

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**“INVESTIGACIÓN Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN DE LAS NECESIDADES DE
METROLOGÍA EN EL SECTOR HIDROELÉCTRICO DE EL SALVADOR”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:
DÍAZ PÉREZ, EDWIN ALBERTO
GUARDADO DELGADO, OSCAR EDUARDO
MARTÍNEZ ESCOBAR, JENNIFER IVONNE**

**ASESOR:
INGA. CAROLINA NUILA**

CIUDADELA DON BOSCO

SEPTIEMBRE 2003

**UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTORIDADES:

RECTOR:

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

SECRETARIO GENERAL:

HNO. MARIO OLMOS

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA:

ING. CARLOS BRAN

ASESORA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN:

INGA. CAROLINA NUILA

JURADO EVALUADOR:

ING. RODOLFO CÁCERES

ING. JORGE DUQUE

ING. ROBERTO FALCONIO

INDICE

INTRODUCCIÓN	i
ANTECEDENTES DEL TEMA	iii
IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	v
IMPORTANCIA	v
JUSTIFICACIÓN	vi
PROYECCIÓN SOCIAL	vii
DEFINICIÓN DEL TEMA	viii
OBJETIVO GENERAL	viii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	viii
ALCANCES Y LIMITACIONES	x
ALCANCES	x
LIMITACIONES	x
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	11
1.1. MARCO HISTÓRICO	13
1.1.1. MARCO HISTÓRICO DE LA NORMALIZACIÓN	13
1.1.2. MARCO HISTÓRICO DE LA METROLOGÍA	15
1.2. MARCO CONCEPTUAL	23
1.2.1. NORMALIZACIÓN	23
1.2.2. METROLOGÍA	27
1.2.3. METROLOGÍA Y CALIDAD	28
1.2.4. METROLOGÍA EN LA ISO 9000	30
1.2.5. SISTEMA MNPC (METROLOGÍA, NORMALIZACIÓN, PRUEBAS Y CALIDAD)	31
1.2.6. CLASIFICACIÓN DE LA METROLOGÍA	32
1.2.7. DEFINICIONES DE UNIDADES BASE	42
CAPÍTULO II: DISPOSICIONES LEGALES VINCULADAS AL SECTOR HIDROELÉCTRICO.	45
2.1. LEY GENERAL DE ELECTRICIDAD	47
2.2. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE ELECTRICIDAD	48

2.3.	REGLAMENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y DEL MERCADO MAYORISTA	49
2.4.	NORMAS Y PROYECTOS DE NORMAS NACIONALES	58
2.5.	TRATADO MARCO DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL	59
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA PROPUESTA.		63
3.1.	ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA	65
3.1.1.	EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.	65
3.1.2.	EL PROCESO DE ANÁLISIS.	69
3.1.3.	EL PROCESO DE DISEÑO.	72
CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL DE LA METROLOGÍA DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN		74
4.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	75
4.1.1.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	75
4.1.2.	TÉCNICAS A EMPLEAR	75
4.1.3.	APLICACIÓN DEL FODA EN EL TRABAJO	78
4.1.4.	APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CAUSA – EFECTO	86
CAPÍTULO V: ELABORACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.		96
5.1.	NORMA ISO 9001:2000.	98
5.2.	INSTRUMENTOS A CALIBRAR.	99
5.2.1.	MEDICIONES ELÉCTRICAS	100
5.2.2.	PRESIÓN	100
5.2.3.	TEMPERATURA	101
5.2.4.	PERIODOS DE CALIBRACIÓN.	101
5.3.	NORMAS DE REFERENCIA PARA EL DISEÑO DE ALTERNATIVAS.	104
5.3.1.	NORMAS DE REFERENCIA PARA LAS MEDICIONES ELÉCTRICAS.	105
5.3.2.	NORMAS DE REFERENCIA PARA LA MAGNITUD PRESIÓN.	114
5.3.3.	NORMAS DE REFERENCIA PARA LA MAGNITUD TEMPERATURA.	116
5.4.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	125

5.4.1.	SERVICIOS DE CALIBRACIÓN.	125
5.4.2.	ADQUISICIÓN DE PATRONES DE CALIBRACIÓN.	153
CAPITULO VI:	EVALUACION Y SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	167
6.1.	PRINCIPIOS SOBRE EL ANALISIS COSTO - BENEFICIO	169
6.1.1.	ANALISIS CUANTITATIVO.	170
6.1.2.	ANÁLISIS CUALITATIVO.	187
CAPITULO VII:	PROPUESTA DE INCLUSIÓN DE CONCEPTOS METROLÓGICOS EN EL REGLAMENTO DE LA UT.	190
7.1.	INCLUSIÓN DE CONCEPTOS METROLÓGICOS	192
7.2.	UNIFICACIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS.	197
7.3.	PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN.	198
7.3.1.	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS ANÁLOGOS	198
7.3.2.	CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DIGITALES.	201
	CONCLUSIONES.	204
	RECOMENDACIONES.	207
	BIBLIOGRAFÍA	209
	TEXTOS	209
	SITIOS WEB	211
	GLOSARIO	213
	GLOSARIO DE ACRÓNIMOS	213
	GLOSARIO DE TÉRMINOS	216
	ANEXOS	221

INTRODUCCIÓN

En El Salvador actualmente son reducidas las instituciones gubernamentales y privadas que ofrecen sus servicios o productos, cumpliendo con los requisitos de Normalización. Por tal razón se hace énfasis en la necesidad de implementar controles de calidad eficientes, además a la Metrología como ciencia de medición recomendada por organismos internacionales, ambas herramientas para mejorar la competitividad de una empresa.

Ciertamente en el país son mínimas las organizaciones certificadas con la norma ISO 9000 (hoy 9001:2000), también tiene validez mencionar que en su afán por mejorar la competitividad, existen varias empresas que han emprendido grandes esfuerzos por la obtención de su certificación ISO 9000; prueba de ello es la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (C.E.L.) que se encuentra en el momento propicio para la aplicación de estos conceptos (Metrología y Normalización), ya que actualmente está en el proceso de certificación de norma ISO 9001 versión 2000 y uno de los requisitos es la Metrología, específicamente el cumplimiento de los aspectos de calibración de equipos de medición en las áreas de mediciones eléctricas, temperatura y presión, que constituyen las de mayor interés para la industria hidroeléctrica en El Salvador, y para otras como: alimenticias, bebidas, plásticos, químico – farmacéutica, manufactura, eléctrica, electrónica y telecomunicaciones.

El presente trabajo ha sido elaborado para optar al grado de Ingeniero Industrial, utilizando técnicas mixtas de ingeniería, ya que involucra varias disciplinas, como Normalización, Metrología y otras herramientas ingenieriles, combinando aspectos teóricos y prácticos, con el fin de diseñar una propuesta de solución a un problema, identificado en las necesidades de Metrología. El contenido de esta propuesta ha sido estructurado de la siguiente manera:

El capítulo I denominado Marco Teórico, abarca dos factores los cuales ayudarán al lector para que se familiarice con el tema a desarrollar; éstos son Normalización y Metrología, abarcando su historia y conceptos principales.

En el capítulo II, se tiene por objetivo presentar los aspectos o asuntos relacionados con la Metrología, que deben ser cumplidos por los generadores de energía, debido a su inclusión en la reglamentación nacional. Además este capítulo tiene como finalidad mostrar al lector el marco legal relacionado con el sector hidroeléctrico del país.

El capítulo III, presenta la forma cómo se desarrollará el trabajo; éste abarca tres procesos importantes en todo trabajo de ingeniería: investigación, análisis y diseño.

En el capítulo IV se plantea la Situación Actual de la Metrología dentro de la Organización, detalla e identifica el problema que existe en la empresa prototipo. Para ayudar a comprender más sobre dicha situación, se utilizan ciertas herramientas de ingeniería industrial tales como: análisis FODA y el diagrama Causa – Efecto.

El capítulo V se denominada Alternativas de Solución, engloba algunas normas de relevancia que están involucradas en el trabajo, seguidamente se presentan las posibles alternativas de solución y su desarrollo.

En el capítulo VI se selecciona y evalúa las alternativas planteadas, utilizando como referencia la técnica denominada Costo – Beneficio.

El capítulo VII, presenta una propuesta de inclusión de términos metrológicos en el Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión del Mercado Mayorista.

Finalmente se presentan las Conclusiones obtenidas con el desarrollo del trabajo y las Recomendaciones orientadas al Estado, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la Organización en estudio, a la Universidad Don Bosco y a la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Don Bosco.

ANTECEDENTES DEL TEMA

La calidad hoy en día es una manera de competir en este mundo con ideas globalizadoras, y la normalización es una tendencia que está marcando el camino a seguir para aquellas empresas que deseen ser competitivas; su principio fundamental se basa en la simplificación de las actividades. Ésta se deriva de la palabra norma, la cual es un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido. Se debe considerar que la Normalización es una herramienta utilizada en un gran número de actividades comerciales e industriales, la cual tiene como objetivo establecer un orden en las actividades, procesos y procedimientos, con el fin de llevarlos a la estandarización.

Dentro de la Normalización existen muchas normas que son reconocidas internacionalmente, una de las que ha tenido mayor auge es la norma ISO 9001 versión 2000 la cual engloba los productos y servicios, también como toda norma, tiene una serie de requisitos a cumplir, entre los cuales resalta la Metrología.

Se entiende por Metrología la ciencia de las mediciones, no existe área de la ciencia que no requiera de ella y, aunque no sea evidente la aplicamos en nuestro diario que hacer, ya que se miden distancias, ingredientes para las recetas de cocina, temperatura, el tiempo, la vestimenta, pesos, etc. de ahí su importancia.

Las nuevas tendencias, como alternativas para mejorar la economía en un determinado país, involucran a la globalización y los Tratados de Libre Comercio (T.L.C.); para no quedar al margen de éstas, es necesario aplicar controles eficientes de calidad en los procesos y servicios, por ello se ha convertido en una prioridad que todas las empresas o entidades deben afrontar lo más pronto posible; siendo la Metrología una ciencia protagónica como herramienta para garantizar la exactitud de las mediciones de todas las magnitudes involucradas en los procesos industriales.

La Metrología se agrupa en tres grandes campos: científica, legal e industrial.

La Metrología científica, entre otros fines, investiga nuevos métodos de medición, mejora los existentes y determina las unidades básicas de medida.

La Metrología legal es realizada por un ente gubernamental de cada país, y entre muchas funciones resaltan las de velar por el cumplimiento del sistema adoptado, custodiar los patrones o prototipos, cuidar los intereses del consumidor y establecer un orden en las transacciones comerciales.

La Metrología Industrial, se encarga de calibrar los instrumentos de producción en las empresas certificadas con ISO 9001:2000.

El origen del trabajo surgió ante la necesidad que tiene el sector hidroeléctrico por cumplir con el requisito de certificación 4.11. incluido en la norma ISO 9000 versión 1994, denominado "Control de Equipo de Medición y Prueba" (Metrología) y 7.6. "Control de los Dispositivos de Seguimiento y Medición" para ISO 9001:2000.

El problema se deriva debido a la inexistencia de personal especializado, tanto teórico como práctico en Metrología, por ser un tema innovador y que además conlleva a un alto costo por la tecnología involucrada en la implementación.

Si las compañías desean implementar la Metrología, es preciso identificar alternativas existentes para su aplicación, luego realizar un estudio de viabilidad y factibilidad, tanto económica como técnica, con la finalidad de determinar cuál o cuáles se ajustan a las necesidades de la empresa.

IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

IMPORTANCIA

Desde hace muchos años, el mundo entero ha venido desarrollando un proceso de globalización, en el cual, la calidad de los productos y servicios se ha convertido en una exigencia para poder subsistir en el mercado, ya no se ve más a ésta como un valor agregado.

En El Salvador, esta tendencia ha comenzado a desarrollarse por la necesidad de crear nuevos nichos de mercado e introducir sus productos al comercio internacional, es por ello que para alcanzar estos niveles de calidad se hace necesario hacer uso de herramientas y técnicas innovadoras, entre las cuales resalta la Normalización, y la aplicación de la Metrología industrial.

La Metrología industrial dicta los parámetros o lineamientos para una medición correcta de las magnitudes involucradas en los diferentes procesos industriales, garantizando así la calidad de los instrumentos de medición empleados para verificar su exactitud, es decir, que los productos y / o servicios obtenidos son confiables, porque han sido elaborados o procesados con instrumentos calibrados.

Los logros que se obtienen aplicando Metrología pueden ser traducidos en términos de reducción en los costos para las organizaciones, dado que se disminuyen los márgenes de error; por otra parte, se obtiene la satisfacción del cliente, puesto que recibe un producto o servicio estandarizado y con una mejor calidad.

JUSTIFICACIÓN

La industria Salvadoreña ha reconocido la importancia de la calidad en sus productos y servicios. Por tal razón muchas de ellas se encuentran en el proceso de obtención de la certificación en la Norma ISO 9001 versión 2000.

Uno de los requisitos de esta norma es la Metrología, como conocedores teóricos en esta disciplina se ha presentado la oportunidad de aplicar dichos conocimientos en las áreas de presión, temperatura y mediciones eléctricas; dado que en el ámbito universitario no se han realizado muchos estudios similares en estas disciplinas (a la fecha, en Universidad Don Bosco (UDB) existen dos tesis en el área de Metrología, lo que representa el 4.26% en ingeniería industrial y el 1.34% dentro de la facultad de ingeniería. Además el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) solamente cuenta con un documento relacionado al tema y a nivel nacional no existen estudios de esta naturaleza) por tanto se justifica el desarrollo del presente trabajo.

Se puede resaltar, que el trabajo tiene la finalidad de brindar solución a una necesidad real dentro de una empresa con mucha importancia, no sólo en la industria generadora de energía eléctrica, sino también para el desarrollo económico, social y comercial de El Salvador; pues el documento final podrá ser consultado en biblioteca y en la web por cualquier persona que desee informarse, instruirse y enterarse sobre estos temas.

Es un tema pionero, vanguardista y de actualidad, que engloba tres magnitudes importantes manejadas en la industria, por lo cual se justifica un estudio de esta índole.

PROYECCIÓN SOCIAL

El presente trabajo contribuirá esencialmente a los siguientes sectores objetivos:

1. A estudiantes de la Universidad Don Bosco que deseen enriquecer sus conocimientos en las áreas de Metrología y Normalización.
2. A estudiantes de otras instituciones que estén interesados en estos temas de poca documentación bibliográfica.
3. Al departamento de Metrología de la Universidad Don Bosco con una investigación de campo en tres de sus posibles áreas de actuación.
4. Al CONACYT con un documento que puede ser utilizado por sus clientes para extraer información sobre las tres áreas de Metrología en estudio.
5. A las empresas generadoras de energía eléctrica a escala regional que deseen emular el esquema de la empresa prototipo.
6. A futuros inversionistas para que tengan una referencia bibliográfica sobre los aspectos metrológicos a cumplir que son mencionados en las normas, leyes y convenios existentes en el sector hidroeléctrico, todo referido al ámbito nacional.
7. Al público general que desee enriquecer su acervo en estas disciplinas.

DEFINICIÓN DEL TEMA

OBJETIVO GENERAL

Determinar las alternativas de solución factibles a la necesidad de implementación de la Metrología, en las áreas de mediciones eléctricas, presión y temperatura, que conlleve a una mejora en la calidad de las operaciones en la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar las normas y leyes que rigen al sector hidroeléctrico a escala nacional.
2. Realizar un conteo de los equipos empleados para las mediciones eléctricas, presión y temperatura, utilizados en el sector hidroeléctrico, además evaluar su condición actual y necesidades de reemplazo.
3. Determinar los equipos de medición que deben calibrarse y evaluar la periodicidad de los mismos, para el aseguramiento de la calidad; según las características de los instrumentos y el uso de acuerdo a su aplicación.
4. Establecer los requisitos a cumplir por las entidades que deben realizar las calibraciones de los equipos de medición de la Central Hidroeléctrica.
5. Ejemplificar con procedimientos bases, para la calibración de instrumentos y su respectiva elaboración de los informes de calibración.

6. Diseñar alternativas de solución sobre cómo debería realizarse la calibración de los instrumentos, tomando en cuenta entidades externas a la organización prototipo así como la adquisición de patrones o sistemas certificados.
7. Diseñar un procedimiento a seguir por parte de la empresa prototipo para recibir al ente que realice las calibraciones.
8. Determinar mediante un análisis costo – beneficio, cuál o cuáles de las alternativas son las óptimas para la empresa prototipo.
9. Elaborar una propuesta final para incluir conceptos metrológicos en el reglamento de la Unidad de Transacciones (U.T.), utilizando como intermediario la Gerencia de producción de CEL, y así ésta sea evaluada.

ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

- Una propuesta de solución al problema de implementación de la Metrología industrial en una empresa de determinado sector, la cual se basará en la calibración de los equipos de medición utilizados en una generadora del sector hidroeléctrico, específicamente en las áreas de temperatura, presión y mediciones eléctricas; conforme a los lineamientos o requisitos de la norma ISO 9001:2000.
- Del total de instrumentos que involucra el proceso de generación de energía, respecto a las tres áreas específicas, se tomará una muestra como ejemplo para la interpretación de los informes de calibración, además se incluirán los procedimientos generales para realizar éstos en dicha muestra.
- Un análisis económico de las alternativas de solución, basado en los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería industrial.

LIMITACIONES

- Tipología: El trabajo se refiere a una propuesta de solución y no a una implementación.
- Geográfica: La investigación de campo se realizará en la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre.
- Información: Por ser un tema innovador, en el país no existe mucha documentación bibliográfica respecto a la Metrología. Además dentro del trabajo existe una investigación de campo para obtener los costos de empresas que ofrecen el servicio de calibración y venta de patrones para poder evaluar las alternativas de solución.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

El marco teórico es un apartado de mucha importancia dentro del documento, incluye no solamente los conceptos que se relacionan o son necesarios conocer, para comprender el contenido del trabajo, también incluye la historia de la Normalización y la Metrología.

Aunque el tema central a tratar es de Metrología, también se incluirán conceptos e historia de la Normalización, con la finalidad de fundamentar teóricamente esta disciplina y ubicar dentro de ella a la norma ISO 9001, como complemento de este trabajo ya que ambas disciplinas se encuentran estrechamente relacionadas.

Se comenzará describiendo la historia de las disciplinas en mención, primeramente ubicando al lector a escala internacional, iniciando con las British Standard, ya que a partir de éstas se modelaron las normas ISO, luego se hará mención de la IEC, dado que éste trabaja en conjunto con la ISO; se concluye este apartado haciendo referencia a la Normalización en el ámbito nacional. De igual manera se presenta el desarrollo de la Metrología con el transcurrir del tiempo, ubicándola también de la misma forma: internacional y nacional.

Para brindar al lector un mayor entendimiento o comprensión sobre el tema en cuestión, se describen aquellas definiciones relacionadas con los aspectos normativos y metrológicos. Se hace referencia a la relación existente entre la Metrología – Calidad y la Metrología – ISO 9000.

Por otra parte se definen las tres áreas de la Metrología industrial a las que se hace referencia en el trabajo, debido a su importancia en el sector hidroeléctrico por su relevancia en el proceso de generación hidroeléctrica, finalizando con un resumen capitular.

Para mayor detalle del contenido de este capítulo, se presenta el siguiente esquema:

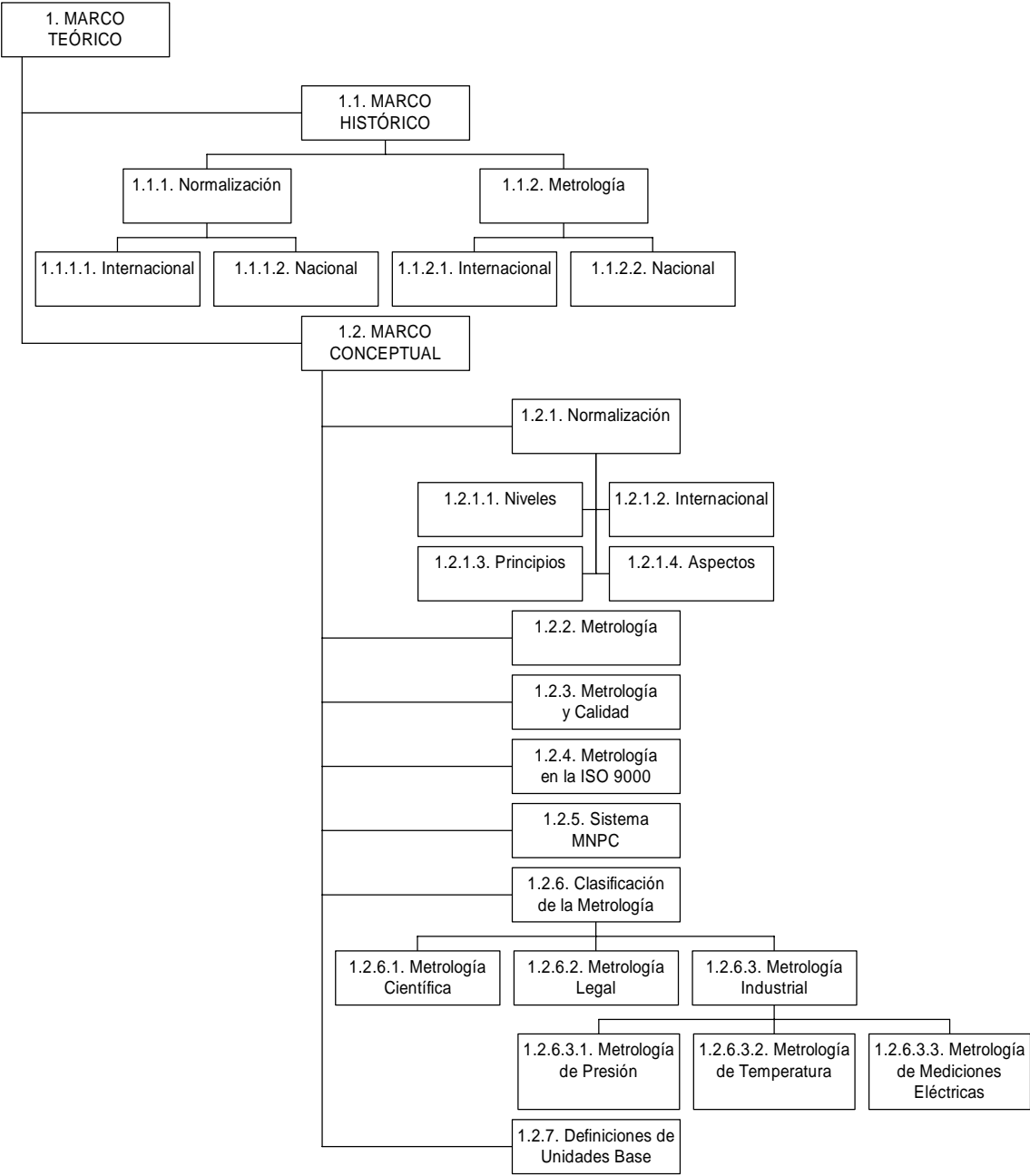


Figura 1.1. Estructura del Capítulo I.¹

¹ Fuente: Diseño elaborado por integrantes del grupo de trabajo.

1.1. MARCO HISTÓRICO

1.1.1. MARCO HISTÓRICO DE LA NORMALIZACIÓN

1.1.1.1. NORMALIZACIÓN INTERNACIONAL

Desde hace mucho tiempo la Normalización ha jugado un papel muy importante para el desarrollo en las actividades de los seres humanos, muestra de ello es la creación del Sistema Internacional (SI), el cual engloba un conjunto de unidades de medidas básicas adoptadas a escala mundial.

En el ámbito internacional, Gran Bretaña fue el pionero en la estandarización, ya que creó por 1901 el comité de normas de ingeniería, a la cual posteriormente en 1918 se le cambió el nombre por Asociación Británica de Ingeniería, en 1931 le fue asignado el nombre actual Instituto Británico de Normas (BSI), con el objeto de expandirse hacia los terrenos de ingeniería.

Las compras militares fueron la base para crear un conjunto de normas referentes a sistemas de calidad (BS5750), esto debido a la naturaleza crucial en esos productos y los problemas prácticos que representaba investigar los artefactos defectuosos usados en las acciones.

La elaboración de las BS5750 constituye un hecho muy importante, dado que éstas fueron utilizadas como modelo para la creación de las ISO, las cuales hoy en día tienen una aplicabilidad muy amplia a escala mundial.

La ISO tuvo sus comienzos poco después de la segunda Guerra Mundial (1947), constituida como una federación de organismos nacionales sobre Normalización representando a unos 130 países. Fue creada como una organización no gubernamental cuyo fin es fomentar el desarrollo mundial respecto a las actividades de Normalización y otras afines, con miras a favorecer los intercambios

internacionales de bienes y servicios, con una estrecha cooperación en los campos científico, tecnológico y económico.

La ISO está cercanamente asociada con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) La ISO y la IEC operan como un sistema único, sirven para facilitar el desarrollo de acuerdos en los consensos globales sobre Normas Internacionales.

La IEC comenzó en el año de 1906 y está constituida por 50 comités nacionales correspondientes a 50 países. Tiene por objeto elaborar el conjunto de normas en el campo electrotécnico que satisfagan a nivel técnico todas las necesidades internacionales de Normalización en este sector.

El campo de aplicación de la IEC se extiende a todas las cuestiones de Normalización electrotécnica y disciplinas asociadas, tales como la evaluación de la conformidad en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías a fines.

Es importante aclarar que la familia de las normas ISO, han influenciado de gran manera la creación de las normas salvadoreñas, ya que en su mayoría son adopciones de ésta.

1.1.1.2. NORMALIZACIÓN NACIONAL

En El Salvador, desde los años cincuenta la Normalización ha evolucionado muy poco en la actividad productiva a pesar de los intentos realizados; la cultura de la Normalización, información adecuada al consumidor y la calidad en los sectores productivos es incipiente. No obstante, se advierten cambios de actitud, nuevas formas de pensar y mayor involucramiento empresarial.

En la Constitución Política de la República de El Salvador, en su Artículo 53, Inciso 2º establece que "... el Estado propiciará la investigación y el quehacer científico..." La Ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que fue aprobada según Decreto

Legislativo N° 287 de fecha 15 de julio de 1992, publicado en el Diario Oficial # 144, Tomo N° 316 del 10 de agosto de 1992 y la modificación del Art. 71, según Decreto Legislativo N° 426 de fecha 4 de enero de 1993, por medio del cual se crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), cuyo objetivo es formular y dirigir la política nacional en materia de desarrollo científico y tecnológico orientada al desarrollo económico y social del país; el cual vino a constituir un gran paso en el mejoramiento e institucionalidad de los esfuerzos y acciones de ciencia y tecnología, absorbiendo labores del desaparecido Centro Nacional de Productividad (CENAP), Departamento de Ciencia y Tecnología del ex – MIPLAN y labores de Metrología y Normalización del Ministerio de Economía.

La creación del CONACYT ha sido base para la implementación de una cultura normativa en El Salvador, en especial las regulaciones orientadas al bienestar de los consumidores y que pese a sus limitados recursos ha realizado una labor muy aceptable, sobre todo si se considera el nuevo entorno socioeconómico del país, el empuje del proceso de globalización a nivel internacional y la ausencia de instrumentos básicos.

1.1.2. MARCO HISTÓRICO DE LA METROLOGÍA

El marco histórico comprenderá la Metrología en el ámbito nacional e internacional, describiendo sucesos y aspectos relevantes de ella.

1.1.2.1. METROLOGÍA INTERNACIONAL²

La historia Metrológica data desde que el ser humano apareció en el planeta, ya que éste se le hizo necesario contar y medir. No es posible saber con exactitud cuándo surgen estas unidades, pero la necesidad de hacerlo aporta ingredientes básicos mínimos que requiere la Metrología para desarrollar su actividad fundamental como

² Fuente: Metrología, González - Zeleny

ciencia que estudia los sistemas de unidades, métodos, normas e instrumentos de medición.

La Metrología ha estado presente en los eventos más significativos relacionados con la ciencia y la técnica, inclusive en aquellos de tipo económico y mercado, es decir, para realizar las actividades comerciales es necesario contar y medir basándose por completo en la Metrología.

La raíz de las ciencias fueron las necesidades del hombre y su curiosidad por el mundo que lo rodea. Nadie sabe con exactitud cuándo apareció la curiosidad humana. En diferentes culturas, hace 3000 ó 4000 años, la necesidad de medir la tierra fue lo que condujo al uso y desarrollo de ciencias como: geometría, astrología, astronomía y al control del tiempo mediante la calendarización.

Cada año estudios arqueológicos siguen descubriendo que civilizaciones muy antiguas tenían ya los conceptos de pesar y medir. Muy pronto debe haberse hecho necesario disponer, además, de medidas uniformes que permitieran el intercambio comercial, la división de territorios y la aplicación de impuestos.

La aparición de sistemas de pesas y medidas se pierde en el tiempo. No se conoce lo que pudo haberse dado en el Lejano Oriente; sin embargo, aparecen sin lugar a duda en las civilizaciones de Mesopotamia y desde luego, es claro que la construcción de las pirámides de Egipto (3000 a 1800 AC) demandó elaborados sistemas de medición.

De manera muy singular se conoce y en cierta forma son empleadas, las mediciones lineales que se usaron antiguamente en Egipto (el jeme, la cuarta, el palmo, el codo, el pie) de igual manera se emplearon balanzas para pesar metales preciosos y gemas. Después, al aparecer las monedas como elemento de intercambio comercial, éstas fueron simplemente piezas de oro o plata con su peso estampado. Estas por su parte dieron origen a un sistema monetario que se extendió por todo el Mediterráneo.

Se hace imprescindible recalcar que aún nuestra forma de medir el tiempo, tiene su origen en el sistema sexagesimal desarrollado en Mesopotamia y nuestro calendario (365 días) se deriva originalmente del calendario egipcio. Posteriormente, la conquista romana en gran parte del continente europeo originó la divulgación de los sistemas de pesas y medidas.

Para principios del segundo milenio, los diferentes tipos de mediciones en uso habían proliferado en forma incontrolable. Eran empleadas, por ejemplo, variadas medidas de capacidad según el producto del que se tratase, ya fuese vino o cerveza, trigo o cebada. En ocasiones las medidas variaban de provincia a provincia o de ciudad a ciudad.

Durante varios siglos el sistema libra – pie – segundo fue el sistema de preferencia en los países de habla inglesa, a nivel mundial para ciertas ramas comerciales y técnicas; a la fecha no ha sido del todo descartado, siendo que éste aún es empleado en diversas actividades en muchos países.

Por su parte, Francia creó y desarrolló un sistema, simple a la vez lógico, basado en los principios científicos más avanzados que se conocían en esa época (finales del Siglo XVIII), el sistema métrico decimal que entró en vigor durante la Revolución Francesa.

En referencia a la *temperatura* es posible definirla como una sensación de calor o frío y su aplicación está presente en innumerables actividades del ser humano. Hablar de su medición trae a la mente el uso del termómetro casero, sin embargo, se hace notoria su aplicabilidad en campos como: la medicina, industria alimenticia y en muchas más acciones humanas que requieren su uso.

La unidad base de temperatura termodinámica es el kelvin (símbolo K) que se define como la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. El llamado punto triple del agua es el punto donde es posible el equilibrio o

coexistencia de la sustancia agua en este caso en sus estados sólido, líquido y gaseoso.

