesgo	Oportunidad	Consecuencias - Beneficios/Potenciales	Medidas de Control Existentes	Impacto Baja = 1 Media = 2 Alta = 3	Probabilidad Baja = 1 Media = 2 Alta = 3	Nivel de Riesgo	Medidas de control adicionales	Responsables	Fecha tope de implementación

SAE	ALTO	ALTO	Cambio frecuentes de criterios de acreditación		Se podría incurrir en incumplimientos por desconocimiento y desactualización de respuestas efectivas a los criterios planteados		3	2	6	1.- Monitoreo de las publicaciones oficiales 2.- Motivar la participación frecuente en los comités técnicos con el SAE	1.- Responsable de Gestión 2.- Jefe del Laboratorio	
				Convenios de cooperación	Aprovechar convenios de pagos por servicios de acreditación y cursos de especialización dictados por el SAE		3	3	9	1.- Motivar la participación frecuente en los comités técnicos, seminarios y cursos ofrecidos por el SAE	1.- Jefe del laboratorio	
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO Y ALTAS AUTORIDADES DE LA EEQ	MEDIA	ALTO	Demora en las gestiones relativas al laboratorio	Gestionar la creación de un método de compra más ágil sólo para asuntos del Laboratorio	Insatisfacción en la puntualidad y fallas en el cumplimiento de los propósitos del laboratorio		3	1	3	1.- Indicar a los departamentos sobre el apoyo a los procesos del laboratorio y disminuir la burocracia del laboratorio	1.- Jefe de Laboratorio	
PROVEEDORES	ALTO	MEDIO	Incumplimiento de los plazos de entrega establecidos	Seleccionar a los mejores proveedores para hacerlos exclusivos	Obstáculo para el cumplimiento de las actividades del laboratorio		3	2	6	Informar al proveedor sobre sus calificaciones para que tome medidas	Responsable técnico	

			Incumplimiento de las especificaciones de los equipos	del Laboratorio	Imposibilidad para la utilización del equipo		3	1	3	Informar al proveedor sobre sus calificaciones para que tome medidas	Responsable técnico	
			Incumplimiento en el servicio post venta		Imposibilidad para la utilización del equipo en caso de daños		3	2	6	Informar al proveedor sobre sus calificaciones para que tome medidas	Responsable técnico	
CLIENTES	MEDIO	ALTO	Insatisfacción del cliente	Captura de nuevos clientes ofreciendo servicios acreditados	Pérdida de clientes Desprestigio del laboratorio		3	3	9	Brindar un servicio de calidad apoyado en el SGC	Todo el personal del laboratorio	

	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
FUNCIÓN			
NOMBRE			
FECHA			
FIRMA			

## **ORDEN DE EMPASTADO**