La definición de la unidad de medida de temperatura tiene una larga y compleja historia. Ya en 1742 Anders Celsius propuso una escala centígrada de temperatura basada en el agua con el cero en el punto de congelación y un valor de 100 en el punto de ebullición.

El Bureau Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) recoge el historial a partir de la escala normal de hidrógeno de 1878 hasta la actual escala internacional de temperatura (EIT-90 o ITS-90) de 1990. Sin embargo, es interesante notar que transcurrió un siglo hasta que, en 1954, la 10ª Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) adoptó la propuesta hecha en 1854 por William Thomson Kelvin de definir la unidad de temperatura termodinámica (actualmente nombrada en su honor) en términos del intervalo entre el cero absoluto y un único punto fijo. La definición actual fue aprobada por la 13ª CGPM, en 1967.

En cuanto a *presión* se puede definir como la fuerza por unidad de área ejercida por un fluido en las paredes del volumen que lo contiene.

En el Sistema Internacional de Unidades se ha perfeccionado a través de las decisiones hechas por la conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), por esto la magnitud de presión según la SI está normalizada en pascal de acuerdo a la 13ª, 14ª CGPM en París, octubre 1967-1971 y según la recomendación internacional 17, ratificada en la tercera conferencia general de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML). La unidad derivada pascal proviene en honor a Blaise Pascal, además se mantiene la unidad Bar que equivale a $1\text{E}+05$ Pa, aplicando también las reglas de escrituras y prefijos del SI.

Para referirse a *mediciones eléctricas*, se hace necesario realizar una breve reseña para recalcar la importancia de éstas en cada una de las actividades desarrolladas por el ser humano.

En el siglo pasado se realizaron innumerables trabajos que abrieron la puerta del desarrollo moderno; se construyeron motores movidos por electricidad, con los cuales la industria, el transporte y toda actividad que requiere algún tipo de movimiento se vieron favorecida. Con la manufactura de las bombillas incandescentes, la iluminación artificial cambió la forma de todas las actividades nocturnas. Enumerar las aplicaciones actuales de la electricidad adecuadamente suministrada y utilizada significaría listar todas las actividades del hombre, para las cuales es controlada (medida) y para ello es necesario disponer de aparatos o sistemas confiables y de exactitud conocida.

En las comunicaciones el uso de electricidad es fundamental tanto en telefonía, radio, televisión, como en operación de satélites. Pero, más que la existencia misma de electricidad y magnetismo, es el manejo confiable del recurso, lo que la Metrología garantiza con sus patrones y procedimientos.

1.1.2.2. METROLOGÍA NACIONAL³

En El Salvador y el resto de países centroamericanos, hasta mediados del siglo XIX el sistema oficial de pesas y medidas que predominó en la región fue el español, con el transcurso del tiempo éste se volvió más complejo debido a que por fuerza de costumbre se agregaron algunas medidas de origen indígena y otras de origen inglés.

La adopción oficial y obligatoria del uso del sistema métrico decimal francés fue decretada en El Salvador el año 1885. Sin embargo, la historia muestra que simultáneamente se continuó utilizando unidades de diversos tipos en las distintas actividades diarias.

³ Fuente: Estudio CONACYT, realizado por José Víctor Aragón, 2002.

En Diciembre de 1953 se llevó a cabo, en la Ciudad de San José, Costa Rica, la Segunda Reunión de Bancos Centrales de Centro América, en la cual, entre otras cosas, se tomó una resolución sobre la conveniencia de establecer un sistema unificado de pesas y medidas bajo el sistema métrico decimal entre Costa Rica, Nicaragua, Guatemala, Honduras y El Salvador.

En Febrero de 1955 se llevó a cabo la Tercera Reunión de Bancos Centrales, en la Ciudad de Guatemala, en ella se solicitó la colaboración del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), para que elaborara la tabla de equivalencias de pesas y medidas para América Central.

Ese mismo año, se efectuó en San Salvador, una reunión extraordinaria del Comité de Cooperación Económica de Centroamérica (CCE), formado por los Ministros de Economía de los cinco países de la región.

El ICAITI elaboró la tabla en el año de 1956, la entregó al Banco Central de Guatemala en Octubre de ése año. Esta tabla también fue enviada a la sub sede en México, de la Comisión Ejecutiva para América Latina (CEPAL)

La administración de asistencia técnica de las Naciones Unidas (ONU), en Enero de 1957 y de acuerdo con la sub sede en México de la CEPAL, dispuso nombrar a una persona para que realizara el estudio sobre pesas y medidas utilizadas en la región.

Mediante el estudio, dicha persona indicó que en el país se utilizaban los sistemas de medida siguientes: Español, Inglés, Regional y Métrico⁴. Basándose en lo anterior se concluyó que el país necesitaba una labor muy enérgica de divulgación del sistema métrico decimal y la organización de un servicio de verificación y vigilancia de los instrumentos de medición, para que la población sustituyera las unidades de medida que empleaba cotidianamente por las de dicho sistema.

⁴ Detalles sobre estos sistemas referirse al Anexo 1.1

Sin embargo en 1959 por decreto legislativo No. 2935 fue creado el Centro de Productividad Industrial, el cual careció de todo instrumento legal necesario para regular todas las funciones de asistencia técnica debido a que por esa época se iniciaba el proceso de industrialización en nuestro país, y por consiguiente se dio lugar a un nuevo convenio, en el año de 1965 donde nace la Ley de Creación del Centro Nacional de Productividad (CENAP), cuyos objetivos eran:

- a) Incrementar la productividad de las empresas, preferentemente la pequeña y la mediana industria y contribuir al desarrollo económico y social del país.
- b) Contribuir con los organismos involucrados en la formulación e implementación de la política de Desarrollo Industrial, enmarcados en los lineamientos básicos de la política del plan de Desarrollo Económico Nacional.

Los países centroamericanos convencidos de que era necesario unificar las disposiciones sobre incentivos fiscales al desarrollo industrial y coordinar su aplicación entre ellos, acordaron firmar un Convenio Centroamericano de Cooperación Económica en mayo de 1961, con el objeto de estimular en forma conjunta el desarrollo industrial de Centro América, a fin de mejorar las condiciones de vida y bienestar de sus pueblos. Tomando en consideración que la industrialización contribuye sustancialmente al cumplimiento de ese objetivo y asegura un aprovechamiento más eficaz de los recursos humanos y naturales. De esta manera entre 1961 – 1965 el sector manufacturero acelera su proceso de industrialización como resultado directo de la aplicación del esquema de la Integración Económica, se intensifica el fenómeno de la sustitución de importaciones y surge el Mercado Común Centroamericano (MCCA) con el propósito de unificar los mercados de la región.

Según decreto 930 se crea en Diciembre de 1981, una institución oficial denominada Banco Nacional de Fomento Industrial (BANAFI), que tendría como objetivo primordial promover el desarrollo de las actividades industriales y crear y modificar y ampliar las actividades económicas derivadas de las mismas en el mismo año 1981, se crea la

Corporación Salvadoreña de Inversiones como instrumentos del estado para promover y desarrollar sociedades y empresas dedicadas a la realización de actividades industriales manufactureras, agro – industrias, extractivas de pesca, así como las que tuvieran como finalidad el desarrollo de las actividades turísticas, en 1982 entro en operación el organismo denominado Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), con la visión de realizar investigaciones que permitieran desarrollar los sectores económicos con el consiguiente beneficio social para el país. Desde su creación se ha dedicado a la elaboración de estudios y actividades de laboratorio, orientado tanto al sector industrial como al agropecuario.

Posteriormente en 1984, se creó el CONACYT el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el cual es el ente que representa la Metrología Legal en el país, además vela por los intereses de los consumidores; como ya se mencionó anteriormente fue creado por decreto legislativo.

Se puede resaltar que la Metrología en el ámbito nacional, se ha visto enormemente influenciada por los cambios que se dan en ésta a escala internacional, debido a ello es muy importante la actualización de conceptos relacionados a dicha disciplina.

1.2. MARCO CONCEPTUAL

1.2.1. NORMALIZACIÓN⁵

A continuación se describen los aspectos y principios que son de relevancia en cuanto a esta disciplina.

La Normalización es una actividad que proporciona soluciones a problemas repetitivos esencialmente dentro de las esferas de la ciencia, tecnología y economía dirigidas a alcanzar el grado óptimo de orden dentro de un contexto dado. Generalmente la actividad consiste en los procesos de formular, emitir y aplicar normas.

Según la Asociación Estadounidense para Pruebas de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) define la Normalización como el proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados.

Para tener mayor claridad con el concepto de Normalización, se presentan las siguientes definiciones:

Norma: es una especificación técnica u otro documento a disposición del público elaborado con la colaboración y el consenso o aprobación general de todas las partes interesadas, basada en resultados consolidados de la ciencia, tecnología y experiencia dirigida a promover beneficios óptimos para la comunidad y aprobada por un organismo reconocido a nivel nacional, regional o internacional.

Consenso: es un acuerdo general el cual se caracteriza porque no hay oposición.

Normas Técnicas: son documentos de carácter voluntario, sin embargo pueden ser obligatorios (salud, seguridad y protección al medio ambiente)

⁵ Fuente: Metrología, González – Zeleny

Reglamento Técnico: consiste en un documento que fija reglas y adoptado por una autoridad, de carácter obligatorio.

1.2.1.1. NIVELES DE LA NORMALIZACIÓN

Existen seis niveles de la Normalización:

1. Norma Internacional
2. Norma Regional
3. Norma Nacional
4. Norma Territorial
5. Norma Sectorial
6. Otras

Norma Internacional: es una norma adoptada como oficial por una organización internacional de normas, o en determinados casos, una especificación técnica adoptada por un organismo internacional de Normalización, ejemplo: ISO.

Norma Regional: es una norma adoptada como oficial, por una organización regional de normas, o en determinados casos, una especificación técnica adoptada por un organismo regional de la Normalización, ejemplo: ICAITI, Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT)

Norma Nacional: es una norma adoptada como oficial por un organismo nacional de Normalización, ejemplo: Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), CONACYT.

Norma Territorial: cuando se establece la norma dentro de una región determinada en un país, ejemplo: Norma Salvadoreña Obligatoria (NSO), Norma Salvadoreña Recomendadas (NSR)

Norma Sectorial: cuando la Normalización se genera al nivel de alguna asociación, ejemplo: Instituto de Ingenieros de Eléctricos y Electrónicos (IEEE), Sociedad Americana de Ingenieros Industriales (ASME, por sus siglas en Inglés)

1.2.1.2. NORMALIZACIÓN INTERNACIONAL

Esta se encarga de normalizar:

- Las magnitudes y cantidades, unidades magnéticas, eléctricas, mecánicas.
- Símbolos gráficos sobre orientación, seguridad, materiales, equipos.
- Términos, funcionamiento, servicios.
- Materias primas, productos en proceso, producto terminado.
- Métodos de: prueba, ensayo, instalación, funcionamiento, manejo, almacenaje.
- Funciones de: personas, sistemas, maquinaria y herramientas.

1.2.1.3. PRINCIPIOS DE LA NORMALIZACIÓN:

La Normalización, como cualquier disciplina científica y tecnológica, cuenta con sus principios, los cuales tienen como característica principal darle orientación y flexibilidad al proceso normativo para que éste pueda adaptarse a las necesidades del momento. Los tres principios de la Normalización son:

- Homogeneidad
- Equilibrio
- Cooperación

Homogeneidad: cuando se elabora una norma internacional, esta debe integrarse perfectamente a las normas existentes con el objeto normalizado, tomando en cuenta la tendencia evolutiva para no obstruir futuras normalizaciones.

Equilibrio: debe ser práctica, el producto que de ella deriva debe ser ágil en aplicación inmediata y modificable.

Cooperación: es un trabajo en conjunto y por lo mismo todos sus participantes tienen que cooperar, en consecuencia debe haber interés general, incluyendo a los compradores o usuarios y a los fabricantes.

1.2.1.4. ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA NORMALIZACIÓN

Un aspecto de la Normalización es un grupo de exigencias semejantes o conexas. Su objetivo fundamental es elaborar normas que permitan controlar y obtener un mayor rendimiento, tanto en materiales como los métodos de producción, contribuyendo así a lograr un mejor nivel de vida.

Los tres aspectos fundamentales son:

- La simplificación
- La unificación
- La especificación

Simplificación: un mismo producto puede fabricarse de muchas maneras, no obstante debe ser apto para el uso que ha sido designado.

Unificación: conduce a la identidad de dimensiones, debe ser en piezas, equipos, aparatos, sistemas normados mediante las tolerancias de fabricación.

Especificación: establece exigencias significativas de la calidad a través de métodos de comprobación, reproducibles y comprobables.

La Normalización es el proceso de elaboración y aplicación de las normas y luego de haber cumplido con la elaboración, la aplicación corresponde al control de calidad, cuya aplicación ayuda a la mejora continua de las normas en un proceso de retroalimentación. En general la introducción de una norma en cualquier actividad necesita esfuerzos de adaptación; en el orden técnico, económico y administrativo,

estos esfuerzos se justifican por las ventajas que a corto y largo plazo benefician a los productores, consumidores y la economía nacional.

1.2.2. METROLOGÍA

La Metrología es la ciencia que trata de las mediciones. La Metrología incluye todos los aspectos teóricos – prácticos relacionados con las mediciones, cualesquiera que sea el nivel de precisión, en cualquier campo de la ciencia y la tecnología, incluyendo el cálculo de la incertidumbre, así como el reporte del error en la medición.⁶

Ésta ciencia deja de ser un arte cuando aparece el método científico, con la introducción del método experimental en el quehacer del hombre, basado en la confrontación de una teoría con el experimento. El papel fundamental en el método experimental o científico lo desempeña la medición cuantitativa, que deja de realizarse de una forma estimada para convertirse en una disciplina de exactitud, la cual se encarga de calibrar, verificar, comparar, ajustar y validar las mediciones respecto a un patrón internacional.

La Metrología involucra todos los aspectos relacionados con su proceso, tales como: la forma correcta de efectuar una medición, la forma correcta de expresar el resultado de una medición y los procedimientos para determinar la incertidumbre de una medición.

Dentro de la Metrología resalta la importancia de la infraestructura la cual comprende los laboratorios, patrones nacionales y los controles metrológicos, los cuales tiene como finalidad mejorar la capacidad metrológica y orientar su participación para el desarrollo del comercio, producción y nivel educativo, además difundir la aplicación del SI.

⁶ Definición del Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología

En todo el mundo⁷ se están haciendo esfuerzos para brindar una infraestructura de la calidad, estos esfuerzos se realizan por regiones. El Salvador pertenece a la subregión conocida como CAMET (Subregión Centroamericana de Metrología), esta organización esta conformada por los cinco países de CA, Belice y Panamá, la cual tiene como objetivo establecer una estructura metrológica con una capacidad técnica dentro de la industria y el comercio, que puedan garantizar un sistema de mediciones confiables. El Salvador es el presidente actual de la CAMET.

Para ello cada país tiene identificado un Instituto Metrológico Nacional (NMI), cada instituto esta equipado con patrones nacionales de referencia, los cuales tienen una trazabilidad a nivel internacional de sus mediciones, aspecto que garantiza la exactitud de éstas.

Cuando un país posee dicha estructura, la industria acude a ésta para que se ocupe de calibrar sus equipos de medición, con la finalidad de demostrar que los productos que producen gozan de una calidad confiable, dicha entidad en el país se conoce como Laboratorio de Metrología Legal, CONACYT.

1.2.3. METROLOGÍA Y CALIDAD⁸

En todo el mundo, se ha visto la necesidad de generar apertura de mercados internacionales, para el crecimiento económico a través del incremento de la producción, tanto de bienes como de servicios, para volverse competitivos en el ámbito de la globalización se debe incorporar el concepto de calidad en los bienes y servicios que se ofrecen en el mercado.

La calidad se define como la totalidad de propiedades y características de un producto o servicio, que le confieren la capacidad de satisfacer las necesidades expresadas o implícitas del cliente, con oportunidad y a un costo razonable.

⁷ Fuente: Revista Ingeniería (ASIMEI, Marzo 2003)

⁸ Fuente: Revista Ingeniería (ASIMEI, Enero del 2003)

El concepto calidad, no sólo incluye los requisitos de calidad en un producto o servicio, sino también los procesos administrativos referente a cómo las organizaciones desarrollan sus relaciones humanas, las estructuras comunicativas internas, los procesos de toma de decisiones, así como el entorno y liderazgo alcanzado por la organización. De esta forma dicho concepto es identificado como uno de los factores propios del ser humano, logrando que la coherencia entre los productos de la organización y su desempeño, pasa a ser global.

La calidad depende de muchos factores, sin embargo se puede hacer una relación de éstos, partiendo del control de las especificaciones del producto y / o servicio, esto se alcanza con instrumentos de mediciones confiables. Dicha confiabilidad es el resultado de tres elementos que se denominan: procedimientos de medición, exactitud de los instrumentos y un adecuado programa de calibración.⁹

La calibración de los instrumentos puede ser justificada a partir de dos perspectivas diferentes, la primera es de orden administrativo, su objetivo es cumplir con los requisitos de un “sistema de calidad”, en este caso existe el riesgo de que los certificados de calibración sean letra muerta y no impacten al proceso de producción o servicio. Para ello basta que los certificados cumplan con lo dispuesto en el “sistema de calidad”.

Por otro lado, si la razón es caracterizar los instrumentos de medición para ayudar a mantener procesos controlados, entonces es necesario aportar información significativa en el certificado de calibración. El certificado debe contener información valiosa y accesible para el cliente y él debe tener los elementos para hacer uso de la misma.

⁹ Véase relación de los factores en el Anexo 1.2

1.2.4. METROLOGÍA EN LA ISO 9000¹⁰

Como se ha mencionado anteriormente, la Metrología tiene una estrecha relación con la norma ISO 9000:2000, que a su vez trata sobre el aseguramiento de la calidad, por tal razón las empresas en su afán de ser competitivos en el mercado y obtener mayores ganancias a causa de esta mejora en los productos y servicios, están buscando implementar la norma por medio de una gestión de calidad.

Un sistema de Gestión de Calidad, se puede definir como un método de trabajo por el cual se asegura la conformidad de los productos o servicios con los requisitos especificados. Pero normalizando esta definición según la ISO 9000:2000, es el grado en que un grupo de características inherentes cumplen con los requisitos.

Un aspecto muy importante a considerar para poder ofrecer bienes y servicios competitivos y de la más alta calidad, es la Metrología, la cual está presente en cada uno de los aspectos de nuestra vida, se convive con ella día a día y si no medimos no podemos cuantificar, ésta se hace por medio de instrumentos de medición calibrados las cuales garanticen exactitud en las mediciones y reduzca los márgenes de error; es por ello su importancia en la sociedad, salud, medio ambiente, comercio y gestión de la calidad.

Según la norma ISO 9000 dentro de sus cláusulas, demanda a las empresas que quieran certificarse bajo ésta norma, calibrar sus instrumentos de medición por un tercero, o sea, que para efectos de certificación no es permitido que la misma entidad calibre sus propios equipos. Obviamente todos los equipos de fábrica vienen con certificado de calibración la cual debe realizarse con cierta periodicidad como lo estipula el instructivo del equipo, pero esa calibración no aplica para la certificación, dado que esta debe ser avalado por una tercera parte neutral ajena a los intereses de la entidad, la cual emite un certificado de calidad para cada equipo calibrado.

¹⁰ Fuente: Revista Ingeniería (ASIMEI, Enero de 2003)

1.2.5. SISTEMA MNPC (METROLOGÍA, NORMALIZACIÓN, PRUEBAS Y CALIDAD)¹¹

Este sistema es la interrelación de los elementos que lo componen que son Metrología, Normalización, Pruebas y Análisis de Laboratorio y Certificación de la Calidad, siendo aplicado efectivamente éstas dan como resultado lograr la confianza y reconocimiento internacional de la entidad ejecutora. La principal función de este sistema, consiste en garantizar la calidad de los productos o servicios de una empresa, tanto a clientes internos como externos.

La aplicación de este sistema es de gran importancia, ya que las regiones en el mundo que poseen sistemas de calidad avanzados, obligan a aplicar medidas adecuadas en lo que respecta a la calidad de los productos y servicios, la seguridad ciudadana ante los riesgos; por lo que el acceso de estos mercado se vuelven cada vez más difícil.

De manera general, los pasos para establecer este sistema, se pueden definir de la siguiente manera:

- Primeramente la Normalización, que se logra con el establecimiento de estándares en las operaciones.
- Seguidamente, para medir la conformidad de estos estándares se procede a la calibración de los equipos utilizados en las mediciones.
- Luego, se llega a la etapa de Pruebas, donde se proceden a verificar la conformidad tanto de materias primas, materiales y productos o servicios finales, como la entrada y salida de información.
- Finalmente, gracias a la implementación de estos subsistemas anteriores, se obtiene la calidad en los procesos y productos o servicios.

¹¹ Fuente: www.bs.cs.tu-berlin.de/user/jms/1998/mnpqbras.html

1.2.5.1 BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA MNPC

- Incremento de la productividad.
- Aumento de la calidad de bienes y servicios producidos.
- Información uniforme y actualizada de carácter científico y tecnológico.
- Mediciones confiables en las actividades de producción.

En conclusión, este sistema se basa, en la implementación de un plan de confirmación respecto a la calibración, relacionada a los equipos e instrumentos utilizados en las mediciones. Además requiere el establecimiento de normativas formales (ya sea de carácter nacional o internacional), que aseguren la estandarización de los procesos realizados por la organización.

1.2.6. CLASIFICACIÓN DE LA METROLOGÍA

La Metrología se clasifica según sus niveles jerárquicos en:

1. Metrología Científica
2. Metrología Legal
3. Metrología Industrial

1.2.6.1. METROLOGÍA CIENTÍFICA

Esta es la parte de la Metrología relacionada con la calibración, comprobación y verificación de los instrumentos de medición y control, empleados en laboratorios de análisis pruebas y ensayos. La actividad principal de ésta, consiste en investigar nuevos métodos para la medición y mejora los ya existentes.

Es importante recalcar que los nuevos conocimientos que se derivan de la Metrología científica podrán ser utilizados por las empresas que así lo requieran, pasando a ser parte de la Metrología industrial.

La realizan los países de: Estados Unidos, Brasil, México, Alemania y Canadá.

Las instituciones que realizan Metrología científica en dichos países son:

E.U.: National Institute of Standard and Technology (NIST)

Alemania: Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB)

Brasil: Instituto Nacional de Metrología (INMETRO)

México: Centro Nacional de Metrología (CENAM)

Estas instituciones se encargan de reproducir algunas de las unidades del Sistema Internacional (SI) y el Inglés para otros países.

1.2.6.2. METROLOGÍA LEGAL

Según la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) es la totalidad de los procedimientos legislativos, administrativos y técnicos establecidos por referencia a autoridades públicas que son puestas en vigor por su cuenta con la finalidad tanto de especificar como asegurar, en una forma regulatoria o contractual, la calidad, credibilidad apropiadas de las mediciones relacionadas con los controles oficiales, el comercio, la salud, la seguridad y el ambiente, además se encarga de:

- Custodiar los patrones o prototipos
- Velar por los intereses del consumidor
- Establecer un orden en las transacciones comerciales

A escala mundial, hacen Metrología Legal: CENAM, PTB, NIST, NPL (Inglaterra) e INMETRO. En El Salvador la realiza el laboratorio de Metrología Legal del CONACYT de la Universidad de El Salvador (UES).

1.2.6.3. METROLOGÍA INDUSTRIAL

Esta tiene como actividad principal calibrar los instrumentos de producción en las empresas certificadas con ISO 9000.

La Metrología Industrial tiene como función la calibración, control y mantenimiento adecuados en todos los equipos de medición empleados en producción, inspección y pruebas, para garantizar que los productos están de conformidad con normas. El equipo se controla con frecuencias establecidas y de forma que se conozca la incertidumbre en las mediciones. La calibración debe hacerse contra equipos certificados, con relación válida conocida a patrones, por ejemplo los patrones nacionales de referencia.

En la Metrología Industrial se encuentran por ejemplo:

1. Metrología de Masa
2. Metrología Dimensional
3. Metrología de Volúmen
4. Metrología de Presión
5. Metrología de Temperatura
6. Metrología Química
7. Metrología Biomédica
8. Metrología de Mediciones Eléctricas
9. Otras

La inclusión de todos los campos de aplicación de la Metrología Industrial persigue llevar una secuencia que facilitará la comprensión al lector sobre la aplicabilidad de ésta en diferentes áreas. A continuación se ampliarán los conceptos que se relacionan a las magnitudes en estudio, de acuerdo con lo establecido en el alcance del trabajo.

1.2.6.3.1. METROLOGÍA DE PRESIÓN

Dentro de la organización que sirve de base, esta magnitud es muy relevante debido a que el recurso principal para su operación es el agua, y dentro del proceso de generación de energía, se hace necesario tener un control para dicha magnitud.

Para tener una sustentación teórica sobre ésta, se presentan las siguientes definiciones:

La presión es una magnitud derivada, que proviene de relación entre la fuerza por unidad de área ejercida por un fluido en las paredes del volumen que lo contienen.

La fuerza es una magnitud física que mide el grado de interacción (atracción, repulsión, etc.) entre dos cuerpos. La aplicación de una fuerza neta sobre un cuerpo (las paredes de un recipiente, una bola, varilla, etc.) conduce a la realización de un trabajo sobre dicho cuerpo por parte de tal fuerza.

La Metrología de Presión se encarga de la calibración, comprobación y control de los instrumentos utilizados para medir la magnitud presión en los procesos industriales.

El instrumento más utilizado para medir la presión de líquidos o gases comprimidos es el manómetro. Según sea el líquido o el gas que se esté tratando (agua, aceite, líquidos corrosivos, aire, oxígeno, etc), asimismo se requerirá de manómetros adecuados para cada caso.

Estos miden la diferencia entre la presión de un fluido y la presión atmosférica local, están constituidos internamente por:

- a) El elemento sensible a la presión que se afecta cambiando su forma, curvatura, propiedades eléctricas, etc, por efecto de la aplicación de determinada presión.
- b) Un mecanismo o engranaje mecánico y / o circuito eléctrico o electrónico complementario que maneja los cambios o efectos aparecidos en el elemento sensible a la presión para darle un tratamiento mecánico, eléctrico o electrónico nuevo, conveniente a los propósitos finales de indicar una en una escala display o pantalla digital el valor correcto de la presión que se está midiendo.

Otro tipo de instrumento utilizado para medir la presión es el vacuómetro, el cual es adecuado para medidas negativas de presiones relativas, un claro ejemplo de la aplicación de este instrumento es el uso que se le da en los automóviles, para obtener el consumo de gasolina (que se halla relacionado con la depresión) y evaluarse, en caso de anomalías).

Además de éstos, se encuentra el barómetro, el cual se emplea para medir la presión atmosférica, es decir, la fuerza por unidad de superficie ejercida por el peso de la atmósfera. Como en cualquier fluido esta fuerza se transmite por igual en todas las direcciones. La forma más fácil de medir la presión atmosférica es observar la altura de una columna de líquido cuyo peso compense exactamente el peso de la atmósfera.

Los instrumentos de medición de presión según su principio de operación se pueden clasificar en:

1. Manómetros Primarios
2. Manómetros Secundarios

Manómetros Primarios: son aquellos que por su construcción miden presión en término de las magnitudes fundamentales: masa, longitud y tiempo.

Manómetros Secundarios: son aquellos que utilizan alguna propiedad que cambia uniformemente con la presión, tal como: una deformación elástica, una diferencia de potencial eléctrico, una señal magnética, etc.

Además los instrumentos de medición de presión según su calidad metrológica, se pueden clasificar en:

1. Manómetro de Referencia
2. Manómetro de Trabajo
3. Manómetro de Transferencia

Manómetro de Referencia: es el patrón de más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado, o en una organización determinada, del cual se derivan las mediciones realizadas en dicho lugar.

Manómetro de Trabajo: en general es utilizado rutinariamente para calibrar los instrumentos de medición. El patrón de trabajo es usualmente calibrado contra un patrón de referencia.

Manómetro de Transferencia: es utilizado como intermediario para comparar patrones.

A continuación se presenta términos básicos de mucha importancia relacionados con la Metrología de presión.

Presión Absoluta: es la que se mide a partir de la presión cero de un vacío absoluto.

Presión Atmosférica (Barométrica): presión que ejerce la atmósfera que rodea la tierra sobre todos los objetos que se hallan en contacto con ella.

Presión Relativa (Manométrica): es medida con referencia a la presión atmosférica, conocida también como presión relativa o positiva, ésta es mayor que la presión atmosférica.

1.2.6.4. METROLOGÍA DE TEMPERATURA

La magnitud temperatura, es incluida en el trabajo debido a que dentro del proceso de generación de energía existen varios subprocesos, los cuales requieren el control de dicha unidad, para garantizar el buen funcionamiento de los diferentes sistemas que la involucran.

La Metrología de Temperatura es la que se encarga de la calibración, control y comprobación de todos los instrumentos que son utilizados para la medición de la

magnitud primaria temperatura. Incluye la calibración de termómetro de líquido en vidrio, termómetro de resistencia de platino y las denominadas termocuplas o termopares.

En el caso de las mediciones de la característica llamada temperatura, lo que buscamos es un indicador del calor de un cuerpo dado. Pero calor no es lo mismo que temperatura. Podríamos definir calor como una forma de energía asociada con y proporcional al movimiento molecular. Lo que conocemos por temperatura es realmente el valor de la lectura de un aparato medidor como por ejemplo un termómetro; por ello decimos que la manifestación del calor es la temperatura.

Al hablar de escalas de temperatura, es común encontrar referencias a la temperatura termodinámica, objeto de la definición internacional y, además, a la escala práctica de temperatura.

La escala práctica o de Celsius, es la más utilizada. Su punto cero es la temperatura de congelación del agua y al punto de ebullición del agua se le define como 100°C , ambos medidos bajo determinadas condiciones. Por debajo del cero de esta escala, las temperaturas tienen valor negativo; por ello decimos comúnmente que en un invierno crudo, las temperaturas pueden bajar a menos cuarenta grados (grados Celsius).

Por su parte, la escala de temperatura termodinámica, que por definición se expresa en Kelvin, tiene su punto cero en el llamado cero absoluto y equivale a -273.16°C . Esta escala no tiene por lo tanto valores negativos y los intervalos son los mismos que los de la escala Celsius.

Los termómetros se clasifican en tres tipos:

1. Termómetros de Líquido en Vidrio (T.L.V.)
2. Termopares o Termocuplas.
3. Termómetros de Resistencia de Platino (T.R.P.)

4. Detectores (PRTD's)

Los TLV fueron los primeros en inventarse y tienen más de 200 años de utilizarse. Las ventajas que éstos presentan son que cubren un amplio intervalo de temperatura y además tienen un bajo costo.

La operación de los TLV, se basa en la dilatación volumétrica de cualquier líquido en un capilar de vidrio, dicho líquido actúa como medio para convertir la energía térmica en mecánica; esto es, al existir un cambio de temperatura en el líquido, éste se expande y provoca su deslizamiento por el capilar.

Los líquidos utilizados en los TLV deben tener las siguientes propiedades:

- Líquido en un amplio intervalo de temperatura.
- Coeficiente de expansión lineal.
- Opacidad.
- Químicamente estable.
- No tóxico
- No mojar las paredes del capilar

Algunos líquidos que tienen estas propiedades son: mercurio, alcohol, etanol, tolueno y pentano.

Otro dispositivo utilizado para medir esta magnitud es el Termopar, y consiste en un sensor de temperatura de uso común en la industria. Se pueden utilizar para la medición de temperatura en multipuntos y monitoreo de procesos de plantas.

Además existen los Termómetros de Resistencia de Platino, éstos son instrumentos que permiten conocer la magnitud de un cambio de temperatura, mediante mediciones de resistencia eléctrica.

Un termómetro de resistencia es un sensor de temperatura que permite determinar el valor de la temperatura en la que se halla inmerso mediante mediciones precisas de su resistencia eléctrica.

1.2.6.5. METROLOGÍA DE MEDICIONES ELÉCTRICAS

Las mediciones eléctricas son las magnitudes que tienen mayor relevancia en sector hidroeléctrico, debido a que su control influye directamente en la calidad del producto que se brinda.

En algunos materiales conocidos como conductores, existen cargas eléctricas libres que se pueden mover, tal el caso de los electrones en los metales y los iones en las soluciones salinas. En estos materiales, en presencia de un campo eléctrico, se produce un flujo estable de carga en la dirección del campo; tal flujo constituye la corriente eléctrica.

En electricidad, se dan tres elementos básicos, relacionados entre sí por la ley de Ohm:

$$E = I.R$$

Donde:

E es la tensión eléctrica, comúnmente llamada el voltaje,

I es la corriente eléctrica y

R es la resistencia.

Basándose en esta ley se pudo haber definido la unidad de electricidad en términos de cualquiera de estos tres elementos. Se decidió definirla en términos de corriente eléctrica, quedando las unidades de tensión eléctrica y de resistencia como unidades derivadas.

En mediciones eléctricas se utilizan dos métodos: mediciones realizadas con instrumentos graduados o con el método de comparación de las magnitudes medidas con patrones. Las mediciones con patrones se emplean perfectamente en laboratorios.

Para realizar la medición de una magnitud, es imprescindible conocer la unidad de medida correspondiente a dicha magnitud. Todas las magnitudes pueden ser objeto de medición y todas pueden compararse con su unidad.

Los instrumentos comúnmente utilizados en Metrología eléctrica son: amperímetro, voltímetro y ohmetro.

Galvanómetro: es un medidor de bobina móvil que funciona a base del efecto electromagnético, además está provisto de un imán permanente.

Amperímetro: es una aplicación natural del galvanómetro, con la variación que se construye con un alambre muy delgado.

Los amperímetros por su capacidad se pueden clasificar en: amperímetros, miliamperímetros y microamperímetros.

Voltímetro: es un medidor de voltaje, ya que la bobina tiene una resistencia fija y por lo tanto cuando fluye corriente en la bobina ocurre la caída de tensión en la resistencia.

Ohmetro: es otro dispositivo de medición muy importante ya que ayuda a localizar circuitos abiertos o cortocircuitos midiendo la resistencia del componente bajo prueba.

1.2.7. DEFINICIONES DE UNIDADES BASE¹²

De acuerdo a lo planteado anteriormente el interés está enfocado en las unidades amperio, kelvin, metro y kilogramo, éstas dos ultimas incluidas debido a que a partir de ellas se deriva la presión, pero se ha considerado conveniente definir las unidades que sirven de base al Sistema Internacional de Medidas:

El metro: es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío, durante un lapso de $1 / 299\,792\,458$ de segundo (17ª CGPM 1983)

El kilogramo: es la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo (1ª y 3ª CGPM 1889 y 1910)

El segundo: es la duración de $9\,192\,631\,770$ períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del átomo de cesio 133 (13ª CGPM 1967)

El amperio: es la intensidad de una corriente eléctrica constante que mantenida en dos conductores paralelos rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados a un metro de distancia entre sí producirá en el vacío una fuerza igual de 2×10^{-7} newton por metro de longitud (9ª CGPM 1948)

El kelvin: es la fracción $1 / 273.16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13ª CGPM 1967)

La candela: es la intensidad luminosa en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} hertz, cuya intensidad energética en esa dirección es $1 / 683$ watt por esterradián (16ª CGPM 1979)

¹² Metrología, Autor González – Zeleny, 1998. Pág. 350

El mol: es la cantidad de sustancia que contiene tantas entidades elementales como existen átomos en 0.012 Kg de carbono 12 (14^a CGPM 1971)

El radian: es el ángulo plano comprendido entre dos radios de un círculo y que interceptan sobre la circunferencia de este círculo en un arco de longitud igual a la del radio (recomendación ISO – R 31 / 1)

El esterradián: es el ángulo sólido que teniendo su vértice en el centro de una esfera, corta sobre la superficie de esta esfera un área igual a la de un cuadrado que tiene por lado el radio de la esfera (recomendación ISO – R 31 / 1).

RESUMEN CAPITULAR.

En este capítulo fueron desarrollados los siguientes aspectos: evolución histórica de la Normalización y Metrología, así como conceptos de importancia relacionados con estas dos disciplinas, los cuales servirán para proporcionarle al lector una base teórica sobre lo que versará el presente trabajo de graduación.

Respecto a la evolución histórica, las normas británicas (BSI) han servido de base para la creación de lo que hoy se conoce como las normas ISO, que junto a la IEC operan como sistema único para desarrollar normas internacionales.

El Salvador no se ha quedado al margen de las tendencias normativas, por tal razón se creó por decreto legislativo el CONACYT, cuyo objetivo es formular y dirigir la política nacional en materia de desarrollo científico y tecnológico orientada al desarrollo económico y social del país.

Referente a la Metrología, se puede decir que el hombre desde tiempos antiguos aplicó ésta, debido a la necesidad de contar y medir, utilizando a través del tiempo una gran diversidad de sistemas de medición, el paso más importante para lo que actualmente se conoce como Metrología sucedió a finales del siglo XVIII, cuando

Francia creó el sistema métrico decimal, el cual sirve de base para el sistema internacional de medidas.

Dentro del marco conceptual de la Normalización y la Metrología, se incluyeron definiciones como: norma, consenso, reglamento técnico, niveles y principios de la Normalización; clasificación de la Metrología, su relación con la calidad e ISO 9000, el sistema MNPC y las definiciones de las unidades base. Además se describió lo que es la Metrología relacionada a las mediciones eléctricas, presión y temperatura.

De esta manera se concluye este capítulo, que no solamente servirá como base teórica sino también será punto de partida para el desarrollo del capítulo siguiente, en donde se analizarán las leyes y reglamentos que rigen al sector hidroeléctrico del país.

CAPÍTULO II: DISPOSICIONES LEGALES VINCULADAS AL SECTOR HIDROELÉCTRICO.

Se ha considerado de mucha importancia la inclusión de este capítulo, debido a que las leyes y reglamentos nacionales del sector en cuestión, proporcionan los requisitos a cumplir por los generadores y distribuidores de energía eléctrica, por la amplitud de dicha información, solamente se han incluido los aspectos generales de éstas, además parámetros que involucran la seguridad y calidad del servicio que están directamente relacionadas con el tema principal del trabajo, a pesar de aparentemente esto no refleje pensamiento puro, involucra síntesis y extracción de la legislación relacionada con el sector.

Por tanto, en este capítulo se hace referencia a las leyes y reglamentaciones que rigen el sector hidroeléctrico del país, entre las cuales se encuentran: Ley General de electricidad, Reglamento de la Ley General de Electricidad, El Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista de la Unidad de Transacciones, entre otras.

Además se incluye un apartado que hace referencia a las normas o proyectos de normas nacionales emitidas por el CONACYT, finalizando con el resumen capitular.

Para mayor comprensión del contenido de éste capítulo, se presenta el siguiente esquema:

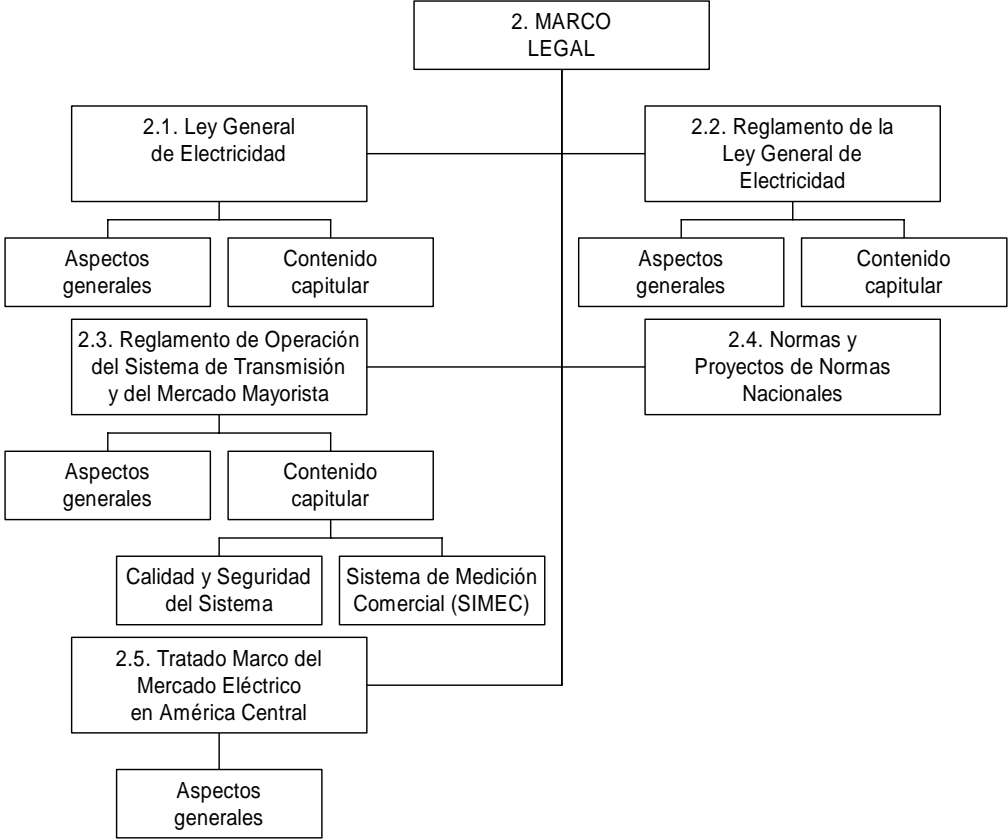


Figura 2.1. Estructura del Capítulo II.¹³

¹³ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

2.1. LEY GENERAL DE ELECTRICIDAD

Se ha decidido incluir textualmente los primeros tres artículos de esta Ley, debido a que en éstos se hace mención a los objetivos, finalidad y al ente encargado de velar por su cumplimiento. No obstante si el lector desea ampliar sobre algún capítulo en específico, puede referirse al sitio web: www.cel.gob.sv

“Art. 1. La presente Ley, norma las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Sus disposiciones son aplicables a todas las entidades que desarrollen las Actividades mencionadas, sean éstas de naturaleza pública, mixta o privada.”

“Art. 2. La aplicación de los preceptos contenidos en la presente Ley, tomará en cuenta los siguientes objetivos:

Desarrollo de un mercado competitivo en las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica;

Libre acceso de las entidades generadoras a las instalaciones de transmisión y distribución, sin más limitaciones que las señaladas por la Ley;

Uso racional y eficiente de los recursos;

Fomento del acceso al suministro de energía eléctrica para todos los sectores de la población;

Protección de los derechos de los usuarios y de todas las entidades que desarrollan actividades en el sector. “

“Art. 3. La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, en adelante la SIGET, será responsable del cumplimiento de las disposiciones de la presente Ley.”

Además se incluyen los títulos de los capítulos que contiene esta Ley, para presentar al lector un conocimiento general sobre los aspectos que en ella se tratan.

- Régimen para desarrollar actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica.
- De la Unidad de Transacciones
- De los contratos de transmisión y distribución
- De la expansión de las redes de transmisión y distribución
- De las ventas de energía a usuarios finales
- De la resolución de conflictos
- De las transacciones internacionales
- De las sanciones
- Disposiciones transitorias
- Disposiciones finales

2.2. REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE ELECTRICIDAD

Al igual que en la Ley, se presentan textualmente los siguientes artículos:

“Por decreto legislativo No. 843, de fecha 10 de Octubre de 1996, publicado en el Diario Oficial No. 201, Tomo 333, del 25 del mismo mes y año, se emitió la Ley General de Electricidad.

Por tanto, se decreta el siguiente:

Reglamento de la Ley General de Electricidad.”

“Art. 1.- El presente reglamento desarrolla los procedimientos necesarios para el cumplimiento de lo dispuesto en la Ley General de Electricidad, en adelante “la Ley”. La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones, en adelante “la Superintendencia” o “la SIGET”, es la responsable de su cumplimiento.

El cumplimiento de lo dispuesto en la ley y en el presente reglamento, no exime a los operadores de cumplir con lo dispuesto en cualquier otro cuerpo legal.”

“Art.2.- Para el cumplimiento de lo dispuesto en la Ley, en el presente Reglamento y en cualquier otra disposición de carácter general que sea aplicable al sector Electricidad, la SIGET emitirá Acuerdos, que deberán ser firmados por el Superintendente.”

“Art.3.- Los Acuerdos que emita la Superintendencia, surtirán plenos efectos legales tres días después de que hayan sido notificados a los interesados, o de publicados de conformidad con el presente Reglamento, según sea el caso.”

Este Reglamento incluye además los siguientes capítulos:

- De las concesiones.
- De la Unidad de Transacciones
- De los contratos de transmisión y distribución
- De la expansión de las redes de transmisión y distribución
- De las ventas de energía a usuarios finales
- De la resolución de conflictos
- De las transacciones internacionales
- De las sanciones
- Disposiciones transitorias
- Disposiciones finales

Si el lector desea consultar sobre un capítulo en específico, de igual manera puede referirse al sitio web: www.cel.gob.sv

2.3. REGLAMENTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y DEL MERCADO MAYORISTA

El presente reglamento emitido por la UT, tiene el siguiente objeto:

Las normas y procedimientos contenidos en el presente Reglamento deben ser respetadas y acatadas por cada operador que posea instalaciones conectadas directamente al sistema de transmisión, así como por cada operador transmisor y cada usuario final conectado directamente a la red de transmisión.

Este reglamento incluye además los siguientes apartados:

- Manejo de la información
- Mercado de contratos y despacho programado
- Ofertas de oportunidad
- Predespacho
- Operación en tiempo real
- Pérdidas de transmisión
- Congestión en la red de transmisión
- Servicios auxiliares
- Coordinación de mantenimientos
- Calidad y seguridad operativas del sistema
- Transacciones económicas

Debido a la importancia que tiene la calidad de las mediciones se ha decidido incluir de forma textual aquellos aspectos de mayor relevancia para el trabajo, contenidos en los capítulos: calidad y seguridad operativas del sistema y transacciones económicas.

“13. CALIDAD Y SEGURIDAD OPERATIVAS DEL SISTEMA

13.1. OBJETO

13.1.1. La UT tiene la responsabilidad de mantener la calidad y la seguridad del sistema. Para ello podrá imponer las restricciones que sean necesarias a la operación

física de la red, y asignará los Servicios Auxiliares¹⁴ requeridos para una operación segura y confiable.

13.1.2. El objeto de los parámetros de desempeño mínimo es definir las condiciones en que debe mantener la UT las variables que reflejan la calidad y seguridad de la operación del sistema.

13.1.3. En la operación del sistema eléctrico, la UT realizará todas las acciones que sean necesarias para mantener las variables dentro de los límites establecidos, tanto en condición normal como en condición de emergencia. Cada operador está obligado a poner a disposición sus equipos para ello y cumplir con las operaciones que a los efectos requiera la UT.

13.1.4. La UT vigilará el mantenimiento de la calidad y seguridad del sistema en su conjunto, así como el riesgo que introducen los equipamientos de operadores y las maniobras que éstos realicen, de acuerdo a los criterios y parámetros que se definen en este Reglamento más aquellos que se establezcan como resultado de los estudios que se realicen al efecto.

13.1.5. Cada operador deberá tener en cuenta, al decidir el tipo y diseño de equipamiento a colocar y los programas de mantenimiento a realizar, que si algún equipamiento, por sus características y / o estado en que se encuentra, pone en peligro las condiciones de operación establecidas para el sistema eléctrico y / o instalaciones o personas, la UT requerirá su desconexión del sistema.”

“13.2. ESTUDIOS DE DESEMPEÑO MÍNIMO.

13.2.1. La UT definirá los criterios de calidad y seguridad que determinan el nivel de desempeño mínimo requerido del sistema que aplicará en la programación y operación del mismo, tanto bajo condición normal como en condición de emergencia.

¹⁴ Referirse al Anexo 2.1

13.2.2. Dichos criterios de desempeño mínimo surgirán de estudios que los justifiquen y definen el conjunto de restricciones a tener en cuenta en el predespacho y la operación en tiempo real. Los estudios para definir los criterios de desempeño mínimo se deberán realizar teniendo en cuenta las siguientes premisas:

- a) Características técnicas de los elementos que integran el sistema.
- b) Generadores con capacidad de suministrar potencia activa y reactiva de acuerdo a límites técnicos definidos por sus respectivas curvas de capacidad.
- c) Demanda de potencia real y reactiva.
- d) Elementos de control de tensión y compensación de reactivos aparte de generadores.
- e) Tensión en barras del sistema de transmisión con desviaciones no mayores a la banda de la tensión en condiciones normal y la banda en condiciones de emergencia.
- f) Mantener el sistema estable transitoria y dinámicamente ante perturbaciones.

13.2.3. Los intervalos y tolerancias determinados como criterios de seguridad operativa están incluidos en el Anexo Normas de Calidad y Seguridad Operativas. ”

“13.9. VERIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE CALIDAD.

13.9.1. La UT podrá realizar, por sí mismo o a través de terceros, programas de medición en los diferentes nodos de conexión de los operadores para comprobar que los niveles de calidad se encuentren dentro de lo requerido.¹⁵ Los operadores están obligados a permitir tales inspecciones y prestar toda la colaboración que sea solicitada para desarrollar esta labor.

13.9.3. Cualquier operador que se vea afectado por condiciones de operación fuera de los límites de calidad, ocasionados por otro operador, podrá exigirle compensaciones económicas debidamente justificadas.”

¹⁵ Referirse al Anexo 2.2. Normas de Calidad y Seguridad Operativas

“14. TRANSACCIONES ECONÓMICAS

14.2. SISTEMA DE MEDICION COMERCIAL (SIMEC).

14.2.1. Características generales

14.2.1.1. Cada PM debe contar con un Sistema de Medición Comercial, que suministre la información necesaria para la administración de las transacciones comerciales en el Mercado en cada nodo en que se conecta a la red.

14.2.1.2. La implementación del SIMEC será a cargo del PM que lo requiere. Asimismo el PM deberá proveer el medio de comunicación que permita la vinculación entre sus medidores y la UT.

14.2.1.3. Los requisitos del SIMEC se encuentran en el Anexo Medición Comercial¹⁶.

14.2.1.4. La instalación, operación y mantenimiento del SIMEC será a costo y responsabilidad del PM solicitante.

14.2.2. Estructura del SIMEC.

14.2.2.1. El SIMEC tendrá las siguientes componentes:

- a) Los medidores de energía y potencia, activas y reactivas, los transformadores de corriente y de tensión, así como los respectivos equipos de respaldo.
- b) El centro recolector de mediciones ubicado en la UT, el cual permitirá el acceso a los medidores para efectuar su lectura a distancia.

14.2.2.2. El sistema de mediciones comerciales podrá ser implementado en etapas, previa aprobación de la UT.

14.2.2.3. La UT definirá las especificaciones de los protocolos de comunicación que utilizará para realizar la lectura a distancia.

14.2.3. Auditorías

¹⁶ Anexo 2.3 Medición Comercial

14.2.3.1. La UT sólo podrá habilitar equipamiento de un PM como perteneciente al SIMEC en la medida que el PM presente la correspondiente auditoría técnica que lo certifica, de acuerdo a lo establecido en el Anexo Medición Comercial.

14.2.3.2. La UT debe realizar el seguimiento de la supervisión del SIMEC. De resultar condiciones de conflicto y / o incompatibilidades en las mediciones, la UT deberá solicitar a cada PM involucrado auditorías de los equipamientos que correspondan, y aplicar el procedimiento indicado en el Anexo Medición Comercial.

14.2.3.3. La UT, por sí o por terceros, podrá realizar los ensayos y verificaciones en los sistemas de medición de los PM que considere convenientes.

14.2.3.4. Cada PM debe encargarse de la realización de auditorías técnicas, mediante auditores aprobados por la UT, para:

a) Certificar la habilitación de los medidores del SIMEC en sus nodos de interconexión a la red;

b) Certificar el cumplimiento de los requisitos técnicos definidos para el SIMEC cuando ello sea requerido por la UT como parte del procedimiento de supervisión del SIMEC.”

“14.2.4. Magnitudes a medir.

14.2.4.1. Cada PM deberá contar con medición bidireccional de energía y potencia, activas y reactivas en cada punto de conexión a la red, con capacidad para efectuar lecturas en cada Intervalo de Mercado.

14.2.4.2. En caso de que un PM demuestre la imposibilidad de disponer de medición en los puntos de conexión, podrá solicitar a la UT la autorización para instalar los medidores dentro de sus instalaciones y proveer un mecanismo de lectura y cálculo para determinar su inyección o retiro neto de la red. También deberá solicitar autorización de la UT en el caso en que transitoriamente no disponga de equipos probados para la medición comercial.

14.2.4.3. En los casos de líneas de interconexión internacionales, el propietario de la línea deberá instalar la medición en el extremo de la línea ubicado en el país.

14.2.5. Responsabilidades de la UT.

14.2.5.1. La UT organizará y mantendrá el Registro Oficial del SIMEC, en el cual, para cada punto de medición, asentará los datos del SIMEC aprobado de cada PM, las novedades y las verificaciones realizadas.

14.2.5.2. En el Anexo Medición Comercial se indica el procedimiento que seguirá la UT para ajustar la lectura en caso de que se pierda la lectura del medidor principal y su respaldo, así como para la sincronización del equipo de medición.

14.2.5.3. La UT no tendrá potestad para alterar los valores medidos.”

“14.2.6. Derechos de un PM a acceder a sus medidores.

14.2.6.1. Cada PM podrá leer las mediciones en los medidores de su propiedad. Sin embargo, no está autorizado a introducir modificaciones a los valores medidos.

14.2.6.2. La UT y el PM propietario tendrán el código que permite el acceso al medidor para su lectura.

14.2.6.3. Para el período de transición que transcurra desde la puesta en marcha del Mercado hasta la habilitación completa del SIMEC, como se establece en el Anexo Medición Comercial, un PM podrá requerir a la UT la habilitación para operar comercialmente con mediciones de potencia para cada intervalo de Mercado. Un nodo que no cuente al menos con mediciones para cada intervalo de Mercado no podrá ser habilitado para la inyección y retiro de energía del sistema. La medición del intervalo de Mercado podrá provenir del Sistema de Administración de Energía (SAE) o de mediciones locales, tomadas por lectura directa del instrumento por el operador y enviada en medio magnético o transmitida electrónicamente a la UT. Los medidores de potencia para cada intervalo de Mercado serán habilitados como transitoriamente pertenecientes al SIMEC. Para el período de transición, la UT deberá calcular con las mediciones disponibles, para cada intervalo de Mercado, los valores netos de energía inyectada o retirada. Al finalizar el mes, deberá realizar un ajuste con base en las mediciones mensuales de energía que se dispongan, de forma que la integración de la energía neta para cada intervalo de Mercado se corresponda con la energía neta mensual medida.

14.2.6.4. La UT deberá elaborar El cálculo de la información comercial basado en mediciones para cada intervalo de Mercado y el cierre con la energía neta mensual

medida. La UT y los PM deben considerar como válidos comercialmente los valores que surjan de este procedimiento, y aceptable durante el período de transición el error cometido por el uso de esta metodología de cálculo establecida.”

“14.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DE MEDICION COMERCIAL.

14.3.1. La UT debe organizar la información recopilada a través del SIMEC en una Base de Datos Comercial, confiable y auditable, la cual estará a disposición de los PM.

14.3.2. La Base de Datos Comercial será la información oficial utilizada por la UT para determinar el resultado de las transacciones en el mercado.

14.3.3. Cuando por cualquier causa la UT no pueda acceder a los medidores principales del SIMEC a través de la lectura a distancia, adoptará información de las siguientes fuentes, en el orden indicado:

- i) Lectura remota del medidor de respaldo;
- ii) Lectura local del medidor principal;
- iii) Lectura local del medidor de respaldo;
- iv) Registros del SAE, de estar disponible;
- v) Lecturas de medición local no comercial, suministrada a la UT por los operadores de subestaciones o centrales;
- vi) Registros históricos.

14.3.4. Cuando se utilice como fuente de información la medición de potencia por Intervalo de Mercado recolectada por el SAE, la UT la convertirá a mediciones de energía a partir de la mejor representación que se obtenga del valor medio de la potencia en cada Intervalo de Mercado.

14.3.5. Cuando se utilice como fuente de información los registros históricos, la UT elegirá un conjunto de datos correspondiente a situaciones operativas análogas a las existentes en el período de ausencia total de otra fuente de información.

14.3.6. La UT informará a los PM mediante el reporte de operación, cuando se esté utilizando otra fuente de información diferente al medidor principal para las transacciones económicas, acompañado de las razones que lo motivaron.

14.3.7. Cuando la ausencia de medición proveniente de un medidor principal o del de respaldo se prolongue por más de 24 horas, la UT puede solicitar la desconexión del nodo que se encuentre en tal situación, hasta que vuelva a contar con las mediciones del SIMEC. En particular, la UT podrá requerir la salida de un GGP sin medición y considerarlo indisponible en tanto no se recupera de manera aceptable la medición faltante. La UT no podrá hacer uso de esta opción en situaciones de racionamiento, emergencia o cuando se afecte la calidad y seguridad del sistema.

14.3.8. Al finalizar el mes, la UT podrá realizar un ajuste a los valores calculados por falla de medición del SIMEC, en base a las mediciones mensuales de energía que se dispongan, de forma tal que la integración de la energía de cada Intervalo de Mercado corresponda con la energía mensual medida. El procedimiento de cálculo y conciliación para este caso se encuentra en el Anexo Medición Comercial.

14.3.9. Un PM podrá reclamar a la UT los valores asumidos ante medición faltante, debiendo para ello demostrar fehacientemente el error en el valor asumido, o el no haberse cumplido las normas vigentes de cálculo. La UT debe analizar los reclamos y, de verificar que son justificados, corregir los valores que correspondan.”

“14.4. LECTURAS INDICATIVAS.

14.4.1. Las transacciones comerciales en el Mercado se realizan mensualmente.

14.4.2. Cada día hábil la UT debe enviar a los PM una estimación indicativa de la energía comprada y vendida en los mercados y de los cargos que surjan tales como cargos por congestión y cargos por pérdidas, del día anterior. Para los puntos de medición sin lectura a distancia, informará la situación e incluirá los resultados comerciales correspondientes cuando disponga de información, lo cual deberá ser dentro de un plazo máximo de 72 horas siguientes.”

Si el lector desea profundizar sobre este reglamento y sus anexos, lo puede hacer refiriéndose al sitio web: www.ut.com.sv

2.4. NORMAS Y PROYECTOS DE NORMAS NACIONALES

Anteriormente fueron presentados las leyes y reglamentos que involucran al sector, ahora como complemento, se presentan las normativas nacionales vigentes vinculadas con el trabajo.

La entidad responsable de la formulación y emisión de normas en el país es el CONACYT, actualmente todavía no existe una norma oficialmente reconocida relacionada con el trabajo. Sin embargo por iniciativa de dicha entidad, a partir del 25 de Julio de 2003 se encuentra en fase de consulta pública (fase de proyecto) la norma “contadores vatio / hora. Medidores vatio”, la cual es una norma salvadoreña obligatoria. Esta norma ha sido diseñada para la regularización de equipos, con la finalidad de estandarizar los mismos y obtener mediciones equitativas.

Algunos de los beneficios que se persiguen con la emisión de esta norma son:

- Controlar el contrabando de instrumentos de medición.
- Eliminación de la ventaja competitiva por medio de tecnología de punta en los instrumentos de medición domiciliar.
- Estandarizar los parámetros de control.

Por otra parte, también se encuentra en fase de anteproyecto la norma de Productos Multifunción, la cual se relaciona con los sistemas eléctricos, específicamente métodos de prueba. Dicho anteproyecto se comenzó a trabajar el 25 de Julio de 2003.

Los sectores que se ven involucrados para la creación de dichas normas son:

- Gobierno
- Consumidor / usuario
- Académico
- Privada o productor

Específicamente para la formulación de estas norma y proyecto de norma han participado las siguientes entidades en cada sector:

- Gobierno
- Consumidor / usuario: Dirección de Protección al Consumidor (DPC).
- Académico: Instituto Tecnológico Centroamericano (ITCA).
- Privada o productor: Laboratorio de Metrología Legal del CONACYT como entidad encargada de la coordinación, además SIGET, CEL, Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador (CAESS), entre otras.

Las normas que han sido tomadas como base, para la elaboración de estas Normas Salvadoreñas Obligatorias son:

- Para la Norma de Contadores Vatio-hora. Medidores Vatio: Norma Oficial Mexicana NOM – 044 – SCFI – 1999, Instrumentos de Medición - Watthorímetros Electromecánicos - Definiciones, Características y Métodos de Prueba.
- Para la Norma de Productos Multifunción: Norma Oficial Mexicana NOM – 127 – SCFI - 1999, Instrumentos de Medición, Multifunción para sistemas eléctricos, específicamente métodos de prueba.

2.5. TRATADO MARCO DEL MERCADO ELÉCTRICO DE AMÉRICA CENTRAL

Al igual que las leyes, reglamentados y normas mostradas anteriormente, se ha decido incluir de forma textual los siguientes aspectos generales de este tratado:

“Los Gobiernos de las Repúblicas de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, que en adelante se denominarán “las Partes”.

Considerando que dentro del marco del Sistema de Integración Centroamericana, (SICA), los Estados de la región han manifestado su deseo de iniciar un proceso

gradual de integración eléctrica, mediante el desarrollo de un mercado eléctrico regional competitivo, a través de líneas de transmisión que interconecten sus redes nacionales y la promoción de proyectos de generación regionales.

Conscientes de que un mercado eléctrico regional, sustentado en la interconexión de los sistemas eléctricos de los países, promueve el desarrollo de la industria eléctrica en beneficio de todos sus habitantes.

Seguros de que la consolidación del mercado eléctrico regional, permitirá el incremento de las transacciones de electricidad y satisfará en forma eficiente las necesidades de un desarrollo sostenible en la región, dentro de un marco de respeto y protección al medio ambiente.

Tomando en cuenta que los Presidentes de los seis países de América Central, en las Cumbres XV, XVI y XVII, han declarado de la máxima prioridad impulsar la materialización del proyecto denominado Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central, SIEPAC.

Han acordado suscribir el presente Tratado Marco del Mercado Eléctrico de América Central, el cual se regirá por lo siguiente:

OBJETO DEL TRATADO:

Art. 1.- El Presente Tratado tiene por objeto la formación y crecimiento gradual de un Mercado Eléctrico regional competitivo, en adelante denominado el Mercado, basado en el trato recíproco y no discriminatorio, que contribuya al desarrollo sostenible de la región dentro de un marco de respeto y protección al medio ambiente.

FINES DEL TRATADO:

Art. 2.- Los fines del Tratado son:

- a) Establecer los derechos y obligaciones de las Partes.

- b) Establecer las condiciones para el crecimiento del Mercado Eléctrico regional, que abastezca en forma oportuna y sostenible la electricidad requerida para el desarrollo económico y social.
- c) Incentivar una mayor y competitiva participación privada en el sector eléctrico.
- d) Impulsar la infraestructura de interconexión necesaria para el desarrollo del Mercado Eléctrico regional.
- e) Crear las condiciones necesarias para propiciar niveles aceptables de calidad, confiabilidad y seguridad en el suministro de energía eléctrica en la región.
- f) Establecer reglas objetivas, transparentes y no discriminatorias para regular el funcionamiento del mercado eléctrico regional y las relaciones entre los agentes participantes, así como la creación de los Entes regionales apropiados para el logro de estos objetivos.
- g) Propiciar que los beneficios derivados del mercado eléctrico regional lleguen a todos los habitantes de los países de la región.

PRINCIPIOS QUE RIGEN EL TRATADO:

Art. 3.- El Tratado se regirá por los principios de Competencia, Gradualidad y Reciprocidad.”

RESUMEN CAPITULAR.

En este capítulo se ha presentado la base legislativa del sector en estudio, que está comprendida por la Ley General de Electricidad, así como el Reglamento de la Ley General de Electricidad, en los cuales se han descrito los objetivos que persiguen y su contenido capitular. De igual manera se presentó el Reglamento de Operación del Sistema de Transmisión y del Mercado Mayorista, el cual regula las operaciones de generación, transmisión, distribución y comercialización del sector eléctrico; dentro de éste se presentaron: calidad y seguridad del sistema y transacciones económicas,

debido a que en estos capítulos son tratados ciertos aspectos de interés para el desarrollo del trabajo.

Además, se hizo énfasis en la importancia que tiene la creación de una norma que se encuentra en fase de proyecto, denominada “contadores vatio / hora. Medidores vatio” la cual al entrar en vigencia será de carácter obligatorio. De igual manera, se mencionó la existencia de un anteproyecto para la norma de “Productos Multifunción” que tendrá relación con los sistemas eléctricos, cuyo campo de aplicación abarcará a las generadoras de energía eléctrica.

Para que en el país se fomente una cultura metrológica, es importante recalcar, que los sectores involucrados en el desarrollo de normas nacionales, deben tomar un mayor protagonismo en cuanto a la iniciativa de proponer la formulación de normas, no dejando esa responsabilidad únicamente al CONACYT.

Con la finalización de este capítulo quedan establecidas las bases teóricas y legislativas sobre las cuales se desarrollará el trabajo, y se da paso a la metodología a seguir para la consecución del mismo.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA PROPUESTA.

Habiendo presentado en los capítulos anteriores un preámbulo acerca de la historia y conceptos de las disciplinas que resaltan en el trabajo, así como la legislación que interviene en el sector involucrado y como una base para el lector, se procede al planteamiento de la metodología de investigación que llevará el trabajo en concreto.

Este capítulo describe la forma en que se llevará a cabo el trabajo, partiendo del diseño del instrumento para recolectar información técnica con respecto a la maquinaria y / o equipo utilizados en el proceso de generación de energía hidroeléctrica en la central en cuestión, la cual servirá para realizar un recuento de los instrumentos de medición, y el diseño del flujograma o análisis del equipo. Finalizando con el Resumen Capitular

Para este capítulo se presenta el siguiente esquema, con el fin de mostrar la estructura de su contenido.

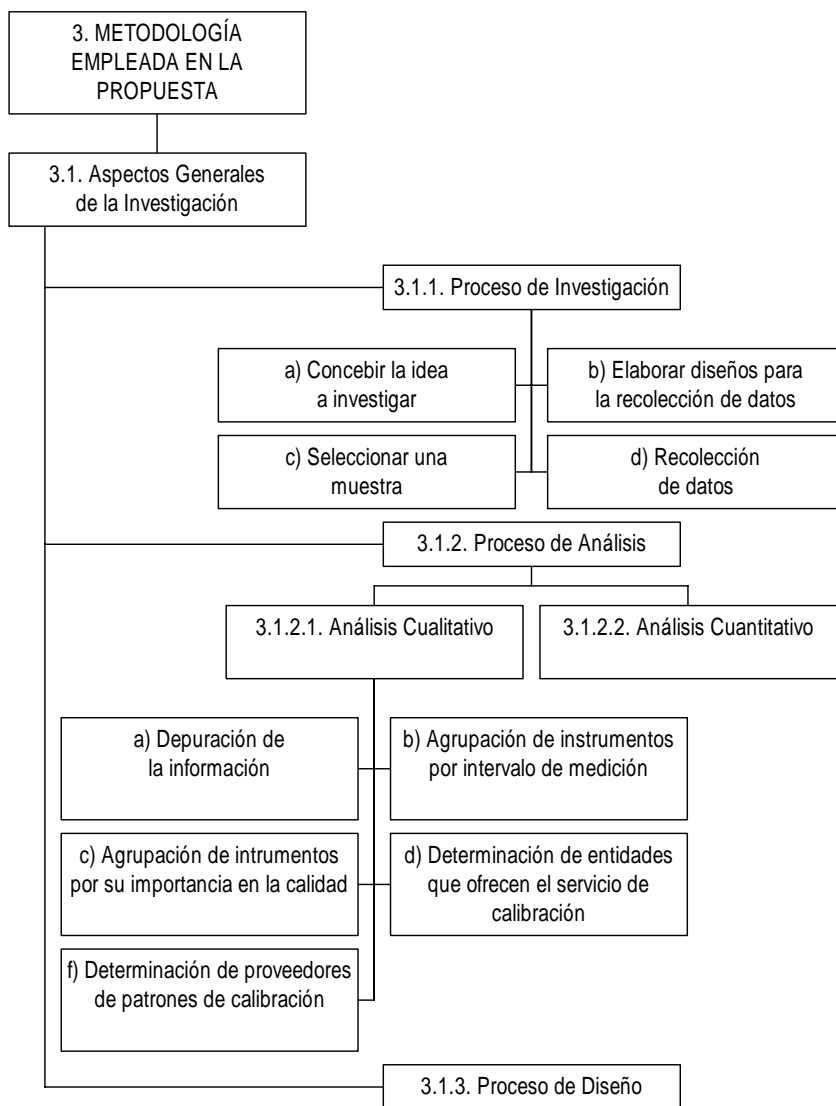


Figura 3.1. Estructura del Capítulo III.¹⁷

¹⁷ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

3.1. ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA

En el presente trabajo la metodología incluirá las siguientes fases:

- Investigación.
- Análisis.
- Diseño.

3.1.1. EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.

La inclusión de este apartado obedece a exigencias internas relacionadas con la carrera de Ingeniería industrial, ya que ésta lo solicita en todo trabajo de graduación.

Toda investigación implica un conjunto de pasos o etapas. No existe un único esquema de pasos a seguir, dependiendo del trabajo a realizar éste puede variar, la importancia radica en el contenido de cada uno de ellos. Los pasos tampoco suponen necesariamente, un orden cronológico, pues algunos pueden llevarse a cabo en forma simultánea. En el documento este proceso lleva un orden lógico ya que no se pueden analizar los datos sin antes haber sido recolectados.

La primera etapa para realizar una investigación es ubicar un campo de conocimiento, en el caso particular del presente trabajo, es la Metrología que se relaciona con el planteamiento del problema a resolver, identificado como un requisito en el sector específico, además se tienen que conocer los antecedentes de este tema es ahí donde toma protagonismo la Normalización ya que la Metrología es un requisito de la misma.

Este proceso lleva una serie de pasos que se pueden citar a continuación, aunque es de aclarar que no siempre éstos se ven reflejados en un documento formal:

a) Concebir la idea a investigar.

La concepción de la idea a investigar tiene su origen en el aporte que todo futuro profesional debe entregar a la sociedad, tomando como base a una organización en la cual se puedan aplicar los conocimientos adquiridos, para dar solución a una necesidad específica.

Para realizar este aporte se ha decidido unir esfuerzos y trabajar en conjunto con una institución que se encuentra actualmente en el proceso de certificación bajo la norma ISO 9001:2000, en la cual la necesidad principal radica en determinar la forma en que debe llevarse a cabo la calibración de los instrumentos de medición, es a partir de ello que se ha formulado el presente trabajo.

b) Elaborar diseños para la recolección de datos.

Una herramienta muy importante para recolectar información sobre los instrumentos de medición que utiliza la organización, es diseñar un formato que permita registrar características técnicas de éstos, que posteriormente servirán para realizar el análisis.

Dicho formato debe ser lo más sencillo posible, pero que a su vez permita al usuario poder registrar la información pertinente y necesaria para llevar a cabo el trabajo, véase el modelo de dicho formato en el Anexo 3.1. y puede ser aplicado para cualquier organización en general.

c) Seleccionar una muestra.

Del total de las centrales hidroeléctricas en el país, todas reúnen las características para poder realizar este trabajo, se ha estimado conveniente centralizar o enfocar los esfuerzos en una de ellas, con el objetivo de obtener un trabajo de mejor calidad.

De igual manera, del total de los instrumentos de medición utilizados en la central hidroeléctrica se deberá determinar qué porción de éstos se debe calibrar, basados en

la influencia que tienen en la calidad del producto y bajo el concepto de que resultaría demasiado caro y a su vez complejo calibrarlos todos.

d) Recolección de datos.

La calidad de la información recopilada dependerá en gran manera del buen diseño del formato, de igual forma del conocimiento que se tenga del proceso y del orden en que ésta se va recolectando.

Dado que en el proceso de generación de energía eléctrica se ven involucrados varios sistemas, se plantea conveniente y necesario enumerar los sistemas uno a uno:

- Sistema de Contraincendio
- Sistema de Bocatoma
- Sistema de Vertedero
- Sistema de Purificación de Aceite
- Sistema de Transformador
- Sistema de Planta de Emergencia
- Sistema de Excitación
- Sistema de Medición Comercial
- Sistema de Instrumentación
- Sistema de Aire Acondicionado
- Sistema Turbina
- Sistema de Grúas

Por tal razón las especificaciones de los instrumentos serán recopiladas siguiendo un orden definido, de acuerdo al sistema al que pertenezca, con el objetivo de que la depuración de datos sea lo menos complicado posible.

Para obtener esta información se realizarán visitas a las instalaciones de la central seleccionada, que no solamente tendrá como finalidad recolectar las características de los instrumentos, sino también tener contacto directo con ellos e identificar la

importancia de éstos dentro del proceso de generación de energía, además conocer al personal involucrado con la utilización de los instrumentos.

De toda esta información recopilada se presentará un resumen en el Anexo 3.2 (puede ser aplicable en cualquier organización), el cual contendrá las siguientes especificaciones:

- Sistema al que pertenece.
- Tipo de Instrumento.
- Cantidad de instrumentos

Además se presenta información complementaria a la presentada anteriormente, en ella se muestran aspectos técnicos de los instrumentos de medición, tales como:

- Intervalo de medición
- Precisión del instrumento
- Cantidad en tipo de instrumento
- Cantidad de instrumentos con idénticas características

Esta información es de mucha importancia, ya que sirve para determinar las características de los patrones que deben utilizarse para calibrar los instrumentos, ésta es presentada en el Anexo 3.3 (dicho instrumento puede ser utilizada en cualquier entidad).

Otros medios que se emplearán para realizar la investigación son:

- a) Bibliográfica
- b) En red electrónica.

La investigación bibliográfica se llevará a cabo mediante una selección de literatura relacionada con el tema a desarrollar, entre ellos se incluirán libros, tesis, revistas técnicas, portafolios estudiantiles y otros.

Otra forma de investigación que se empleará es el uso de la red electrónica (internet), donde también se deberá seleccionar aquellos sitios web que contengan información relacionada a la Metrología industrial.

3.1.2. EL PROCESO DE ANÁLISIS.

Todo análisis requiere de inversión de tiempo y esfuerzo, ya que ésta es la médula de todo trabajo, es realizado por los analistas y esta considerado como un trabajo difícil y costoso por la transformación de una investigación ya realizada y depurada. Además durante el análisis la comunicación que se establece entre los analistas mismos y la entidad interesada en el trabajo es importante, si no se mantiene una comunicación efectiva puede suceder que ocurran omisiones, errores o malos entendidos, dando como resultado un deficiente análisis en el trabajo.

El análisis al igual que la investigación se puede realizar de distintas maneras, en este caso particular se realiza de forma cualitativa y cuantitativa.

3.1.2.1. ANÁLISIS CUALITATIVO

Este apartado es de mucha importancia dentro del trabajo de graduación, puesto que para la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial denominadas: FODA y Causa – Efecto, es necesario llevar a cabo un análisis exhaustivo de la situación actual de la Metrología en las tres áreas a estudiar.

Además este tipo de análisis se emplea para hacer un estudio más profundo de los instrumentos de medición y los posibles proveedores de los servicios de calibración; los pasos a seguir para la realización de éste análisis son:

- a) Depuración de la información.

Esta parte del análisis consistirá en una reordenación de la información recolectada respecto a las especificaciones de cada instrumento, almacenándola en una hoja electrónica clasificados según el sistema al que pertenecen.

- b) Agrupación de instrumentos por su magnitud, precisión, e intervalo.

Con la finalidad de tener un mayor orden en la información, también con el objetivo de determinar los diferentes patrones que se pueden utilizar para la calibración de estos instrumentos, se ha considerado de gran importancia agruparlos de esta manera (Anexo 3.3)

De igual modo esta agrupación servirá para facilitar la creación de una hoja de control que incluirá además de las especificaciones del instrumento, las fechas última y siguiente de calibración, frecuencia de calibración, etc.

- c) Agrupación de instrumentos por su importancia en la calidad del producto.

Esta forma de agrupación permitirá tener un mayor control respecto a los instrumentos que se ven relacionados directamente con la calidad del producto (de acuerdo a la UT, estos parámetros son voltaje y frecuencia) y éstos serán los que tendrán un periodo de calibración más corto.

- d) Determinación de las entidades que podrían realizar la calibración de los instrumentos.

Una vez se tenga clasificada la información de acuerdo a magnitud, intervalo, precisión y exactitud, se podrá generar una lista de los posibles oferentes del servicio de calibración.

- e) Determinación de posibles proveedores de patrones de calibración.

La investigación de compañía o proveedores que ofrecen patrones de calibración, se puede realizar tanto a nivel nacional como internacional. En el país se realizara por medio de consultas telefónicas o visitas a las instalaciones y a escala internacional a través de la red electrónica o vía fax.

Aunque el paso anterior hace referencia a la solicitud del servicio de calibración, también se considera pertinente incluir un detalle de posibles proveedores de patrones de calibración para cada magnitud.

3.1.2.2. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Un análisis cuantitativo permite expresar de forma numérica una situación dada, para llevarlo a cabo se hará uso de la técnica del análisis costo – beneficio.

Este análisis se utiliza para determinar si los beneficios de un proceso o procedimiento dado están en proporción con sus costos. Se aplica frecuentemente para determinar cuál o cuáles opciones ofrecen mejor rendimiento sobre la inversión. Esta herramienta es especialmente útil en proyectos de mejora continua en la calidad, cuando un equipo está evaluando las alternativas que den solución a una situación determinada.

Aunque no es una ciencia exacta, se trata de un sistema muy útil para identificar todos los costos y beneficios esperados en una solución propuesta. Dado que la cuantificación económica no resulta fácil en ocasiones, la pregunta a formularse debería ser: ¿Cuál de las soluciones ofrece los mayores beneficios en relación con los recursos invertidos? En lugar de ¿Qué solución es la más económica? Además, incluso una solución con una relación de costo - beneficio óptima puede desestimarse a causa de otros factores más importantes.

Es importante aclarar que el análisis costo – beneficio será utilizado dentro del trabajo cuando se realice el capítulo VI “Evaluación y Selección de Alternativas de Solución”.

3.1.3. EL PROCESO DE DISEÑO.

El diseño es una parte muy importante dentro de todo trabajo, ya que pone de manifiesto la creatividad de sus realizadores. Este se realiza como una o varias respuestas a los problemas planteados, se puede llamar el plan o estrategia que los autores idean para brindar solución a una necesidad, basándose en criterios previamente establecidos.

Se puede definir diseño como el proceso de aplicar distintas técnicas y principios con el propósito de definir un dispositivo, proceso o sistema con los suficientes detalles como para permitir su realización física.

El diseño incluye la elaboración de un formato para recopilar especificaciones técnicas de los instrumentos de medición (previamente creado para la recolección de información); elaboración de un flujograma que servirá para analizar la forma en que se debe aplicar la Metrología industrial, el cual puede ser utilizado por cualquier organización (Anexo 3.4), éste es de mucha importancia, debido a que será de gran utilidad para la determinación de posibles alternativas de solución y su evaluación; ejemplos específicos respecto a los procedimientos de calibración que podrían emplearse en las tres áreas específicas hasta proponer alternativas que permitan dar solución a las necesidades que presenta la central hidroeléctrica en cuanto a la Metrología industrial (a desarrollarse en el capítulo V).

Para desarrollar dichas alternativas se llevarán a cabo consultas respecto a las entidades de calibración en el ámbito nacional, las cuales se realizarán por medio de visitas a las instalaciones de éstas, páginas web o fax; mientras que a escala internacional se llevará a cabo por medio de consultas en páginas web o vía fax.

De igual manera, la obtención de información sobre proveedores de patrones de calibración, se realizará por medio de consultas a páginas web de compañías internacionales o vía fax.

RESUMEN CAPITULAR.

En este capítulo se presentaron y desarrollaron las fases de la metodología a seguir, las cuales son: investigación, análisis y diseño; las cuales son de igual importancia dentro del trabajo.

Tanto la investigación como el análisis, serán el punto de referencia para la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial como el FODA y Causa – Efecto.

El diseño ha sido aplicado para elaborar desde un formato que se utilizó en la recolección de especificaciones técnicas de los instrumentos de medición, un flujograma para la aplicación de la Metrología industrial y será empleado para la elaboración de alternativas de solución.

CAPÍTULO IV: SITUACIÓN ACTUAL DE LA METROLOGÍA DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN

En este capítulo se describe la situación actual de la organización respecto a la Metrología en las áreas de: mediciones eléctricas, presión y temperatura; mediante el uso de técnicas y herramientas ingenieriles tales como: el análisis FODA, Diagramas de Causa y Efecto. Primeramente se presentará una información teórica sobre éstas, para luego aplicarlas en el planteamiento del problema.

Se concluye éste, planteando el problema en relación con la implementación de la Metrología industrial; un avance sobre lo que versará la parte medular del trabajo y su respectivo resumen capitular.

Para mayor comprensión del contenido de éste capítulo, se presenta el siguiente esquema:

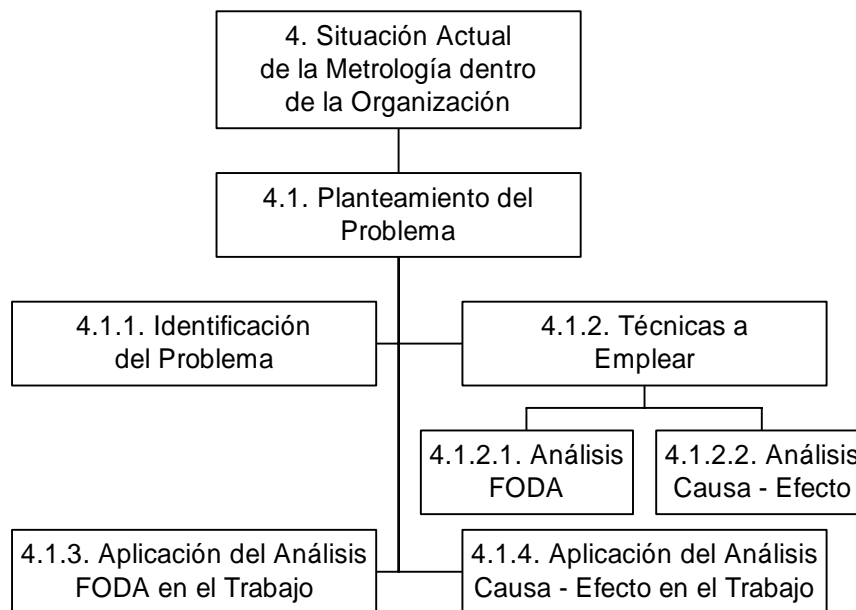


Figura 4.1. Estructura del capítulo IV.¹⁸

¹⁸ Fuente: diseño elaborado por el grupo de trabajo.

4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad de implementar la Metrología es el principal problema identificado en la organización, esto debido a que en su mayoría los instrumentos de medición utilizados en el proceso cuentan con un tiempo de uso considerable (más de diez años) sin calibrar, abonando a ello la existencia de algunos con ciertas averías, lo cual no garantiza una óptima medición.

A su vez, calibrar los instrumentos utilizados en las mediciones conlleva a determinar:

- Los equipos de medición que se involucran directamente con la calidad del producto.
- Los equipos que deben ser calibrados.
- La frecuencia de calibración para los instrumentos de medición.
- La trazabilidad de los equipos de calibración.
- Los intervalos de operación de los instrumentos.
- La entidad o entidades nacionales o extranjeras, que pueden realizar la calibración de éstos.

4.1.2. TÉCNICAS A EMPLEAR

Para poder describir la situación en la que se encuentra actualmente la organización que sirve como base para este trabajo, se utilizarán dos técnicas de ingeniería industrial, las cuales son: análisis FODA y del diagrama Causa – Efecto.

La aplicación de estas herramientas se justifica con base a la primera fase de la metodología del trabajo, el cual consistió en una investigación “in situ” llevada a cabo en la Central Hidroeléctrica 15 de Septiembre, donde se identificaron los factores internos de dicha central.

El objetivo de utilizar estas técnicas, es mostrar de una forma más clara y concisa los aspectos o factores que ayuden a determinar las posibles causas que están generando el problema anteriormente identificado.

4.1.2.1. ANÁLISIS FODA¹⁹

El Análisis FODA, es una forma sistemática de identificar, evaluar la situación competitiva de una organización en los siguientes aspectos: Fortalezas, Debilidades, Amenazas y Oportunidades, tanto al mercado en general como a sus competidores. Esta herramienta consiste en evaluar las Fortalezas – Debilidades que están relacionados con el ambiente interno, Oportunidades y Amenazas que se refieren a lo externo.

La importancia al realizar este análisis, consiste en poder determinar objetivamente, aquellos aspectos en la empresa que le permiten tener ventajas respecto a su competencia y en cuáles de ellos necesita mejorar para poder ser competitiva, es decir, encontrar la mejor relación entre las tendencias que perciben su entorno y el potencial propio de la organización.

Definiendo cada una de ellas se puede tener una mejor idea de cómo realizar este análisis:

Fortalezas: habilidades competitivas que permiten a la empresa alcanzar oportunidades generadas por el entorno.

Amenazas: situación de riesgo presentada por cambios en el entorno, que pueden llegar a ser peligrosas, si no existe una adecuada respuesta de la empresa.

¹⁹ Administración de Operaciones. Roger Schroeder, 1992.

Oportunidades: son aquellas circunstancias o situaciones del entorno (fuerzas que surgen de las fronteras de una organización pero que afectan sus decisiones y acciones internas, así como sus actividades y desarrollo), que son potencialmente favorables para la organización.

Debilidades: Son limitaciones, defectos o inconsistencias internas a la organización, que constituyen un obstáculo para la consecución de los objetivos y disminuye la calidad.

Conociendo cada uno de estos aspectos de la organización y su entorno, se pueden dar lineamientos a seguir, en una base sustentada, ya que cada organización es única como sistema.

4.1.2.2. ANÁLISIS CAUSA – EFECTO²⁰

Como complemento al Análisis FODA se tiene el Diagrama Causa - Efecto (CE): este consiste en un esquema dentro del cual se ubican, al lado derecho, el problema o efecto. Las causas principales se representan a lo largo de la columna dorsal en el diagrama, como pueden ser: materiales, trabajadores, inspecciones y herramientas, etc. La apariencia del diagrama sugiere una analogía con el esqueleto del pescado. Los huesos son las causas raíz del problema. Cada una de éstas se descompone entonces en otras, dando lugar a más huesos de pescado. Al elaborar este diagrama, se descubren fácilmente las causas de un problema, entonces cada uno de éstas puede evaluarse, una por una, con el objeto de encontrar las causas fundamentales.

Los pasos para elaborar un diagrama de Causa – Efecto son los siguientes:

- Definir claramente el efecto o síntomas cuyas causas han de identificarse.
- Colocar en el cuadro el efecto a la derecha y dibujar una línea gruesa central apuntándole.

²⁰ Administración de Operaciones, Roger Schroeder, 1992.

- Utilizar lluvia de ideas o un enfoque racional para identificar las posibles causas.
- Distribuir y unir las causas principales a la recta central mediante líneas inclinadas.
- Añadir causas secundarias, que generan las causas fundamentales, a lo largo de las líneas inclinadas.
- Descender de nivel hasta llegar a las causas raíz (fuente original del problema).

En conclusión al utilizar el diagrama Causa Efecto, es posible para un problema o proceso, reducir los defectos y mejorar la calidad.

Finalizando los conceptos de los análisis FODA y Causa-Efecto, se comienza con el desarrollo de cada una de estas herramientas iniciando el FODA.

4.1.3. APLICACIÓN DEL FODA EN EL TRABAJO²¹

Se dará inicio con el análisis FODA general y luego con los específicos de cada magnitud: Mediciones Eléctricas, Presión y Temperatura.

1. FORTALEZAS

- Posee una excelente infraestructura que se adecua a requisitos internacionales en cuanto al montaje de un laboratorio de Metrología.
- Personal con un alto sentido de integración humana y laboral, lo que facilita la adaptación de nuevo personal que se encargaría de la calibración de los instrumentos (en caso que la calibración se efectúe dentro de las instalaciones de la generadora).

²¹ Representación esquemática del FODA referirse al Anexo 4.1

- La actual aplicación de la filosofía Kaizen, la cual ha generado mejora en los aspectos de orden y limpieza en las instalaciones, aseo personal y autodisciplina del personal.
- Personal con basta experiencia (promedio de 10 años) en el proceso de generación eléctrica y de los instrumentos de medición que en ella intervienen.
- Organización en proceso de certificación bajo la norma ISO 9001: 2000.
- Las condiciones ambientales de las instalaciones evitan la filtración de rayos solares y el ingreso de polvo, lo cual influye en la vida útil de los instrumentos y en los resultados de las mediciones.

2. DEBILIDADES

- Personal con nivel medio de conocimiento sobre Metrología.
- La mayoría de los instrumentos de medición se consideran en estado de obsolescencia, además con muchos años de uso.
- Necesidad de expertos en Metrología o capacitación del personal.
- Inversión en sistemas de control que nunca no fueron utilizados (instrumentación de monitoreo para sistemas que no fueron implementados).
- Calibración de instrumentos solamente por requisitos administrativos.

3. OPORTUNIDADES

- La repotenciación de la planta, lo cual incluiría la adquisición de nuevos equipos de medición.
- Atraer nuevos inversionistas (tanto extranjera como nacional) para el sector.
- Contar con un sistema de calibración que garantizaría las mediciones.
- Reducir el pago de multas por energía no entregada.
- La firma de convenios con organismos nacionales dedicados a la calibración.

- Obtener mayor participación en el Mercado Regulador del Sistema (MRS).

4. AMENAZAS

- No reconocer lo importante que es la Metrología para garantizar la calidad de los bienes y servicios generados.
- Quedarse al margen de la tecnología en cuanto a los equipos de medición.
- El creciente interés por proteger el medio ambiente en cuanto a la explotación del recurso hídrico.
- La creación de leyes que protejan a los consumidores de energía eléctrica, debido irregularidades en el servicio; que obliguen al responsable a cubrir con los daños generados.
- La actual propuesta del gobierno y empresarios, de darle mayor potestad a la SIGET, en cuanto podría tener más libertad para asignar tarifas, lo cual supondría una disminución en los ingresos de CEL, lo que a su vez reduciría su capacidad de inversión en nuevos equipos, tanto de medición como de calibración.

Ahora se da paso a los análisis FODA específicos por cada una de las magnitudes en trabajo.

FODA PARA MEDICIONES ELECTRICAS.²²

1. FORTALEZAS:

- El personal que trabaja en la planta tiene conocimientos teóricos y prácticos en el área de electricidad y de toda la capacidad instalada que tiene que ver con esta especialidad.

²² Representación esquemática del FODA referirse al Anexo 4.1

- El diseño e infraestructura del edificio e instalaciones están muy bien adecuadas para la generación de energía eléctrica.
- El manejo de los equipos en esta magnitud es adecuado tanto en mantenimiento como en operación, dado que se toman las medidas de seguridad necesarias.
- Carencia de multas debido a incumplimiento de los parámetros de operación establecidos por a UT.

2. OPORTUNIDADES:

- Capacitar al personal en conocimientos metrológicos en mediciones eléctricas.
- Mejorar las condiciones de la planta por la implantación de ISO 9000:2000 y el sistema Kaisen.
- Mejorar la tecnología de los instrumentos por la repotenciación.
- Existencia a nivel nacional de un proveedor de equipos de medición y calibración relacionadas con esta área.
- Convenios con organismos que realizan la calibración de los equipos de medición.
- Garantizar la exactitud de las mediciones, mediante la utilización de instrumentos calibrados.

3. DEBILIDADES:

- A pesar de todos los conocimientos acerca de los instrumentos de esta magnitud no se conoce sobre Metrología en mediciones eléctricas.
- Se tienden a confundir los términos calibración y ajuste del equipo.
- Por el basto conocimiento en instrumentos de mediciones eléctricas puede que exista una resistencia al cambio por parte del personal en los procedimientos que tienen que someter al realizar una calibración u otro procedimiento que “funcionaba” a lo que actualmente establece la norma.

4. AMENAZAS:

- En el país son muy pocas las entidades que pueden calibrar los instrumentos de medición cuyo intervalo de trabajo sean altos como los manejados en la generación de energía.
- Que la trazabilidad que tenga C.E.L. en el área de mediciones eléctricas a los de las entidades en los puntos de interconexión o entrega sean menores y este tenga que someterse a ellos aunque sus equipos estén calibrados.
- Cuando la norma obligatoria en mediciones eléctricas que próximamente emitirá el CONACYT entre en vigencia sea punto de discordia en lo planteado actualmente por C.E.L.
- Si el servicio de calibración es externo, ocurra una situación de incumplimiento en fechas de auditoría y esto genere una sanción o una no conformidad.
- Que la UT disponga de otras fechas diferentes a las planificadas para el mantenimiento de los sistemas y esto repercuta en el programa de calibración.
- Perder credibilidad ante los clientes debido a incumplimientos en cuanto a la calidad del producto brindado.

FODA PARA PRESION²³

1. FORTALEZAS:

- Existe algún personal especializado en la rama de mecánica y que tiene conocimiento sobre el equipo.
- El diseño e infraestructura del edificio e instalaciones están muy bien adecuadas para la generación de energía eléctrica.

²³ Representación esquemática del FODA referirse al Anexo 4.1

- El manejo de los equipos en esta magnitud es adecuado tanto en mantenimiento como en operación, dado que se toman las medidas de seguridad necesarias.

2. OPORTUNIDADES:

- En el país existen laboratorios que cuentan con los recursos necesarios para la calibración de los instrumentos de medición en esta área.
- Capacitar al personal en conocimientos metroológicos en el área de presión.
- Mejorar las condiciones de la planta por la implantación de ISO 9000:2000 y el sistema Kaisen.
- Existencia a nivel nacional de proveedores de equipo de medición relacionados con el área.
- Convenios con organismos que realizan la calibración de los equipos de medición.
- Garantizar la inexistencia de interrupciones dentro del proceso de generación, debido a mediciones incorrectas de los manómetros.

3. DEBILIDADES:

- El equipo de mediciones en esta área se encuentra en obsolescencia y el mantenimiento se realiza en intervalos de tiempo muy largos.
- El personal desconoce sobre Metrología en el área de presión.
- El recurso humano tiende a confundir los términos calibración y ajuste del equipo.

4. AMENAZAS:

- La creación de una norma obligatoria que involucre esta magnitud y a la generación eléctrica, la cual exija un mayor control sobre el equipo de medición de presión.

- Si el servicio de calibración es externo, ocurra una situación de incumplimiento en fechas de auditoria y esto genere una sanción o no conformidad por ser parte del proceso de generación.
- Que la UT disponga de otras fechas diferentes a las planificadas para el mantenimiento de los sistemas y esto repercuta en el programa de calibración.
- Enfocar todos los esfuerzos hacia el área de mediciones eléctricas y no darle la importancia necesaria al área de presión.

FODA PARA TEMPERATURA²⁴

1. FORTALEZAS:

- El personal que trabaja en la planta tiene conocimientos teóricos y prácticos en el área de mecánica.
- El diseño e infraestructura del edificio e instalaciones están muy bien adecuados para la generación de energía eléctrica.
- El manejo de los equipos en esta magnitud es adecuado tanto en mantenimiento como en operación, dado que se toman las medidas de seguridad necesarias.

2. OPORTUNIDADES

- En el país existen las compañías que cuentan con recursos necesarios para la calibración de los instrumentos de medición en el área de temperatura.
- Existe la oportunidad de capacitar al personal en conocimientos metrológicos en temperatura.
- Mejorar las condiciones de la planta por la implantación de ISO 9001:2000 y el sistema Kaisen.

²⁴ Representación esquemática del FODA referirse al Anexo 4.1

- Existen variedad de termómetros en el mercado nacional, los cuales se pueden adecuar a necesidades más específicas.
- Convenios con organismos que realizan la calibración de los equipos de medición.
- Garantizar la inexistencia de interrupciones dentro del proceso de generación, debido a mediciones incorrectas de los termómetros.

3. DEBILIDADES:

- El equipo de mediciones en esta área se encuentra en obsolescencia y el mantenimiento se realiza en intervalos de tiempo muy largos.
- El personal desconoce sobre Metrología en el área de temperatura.
- Sensores de temperatura en los que resulta difícil realizar una inspección visual por su ubicación en sistemas de acceso limitado.

4. AMENAZAS:

- La creación de una norma obligatoria que involucre esta magnitud y a la generación eléctrica, la cual exija un mayor control sobre el equipo de medición de temperatura.
- Que la UT disponga de otras fechas diferentes a las planificadas para el mantenimiento de los sistemas y esto repercuta en el programa de calibración.
- Enfocar todos los esfuerzos hacia el área de mediciones eléctricas y no darle la importancia necesaria al área de temperatura.

Con la realización del análisis FODA general y específicos, se determinó que la organización posee excelentes instalaciones en cuanto a factores de: seguridad, higiene, señalización y orden; además cuenta con personal dispuesto a cooperar en la implementación de la norma ISO 9001:2000, a la que se está sometiendo la empresa, lo que le facilita la implementación de la Metrología industrial dentro ésta.

A su vez, refleja que la implementación de la Metrología industrial se dificulta por la falta de personal que posea conocimiento sobre el tema, por lo que la organización tiene que invertir en la capacitación de los mismos entre todos los aspectos que resaltaron de dicho análisis. Finalizando el FODA, se da paso al análisis Causa-Efecto general y específicos por cada magnitud en estudio.

4.1.4. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CAUSA – EFECTO

La implementación de la metrología industrial debido a la falta de ésta dentro de la Organización en estudio, es el problema identificado²⁵, para poder darle solución se hace necesario conocer más a fondo las posibles causas que lo originan. Para analizar dichas causas, se aplicará el análisis Causa – Efecto.

El problema tiene su origen en ciertos factores principales²⁶, los cuales se pueden agrupar en:

- Equipo
- Método
- Personal
- Entorno

a) Equipo

El equipo se refiere a la influencia que éste puede tener en el resultado de una medición, debido a muchas razones, como lo son las siguientes:

- Obsolescencia
- Deteriorado
- Fuera de uso
- Condiciones de operación
- Trazabilidad

²⁵ Representación esquemática del causa-efecto paso 1 del Anexo 4.2

²⁶ Representación esquemática del causa-efecto paso 2 del Anexo 4.2

b) Método

Al igual que el equipo, éste hace referencia a la forma en que influye en la lectura de la medición, debido a ciertos factores tales como:

- Inadecuado proceso de calibración
- Forma empírica para determinar la necesidad de calibración

c) Personal

Involucra al todo el personal que interviene en el mantenimiento de los equipos utilizados para la medición, identificándose las siguientes características:

- Confusión entre los conceptos de calibración y ajuste
- Desconocimiento de la Metrología industrial

d) Entorno

El entorno representa todos los factores y entidades externos a la organización que se relacionan con la Metrología industrial, entre los cuales se pueden mencionar:

- Entidades locales que ofrezcan el servicio de calibración, por ejemplo CONACYT, Universidad Don Bosco y J. V. ARAGON.
- Entidades extranjeras que ofrezcan el servicio de calibración, por ejemplo CENAM, ICONTEC, etc.
- Proveedores de los patrones de calibración, por ejemplo DH Budenberg, Fluke, Isotech, Beamex, etc.

Para ver la estructura final de este análisis, referirse al paso 3 del diagrama general en el Anexo 4.2

MEDICIONES ELECTRICAS.

Para elaborar este diagrama se ha tomado como base la estructura general del Causa - Efecto presentado anteriormente.

Iniciando con la identificación del problema principal en esta área, el cual consiste en la implementación de la metrología industrial en el área de mediciones eléctricas.²⁷

Identificado el problema principal, se procede a determinar las causas principales que lo afectan, las cuales son²⁸:

- a) Recurso humano.
- b) Entorno.
- c) Equipo.
- d) Método.

De cada causa principal se derivan las específicas en cada una de ellas, evaluando éstas se puede dar solución al problema identificado.

1. RECURSO HUMANO.

- Nivel de conocimiento medio sobre Metrología en mediciones eléctricas.
- Resistencia al cambio, debido al cúmulo de experiencia en el monitoreo y mantenimiento de los equipos relacionados con las mediciones eléctricas.
- Confusión entre los términos de calibración y ajuste.
- Inexistencia de una persona con los conocimientos suficientes, en control de calidad y condiciones de operación de los instrumentos de medición eléctrica, que facilite las labores del o las personas encargadas de realizar la calibración.

²⁷ Refiérase al Anexo 4.2, paso 1

²⁸ Refiérase al Anexo 4.2, paso 2

2. ENTORNO.

- Escasez de Proveedores del servicio de calibración a nivel nacional, debido a la amplitud de los intervalos de trabajo en los equipos utilizados.
- La creación de la Norma Salvadoreña Obligatoria para el sector eléctrico del país.
- Evaluación de no conformidad en una auditoría, debido al incumplimiento con los programas de calibración.
- Alteración en los programas de calibración, debido a disposiciones imprevistas por parte de la UT.
- Los costos asociados al no cumplimiento con los parámetros establecidos en el reglamento de la UT.
- El crecimiento de competidores que implementan la metrología industrial para garantizar la exactitud de sus mediciones.

3. EQUIPO.

- Escasez de Proveedores de patrones de calibración a nivel nacional.
- El amplio intervalo de medición de los equipos de medición es un factor influyente para determinar la forma en que se debe llevar a cabo la calibración.
- Las condiciones de operación del sistema de generación, conlleva a que la calibración deba ejecutarse “in situ” y de acuerdo a lo programado.
- No disposición de manuales de los instrumentos de medición eléctrica, la cual prolonga los tiempos de calibración.
- La exactitud requerida para estas mediciones.

4. METODO.

- Discrepancias entre las políticas y lineamientos de las generadoras y los proveedores de los servicios de calibración.
- Las condiciones en que se llevaría a cabo la calibración son condiciones de planta, debido a que no existe un ambiente controlado.

- Coordinarse con las generadoras y los proveedores del servicio, para determinar las fechas disponibles en las cuales se pueda llevar a cabo la calibración.
- Inexistencia de un procedimiento de calibración establecido.

Para ver la estructura final de este análisis, referirse al paso 3 del diagrama de mediciones eléctricas en el Anexo 4.2

Finalizando la secuencia de la elaboración del esquema causa efecto para la magnitud de mediciones eléctricas, se continúa con la siguiente magnitud que es: Presión.

PRESION

Siempre se inicia con la identificación del problema²⁹ principal en esta área, el cual consiste en la implementación de la Metrología industrial para esta magnitud.

Identificado el problema principal, se procede a determinar las causas principales³⁰ que lo afectan, las cuales son:

1. Recurso humano.
2. Entorno.
3. Equipo.
4. Método.

De cada una de las causas principales se derivan algunas específicas en cada una de ellas, evaluando éstas se puede dar solución al problema identificado.

²⁹ Refiérase al Anexo 4.2, paso 1

³⁰ Refiérase al Anexo 4.2, paso 2

1. RECURSO HUMANO.

- Nivel de conocimiento medio sobre Metrología en Presión.
- Confusión entre los términos de calibración y ajuste.

2. ENTORNO.

- La creación de la Norma Salvadoreña Obligatoria para el sector eléctrico del país.
- Evaluación de no conformidad en una auditoria, debido al incumplimiento con los programas de calibración.
- Alteración en los programas de calibración, debido a disposiciones imprevistas por parte de la UT.
- Los costos asociados a una interrupción en el proceso de generación, debido a fallas ocurridas en el sistema de Presión.
- El crecimiento de competidores que implementan la metrología industrial para garantizar la exactitud de sus mediciones.

3. EQUIPO.

- Escasez de Proveedores de patrones de calibración a nivel nacional.
- Obsolescencia del Equipo en el área de presión.
- No disposición de manuales de los instrumentos de presión puede prolongar los tiempos de calibración.
- La exactitud requerida para estas mediciones.
- Control del sistema de presión para garantizar la inexistencia de interrupciones en el proceso, debido a fallas en los manómetros.

4. METODO.

- Discrepancias entre las políticas y lineamientos de las generadoras y los proveedores de los servicios de calibración.
- Las condiciones en que se llevaría a cabo la calibración son condiciones de planta, debido a que no existe un ambiente controlado.

- Coordinarse con las generadoras y los proveedores del servicio, para determinar las fechas disponibles en las cuales se pueda llevar a cabo la calibración.
- Inexistencia de un procedimiento de calibración establecido.

Para ver la estructura final de este análisis, referirse al paso 3 del diagrama de presión en el Anexo 4.2

Habiéndose descrito anteriormente el diagrama Causa - Efecto para la magnitud Presión, se da lugar al último que es referente a la magnitud Temperatura.

TEMPERATURA

Al igual que en las dos magnitudes anteriores, para elaborar este diagrama se ha tomado como base la estructura general del diagrama Causa - Efecto.

El procedimiento inicia con la determinación del problema principal³¹ en esta área, el cual consiste en la implementación de la Metrología industrial, así como se muestra en el esquema.

Cuando se ha determinado el problema principal, se continúa con el siguiente paso que consiste en identificar las causas principales³² que lo afectan, en las áreas de:

1. Recurso humano.
2. Entorno.
3. Equipo.
4. Método.

³¹ Refiérase al Anexo 4.2, paso 1

³² Refiérase al Anexo 4.2, paso 2

De cada una de ellas se derivan las específicas las cuales se pueden evaluar para dar solución al problema identificado.

1. RECURSO HUMANO.

- Nivel de conocimiento medio sobre Metrología en Temperatura.
- Confusión entre los términos de calibración y ajuste.

2. ENTORNO.

- La creación de la Norma Salvadoreña Obligatoria para el sector eléctrico del país.
- Evaluación de no conformidad en una auditoría, debido al incumplimiento con los programas de calibración.
- Alteración en los programas de calibración, debido a disposiciones imprevistas por parte de la UT.
- Los costos asociados a una interrupción en el proceso de generación, debido a fallas ocurridas en el sistema de Temperatura.
- El crecimiento de competidores que implementan la metrología industrial para garantizar la exactitud de sus mediciones.

3. EQUIPO.

- Escasez de Proveedores de patrones de calibración a nivel nacional.
- Las condiciones de operación del sistema de generación, conlleva a que la calibración deba ejecutarse “in situ” y de acuerdo a lo programado.
- No disposición de manuales de los termómetros utilizados prolongue los tiempos de calibración.
- La exactitud requerida para estas mediciones.
- Control del sistema de temperatura para garantizar la inexistencia de interrupciones en el proceso, debido a fallas en los termómetros.

4. METODO.

- Discrepancias entre las políticas y lineamientos de las generadoras y los proveedores de los servicios de calibración.
- Las condiciones en que se llevaría a cabo la calibración son condiciones de planta, debido a que no existe un ambiente controlado.
- Coordinarse con las generadoras y los proveedores del servicio, para determinar las fechas disponibles en las cuales se pueda llevar a cabo la calibración.
- Inexistencia de un procedimiento de calibración establecido.

Para ver la estructura final de este análisis, referirse al paso 3 del diagrama de termometría en el Anexo 4.2

De la herramienta ingenieril Causa Efecto, general y específicos por cada magnitud en estudio se determina que la Organización tiene la necesidad de implementar la metrología industrial, así como de adaptarse a las normas nacionales obligatorias que puedan emitirse en un futuro, de la misma manera que debe hacer una inversión en capacitación del personal en Metrología. La Organización debe tomar en cuenta también la coordinación de la misma con los proveedores de calibración para no incurrir en imprevistos y además que los oferentes cumplan con los requisitos previamente establecidos por la entidad contratante del servicio.

RESUMEN CAPITULAR

Como primer paso, en el presente capítulo se presentó el problema identificado, el cual consiste en la implementación de la metrología industrial dentro de la Organización, dicho sea de paso éste es la parte medular del estudio. Para poder brindar solución a éste, se hace necesario conocer más a fondo los factores o aspectos que lo originan y / o afectan.

Es a partir de esto que se hace imprescindible la utilización de herramientas que a través de su aplicación faciliten dicha labor, para tal caso el presente estudio hace empleo de las herramientas ingenieriles denominadas: Análisis FODA y Análisis CAUSA – EFECTO.

Como paso siguiente se llevo a cabo el desarrollo de cada análisis, aplicado de forma general, así como de manera específica para cada área, con la finalidad de profundizar y aclarar de una mejor manera la situación actual de ellas y conocer las causas que las afectan.

Por medio de estas herramientas se determinó que la implementación de la metrología industrial dentro de la Organización es factible, dado que por una parte la ésta cuenta con las condiciones necesarias para ello, también se evidenció que existen factores que podrían afectarle de forma directa en el caso de no implementarla.

CAPÍTULO V: ELABORACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Este capítulo incluirá todas las posibles alternativas que brinden solución a lo planteado en el capítulo anterior. Dichas alternativas abarcarán desde, posibles entidades que ofrecen el servicio de calibración, las cuales pueden ser nacionales o extranjeras, hasta proveedores de patrones de calibración, para que la organización efectúe la calibración.

Para el desarrollo de éste, se hará referencia a la norma ISO 9001:2000, específicamente el requisito 7.6: Control de los Dispositivos de Seguimiento y Medición, ya que a partir de éste, surge la necesidad de realizar el trabajo. Seguidamente se presentan los instrumentos que se recomienda deben ser calibrados, debido a su importancia con la calidad del producto y para el control del proceso de generación de energía eléctrica.

De acuerdo con los instrumentos antes presentados, en la elaboración de alternativas se tomarán como base las normas o proyecto de norma NOM de origen Mexicano, las cuales tengan relación con las magnitudes en estudio, cabe aclarar que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT han tomado como base dichas normas para crear algunas normas salvadoreñas. Por la extensión de las mismas se incluirán su objetivo y campo de aplicación, especificaciones generales, métodos de prueba y en algunas de ellas la concordancia con otras normas internacionales.

Se concluye este capítulo con la presentación de las alternativas de solución las cuales son: contratar los servicios de calibración y adquirir los patrones de calibración, posteriormente se presenta el resumen capitular.

Para mayor comprensión sobre el contenido de este capítulo, se presenta el siguiente esquema:

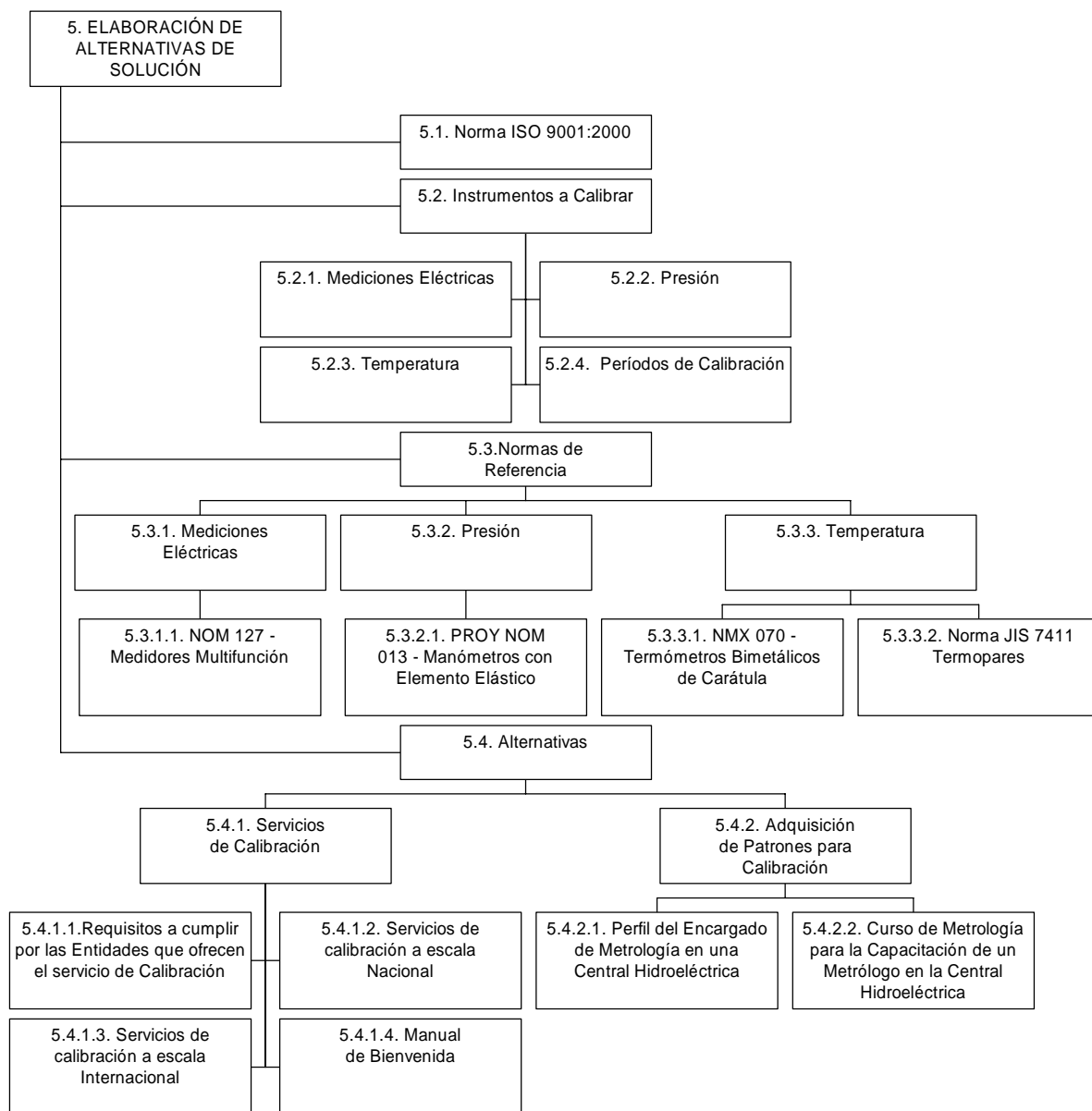


Figura 5.1. Estructura del capítulo V.³³

³³ Fuente: diseño elaborado por el grupo de trabajo.

5.1. NORMA ISO 9001:2000.

La inclusión de esta norma es de mucha importancia debido a que a partir de ésta, surge la necesidad de calibrar los instrumentos de medición en las organizaciones, y por consiguiente determinar la forma en que ésta debe llevarse a cabo.

En la norma, el punto relevante que hace referencia a la calibración de los instrumentos de medición es el requisito 7.6. Denominado “Control de los dispositivos de seguimiento y medición”, para no alterar la norma se ha decidido incluir el requisito en forma textual³⁴.

7.6. Control de los dispositivos de seguimiento y medición.

“La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar, y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados.

La organización debe establecer procesos para asegurarse de que el seguimiento y medición pueden realizarse y se realizan de una manera coherente con los requisitos de seguimiento y medición.

Cuando sea necesario para asegurarse de la validez de los resultados, el equipo de medición debe:

- a) calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables a patrones de medición nacionales o internacionales; cuando no existan tales patrones debe registrarse la base utilizada para la calibración o la verificación,
- b) ajustarse o reajustarse según sea necesario,

³⁴ Fuente: Norma ISO 9001: 2000.

- c) identificarse para poder determinar el estado de calibración,
- d) protegerse contra ajustes que pudieran invalidar el resultado de la medición,
- e) protegerse contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento.

Además, la organización debe evaluar y registrar la validez de los resultados de las mediciones anteriores cuando se detecte que el equipo no está conforme con los requisitos. La organización debe tomar las acciones apropiadas sobre el equipo y sobre cualquier producto afectado. Deben mantenerse registros de los resultados de la calibración y verificación.

Debe confirmarse la capacidad de los programas informáticos para satisfacer su aplicación prevista cuando éstos se utilicen en las actividades de seguimiento y medición de los requisitos especificados. Esto debe llevarse a cabo antes de iniciar su utilización y confirmarse de nuevo cuando sea necesario”.

Analizando lo estipulado en la presente norma, se determina que ésta no restringe a las organizaciones que desean obtener la certificación, en cuanto a la forma que deben realizar el control de los dispositivos de medición y control. Por tal motivo, la entidad puede optar por subcontratar el servicio de calibración, o adquirir patrones y realizar la calibración por cuenta propia.

Habiéndose presentado el punto dentro de la norma ISO 9001:2000 que mayor relación tiene con el trabajo, a continuación se detallan los instrumentos que se recomiendan deben calibrarse.

5.2. INSTRUMENTOS A CALIBRAR.

Para determinar los instrumentos que deben ser calibrados se han tomado en cuenta dos consideraciones, las cuales son:

- Por su influencia en la calidad.

- Por su importancia para el control del proceso de generación.

5.2.1. MEDICIONES ELÉCTRICAS

En mediciones eléctricas los instrumentos que se recomienda deben ser calibrados, pertenecen al Sistema de Medición Comercial (SIMEC) y se encuentran ubicados dentro del panel de control de nominado CCPH.

La elección de éstos, tiene su razón a que el control de estas mediciones tiene relación con los puntos de entrega y recibo, los cuales son monitoreados por la UT.

Los instrumentos que se ha determinado deben ser calibrados son los siguientes:

- Medidores de frecuencia análogos
- Medidores de potencia activa AC
- Medidores de potencia reactiva
- Medidores de tensión

Las especificaciones técnicas de éstos, se presentan en el Anexo 5.1.

5.2.2. PRESIÓN

En el área de presión los instrumentos que se recomienda deben ser calibrados, con el objetivo de tener un mejor control sobre el proceso, se encuentran ubicados en el sistema generador, debido a la importancia de dicho sistema en la generación de energía eléctrica, dado que si existe una variación importante en el circuito de presión de aceite, actúan las protecciones y se interrumpe el proceso de generación eléctrica.

Los instrumentos que se considera deben ser calibrados son los siguientes:

- Medidores de presión análogos

Las especificaciones técnicas de éstos, se presentan en el Anexo 5.1.

5.2.3. TEMPERATURA

En esta área, los instrumentos que se recomienda deben ser calibrados se encuentran ubicados en el panel de control denominado CCPH, debido a que el control de éstos es de mucha importancia dentro del proceso de generación de energía eléctrica, dado que si existe una variación importante en las temperaturas, actúan las protecciones y se interrumpe el proceso de generación eléctrica.

Los instrumentos que se considera deben ser calibrados son los siguientes:

- Termómetros digitales

Las especificaciones técnicas de éstos, se presentan en el Anexo 5.1.

5.2.4. PERIODOS DE CALIBRACIÓN.

Los Periodos de calibración, se han determinado de acuerdo a lo establecido por la norma internacional OIML D 10 y la encuesta realizada a expertos en Normalización y Metrología, cabe resaltar que no se ha tomado en cuenta los periodos de revisión establecidos en el Reglamento de Operaciones de la UT, ya que se refiere a una revisión del sistema en general no a las calibraciones de los equipos que intervienen con la calidad.

De acuerdo a la OIML D 10 reproducida por la norma internacional ISO 10012-1, los factores que influyen en la frecuencia de calibración son:

- Tipo de equipo
- Recomendación del fabricante (si existe)
- Tendencia de datos obtenidos de registros de calibración previos
- Registros históricos de mantenimiento y servicio
- Extensión y severidad de uso
- Tendencia al desgaste y deriva

- Frecuencia de revisiones cruzadas con otros patrones de referencia
- Frecuencia y calidad de calibraciones y verificaciones internas
- Condiciones ambientales (temperatura, humedad, vibraciones, entre otras)
- Exactitud requerida de la medición
- Costo de la calibración

Al determinar el periodo de calibración se debe tener en cuenta el compromiso entre los siguientes dos factores:

- Mantener al mínimo el riesgo de que el instrumento de medición se salga de tolerancia, lo cual puede preverse con calibraciones frecuentes, pero además,
- El costo anual por concepto de calibración debe mantenerse al mínimo

Además recomienda los siguientes métodos para estimar el periodo de recalibración:

- Ajuste automático o en tiempo calendario
- Carta de control
- Tiempo en uso
- Verificación en servicio
- Aproximación estadística

Analizando cada uno de los factores que según la norma OIML D 10, influyen para determinar los períodos de recalibración en los instrumentos, se obtienen las siguientes consideraciones:

- Tipo de instrumento: los instrumentos a calibrar son los relacionados con las áreas de Metrología Industrial, en Mediciones Eléctricas medidores de: frecuencia, voltaje, potencia activa y reactiva; en Presión: manómetros; Temperatura: termómetros digitales.
- Recomendaciones del fabricante: debido a la cantidad de años en funcionamiento que poseen los instrumentos, dicha información no se encuentra disponible (en caso que existan, las posee el Departamento de Mantenimiento de la Organización, ésta no fue proporcionada al grupo de trabajo).

- Tendencias de datos obtenidos en calibraciones previas: esta información debe ser comprobable, existe la posibilidad que en la época que fueron adquiridos los instrumentos, éstos incluyeran un certificado de calibración, pero en ese tiempo la Metrología y cultura de calibración no existía.
- Registros históricos de mantenimiento y servicio: esta información la posee el Departamento de Mantenimiento de la Organización.
- Extensión y severidad de uso: los instrumentos son utilizados durante un período de tiempo que puede considerarse continuo, ya que se encuentran en funcionamiento casi 12 horas todos los días del año (exceptuando cuando existe mantenimiento menor y / o mayor)
- Tendencia al desgaste: dicho factor depende del ambiente en que los instrumentos operan, es a partir de esto que los sensores pueden sufrir desgastes debido a lo que se desea medir, como lo son líquidos (agua o aceite), gases, etc.
- Frecuencia de revisiones con otros patrones de referencia: este aspecto no procede debido a que actualmente no existen patrones de referencia.
- Frecuencia y calidad de calibraciones y verificaciones: depende de la organización, y debe ser determinado por la misma en su Manual de Calidad.
- Condiciones ambientales: se refiere a factores como la humedad relativa, temperatura, presión, vibraciones, etc. sobre las cuales operan los instrumentos de medición.
- Exactitud requerida de la medición: consiste en que los patrones a utilizar para realizar la calibración deben poseer una exactitud por lo menos tres veces mejor que los instrumentos a calibrar.
- Costo de calibración: debido a que la organización es una entidad semi autónoma, las licitaciones son otorgadas por servicios completos (cumpliendo ciertos términos de referencia) y por bajo costo.

Después de analizar cada uno de los factores que afectan a los períodos de calibración, se puede concluir que la norma OIML no especifica puntualmente cuáles son dichos períodos sino que solamente presenta una guía sobre ello, por esto se decidió considerar el criterio profesional de personas expertas a nivel nacional con

respecto a la Metrología, para lo cual fue necesario realizar entrevistas personales con éstas, la información que se obtuvo se presenta en el Anexo 5.2.

A partir de estas dos consideraciones (norma OIML y expertos en Metrología) se recomiendan los siguientes períodos de calibración para cada una de las áreas en estudio:

- Mediciones eléctricas: Cada 6 meses, durante los primeros 5 años, con la finalidad de crear una hoja de control, en la cual se registre el comportamiento del instrumento después de cada calibración.
- Presión: Cada 12 meses
- Temperatura: Cada 12 meses

A partir de los resultados históricos de las calibraciones que se ejecuten, estos periodos pueden extenderse o reducirse.

Habiendo presentado el detalle de los instrumentos que se recomienda deben ser calibrados y sus periodos de calibración recomendados, se procede a continuación con la inclusión de algunas normas que se vinculan con las magnitudes: Mediciones Eléctricas, Presión y Temperatura, en las cuales se detallan únicamente sus puntos más relevantes para la elaboración de las alternativas de solución, debido a la amplitud de su contenido. La inclusión de las normas tiene relevancia debido a que éstas poseen un apartado denominado: Métodos de Prueba, el cual es tomado como referencia por las entidades que prestan el servicio de calibración, para elaborar los procedimientos de calibración.

5.3. NORMAS DE REFERENCIA PARA EL DISEÑO DE ALTERNATIVAS.

A continuación se presentan los extractos de las normas para las magnitudes en estudio en el siguiente orden:

1. Mediciones Eléctricas.
2. Presión
3. Temperatura

5.3.1. NORMAS DE REFERENCIA PARA LAS MEDICIONES ELÉCTRICAS.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SCFI-1999, INSTRUMENTOS DE MEDICION-MEDIDORES MULTIFUNCION PARA SISTEMAS ELECTRICOS-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA.³⁵

Es de mucha importancia la inclusión de esta norma, ya que servirá de parámetro en el desarrollo de las alternativas de solución, debido a que actualmente en el país, ésta sirve de base para la elaboración de una norma (que actualmente se encuentra en fase de anteproyecto) de tipo obligatoria, a cargo del CONACYT.

Debido al volumen de la información contenida en esta norma se ha decidido incluir solamente aquellos aspectos que tienen mayor relevancia para el trabajo, como lo son: el objetivo y campo de aplicación de la norma, características de los instrumentos, especificaciones y métodos de prueba.

El objetivo y campo de aplicación se incluye de forma textual y se presenta a continuación:

Objetivo

“Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones técnicas y métodos de prueba aplicables a los medidores multifunción para sistemas eléctricos.

³⁵ Fuente <http://www.economia-nmx.gob.mx>

Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana se aplica a los medidores multifunción tipo exterior e interior para su utilización en procesos de generación, transmisión, distribución, comercialización e industriales; para medir y evaluar la energía eléctrica con fines de electrometría, facturación, estadística y otros.

Especificaciones generales:

- Especificaciones de manufactura.

En las características particulares se indica el tipo de montaje que se requiere y que puede ser tipo tablero, tipo gabinete, tipo "S" o tipo "A".

La manufactura de los medidores se debe realizar conforme a lo siguiente:

- De construcción modular. Esto se verifica visualmente.
- Las dimensiones de la pantalla deben estar de acuerdo a las dimensiones de los dígitos, de tal forma que los muestre descubiertos. Esto se verifica visualmente, cuando el medidor se encuentra energizado.
- Los dígitos para la lectura visual de los valores mostrados en pantalla, deben ser como mínimo de 7,6 mm de altura, excluyendo los códigos de identificación. Esto se verifica con un calibrador Vernier.
- El medidor debe estar provisto de un puerto óptico tipo 2 o un puerto serie RS-232 o RS-485 dispuesto en conector DB-25 o DB-9 o regleta. Esto se verifica visualmente.
- El medidor debe estar provisto de un dispositivo de inicialización manual de demanda, un dispositivo de congelamiento manual de lecturas en la pantalla, un dispositivo para visualización de pantalla alterna, todos ellos accesibles al operador. Esto se verifica visualmente.
- El medidor debe tener una pequeña luz infrarroja para pruebas de exactitud con constante de pulso programable por el usuario y compatible con lo

descrito en características particulares. Esto se verifica por medio de un sensor infrarrojo o similar.

- Especificaciones de funcionamiento.

Las especificaciones de funcionamiento del medidor, al estar en operación, deben comprender lo siguiente:

- Provisto de batería de respaldo para el reloj y la memoria masiva, con vida útil mínima de cinco años, capacidad para 30 días continuos o 365 días acumulables.
- La alimentación de los circuitos auxiliares de los medidores con conexión por medio de transformadores para instrumentos, debe estar dispuesta en terminales independientes para facilitar dicha conexión, ya sea de los transformadores de potencial o de una fuente auxiliar de corriente alterna o corriente directa. Esto se verifica visualmente.
- Pantalla del medidor de 6 u 8 dígitos con coma decimal programable para mostrar valores de energía y demanda. Esto se verifica visualmente.
- Reloj de tiempo real en base a un cristal de cuarzo como base de tiempo. El error máximo aceptable debe ser de ± 30 ppm.
- La corriente máxima del medidor debe ser la corriente de clase, esto se verifica en la placa de datos del medidor.
- El principio de operación de los medidores requeridos es con base a dos o tres elementos, esto se verifica visualmente, en caso de ser necesario se debe desensamblar el medidor.
- Para medidores de tres elementos, el equipo debe ser programable por software o por conexión para operar ya sea con dos o tres elementos e integrar correctamente consumos y demandas de parámetros seleccionados.
- Los parámetros mostrados en la pantalla, deben ser programables para ser presentados como unidades o con sus múltiplos, kilo o mega y poder

seleccionar el número de dígitos que se requieren después de la coma decimal. Esto se verifica visualmente.

- En tarifas horarias, éstas deben ser programables para mostrar en pantalla los parámetros de consumos y demandas parciales y totales de hasta 4 tarifas, en cada una de las estaciones.
- En ausencia de tensión de alimentación debe ser capaz de mantener las siguientes condiciones:
 - Todos los registros de medición.
 - Los parámetros de programación.
 - La programación de las diferentes pantallas.
 - La secuencia de lecturas en la pantalla.
 - Las calibraciones y ajustes del medidor de manera permanente.

Lo anterior se verifica energizando el instrumento.

- En forma opcional el medidor debe tener la capacidad de integración de energía y demandas en forma bidireccional.
- Opcionalmente provisto de un puerto extra del tipo serie RS-232, RS-422 o RS-485 dispuesto en conector según se requiera en características particulares. Esto se verifica con el auxilio del manual técnico del medidor.
- En forma opcional, provisto de un modem de velocidad ajustable como mínimo de 1 200 bits/s para comunicación telefónica.
- La alimentación auxiliar que energice el módulo correspondiente a la fuente de poder, puede ser de corriente alterna de 120 V \pm 15% de tolerancia o de corriente directa con tensión de 125 o 250 V \pm 15% de tolerancia.
- Capacidad para realizar automáticamente un restablecimiento de demanda, el cual debe ser programable por el usuario, almacenando en memoria todos los parámetros de tarifas horarias correspondientes al periodo actual, anterior y cambio de estación. Todos estos parámetros deben ser accesibles al usuario mostrándolos en pantalla ya sea en modo normal o alterno y accesible por software.

- Capacidad para ser colocado en modo de prueba ya sea por software o hardware, realizando la prueba sin desconectar del medidor las señales, sin pérdida y sin modificación de los valores acumulados registrados.
- Capacidad para proporcionar salidas de pulsos de energía activa, reactiva y de fin de intervalo, debiéndose poder programar el valor de la constante de energía para cada salida.

- Especificaciones de compatibilidad con transformadores para instrumento.

Los medidores multifunción que operen con señales procedentes de transformadores para instrumento deben trabajar dentro de su exactitud especificada, y cumplir con lo siguiente:

- Las constantes de relación de transformación deben ser programables por el usuario.
- Capacidad de incluir en las integraciones del medidor, las pérdidas por transformación en forma aditiva o sustractiva según se requiera y/o las pérdidas por conducción en líneas de transmisión, distribución y/o barras de subestaciones.

- Interfaz con sistemas de control supervisorio y adquisición de datos.

Cuando se indique en características particulares, los medidores deben estar provistos de una interfaz a través de la Adquisición de Datos y Control de Supervisión (SCADA por sus siglas en Inglés) pueda obtener cualquiera de los datos o valores medidos los cuales son registrados sobre una base de tiempo real y almacenados en la base de datos del sistema SCADA.

- Interfaz con otros sistemas de medición.

Cuando se indique en características particulares, los medidores deben tener la capacidad de proveer las entradas y salidas de pulsos para algunas configuraciones, las cuales pueden ser:

- a) Entrada de pulso para sincronización de intervalo de la memoria masiva.
- b) Salidas de pulso en función de energía activa y reactiva tanto entregada como recibida, en valores programables por el usuario.
- c) Salida indicadora del fin de intervalo. Esto se verifica visualmente.

- Métodos de prueba.

La funcionalidad del equipo y su comportamiento se basa en lo establecido en esta Norma, aplicando sus criterios y los procedimientos generales de prueba y, ajustándose a los valores de referencia y tolerancias indicadas en las tablas de esta Norma.

Dentro de los métodos de prueba es importante resaltar la prueba de requisitos de exactitud, la cual se detalla a continuación:

Prueba de requisitos de exactitud.

- Verificación de la constante del medidor

La constante del medidor debe ser tal que la relación entre la prueba de salida del patrón de referencia y la indicación en la pantalla cumpla con lo marcado en la carátula del medidor.

Prueba de influencia de calentamiento.

Procedimiento

La prueba debe ser ejecutada de acuerdo al calor de la corriente y factor de potencia indicados en la Tabla A.12. del Anexo 5.3.

Prueba de exactitud.

Procedimiento

Se deben comprobar los límites de porcentaje de error en cada una de las variables de los medidores multifunción, de acuerdo a los intervalos que se indican en las Tablas A.13, A.14, A.15, A.16 y A.17 del Anexo 5.3.

Estas mediciones, se realizan con patrones con una relación de exactitud de 4 a 1 con respecto la exactitud del medidor, con un tiempo mínimo de prueba de 3 min.

Para la pantalla aplicar una integración de 1 000 unidades para corriente nominal y las pruebas para otros valores de corriente deben ser proporcionales a la prueba realizada en corriente nominal.

Resultado

En todas las pruebas complementarias tecnológicas y paramétricas, se debe verificar que no se degrade la exactitud especificada para el medidor multifunción.

Pruebas eléctricas.

- Consumo de energía

Procedimiento

La prueba debe ser realizada bajo las siguientes condiciones. El medidor debe estar en condiciones de operación y se debe energizar con la tensión nominal y corriente nominal, a continuación medir la corriente que circula en los circuitos de tensión y posteriormente medir la caída de tensión en los circuitos de corriente.

Resultado

Los límites para los valores obtenidos deben los siguientes presentados en la Tabla A.18 del Anexo 5.3.

Pruebas mecánicas.

Después de cada una de las pruebas mecánicas, el medidor no debe presentar daños o cambios de la información y debe operar correctamente, de acuerdo a los requerimientos de esta Norma.

- Pruebas de vibración

Procedimiento

La prueba debe ser ejecutada, bajo las siguientes condiciones:

El equipo debe estar en condiciones de no operación, el intervalo de frecuencia debe ser de 10 Hz a 150 Hz. La frecuencia de transición debe ser 60 Hz y $f < 60$ Hz la amplitud constante de desplazamiento igual a 0,035 mm, $f > 60$ Hz aceleración constante igual a $4,9 \text{ m/s}^2$ ($0,5g_n$)³⁶ un punto de control único y aplicar 10 ciclos de operación por eje.

NOTA: Se consideran 10 ciclos igual a 75 min.

Resultado

Después de cada una de las pruebas mecánicas, el medidor no debe presentar daños y debe operar correctamente.

Pruebas de protección contra penetración de polvo y agua.

Procedimiento

³⁶ Considérese g_n como gravedad normal.

El medidor debe estar montado en una pared o panel artificial. En el caso del panel se debe probar únicamente la parte frontal del medidor y su sello. El medidor debe estar en condiciones de no operación.

Resultado

Cualquier ingreso de polvo debe ser en cantidades que no afecten la operación del medidor ni su rigidez dieléctrica.

Prueba de resistencia al calor y fuego

Procedimiento

En la cubierta de terminales y cubierta del medidor se aplica una temperatura de $923 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($650^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$), con una duración de la prueba de $30 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$.

Resultado

A menos que se especifique otra cosa, se considera que el espécimen ha resistido la prueba de resistencia al calor y fuego si presenta una de las dos condiciones siguientes:

Si no hay flama o si la flama del espécimen, de los alrededores y de la capa inferior se extingue dentro de los 30 s después de remover el hilo incandescente.

- Concordancia con normas internacionales.

Esta Norma concuerda parcialmente con la Norma Internacional. IEC-60687-1991. Static watt-hour meters Metrological specifications for Class 0,2S and 0,5S.

Terminando con la presentación de las especificaciones relevantes de la norma relacionada con las mediciones eléctricas, se continúa con la norma que sirve de referencia para el área de presión.

5.3.2. NORMAS DE REFERENCIA PARA LA MAGNITUD PRESIÓN.

5.3.2.1. PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY – NOM – 013 – SCFI – 2002, INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN – MANÓMETROS CON ELEMENTO ELÁSTICO – ESPECIFICACIONES.³⁷

Esta norma contiene ciertos aspectos relacionados con la Metrología, que son de mucha importancia para la elaboración de las alternativas de solución debido a que al realizar la calibración ya sea interna o externa se tienen que respetar estos parámetros establecidos en las normas que son aplicables al país en este caso a El Salvador.

Dentro de estos aspectos se pueden mencionar: el objetivo y campo de aplicación de la norma, que es donde establecen el motivo por que ha sido elaborada la norma y a que sector va dirigida, especificaciones del fabricante, métodos de prueba que son procedimientos de calibración y concordancia con otras normas.

El objetivo y campo de aplicación se incluye de forma textual y se presenta a continuación:

Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece las principales características técnicas y metrológicas que son obligatorias para los medidores de presión, medidores de presión negativa y medidores de presión positiva y negativa con elementos sensores elásticos e indicación indirecta, con el propósito de medir la presión y / o presión negativa de los líquidos, vapores y gases en los instrumentos de medición.

También especifica los requisitos impuestos por la Metrología legal para instrumentos, en los cuales la secuencia de medición mecánica transmite directamente la deformación elástica del elemento sensor hacia el dispositivo indicador.

³⁷ Fuente <http://www.economia-nmx.gob.mx/>

Al mismo tiempo, es aplicable a los instrumentos en el alcance de medición entre -0,1 MPa a 1 000 MPa.

En cuanto a las especificaciones, esta norma presenta que las condiciones estimadas de operación (temperatura ambiente, humedad del aire, contenido de polvo, niveles de vibración y golpe, propiedades físicas y químicas del fluido a medir, entre otros) deben ser indicados en la documentación técnica otorgada por el fabricante.

Otras especificaciones detalladas en esta norma, son las siguientes:

- La temperatura de los instrumentos y la del aire ambiente, ésta debe ser igual a 293,16 K (20°C) con una desviación que no conduzca a una variación de indicación mayor a 1/5 del error máximo permisible del instrumento.
- La humedad relativa a la que estarán sometidos los instrumentos no debe exceder de 80%,
- No deben existir vibraciones ni golpes.

También se debe considerar, que si el patrón ha sido calibrado a otra temperatura, es conveniente realizar la calibración a la temperatura de calibración del patrón.

Por otra parte con relación a los métodos de prueba, puede llevarse a cabo una inspección visual y / o manual que incluye la expresión de resultados, los cuales se obtienen de la siguiente manera:

- Anotar la unidad de graduación que ostente el instrumento.
- Indicar si en la documentación técnica se mencionan las condiciones de uso del instrumento.
- Anotar el valor de la división de la escala.
- Indicar si el instrumento ostenta cada uno de los requisitos siguientes:
 - El símbolo de la unidad de medición
 - La clase de exactitud
 - El signo "-" para los medidores de presión negativa

- Condiciones nominales de uso distintas a las de referencia
- Indicar si el instrumento tiene o no cada una de las siguientes marcas:
 - Marca registrada del fabricante
 - Número de serie
 - Año de fabricación

Otro punto a destacar es la concordancia con otras normas, entre las que se mencionan el Lineamiento Internacional de la Organización Internacional de Metrología Legal, Recomendación Internacional de la OIML – R – 01 – 1991 Indicating and recording pressure gauges and pressure vacuum gauges with elastic sensing elements (ordinary instruments) de la Organización Internacional de Metrología Legal.

Si bien es cierto, esta norma aún se encuentra en fase de proyecto en México (no ha sido publicada en el Diario Oficial) se incluye en este trabajo, ya que amplía los conceptos presentados en las normas que la anteceden (NMX-CH-003-1993 “Instrumentos de Medición – Manómetros de Presión, Vacuómetros y Manovacúómetros Indicadores y Registradores con Elementos Sensores Elásticos (Instrumentos Ordinarios)” y NMX-CH-026-1967 “Calidad y Funcionamiento de Manómetros”).

Concluyendo con la norma referente a la magnitud presión y sus aspectos relevantes, se procede a presentar las normas relacionadas con el área de temperatura.

5.3.3. NORMAS DE REFERENCIA PARA LA MAGNITUD TEMPERATURA.

5.3.3.1. NMX – CH – 70 – 1993 - SCFI INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN - TERMÓMETROS BIMETÁLICOS DE CARÁTULA³⁸

³⁸ Fuente <http://www.economia-nmx.gob.mx/>

Esta norma contiene ciertos aspectos relacionados con la Metrología industrial en el área de termometría, que también es de mucha importancia para la elaboración de las alternativas de solución.

Dentro de estos aspectos se pueden mencionar, así como anteriormente se explico en la magnitud de Mediciones Eléctricas son: el objetivo de la norma, especificaciones y métodos de prueba.

El objetivo y campo de aplicación se incluye de forma textual y se presenta a continuación:

Objetivo.

“La presente Norma establece las especificaciones que deben cumplir los termómetros bimetálicos de carátula utilizados en la medición de temperatura y los métodos de prueba para verificar sus especificaciones”

En cuanto a las especificaciones, describe ciertos aspectos o características que deben cumplir estos instrumentos tales como:

- El protector de la escala debe ser de vidrio u otro material transparente que no impida o dificulte la lectura de las indicaciones y resista la temperatura máxima de protección.
- La carátula del instrumento debe ser de color contrastante con las líneas e indicaciones de graduación, la aguja indicadora debe ser de material anticorrosivo, resistente a la temperatura máxima de protección, terminar en punta o en punta truncada, siempre y cuando ésta no exceda el ancho de las líneas de graduación.
- El instrumento debe impedir la entrada de humedad a sus mecanismos.

Con relación a los métodos de prueba, se incluyen tres tipos, las cuales son: inspección visual y / o manual, hermeticidad y exactitud.

El primero de éstos se realiza por medio de la expresión de resultados, para realizarlo se procede de la siguiente manera:

- Anotar el material de la caja y el bisel y el tipo de ensamble de estos para retener el protector.
- Indicar el material del protector transparente.
- Se indica el color del fondo de la carátula y el color de las líneas de graduación.
- La visibilidad de las líneas de graduación, el material de la aguja y el diseño en la punta, comprobando que no exceda el ancho de las líneas de graduación.
- Anotar de que material está fabricado el vástago.
- Indicar las unidades de graduación.
- Anotar la escala del termómetro y su división mínima.
- Señalar las condiciones de acabado del termómetro, verificando que éste no posea defectos o daños que afecten su funcionamiento, presencia de corrosión, abolladuras, ralladuras, porosidades y que el protector de la escala no tenga defectos que impidan la lectura de la misma.

Otro tipo de prueba es la de hermeticidad, la cual se realiza de la siguiente forma:

- Contar con una tina de 60cm de profundidad.
- Depositar el termómetro a probar en el fondo de la tina con agua.
- Verificar que la profundidad con respecto a la superficie del agua sea de 30cm. como mínimo
- Mantener esta condición por un periodo de dos horas.
- No debe existir ninguna señal de humedad en el interior de la carátula a temperatura ambiente.

El último método de prueba a utilizar es el de exactitud, para poder realizarlo se debe contar con un Termómetro patrón, que posea una clase de exactitud y alcance de medición superior a la del termómetro a probar, además Baños de temperatura constante.

Para realizar esta prueba, se deben desarrollar los siguientes pasos:

- El baño de temperatura, con las soluciones apropiadas para altas y bajas temperaturas, deben ponerse a la temperatura menor de prueba, siendo esta constante y homogénea.
- Se coloca el termómetro patrón en el centro del baño, estabilizando la temperatura en la escala.
- Los termómetros a verificar se colocan lo más cercano del termómetro patrón, dejando que se estabilice la temperatura en ambos durante 5 minutos, dando ligeros golpes en el termómetro de prueba con el fin de eliminar los errores por fricción del mecanismo de indicación.
- La inmersión de los termómetros será la que indique en la información técnica de estos. En caso de no contar con ésta, la inmersión será como mínimo de 5 cm. En el fluido, se efectuarán 6 lecturas de temperatura 15%, 30%, 45%, 60%, 75% y 90% de la escala partiendo de su límite menor.

Finalizando con la norma vinculada a los termómetros bimetálicos de carátula, también se presenta otra de importancia referente a los termómetros de líquido en vidrio y termopares.

5.3.3.2. NORMA INDUSTRIAL JAPONESA JIS 7411.

En esta norma se presentan dos apartados de gran importancia, como son:

1. Termómetros de Líquido en Vidrio (TLV)
2. Termopares o termocuplas.

TERMÓMETROS DE LÍQUIDO EN VIDRIO.

El principio de operación de los TLV se basa en la dilatación térmica de un líquido dentro de un capilar de vidrio; es decir, los cambios de volumen del líquido del capilar expresan cambios de temperatura en él. La expresión que describe el funcionamiento es la siguiente:

$$V(t) = V(t_0)[1 + k(t - t_0)]$$

Donde:

K = coeficiente de expansión diferencial entre el líquido y el vidrio.

V(t₀) = es el volumen del capilar a una temperatura t₀.

V(t) = es el volumen del capilar a una temperatura t.

USOS Y CUIDADOS.

Los TLV son instrumentos frágiles y por lo tanto debe usarse cuidadosamente para evitar romperlos. A continuación se presentan algunas consideraciones para el uso adecuado de éstos:

- Deben mantenerse en posición vertical.
- Cuando se utilizan los termómetros con líquidos que mojan el vidrio, debe esperarse un tiempo suficientemente larga para que todo líquido escurra y su menisco se mantenga estable y posteriormente tomar las lecturas.
- Los termómetros que utilizan líquidos orgánicos no deben exponerse directamente a la radiación solar.
- Durante el traslado de los termómetros, lo más recomendable es envolverlos en un material blando.
- Antes de hacer la calibración de un termómetro o antes de usarlo por vez primera, es necesario hacerle una inspección visual con microscopio o lupa de suficiente aumento para aceptar o rechazar dichos termómetro.

MÉTODOS DE CALIBRACIÓN.

Existen dos métodos para hacer calibraciones de los TLV:

1. Calibración por puntos fijos.
2. Calibración por comparación.

CALIBRACIÓN POR PUNTOS FIJOS.

Se realiza utilizando celdas de puntos fijos que se encuentran especificados en la Escala Internaciones de Temperatura de 1990 (EIT – 90).

La EIT – 90, se define mediante 17 puntos fijos que cubren el intervalo que va desde 0.65K hasta la más alta temperatura que se puede medir prácticamente con termometría de radiación. En el intervalo de operación de los TLV se pueden utilizar siete puntos fijos, de muy alta exactitud (uno o dos órdenes de magnitud mejor que los TLV), pero no es necesaria su utilización para calibrar este tipo de termómetros.

Por lo anterior este método es poco usual y no es recomendable pues resultas impractico y además costoso.

CALIBRACIÓN POR COMPARACIÓN.

Se realiza con ayuda de Termómetros Patrón de Resistencia de Platino (TPRP) o con Termómetros Patrón de Mercurio (TPM), dependiendo de la exactitud que se requiera. El conjunto de termómetros recomendados como patrón, son construidos bajo la norma ASTM y se conocen como termómetros de precisión, en el Anexo 5.4. se presenta dicha información.

En la calibración de TLV por comparación, existen tres diferentes métodos de acuerdo a su inmersión, éstos son:

- Calibración de termómetros de inmersión total.
- Calibración de termómetros de inmersión total a inmersión parcial.
- Calibración de termómetros de inmersión parcial.

El equipo que se utiliza para la calibración de los TLV en laboratorios internacionales es el siguiente:

- Baños de calibración (utilizando agua, aceite o sales)

- Baño para el punto triple del agua.
- Celda para el punto triple del agua.
- TRP.
- Puente termométrico.
- Termómetros de mercurio.
- Termómetros de líquidos orgánicos.
- Termómetros faden.
- Telescopios, microscopios.

BAÑOS DE CALIBRACIÓN.

1. PUNTO DE FUSIÓN DEL HIELO (PREPARACIÓN)
2. BAÑOS DE LÍQUIDOS PARA CALIBRACIÓN.

PUNTO DE FUSIÓN DEL HIELO (PREPARACIÓN)

La preparación de éste requiere de buena limpieza de todos los utensilios que se involucran en su realización, se debe utilizar guantes esterilizados o las manos aseadas, esto con el fin de no contaminar el hielo con las sales que normalmente tiene el sudor de las manos. Dichas sales normalmente deprimen la lectura del punto del hielo.

El hielo que se utiliza debe hacerse con agua destiladas, debe molerse para obtener granos muy finos (esto ayuda a incrementar el contacto entre el termómetro y la mezcla de hielo y agua). La preparación consiste en llenar un recipiente con agua destilada preenfriada y hacer la combinación lo más compacta posible. No debe existir exceso de agua (en caso de que esto suceda, el agua se debe extraer con una pequeña manguera colocada en el recipiente).

La buena combinación de hielo y agua entrega el punto de fusión del hielo con buena reproducibilidad aproximada de 5mK. Se puede utilizar una varilla de vidrio para

formar el espacio donde se colocarán los termómetros. Una indicación de que se ha hecho un buen punto del hielo es colocar el termómetro en el baño y dejarlo libre, si éste tiende a sumergirse completamente, es necesario compactar más el hielo; en caso de que el termómetro toque una parte sólida al momento de su inmersión, aquél debe removerse del baño y pulverizarse o retirarse la parte sólida.

El baño de hielo debe dejarse estabilizar por aproximadamente 10 minutos antes de colocar los termómetros. Cuando se colocan los termómetros éstos a su vez deben dejarse por un espacio de 2 a 3 minutos antes de tomar las lecturas, en el caso de termómetros de mercurio. Para termómetros de líquidos orgánicos es necesario esperar 15 a 20 minutos antes de tomar las lecturas.

BAÑOS DE LÍQUIDOS PARA CALIBRACIÓN.

Para realizar calibraciones por comparación se requiere de un ambiente de temperatura controlada. Cuando se trabaja con TLV se usa generalmente un baño líquido, ya que requieren de un medio estable y con el cual puedan tener un adecuado contacto térmico. Esto es válido generalmente para la mayoría de termómetros de contacto.

TERMOPARES O TERMOCUPLAS.

METODO DE CALIBRACIÓN.

La unión de los metales debe hacerse con mucho cuidado, debe evitarse retorcer los alambres o doblarlos en forma que puedan inducirse tensiones. Para evitar la presencia de ruido térmico, es necesario que la unión fría del termopar permanezca sumergida unos 15 cm dentro del punto del hielo.

La calibración de termopares se puede realizar por uno o más de los siguientes métodos generales:

- a) Por comparación con un termopar calibrado en un horno eléctrico.
- b) Por comparación con un TPRP en un baño líquido.
- c) Medición en ciertos puntos fijos termométricos de la EIT – 90.

La calibración directa entre puntos fijos no es apropiada, siendo lenta, imprecisa y limitada a las temperaturas disponibles. Las técnicas de comparación son más versátiles y pueden realizar calibraciones de varios sensores a la vez de gran panorama de automatización. La comparación se puede realizar contra un termopar de referencia contra un TPRP, además se puede calibrar alambres para termopar contra una referencia termoelectrica patrón de platino por uno de los dos métodos de comparación antes mencionados.

Para la calibración en intervalos de temperatura inferiores a 0°C se utiliza un crióstato; en tanto que por encima de 0°C se usan baños líquidos, celdas de solidificación de metales de hornos eléctricos tipo tubo. Se debe disponer también de hornos de vacío o de gas inherente en casos que se requiera.

En muchos casos se usan termopares sin calibración particular confiándose en las tablas de referencia suministradas por el fabricante del alambre, práctica que es recomendable si los requisitos de precisión no son muy elevados.

PROTOCOLO DEL PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN.

1. Examen preliminar.
2. Recocido eléctrico.
3. Montaje para la calibración.
4. Recocido en horno.
5. Calibración.
6. Informe de calibración.

Las normas anteriormente presentadas, serán utilizadas de referencia en el trabajo para la elaboración de las alternativas de solución, las cuales son presentadas a continuación:

5.4. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Para dar solución a lo planteado en este trabajo de graduación e identificado en el capítulo anterior, se tienen dos alternativas, las cuales son:

1. Contratar los servicios de calibración de una entidad, ésta puede ser tanto nacional como extranjera.
2. Adquirir los patrones de calibración, que permitan a la entidad calibrar sus instrumentos por cuenta propia.

Para desarrollar dichas alternativas, se procederá de la forma en que especificó en la metodología empleada en la propuesta.

5.4.1. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN.

En este apartado se desarrollan tres aspectos, los cuales son: requisitos a cumplir por las entidades que ofrecen el servicio de calibración, entidades a nivel nacional e internacional que lo prestan.

La obtención de la información presentada en este apartado, se obtuvo a través de los diferentes sitios web de cada entidad, así como de visitas a algunas instalaciones de éstas y las cotizaciones por medio de e-mail, fax, llamadas telefónicas.

5.4.1.1. REQUISITOS A CUMPLIR POR LAS ENTIDADES QUE OFRECEN EL SERVICIO DE CALIBRACIÓN.

Existen alrededor del mundo muchos laboratorios especializados que ofrecen el servicio de calibración, entre ellos los dominados: Laboratorios Primarios de Metrología (LPM), éstos tienen una jerarquía superior en cuanto a la trazabilidad de sus patrones y están agrupados según posición geográfica mostrada en el Anexo 5.5.

En cada región se tiene una referencia para la trazabilidad de los patrones, por ejemplo: NORAMET tiene el NIST y CENAM. El presente estudio ha delimitado los laboratorios de Metrología geográficamente ya que la calibración se realizara “in situ”.

Se ha escogido algunos laboratorios que pertenecen al Sistema Interamericano de Metrología (SIM), esta es una asociación de los laboratorios nacionales o primarios de los países miembros de la Organización de Estados Americanos (OEA), cuyo fin es contribuir al fortalecimiento y la armonización de los sistemas metrológicos del continente. El SIM esta conformado por cinco regiones como se muestra en el Anexo 5.6.

- América del Norte: NORAMET.
- Centroamérica: CAMET.
- Caribe: CARIMET.
- Cono Sur: SURAMET.
- ANDES: ANDIMET.

De estas 5 regiones, se presentan en el estudio 4 de ellas, excluyendo sólo a CARIMET. Pero aunque los laboratorios pertenezcan a alguna región determinada, esto no significa que su trazabilidad tiene que ser específicamente de su región, ya que existen laboratorios que presentan trazabilidad a patrones de pertenecientes a EUROMET, por ejemplo en El Salvador, el laboratorio de Metrología: Aragón Valencia y Asociados es un laboratorio que ofrece trazabilidad al PTB de Alemania.

Los requisitos a cumplir por parte de las entidades que ofrecen el servicio de calibración, se ha tomado como base lo establecido en norma ISO 17025 que se refiere a la acreditación de los laboratorios de calibración y ensayo, como parámetro en este estudio de lo cual se ha analizado lo siguiente:

La norma ISO/ IEC 17025, establece los requisitos de gestión y técnicos para poder determinar la competencia de los laboratorios de calibración y ensayo.

El presente análisis es de tipo cualitativo y tomará específicamente los aspectos técnicos de la norma, abarca desde el 5.2 hasta el 5.10 exceptuando el 5.1 y el 5.7.

En cada uno de los requisitos de la norma se establece los siguientes aspectos:

5.2 Personal.

Se destaca que este debe ser calificado sobre la base de una educación apropiada para realizar dicho trabajo, con el entrenamiento, experiencia y habilidad demostrada toda esta información debe estar disponible y debe incluir la fecha de autorización y confirmación de su competencia técnica, y si se le esta dando al personal el enterramiento para que desarrolle las estas habilidades se debe proveer la supervisión adecuada con políticas y procedimientos adecuados, además de poseer el perfil actualizado de puestos para todo el personal involucrado en los ensayos y / o calibraciones.

5.3 Instalaciones y condiciones ambientales.

Estas deben de ser las que faciliten un funcionamiento correcto de las calibraciones y ensayos que se realicen dentro de ella, ademas debe monitorear según los procedimientos previos establecidos las condiciones ambientales como pueden ser: polvo, temperatura, humedad relativa, vibración etc. Todos los factores que puedan influir sobre la calidad de los resultados.

Es importante recalcar también que se debe tener controlado el acceso y uso de áreas que puedan afectar la calidad de los resultados.

5.4 Métodos de calibración, ensayo y validación.

Los métodos y procedimientos apropiados para las calibraciones y ensayos debe incluir al menos el muestreo, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación del equipo que serán objeto de una calibración o ensayo, y la incertidumbre cuando sea apropiado de las mediciones según técnicas estadísticas. Todos estos métodos deben poseer instructivos sobre el uso y operación del equipo relevante, y si ocurriese alguna desviación de los métodos estas tienen que ser documentadas, justificadas técnicamente, autorizadas y aceptadas por el cliente.

Los métodos deben ser conocidos por los clientes de preferencia deben ser normalizados si estos han sido desarrollados en los laboratorios deben de ser una actividad planificada y asignada por un personal calificado y con los recursos necesarios y deben poseer la validación antes de ser utilizado.

5.5 Equipo

Un laboratorio debe de poseer todo los objetos de muestreo, equipo de medición requeridos para la correcta ejecución de sus actividades, y si se ve en necesidad de utilizar equipos de afuera debe asegurar que cumple los requisitos de la norma internacional. Es importante resaltar que el equipo debe establecer los programas de calibración para magnitudes o valores claves de los instrumentos cuando estas tengan un efecto significativo sobre la calidad de los resultados. Además la inclusión de los procedimientos para el manejo seguro, transporte, almacenamiento, mantenimiento de los mismos con el fin de evitar el deterioro. Es igualmente importante resaltar el correcto funcionamiento y estado del equipo con revisiones que den resultados satisfactorios antes de que un equipo realice un servicio.

5.6 Trazabilidad³⁹

Todo el equipo utilizado que tenga efecto significativo sobre la exactitud o validez de los resultados de calibración, ensayo y muestreo debe estar calibrado antes de prestar el servicio, así como poseer un programa y procedimiento de calibración de sus equipos.

Esta trazabilidad de los equipos en un laboratorio se establece al SI de sus patrones de medición y sus instrumentos de medida por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los enlazan a los patrones primarios relevantes de las unidades de medidas SI. El enlace al Si se puede alcanzar por referencia a un patrón nacional los cuales pueden ser de orden primarios. Cuando se usa servicios de calibraciones externas, la trazabilidad de las mediciones debe ser garantizada por el uso de servicios de calibración de laboratorios que puedan demostrar competencia, capacidad de medición y trazabilidad. Ver Anexo 5.7 para ejemplo de una carta de trazabilidad.

5.8 Manejo de objetos de ensayos y calibración

El laboratorio debe poseer procedimientos de transporte, recepción, manejo, protección, almacenamiento, retención y disposición de los objetos de ensayos y calibración, además de un sistema para identificar a los mismos, durante su permanencia en el laboratorio, éste debe ser diseñado de manera que los objetos no se confundan físicamente o cuando se hace referencia a ellos en registros o documentos que se mencionen.

³⁹ Fuente http://www.inymet.com.mx/Traz_Elec.PDF

5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración

Para lograr este ítem se debe tener procedimientos de control de calidad para monitorear la validez de los resultados de los ensayos y calibraciones y los resultados tienen que ser registrados a modo que se pueda detectar la tendencia de los mismos, este monitoreo se debe planificar y revisar para su cumplimiento.

5.10 Informe de Resultados.

Es un reporte de cada uno de los ensayos y calibraciones realizados en una manera clara y objetiva. Estos informes se denominan Informe de Ensayos o Certificados de calibración según sea el caso y deben incluir toda la información requerida por el cliente y para poder dar la interpretación adecuada del mismo los requisitos mínimos que debe contener son:

- Título: “Certificado de Calibración” o “Informe de Ensayo”.
- Nombre, Dirección, Localización donde se han sido realizadas las calibraciones.
- Identificación única del certificado de calibración o informe de ensayo (como número seriado).
- Nombre y dirección del cliente.
- Identificación del método usado.
- Descripción, condición e identificación sin ambigüedad de los objetos calibrados o ensayados.
- Fecha de recepción de los objetos y aplicación de los resultados y fechas de realización del ensayo y / o calibración.
- Referencia al plan y los procedimientos de muestreo utilizados
- Resultados de la calibración y / o ensayos
- Nombres, funciones y firmas o equivalente de las personas que autorizan el certificado de calibración o informe de ensayo.

- Cuando sea relevante, una declaración al efecto de los resultados se refieren únicamente a los objetos calibrados o ensayados.
- Ver Anexo 5.8. para ejemplo de un certificado de calibración.⁴⁰

Según con las especificaciones antes mencionadas, se presenta en el ANEXO 5.9. dos tablas, una referente a los laboratorios nacionales y otra a los laboratorios internacionales que han cotizado para realizarse dicho análisis con el objeto de calificar la igualdad de condiciones de los mismos cabe resaltar que dicho análisis se hará en base a las paginas Web, blochure de las entidades que prestan el servicio de calibración.

Además se tiene que tomar en consideración que la Organización en estudio requiere que las calibraciones se lleven a cabo en la planta o “in situ”, debido al equipo existente en la Central.

Después de exponerse los principales requisitos a cumplir por las entidades, seguidamente se presentan las generalidades y especificaciones de éstas.

5.4.1.2. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN A ESCALA NACIONAL.

En el Anexo 5.10. se presenta una ilustración, que servirá de guía al lector en cuanto a los servicios de calibración en el ámbito nacional.

Dentro de las entidades que ofrecen el servicio de calibración, están:

- Aplicaciones Tecnológicas de Centroamérica S.A. de C.V. APLITEC
- Aragón Valencia & Asociados S.A. de C.V.
- Laboratorio de Metrología Legal del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT.
- Laboratorio de Metrología y Materiales de la Universidad Don Bosco.

⁴⁰ Fuente <http://www.caltechnix.com.mx/downloads.PDF>

Las generalidades de estas entidades, se presentan a continuación:

APLICACIONES TECNOLÓGICAS DE CENTROAMÉRICA S.A. DE C.V. APLITEC

APLITEC, SL. es una empresa con capacidad para abordar todo tipo de obras dentro de lo que podríamos definir como Ingeniería de Servicios.

El papel que desempeña el equipo humano de APLITEC es de gran importancia dada la calificación y el probado bagaje de experiencia, que nos permite ser ágiles y eficaces en la petición directa de atención al cliente y en desarrollar aquello que se necesite en plazos breves y con una repercusión económica ajustada y competitiva.

APLITEC ha apostado por la línea de ingeniería de instalaciones y mantenimiento de servicios, tanto de obra pública como privada y, fundamentalmente, el servicio de calibración.

El laboratorio con que cuenta Aplitec para ofrecer dicho servicio fue acreditado por United Kingdom Accreditation Service (UKAS), Inglaterra. Y ofrece los servicios de calibración de los instrumentos de medición en las áreas de: presión y temperatura con trazabilidad demostrable al Instituto Nacional de Estándar y Tecnología (NIST), USA.

ARAGÓN VALENCIA & ASOCIADOS S.A. DE C.V.

El laboratorio de Metrología Industrial de esta entidad ofrece el servicio de calibración de instrumentos de medición en las áreas de Temperatura, Presión, Masas y Balanzas, en otras para lo cual emplea normas y procedimientos internacionalmente aceptados, con patrones de trazabilidad reconocidos por el Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB), Alemania y Instituto Nacional de Estándar y Tecnología (NIST),

USA . El personal de encargado de realizar las calibraciones es titulado y calificado para tal fin en Alemania, México, Venezuela, Colombia y USA.

LABORATORIO DE METROLOGÍA LEGAL. CONACYT.

El Laboratorio Nacional de Metrología Legal es un aporte importante para establecer el concepto de calidad en El Salvador, ya que impulsa sectores tan definitivos para el desarrollo del país como son: el industrial y comercial, ofreciendo sus servicios metrológicos bajo las más altas especificaciones tecnológicas, con patrones trazables al NIST.

LABORATORIO DE METROLOGÍA Y MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO.⁴¹

El Laboratorio de Metrología Industrial de la Universidad Don Bosco, cuenta con patrones e instrumentos de medición certificados y con trazabilidad a entidades metrológicas internacionales, como el NIST de los Estados Unidos y el DKD Deutscher Kalibrierdienst de Alemania. Además, dispone de instalaciones físicas con condiciones ambientales controladas. Sus servicios cubren las áreas de masas y balanzas, metrología dimensional, mediciones eléctricas, presión, termometría y mediciones químicas.

Habiéndose presentado las generalidades de los laboratorios de entidades a nivel nacional que ofrecen los servicios de calibración, se continuará con las organizaciones en el ámbito internacional.

5.4.1.3. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN A ESCALA INTERNACIONAL.

Al igual que a nivel nacional, en este apartado se presenta un gráfico para guiar al lector en el Anexo 5.11.

⁴¹ Fuente <http://udb.edu.sv>

En el ámbito internacional, algunas de las compañías que ofrecen el servicio de calibración y son las que han sido seleccionadas para el trabajo son:

- Caltechnix. México
- Centro Experimental de Ingeniería. CEI. Panamá.
- Centro Nacional de Metrología. CENAM. México
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) Perú.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) Argentina.
- Metrólogos Asociados (METAS) México.
- Superintendencia de Industria y Comercio de la República de Colombia (SIC)

Al igual que a escala nacional, se presentan a continuación las generalidades de cada una de las entidades tomadas en cuenta dentro del trabajo.

CALTECHNIX. MÉXICO⁴²

CalTechnix fue fundada en 1992 con el único propósito de prestar servicios de calibración para instrumentos de inspección, medición y prueba. Los socios fundadores aportaron la amplia experiencia acumulada en las áreas de calibraciones, instrumentación y relacionadas con la cual se respaldan sus servicios de calibración. Esta Compañía cuenta con instrumentos de calibración trazables al laboratorio de Metrología del CENAM.

CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERIA (CEI). PANAMÁ.⁴³

El Laboratorio Primario de Metrología (LPM) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) cuenta con el sistema de medición que es uno de los sistemas más

⁴² Fuente <http://www.caltechnix.com.mx>

⁴³ Fuente <http://www.utp.ac.pa/centroin/cei/Index.htm>

fundamentales en la regulación del intercambio de bienes y servicios en la sociedad. La Metrología juega un papel preponderante en un vasto número de actividades en la sociedad, desde investigación y desarrollo, comercio e industrias a faenas cotidianas de las personas.

El LPM es una dependencia del Ministerio de Comercio e Industrias cuya administración fue cedida a la UTP. El LPM fue establecido mediante la Ley 23 de 1997 y "facultado para custodiar, diseminar y conservar los patrones nacionales y establecer la uniformidad y confiabilidad de las mediciones que se realicen en el país".

El LPM ha ido expandiendo su rango de actividades para responder a la creciente demanda de los sectores productivos del país en sus actividades tanto en el mercado local, como también en el altamente competitivo mercado internacional. Con un personal altamente capacitado, instrumentos y patrones de primera calidad trazados en los mejores laboratorios del mundo, el LPM ofrece servicios de calibración, programas de capacitación, soluciones a problemas metroológicos y asesorías en calidad.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA. CENAM. MÉXICO

La Ley Federal Mexicana sobre Metrología y Normalización, faculta al CENAM para ofrecer servicios de calibración y emitir certificados como laboratorio primario del Sistema Nacional de Calibración. Todas las calibraciones realizadas por el CENAM son trazables a Patrones Nacionales, dichos patrones están referidos al SI y han sido desarrollados conformes a los lineamientos establecidos por la Conferencia General de Pesas y Medidas.

En el CENAM se realiza un programa permanente de comparaciones de sus Patrones Nacionales con los de diversos países del mundo, principalmente con aquellos que México tiene mayor intercambio comercial. Entre estos destacan el National Institute of Standards and Technology (NIST) de los Estados Unidos de América y el National

Research Council (NRC) de Canadá, así como el Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL (INDECOPI) PERÚ.⁴⁴

El Servicio Nacional de Metrología del INDECOPI fue creado en 1983 para promover el desarrollo de la Metrología en el país y contribuir a la difusión del Sistema Legal de unidades de medida del Perú (SLUMP) En ese sentido, atiende todas las consultas que se puedan presentar desde el sector público como desde el privado, y conserva, custodia y mantiene todos los patrones nacionales de medida, y ofrece los servicios de calibración y certificación metrológica a la industria, la ciencia y el comercio en general.

Los laboratorios de calibración del INDECOPI están concebidos para dar un servicio de calibración integral, cumpliendo los requisitos establecidos por la ISO/IEC 17025: 2000. A través de estos servicios se realizan trabajos de certificación y comprobación de todo tipo de aparatos de medida con el fin de asegurar el sistema de calidad de los equipos que emplea su empresa.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) ARGENTINA.⁴⁵

Este instituto custodia la gran mayoría de los patrones de medida en su país Argentina, es el referente obligado de toda cuestión metrológica, tema que abarca a todo sector industrial.

Posee laboratorios para ensayos por valor de más de 20 Millones de dólares, que no tienen correlato en ninguna organización del país. Además tiene un organismo de certificación que verifica el cumplimiento de normas en más de diez rubros industriales

⁴⁴ Fuente <http://www.indecopi.gob.pe>

⁴⁵ Fuente <http://www.inti.gov.ar/>

de Argentina y tiene laboratorios acreditados ante el Organismo Argentino de acreditación, el United Kingdom Accreditation Service (UKAS) del Reino Unido, la Entidad Nacional de Acreditación y Certificación (ENAC) de España y el Deutscher Kalibrierdienst (DKD) de Alemania.

METRÓLOGOS ASOCIADOS (METAS) MÉXICO.⁴⁶

En este laboratorio de Metrología industrial, se ofrecen servicios profesionales de calibración de instrumentos de medición conformados en el programa de aseguramiento de calidad en acorde con:

- ISO/IEC 17025
- ISO 9000 (7.6)
- QS 9000
- Completamente con los requerimientos ISO 10012-1
- ANSI/NCSL Z540-1-1994
- MIL-STD-45662A
- ANS/ANSI 10CFR50 Apéndice B
- ANS/ANSI 10-CFR-21
- ANS/ANSI 45.2

Los servicios de calibración cuentan con trazabilidad a constantes físicas fundamentales y a los patrones nacionales mantenidos por:

- CENAM
- NIST.

⁴⁶ Fuente <http://www.metras.com.mx/>

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (SIC)⁴⁷

La Superintendencia de Industria y Comercio es un organismo de carácter técnico, cuya actividad está orientada a fortalecer los procesos de desarrollo empresarial y los niveles de satisfacción del consumidor colombiano.

Entre las funciones de ésta, se tienen:

- Organizar y administrar el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología;
- Administrar los programas nacionales de control industrial de calidad, pesas, medidas y Metrología;
- Organizar los laboratorios primarios de control de calidad y Metrología.

En referencia al sistema nacional de Normalización, certificación y Metrología se puede mencionar que tiene como objetivos fundamentales promover en los mercados la seguridad, la calidad y la competitividad del sector productivo o importador de bienes y servicios y proteger los intereses de los consumidores. En este aspecto la Superintendencia establece, coordina, dirige y vigila los programas nacionales de control industrial de calidad, pesas, medidas y Metrología, y organiza los laboratorios de control de calidad y Metrología que considere indispensables para el adecuado cumplimiento de las funciones, así también se encarga de acreditar y supervisar los organismos de certificación, los laboratorios de pruebas ensayos y de calibración que formen parte del sistema.

De todos los organismos mencionados anteriormente, se procede al detalle de los servicios específicos en las áreas de mediciones eléctricas, presión y finalmente temperatura.

⁴⁷ Fuente <http://www.sic.gov.cog>

MEDICIONES ELÉCTRICAS

Al igual que en las generalidades se presentaran primeramente los organismos a escala nacional y posteriormente a nivel internacional. El detalle involucra instrumentos que pueden calibrar, intervalos de trabajo y en algunos se especifican los métodos de calibración utilizados.

ARAGÓN VALENCIA & ASOCIADOS S.A. DE C.V.

En el área de eléctrica, Aragón Valencia ofrece los siguientes servicios:

- Calibración de Multimetros.
- Calibración de wathhorímetros.
- Calibración voltímetros.
- Calibración de amperímetros.
- Calibración de watímetros.

El patrón utilizado para las calibraciones de los instrumentos antes detallados, se realiza con un Multímetro trazable al NIST.

LABORATORIO DE METROLOGÍA Y MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO.

En Mediciones Eléctricas, la Universidad Don Bosco cuenta con patrones que miden o generan magnitudes eléctricas, tales como: amperímetros (intensidad de corriente), voltímetros (diferencial de potencial), medidores de resistencia, medidores de potencia, fases y otras magnitudes

Los servicios que este laboratorio ofrece en el área de mediciones eléctricas son:

- Calibración de instrumentos de medición eléctrica, tales como: multímetros, calibradores de proceso, voltímetros, etc.

- Calibración de instrumentos de generación eléctrica, tales como: fuentes de voltaje, fuentes de corriente, resistencia, etc.

En escala internacional las especificaciones de los organismos que ofrecen los servicios de calibración en mediciones eléctricas son las siguientes:

CALTECHNIX. MÉXICO.

El laboratorio de eléctrica de la compañía Caltechnix, ofrece los siguientes servicios de calibración:

- Equipos Multifunción.
- Equipos eléctricos de Wika.

CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERIA. CEI. PANAMÁ.

En este laboratorio de Panamá, se calibran instrumentos de medición con las siguientes especificaciones:

- Medición de resistencias eléctricas, resistencias de aislamiento.
- Resistividad, volumétrica y superficial.
- Calibración de amperímetros y voltímetros para A.C. y D.C.
- Calibración de medidores de resistencia eléctrica.

Con intervalo de 0.0001 hasta 2M.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA. CENAM. MÉXICO

El laboratorio del CENAM cuenta con una dirección de mediciones eléctricas con divisiones en mediciones electromecánicas y de tiempo-frecuencia, en los cuales se brinda los siguientes servicios entre otros:

- Calibración de Voltímetros usando el método de comparación y los intervalos varían de acuerdo al punto a calibrar.
- Frecuencímetros desde 0 hasta 10 MHz, usando los métodos de medición directa de frecuencia y medición de diferencia de fase.

INDECOPI. PERÚ.

A través, de su Laboratorio de Electricidad el INDECOPI, brinda servicios de calibración y medición de la intensidad de corriente, la tensión y la resistencia de los instrumentos de medida tales como amperímetros, voltímetros, vatímetros y multímetros utilizados en todos los sectores de la industria, incluso, en los laboratorios de calibración y ensayo.

Este laboratorio ofrece los siguientes servicios de calibración:

- Amperímetros analógicos y digitales AC / DC hasta de 20 A.
- Voltímetros analógicos y digitales AC / DC hasta 1100 V.
- Vatímetros analógicos y digitales hasta 220 V / 110 A.

METRÓLOGOS ASOCIADOS (METAS) MÉXICO.

Este laboratorio referente a las mediciones eléctricas ofrece la calibración de los siguientes instrumentos:

- Equipo Multifunciones Eléctricas:
 - Multímetros digitales hasta 5 ½ dígitos
 - Multímetros Analógicos
 - Wattímetros
 - Analizadores de Potencia Armónica
 - Calibradores de Proceso
 - Registradores
 - Amperímetros de Gancho
 - Décadas de Resistencia y Capacitancia

- Indicadores de Proceso (4 a 20 mA, 0 a 10 V, etc.)
- Indicadores de Temperatura (TC & RTD)

- Termómetros (indicadores & generadores sin sensor):
 - Analógicos
 - Digitales

Los intervalos de medición son los siguientes:

- Corriente C.D.& C.A. 30 mA a 11 A & 500 A
- Tensión C.D. & C.A. 1 mV a 1 020 V
- Resistencia 330 MW
- Potencia C.D. & C.A. 11 kW

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (SIC)

El laboratorio de tiempo y frecuencia del SIC ofrece los siguientes servicios:

- Calibración de contadores de frecuencia, utilizando el método de comparación de fase o medición directa con intervalos que van desde 1MHz hasta 10MHz.

Habiendo terminado las especificaciones de mediciones eléctricas se continúa con la siguiente magnitud de estudio: presión, procediéndose de igual manera que en las mediciones eléctricas.

METROLOGÍA DE PRESIÓN

APLICACIONES TECNOLÓGICAS DE CENTROAMÉRICA S.A. DE C.V. APLITEC.

En el área de presión se calibran los siguientes instrumentos:

- Manómetros desde -1 hasta 2000 mbar.

- Manómetros desde -1 hasta 20 bares.
- Manómetros desde 10 hasta 1000 bares.
- Manómetros desde 10 hasta 1000 bares utilizando el calibrador digital PC6 Pro inteligente

ARAGÓN VALENCIA & ASOCIADOS S.A. DE C.V.

Aragón Valencia en el área de manometría ofrece la calibración de los equipos siguientes:

- Manómetros.
- Barómetros.
- Manovacúómetros.

LABORATORIO DE METROLOGÍA LEGAL. CONACYT.

Dentro de los servicios que prestan en el área de presión se encuentran:

- Calibración de manómetros para sistemas hidráulicos de intervalos desde 0 hasta 5000 PSI.
- Comparación de medidores de humedad relativa y temperatura (termohigrógrafos).

LABORATORIO DE METROLOGÍA Y MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO.

En el área de presión este laboratorio cuenta con patrones para la calibración de equipos de medición de presión, desde manómetros análogos, neumáticos o hidráulicos hasta transductores de presión y vacuómetros.

Servicios:

- Calibración de manómetros o transductores hidráulicos hasta 1,100 bar (16.7kpsi)
- Calibración de manómetros o transductores neumáticos hasta 60 bar (882psi)
- Calibración de vacuómetros o transductores de vacío 0-1 bar (0-14.7psi)
- Calibración de manómetros por comparación.

Después de presentar las especificaciones de las entidades a nivel nacional se procede a continuación con las entidades Internacionales.

CALTECHNIX. MÉXICO

El laboratorio de Caltechnix, en el área de presión ofrece los siguientes servicios de calibración:

- Barómetros:
 - Análogos
 - Digitales
 - De Mercurio
- Balanzas de pesos muertos
- Manómetros:
 - Diferenciales
 - Digitales
 - Análogos
- Manovacúómetros

CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERIA. CEI. PANAMÁ.

En el área de presión, ofrece los siguientes servicios:

- Calibración de manómetros utilizando agua (también para gases) de 10 a 8000 psi (0.1 a 55 Mpa)

- Calibración de manómetro de aceite de 1 kg/cm² a 1300 kg/cm² y de 5 psi a 16000 psi (0.03 a 110 Mpa)
- Calibración de esfignomanómetros (tensiómetros arteriales)
- Verificación de mecanismos de seguridad.

Con intervalos de 10 a 16000 psi y 0.7-1100 kg/cm², utilizando el método de fluctuación cruzada y de comparación directa con el patrón.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA. CENAM. MÉXICO

El CENAM cuenta con la dirección de Metrología mecánica, la cual tiene una división conocida como Fuerza y Presión, donde se calibran muchos instrumentos entre los cuales están:

- Manómetros desde 0 kPa hasta 150 kPa y 175 kPa hasta 500 Mpa por método de comparación.
- Vacuómetros desde 1 x 10⁻⁸ mbar/s hasta 50 mbar/s, por método de Incremento de presión a volumen constante.
- Balanzas de presión desde 20 kPa hasta 175 kPa y 175 kPa hasta 500 Mpa, por método de Flotación cruzada.
- Instrumentos de medición de fuerzas de tensión y compresión entre otros con intervalos desde 50 kN hasta 500 kN y 0,5 MN hasta 2 MN usando el método de comparación.

INDECOPI. PERÚ.

Este laboratorio brinda servicios de calibración a la industria que emplea instrumentos de medición de presión. Los servicios de calibración contemplan los siguientes instrumentos:

- Manómetros, vacuómetros y manovacúómetros patrones analógicos o transductores digitales, clase 0,1 a 0,6 con intervalos hasta 600 bar; neumáticos de - 1 bar a 7 bar.
- Manómetros vacuómetros y manovacúómetros de trabajo analógicos o transductores digitales, clase 1,0 a 4,0 con intervalos hasta 600 bar; neumáticos de - 1 bar a 7 bar.
- Manómetros patrones de pistón y pesas, clases 0,05 ; 0,1 y 0,2 con intervalos hasta 600 bar; neumáticos de - 1 bar a 7 bar.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) ARGENTINA.

En manometría ofrece los siguientes servicios:

- Calibración de manómetros de 0 Bar (Presión Relativa) a 1200 Bar (Presión Relativa) Clases 0.1, 0,25, 0.5, 1 y superiores.
- Presostatos y sensores eléctricos con salida analógica.
- Verificación de balanzas manométricas.

METRÓLOGOS ASOCIADOS (METAS) MÉXICO.

El laboratorio de Metrología de presión ofrece la calibración de:

- Balanza de Presión o Pesos Muertos (neumática e hidráulica)
- Manómetros (P. relativa, positiva)
- Vacuómetros (P. negativa)
- Manovacúómetros
- Barómetros:
 - Mercurio
 - Analógicos aneroide
 - Digitales
- Columnas de Líquido:
 - Mercurio
 - Agua

- Aceite

El intervalo de medición es desde 12 KPa hasta 70MPa.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (SIC)

El laboratorio de Metrología industrial del SIC en el área de manometría, ofrece los siguientes servicios de calibración:

- Manómetro de Pistón, de carátula y electrónico
- Calibrador mecánico y electrónico, desde 1.5Kpa hasta 280Mpa, utilizando los métodos de gas, vacío, presión absoluta e hidráulico

Con lo descrito anteriormente se da por finalizado las especificaciones de los laboratorios respecto a la magnitud presión y se procede a continuación con la siguiente magnitud: termometría.

TERMOMETRÍA

Al igual que en las magnitudes anteriores se presentarán las especificaciones de las organizaciones a nivel nacional, posterior a éstas se muestran las entidades en el ámbito internacional.

APLICACIONES TECNOLÓGICAS DE CENTROAMÉRICA S.A. DE C.V. APLITEC

APLITEC en el área de Termometría ofrece los siguientes servicios de calibración:

- Termómetros de líquido en vidrio.
- Termopares.
- Termocuplas.

ARAGÓN VALENCIA & ASOCIADOS S.A. DE C.V.

El laboratorio de Termometría de Aragón Valencia, cuenta con el equipo para realizar la calibración de los siguientes instrumentos:

- Termómetros análogos.
- Termómetros digitales.

LABORATORIO DE METROLOGÍA LEGAL. CONACYT.

En el área de termometría se calibran los siguientes instrumentos de medición:

- Termómetros de líquido en vidrio con un intervalo de -20°C hasta 450°C , con tres puntos de calibración.
- Termocuplas o termopares con cuatro puntos de calibración, con intervalos de -20°C hasta 650°C .
- Termoresistencias de platino en cinco puntos de calibración con intervalo de -20°C hasta 650°C , usando el método de comparación y baños termostáticos para generar la temperatura de prueba sugerida por la norma ASTM E1.
- Caracterización de autoclaves, hornos, incubadoras, secadoras: determinación de perfil de temperatura en el interior usando cuatro sondas.

LABORATORIO DE METROLOGÍA Y MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO.

En termometría se cuenta con patrones para la calibración y caracterización de instrumentos de medición de temperatura.

Servicios:

- Calibración de termómetros de resistencias de platino (PRT) desde -20°C hasta 660°C .

- Calibración y caracterización de resistencias de platino de -20°C hasta 660°C, y termocuplas desde -20°C hasta 1 100°C.
- Calibración de termómetros de líquido en vidrio, resistencia de platino y termocuplas desde -20°C hasta 400°C.

Habiendo presentado las especificaciones de las entidades a nivel nacional se procede a continuación con las entidades Internacionales.

CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERIA. CEI. PANAMÁ.

- Calibración de capacitadores e inductores.
- Calibración de termómetros clínicos.
- Calibración de termómetros de uso en laboratorios y en la industria de mercurio o bimetálico, controladores y registradores de temperatura.
- Construcción y calibración de termopares.

El intervalo de medición desde -20 hasta 200 °C y de 200 °C en adelante, por el método de comparación directa con el patrón.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA. CENAM. MÉXICO

Cuenta con los servicios de calibración en la dirección de Metrología eléctrica en la división de termometría y ofrece los siguientes servicios:

- Calibración de termómetros de resistencia de platino desde 0 °C hasta 400 °C y 0°C hasta 232 °C por método de puntos fijos.
- Calibración de termómetros de líquido en vidrio de 80 °C hasta 160 °C y 0°C hasta 100 °C usando el método de comparación.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL (INDECOPI) PERÚ.

Su Laboratorio de Temperatura atiende la demanda de los sectores industriales que requieren calibrar y asegurar la confiabilidad de los instrumentos de medición tales como termómetros de líquido en vidrio, termómetros de indicación digital o analógica, termopares e higrómetros. Usualmente solicitan este tipo de servicios de calibración la industria farmacéutica, laboratorios de ensayo, la industria petrolera, de alimentos y el sector salud.

Ofrece los servicios de calibración de los siguientes instrumentos:

- Termómetros bimetálicos de -30 hasta 300°C.
- Termómetros de líquido en vidrio -30 hasta 200°C
- Termómetros digitales -30 hasta 1000°C.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI) ARGENTINA.

En termometría el INTI ofrece los siguientes servicios:

- Calibración de termómetros de columna de mercurio o alcohol (0 a 100 °c)
- Termómetro y controles de temperatura digitales (0 a 250°C)
- Calibración de RTD de 0 a 250°C.
- Calibración de temperatura de 0 a 250°C
- Calibración de termómetros infrarrojo de 0 a 400°C
- Calibración de termómetros RTD en planta de 0 a 250°C

METRÓLOGOS ASOCIADOS (METAS) MÉXICO.

En Metrología de temperaturas se ofrece la calibración de los siguientes instrumentos:

- Termómetros:
 - Analógicos
 - Digitales

- Bimetálicos
- Líquido en vidrio
- Termistor
- Resistencia (RTD)
- Termopar

El intervalo de medición es de -20°C hasta 1200°C

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (SIC)

Los servicios de calibración en el área de termometría que el SIC ofrece son:

- Termómetros de inmersión y superficie desde -35°C hasta 1650°C, utilizando el método de comparación.
- Calibraciones en sitio según lo requerido.

Como punto complementario a esta alternativa de solución, se presenta un manual de bienvenida, el cual tiene como propósito familiarizar al personal de las entidades externas a la Central.

5.4.1.4. MANUAL DE BIENVENIDA.

En este apartado se presentan los diferentes aspectos que se le deben aclarar al ente que realice la calibración en situ, esto con el objetivo de definir los lineamientos a seguir o cumplir, para un excelente desarrollo de las actividades de calibración, tomando en cuenta ciertos puntos para la seguridad de las personas como del equipo que se encuentran en las instalaciones de la Central Hidroeléctrica.

A la persona encargada de realizar la calibración, se le deberá proveer de su equipo de seguridad mínimo para poder permanecer dentro de las instalaciones de la central,

este equipo consiste en un casco de seguridad; otro equipo como gabacha, guantes y calzado apropiado, deben ser previstos por la entidad ejecutora.

Seguidamente deberá presentársele una serie de recomendaciones que deben ser acatadas para garantizar la salud de dicha persona, además de los empleados, equipo y maquinaria utilizados en la Central.

Las recomendaciones son las siguientes:

- Respetar las señales de seguridad presentadas en los rotulados instalados en las paredes de las instalaciones.
- No manipular ningún dispositivo o equipo, a no ser que sea el equipo o instrumento a calibrar.
- Guardar el respeto necesario y debido a todo el personal de la central.
- Utilizar en todo momento su equipo de seguridad (casco) el cual le será proporcionado por la institución.
- Mantener el área de trabajo o donde se realizará la calibración, debidamente ordenado.
- Acatar otras disposiciones internas de la Central.

Además a la persona encargado de la calibración, se le debe asignar un empleado de la central, para que realice junto a él, un recorrido de inspección previo a realizar las actividades, con el propósito de identificar la ubicación de los dispositivos que requieren ser calibrados.

Por otro lado, esta persona tendrá que informar sobre cualquier anomalía que se presente en el desarrollo de las actividades, al Superintendente de la Central.

Finalizando con el desarrollo de los servicios de calibración, a continuación se presenta la segunda alternativa de solución.

5.4.2. ADQUISICIÓN DE PATRONES DE CALIBRACIÓN.

Esta es la segunda alternativa de solución, la cual consiste en la adquisición de los patrones de calibración, un aspecto de suma importancia, es que estos patrones deben ser portátiles, debido a que la calibración se desarrollará in situ. Al igual que en los servicios de calibración en el Anexo 5.12. se presenta una ilustración, del contenido de este apartado.

La información necesaria para desarrollar esta alternativa, fue obtenida a través de solicitud de cotizaciones a los fabricantes de patrones de calibración, para lo cual fue necesario crear una empresa ficticia debido a la poca apertura de los proveedores de servicios a revelar dicha información para fines académicos, así como a través de las páginas web, e-mail, vía fax a dichos fabricantes.

Como ya se mencionó anteriormente los instrumentos que se recomiendan deben ser calibrados, son los relacionados directamente con la calidad así como aquellos que son importantes para el control de proceso de generación. En la determinación de los fabricantes de estos patrones se baso en lo siguiente:

1. Instrumentos a calibrar.
2. Intervalos de medición de los instrumentos a calibrar.
3. Resolución de los instrumentos.
4. Incertidumbre de los instrumentos.

Es a partir de estos cuatro factores, que se han seleccionado las compañías con mayor renombre a escala internacional en cuanto a la fabricación de patrones de calibración, dentro de las cuales están:

- Beamex.
- DH Budenberg.
- Fluke.
- Hart Scientific.
- Iaco.

- Isotech.

Para obtener la información necesaria sobre los fabricantes de patrones de calibración, se procedió al igual que lo detallado en la metodología empleada en la propuesta.

A continuación se detallan algunos de algunos de los productos que pueden ser utilizados para la calibración de los instrumentos, iniciando con los fabricantes, posteriormente se presentan por cada magnitud donde se describen algunas especificaciones generales de los patrones.

BEAMEX.⁴⁸

Fabrica patrones que se pueden utilizar en las tres magnitudes, entre los cuales están:

- Calibrador Multifunción BEAMEX - MC5 (tres magnitudes)
- Calibrador para entradas Pt100 RTS24 (temperatura)
- Calibrador de señales de corriente y voltaje MIC10
- Regulador Automático de Presión POC4.

DH BUDENBERG.⁴⁹

Esta marca solamente fabrica instrumentos para la calibración en el área de presión, dentro de los cuales se tienen:

- Calibrador de Presión Portátil Modular, Serie 300.
- Calibrador de Presión Portátil, Serie PPS40.

⁴⁸ Información obtenida de <http://www.distron.es>

⁴⁹ Información obtenida de <http://www.dh-budenberg.com>

FLUKE.⁵⁰

Es uno de los fabricantes con mayor renombre en el área de las mediciones eléctricas, sin embargo ofrece productos que pueden calibrar las tres magnitudes en estudio. Algunos de sus instrumentos que pueden ser utilizados son:

- Calibrador Multiproducto 5500 A (mediciones eléctricas y temperatura)
- Electrical Power Estándar (mediciones eléctricas y temperatura)
- Calibrador de Temperatura 724
- Calibrador de Termocupla 714
- Módulo de Presión 718 100G

HART SCIENTIFIC.⁵¹

Esta es una de las marcas de patrones en el área de temperatura con mayor renombre internacional. Entre sus productos que pueden ser tomados en cuenta dentro del trabajo están:

- Field Dry - Well Calibrators Modelos 9103, 9140 y 9141
- Handheld Dry - Wells Modelos 9100S y 9102S
- Industrial Dual - Block Calibrator 9009
- Thermocouple Furnace Modelo 9150

IACO.⁵²

El fabricante Iaco, ofrece en el área de presiones su modelo PIC 100, que es un calibrador de presión.

⁵⁰ Información obtenida de <http://www.fluke.com>

⁵¹ Información obtenida de <http://www.hartscientific.com>

⁵² Información obtenida de <http://www.distron.es>

ISOTECH.⁵³

Isotech es junto a Hart Scientific uno de los fabricantes de patrones para la calibración de temperatura, con mayor renombre internacional. Entre sus productos están:

- Calibrador de Temperatura Quick Cal.
- Calibrador ISOCAL 6.

Habiéndose presentado los fabricantes, junto con los nombres de sus productos que pueden ser utilizados para las actividades de calibración, a continuación se muestran la descripción de cada uno de los productos anteriormente mostrados, ordenadas por el área de aplicación, posteriormente por el fabricante.

TODAS LAS MAGNITUDES

En este punto se contempla un instrumento que es capaz de calibrar las tres áreas en estudio.

BEAMEX.

- Calibrador Multifunción BEAMEX - MC5

Este calibrador multifunción calibra temperatura, presión, mediciones eléctricas y frecuencia, todo en un solo instrumento, además tiene la capacidad de almacenar datos y resultados de calibración de hasta 100 instrumentos.

Al igual que existe un instrumento que calibra las tres áreas de interés para el trabajo, también existen otros que pueden realizar la calibración de dos magnitudes, mediciones eléctricas y presión, estos patrones son descritos a continuación.

⁵³ Información obtenida de <http://www.isotech.co.uk> y <http://getec-chile.com>

MEDICIONES ELÉCTRICAS Y TEMPERATURA.

FLUKE.

Este fabricante ofrece dos productos que pueden realizar calibraciones tanto de mediciones eléctricas como de temperatura.

- Calibrador Multiproducto 5500A

El multiproducto 5500A de Fluke incluye un intervalo en corriente directa de $\pm 1020V$ y $\pm 20.5A$, con frecuencia desde 10Hz hasta 500KHz. En corriente alterna ofrece desde $33\mu A$ hasta 11A. Referente a potencia activa cubre hasta 11.2KW. En la magnitud temperatura puede realizar la calibración de termocuplas, así como termómetro de resistencia de platino (TRP)

- Electrical Power Standard 6100A

El modelo 6100A presenta una resolución en corriente y voltaje de hasta 6 dígitos, con intervalo de voltaje de $\pm 1008V$ y en corriente hasta 20A. En frecuencia, incluye un intervalo fundamental desde 16 hasta 450 Hz, intervalo de 0.1Hz e incertidumbre de 50ppm. Respecto a temperatura entrega una calibración entre 16 a 30°C.

Con los productos anteriormente mostrados, se cubrieron patrones que combinan dos o las tres áreas en estudio, ahora se continua con instrumentos que solamente se pueden utilizar para la calibración en un área.

MEDICIONES ELÉCTRICAS.

BEAMEX

Este fabricante ofrece un calibrador para señales de corriente y voltaje modelo MIC10.

- Calibrador de señales de corriente y voltaje MIC10

Además de la generación y medición simultáneas de corriente y voltaje, posee aislamiento galvánico, para una mayor seguridad del instrumento.

Concluyendo con la presentación del calibrador de señales de corriente y voltaje de Beamex, se procede a detallar los patrones que se pueden emplear para la calibración de manómetros.

PRESIÓN

BEAMEX

En el área de presiones, el fabricante Beamex cuenta con el regulador automático de presión POC4, entre otros.

- Regulador Automático de Presión POC4.

El modelo POC4 de Beamex, puede realizar calibraciones automáticas de presiones previamente programadas, con incertidumbre de $\pm 0.5\%$ de la amplitud del intervalo. Su intervalo es desde 0 hasta 170 bar. La calibración las puede realizar en unidades de bares, kilopascales y PSI.

DH BUDENBERG.

Este fabricante de patrones, ofrece en el área de presiones calibradores portátiles, en dos modelos Serie 300 y Serie PPS40.

- Calibrador de Presión Portátil Modular, Serie 300.

El calibrador portátil modular de la serie 300 del fabricante DH Budenberg, posee 11 selecciones de intervalos de calibración, 0 a 60Mpa, 0 a 8700PSI, etc. Puede calibrar tanto presiones absolutas como diferenciales. Tiene una exactitud de 0.025%.

- Calibrador de Presión Portátil, Serie PPS40.

La serie PPS40, ofrece al igual que la 300, una exactitud de 0.025%, con intervalos hasta 40Mpa y 5,800PSI. Puede ser utilizado en un ambiente desde 0 hasta 40°C.

FLUKE.

En el área de presiones la marca Fluke ofrece el módulo de calibración de presión, modelo 718 100G, entre otros.

- Módulo de Presión 718 100G.

Este modelo cuenta con una exactitud de 0.0.25%, y un intervalo hasta 10,000 PSI y 700 bar, es de tamaño compacto además posee un peso relativamente bajo.

IACO.

Su producto PIC 100 es un calibrador digital manual y el PC700 calibrador de presión portátil. Las características éstos son presentadas a continuación.

- Calibrador de Presión Digital Manual PIC 100.

El calibrador de presión modelo PIC 100, posee una precisión de $\pm 0.05\%$, intervalos de 0 a 10 bar, 0 a 1000bar, con un autoselector de intervalo

- Calibrador de presión PC700.

El modelo PC700 de Iaco, es un calibrador de presión portátil, con precisión de $\pm 0.05\%$ de gran estabilidad, posee intervalos desde 0 hasta 100 bar y 0 hasta 10,000 PSI. Ha sido fabricado de forma compacta, lo cual se adapta a las calibraciones en planta.

Después de haber sido descritos los patrones a utilizar en las áreas de mediciones eléctricas y presión, se continúa con la última en estudio, que es termometría.

TEMPERATURA

BEAMEX

- Calibrador para entradas Pt100 RTS24

El calibrador RTS24 del fabricante Beamex posee un intervalo desde -20 a 600°C , ha sido diseñado cumpliendo las normas IEC 751 / DIN 43760, además cuenta con 24 puntos fijos para la calibración.

FLUKE.

Para la calibración de la magnitud temperatura Fluke cuenta con los modelos 714 y 724, entre otros.

- Calibrador de Temperatura 724

El modelo 724 ofrece calibración de termocuplas y TRP, con intervalos de -200 hasta 1200°C , con exactitud de 0.7°C , dependiendo del tipo de termocupla o TRP que se desee calibrar. Presenta una resolución de 0.1°C .

- Calibrador de Termocupla 714

Incluye un intercalo de calibración para termocuplas desde -200 hasta 1800°C , con resolución de 0.1°C y exactitud de 0.3°C .

HART SCIENTIFIC.

- Field Dry - Well Calibrators Modelos 9103, 9140 y 9141

Estos tres modelos abarcan un intervalo de calibración desde -25 hasta 650°C , la exactitud es $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$, otorgando una estabilidad de $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$, además incorpora un certificado de trazabilidad del NIST.

- Handheld Dry - Wells Modelos 9100S y 9102S

Los modelos 9100S y 9102S de las celdas portátiles incluyen un intervalo desde -10 hasta 375°C , con una exactitud de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, presenta además una estabilidad de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, y al igual que el modelo 9103 está certificado con trazabilidad del NIST.

- Industrial Dual-Block Calibrator 9009

El bloque doble calibrador 9009, incluye como su nombre lo indica, dos bloques, frío y caliente. El primero tiene un intervalo desde -15 hasta 110°C , con exactitud de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, el segundo abarca desde $50 - 350^{\circ}\text{C}$, con exactitud de $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$. Ambos bloques poseen certificados de trazabilidad del NIST.

ISOTECH.

La descripción de los patrones para la calibración de instrumentos en el área de temperatura modelos Quick Cal e Isocal 6, son presentadas a continuación.

- Calibrador de Temperatura Quick Cal.

El calibrador Quick Cal, como su nombre lo indica, es un calibrador de temperatura rápido y portátil, que tiene un alcance de temperatura de -15 a 350°C , una exactitud de 0.01% . Tiene un tiempo de calibración de sensores de hasta 9 minutos, además es liviano y tamaño reducido.

- Calibrador ISOCAL 6.

Es un laboratorio de calibración de temperatura, que a pesar de su tamaño, ha sido diseñado para calibración en planta. Posee 6 baños de temperatura. Su alcance de temperatura es -55 hasta 250°C y tiene una exactitud de 0.001% .

Con la presentación del ISOCAL 6 Isotech, se concluye con el desarrollo de las especificación de los patrones de calibración, y al igual que en los servicios donde se mostró un manual de bienvenida, aquí se incluye el perfil básico para la persona que se encargaría del laboratorio de Metrología.

5.4.2.1. PERFIL DEL ENCARGADO DE METROLOGÍA EN UNA CENTRAL HIDROELECTRICA.

Los Requisitos técnicos que debe cumplir el encargado de realizar las calibraciones dentro de la central hidroeléctrica, con los patrones que se adquieran son los siguientes:

ESPECIFICACIONES DEL PUESTO

NIVEL ACADEMICO: Ingeniero Electromecánico, Mecánico, Eléctrico o Industrial, Con capacitación demostrable en Metrología en las áreas de mediciones eléctricas, presión y temperatura.

IDIOMAS REQUERIDOS: Inglés - Español.

EXPERIENCIA LABORAL: 2 años.

EDAD PARA INGRESO: 28 - 35 años.

FUNCIONES ESPECIFICAS:

- Elaborar un programa de calibración y llevar un historial del funcionamiento de los equipos para reducir o extender los periodos de calibración.
- Verificar las condiciones de los instrumentos de medición que deben ser calibrados.
- Calibrar los instrumentos en los periodos establecidos, elaborando un reporte con los resultados, colocándole además viñeta de calibración a los instrumentos las cuales deben estar debidamente codificadas, según la central, unidad generadora, sistema al cual pertenece, además del tipo de instrumento y su número correlativo.
- Diseñar un Manual de los procedimientos de calibración bajo normas internacionales.
- Velar por el buen estado de los patrones de calibración y de sus periodos de recalibración.
- Reducir las fallas en los equipos ocasionados por errores en los instrumentos de medición.

Además de presentarse el perfil del encargado del laboratorio de Metrología, se incluye las capacitaciones mínimas que el encargado de ese puesto debe tener para desarrollar sus labores de manera eficiente.

5.4.2.2. CURSO DE METROLOGIA PARA LA CAPACITACION DE UN METROLOGO EN LA CENTRAL HIDROELECTRICA.

En este apartado se describirá el contenido temático que el encargado de hacer las calibraciones en la central debe dominar. Las áreas a considerar son las siguientes:

1. Aseguramiento metrológico.
2. Mediciones Eléctricas.

3. Presión.
4. Temperatura.
5. Incertidumbre de la medición.

Aseguramiento metrológico

- Vocabulario Internacional de Metrología.
- ISO 9001:2000
- Teoría del error.

En mediciones eléctricas el temario sugerido es el siguiente:

- Definiciones generales en el área de instrumentación eléctrica.
- Técnicas de mediciones eléctricas.
- Fundamentos físicos de los instrumentos de mediciones eléctricas.
- Procedimiento de calibración de instrumentos análogos y digitales.
- Cálculo del error.
- Ajuste de calibración.
- Evaluación de la incertidumbre.
- Intervalos de recalibración de los instrumentos y equipos de esta área.

También en Presión se sugiere el siguiente temario:

- Definiciones generales en el área de instrumentación de presión.
- Niveles de presión.
- Fundamentos físicos de los instrumentos de presión
- Procedimiento de calibración de manómetros de carátula y de pistón.
- Cálculo del error.
- Ajuste de calibración.
- Evaluación de la incertidumbre.
- Intervalos de recalibración de los instrumentos y equipos de esta área.
- Reconocimiento de patrones e instrumentos en esta área.

En temperatura el siguiente temario se considera de importancia:

- Definiciones generales en el área de instrumentación de Temperatura.
- Definiciones generales de elementos termodinámicos.
- Fundamentos físicos de los instrumentos de temperatura.
- Procedimiento de calibración de TRP, TRV, Termocuplas.
- Cálculo del error.
- Ajuste de calibración.
- Evaluación de la incertidumbre.
- Intervalos de recalibración de los instrumentos y equipos de esta área.
- Reconocimiento de patrones e instrumentos en esta área.

Como último punto se presenta el temario respecto a la incertidumbre de la medición.

Incertidumbre de la Medición.

- Estimación del valor verdadero de una magnitud.
- Cálculo de error e incertidumbre en las mediciones y sus expresiones.

Todo lo anterior con práctica y ejercicios para su total comprensión.

Con la presentación de la segunda alternativa de solución, se da por concluido el desarrollo de este capítulo.

RESUMEN CAPITULAR.

Con la finalización de este capítulo, se cumple con el desarrollo de las diferentes alternativas de solución propuestas para resolver el problema identificado en el capítulo inmediato anterior.

Se inició presentando el requisito de la Norma ISO 9001:2000, debido que es a partir de ésta que surge la necesidad de realizar el trabajo. Seguidamente se definieron los instrumentos de medición considerados que deben calibrarse, debido a su influencia dentro de la calidad del producto que se ofrece y por su importancia para el control del proceso de generación de energía eléctrica.

El siguiente apartado que se presentó, fue un resumen de normas relacionadas con las tres áreas en estudio, donde se mostraron especificaciones primordiales de éstas que servirán de base para el diseño de las alternativas de solución.

Este capítulo se concluyó, presentando las especificaciones de algunos laboratorios de Metrología industrial, que ofrecen los servicios de calibración en las tres áreas en estudio tanto nacionales como extranjeros. Además como se tiene la alternativa de calibrarse por cuenta propia, se investigaron algunos fabricantes de patrones de calibración.

CAPITULO VI: EVALUACION Y SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

En el presente capítulo se presentan los costos asociados a cada una de las alternativas planteadas en el capítulo anterior y se evalúan las mismas con base a un análisis costo - beneficio, con la finalidad de seleccionar cuál de las alternativas resulta más factible aplicar en la propuesta de solución al problema planteado.

Se da inicio con las generalidades del análisis costo-beneficio, tomando en cuenta que el beneficio que esta ligado a este proyecto es intangible en nuestro medio, dado que la Organización en estudio es por definición sin fines de lucro, por lo que éste es un reconocimiento de la competitividad de la organización, pero cabe resaltar que las empresas con otro giro comercial deben considerar los costos asociados a la mala calidad, los cuales se verían reducidos al implementar al Metrología industrial. Por lo anteriormente mencionado las organizaciones que obtienen la certificación ISO 9001:2000 garantizan que sus procesos están controlados, a su vez alcanzan un estatus jerárquico superior al de otras empresas que no poseen esta certificación.

Posteriormente se presenta un cuadro con los costos asociados a cada alternativa, a partir del cuál se escoge la de menor costo y ésta se evalúa con los criterios cualitativos donde se resaltan las ventajas competitivas entre las entidades y / o los equipos.

Siendo el último paso comparar ambas alternativas y seleccionar en la que se obtengan mayores beneficios cualitativos y cuantitativos, finalizando con el resumen capitular respectivo.

Para mayor comprensión sobre el contenido de este capítulo, se presenta el siguiente esquema:

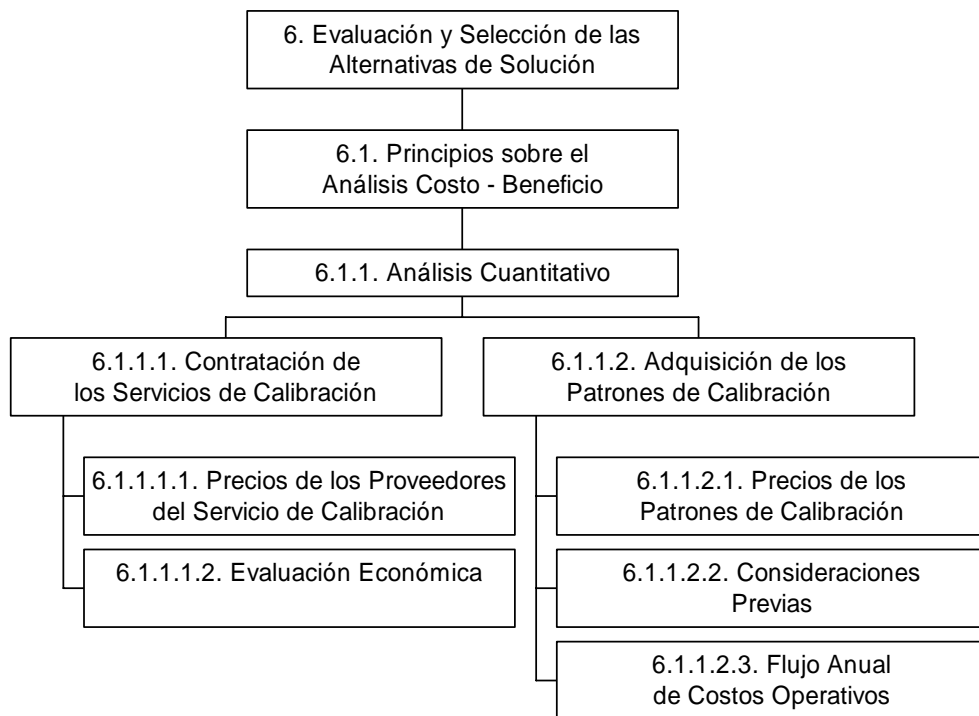


Figura 6.1. Estructura del capítulo VI.⁵⁴

⁵⁴ Fuente: diseño elaborado por el grupo de trabajo.

6.1. PRINCIPIOS SOBRE EL ANALISIS COSTO - BENEFICIO⁵⁵

Cualquier problema existente que se analice con el objetivo de encontrar soluciones, deberá incluir en el análisis de alternativas, un estudio de la relación costo-beneficio, ésta permitirá no solamente fijar prioridades entre diferentes problemas a resolver, sino también definir cuál alternativa de solución a un problema específico se debe implementar.

Para estimar la importancia del problema, uno de los aspectos relevantes es evaluar el costo de la solución la cual se proyectará a 10 años, considerando los índices de inflación en el país estimados para este período. Para cada una de éstas, debe estimarse el costo de la solución (c) que a su vez se reflejan en la matriz de comparación financiera que consiste simplemente en la cantidad identificada para cada una de las soluciones. De acuerdo con el concepto mencionado anteriormente, dicho valor corresponde a la estimación del costo de la solución propuesta.

Otro punto de relevancia en este análisis es la rentabilidad, que consiste en hacer una comparación entre el beneficio o valor de la solución, en relación al costo de ésta.

En el caso particular del trabajo, dado que esta inversión se hace con fin de cumplir un requisito establecido por una norma y es una obligación llevarlo a cabo para obtener la certificación, el beneficio que se obtiene en la región es carácter intangible, ya que brinda a la entidad que lo obtiene un mayor prestigio.

Por tal razón el análisis se llevara a cabo de dos maneras:

- Cuantitativa: donde se escogerá la alternativa de menor costo según los resultados de cada una de ellas.
- Cualitativa: se evaluarán las desventajas o ventajas de las alternativas planteadas.

⁵⁵ Fuente: Taller de Gestión para Altos Ejecutivos.

En este apartado se analizará dicha alternativas, tanto cuantitativa como cualitativamente; desarrollándose de la siguiente forma:

- Se presentará una tabla donde se compararán los precios de las entidades tanto a nivel nacional como internacional en cada de las magnitudes en estudio.
- De todas las entidades se seleccionarán las tres de menor costo, a éstas se les analizará cualitativamente, por medio de un cuadro comparativo, donde se presentarán ciertas características de los laboratorios, tales como: patrones de calibración, trazabilidad, el personal, experiencia y otras actitudes consideradas de interés para realizar esta evaluación.
- Seguidamente se realizará la evaluación económica mediante una matriz de comparación financiera en un año determinado.

6.1.1. ANALISIS CUANTITATIVO.

6.1.1.1. CONTRATACIÓN DE LOS SERVICIOS DE CALIBRACIÓN

6.1.1.1.1. PRECIOS DE LOS PROVEEDORES

ÁREA: MEDICIONES ELECTRICAS.

LABORATORIO	PAÍS	COSTO EN USD \$ (No incluye IVA)
Aragón Valencia & Asociados	El Salvador	---
APLITEC	El Salvador	---
Caltechnix	México	5740
CEI	Panamá	---
CENAM	México	2500
CONACYT	El Salvador	---
INDECOPI	Perú	----

INTI	Argentina	-----
SIC	Colombia	1950
Universidad Don Bosco	El Salvador	---

Tabla 6.1. Comparación de Precios de los Proveedores del Servicio de Calibración en el Área de Mediciones Eléctricas.

Para esta área, el análisis cuantitativo se realizará con base a los precios del SIC, dado que éste ofrece el costo más bajo.

ÁREA: PRESION

LABORATORIO	PAÍS	COSTO EN USD \$ (No incluye IVA)
Aragón Valencia & Asociados	El Salvador	35
APLITEC	El Salvador	34
Caltechnix	México	350
CEI	Panamá	245
CENAM	México	488
CONACYT	El Salvador	58
INDECOPI	Perú	400
INTI	Argentina	400
SIC	Colombia	500
Universidad Don Bosco	El Salvador	50

Tabla 6.2. Comparación de Precios de los Proveedores del Servicio de Calibración en el Área de Presión.

Comparando los costos en el servicio de calibración para manómetros, para el análisis cuantitativo se optó por el proveedor con el menor precio, siendo APLITEC.

Para el análisis cualitativo han sido seleccionadas las tres entidades con los honorarios más bajos.

ÁREA: TEMPERATURA

LABORATORIO	PAÍS	COSTO EN USD \$ (No incluye IVA)
Aragón Valencia & Asociados	El Salvador	45
APLITEC	El Salvador	45
CEI	Panamá	225
CENAM	México	421
CONACYT	El Salvador	62
INDECOPI	Perú	300
INTI	Argentina	240
SIC	Colombia	300
Universidad Don Bosco	El Salvador	60

Tabla 6.3. Comparación de Precios de los Proveedores del Servicio de Calibración en el Área de Temperatura.

Al igual que en el área de presión, en ésta también se optó por la alternativa con el menor costo, debido a que dos entidades ofrecen el mismo precio, la opción a recomendar será la que posea las mejores cualidades.

Para el análisis cualitativo, se escogen tres entidades que son: Aragón Valencia, APLITEC y Universidad Don Bosco.

Después de exponer las alternativas que se han seleccionado por los menores costos, se continúa con la evaluación económica.

6.1.1.1.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Con las cotizaciones de los servicios y los períodos de calibración, se obtendrá un monto total anual, el cual será el costo del primer año. Para los años subsiguientes se incrementará ese costo, debido a la inflación la cual no es más que el Índice de Precios al Consumidor (IPC).

PROYECCIÓN DE LA TASA DE INFLACIÓN O ÍNDICE DE PRECIOS AL CONSUMIDOR (IPC)

Para determinar la tasa de inflación de cada año subsiguiente, se empleará el método de tendencias, el cual se basa en el uso de datos estadísticos de años inmediatos anteriores. Este método solo es aplicable para una serie de años impares.

Procedimiento:

- Se escoge el año intermedio como base, a los años anteriores a éste se le resta el valor de 1, y a los valores de los años siguientes se le incrementa el valor de 1. Este proceso significará el valor de la variable Z para cada año.
- Se multiplica el valor de la tasa de inflación con su respectivo Z, así sucesivamente para todos los años; dicho resultado tomará el valor de YZ.
- Se eleva el valor de Z al cuadrado para todos los años.
- Calcular las sumatorias de cada variable.
- Calcular el valor del incremento mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Incremento} = YZ / Z^2 * (n / 2)$$

Donde n representa el número de años excepto el año base.

- Para determinar el valor de la tasa de inflación del año siguiente, sumar al año base, el valor del incremento.

Este proceso es similar para determinar los años siguientes, sin perder de vista que el número de años debe ser siempre impar, lo cual implica eliminar de los cálculos el año más inferior.

Los datos estadísticos han sido obtenidos por medio del boletín informativo que emite el Banco Central de Reserva de El Salvador (BCR), ver Anexo 6.1.

A continuación se presentan las tablas con los valores calculados de las tasas de inflación de los años restantes, para ver los cálculos referirse al Anexo 6.2.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2004

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
1997	4.54	-3	-13.62	9
1998	2.55	-2	-5.1	4
1999	0.53	-1	-0.53	1
2000	2.28	0	0	0
2001	3.78	1	3.78	1
2002	1.88	2	3.76	4
2003	2.06	3	6.18	9
2004	1.69			

Tabla 6.4. IPC estimado para el año 2004.⁵⁶

⁵⁶ Fuente: Diseño de tablas para estimar los IPC elaborado por el grupo de trabajo.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2005

Años	IPC	Z	YZ	Z2
1998	2.55	-3	-7.65	9
1999	0.53	-2	-1.06	4
2000	2.28	-1	-2.28	1
2001	3.78	0	0	0
2002	1.88	1	1.88	1
2003	2.06	2	4.12	4
2004	1.69	3	5.07	9
2005	3.79			

Tabla 6.5. IPC estimado para el año 2005.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2006

Años	IPC	Z	YZ	Z2
1999	0.53	-3	-1.59	9
2000	2.28	-2	-4.56	4
2001	3.78	-1	-3.78	1
2002	1.88	0	0	0
2003	2.06	1	2.06	1
2004	1.69	2	3.38	4
2005	3.79	3	11.37	9
2006	2.62			

Tabla 6.6. IPC estimado para el año 2006.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2007

Años	IPC	Z	YZ	Z2
2000	2.28	-3	-6.84	9
2001	3.78	-2	-7.56	4
2002	1.88	-1	-1.88	1
2003	2.06	0	0	0
2004	1.69	1	1.69	1
2005	3.79	2	7.58	4
2006	2.62	3	7.86	9
2007	2.15			

Tabla 6.7. IPC estimado para el año 2007.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2008

Años	IPC	Z	YZ	Z2
2001	3.78	-3	-11.34	9
2002	1.88	-2	-3.76	4
2003	2.06	-1	-2.06	1
2004	1.69	0	0	0
2005	3.79	1	3.79	1
2006	2.62	2	5.24	4
2007	2.15	3	6.45	9
2008	1.51			

Tabla 6.8. IPC estimado para el año 2008.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2009

Años	IPC	Z	YZ	Z2
2002	1.88	-3	-5.64	9
2003	2.06	-2	-4.12	4
2004	1.69	-1	-1.69	1
2005	3.79	0	0	0
2006	2.62	1	2.62	1
2007	2.15	2	4.3	4
2008	1.51	3	4.53	9
2009	3.79			

Tabla 6.9. IPC estimado para el año 2009.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2010

Años	IPC	Z	YZ	Z2
2003	2.06	-3	-6.18	9
2004	1.69	-2	-3.38	4
2005	3.79	-1	-3.79	1
2006	2.62	0	0	0
2007	2.15	1	2.15	1
2008	1.51	2	3.02	4
2009	3.79	3	11.37	9
2010	2.96			

Tabla 6.10. IPC estimado para el año 2010.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2011

Años	IPC	Z	YZ	Z2
2004	1.69	-3	-5.07	9
2005	3.79	-2	-7.58	4
2006	2.62	-1	-2.62	1
2007	2.15	0	0	0
2008	1.51	1	1.51	1
2009	3.79	2	7.58	4
2010	2.96	3	8.88	9
2011	2.44			

Tabla 6.11. IPC estimado para el año 2011.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2012

Años	IPC	Z	YZ	Z2
2005	3.79	-3	-11.37	9
2006	2.62	-2	-5.24	4
2007	2.15	-1	-2.15	1
2008	1.51	0	0	0
2009	3.79	1	3.79	1
2010	2.96	2	5.92	4
2011	2.44	3	7.32	9
2012	1.32			

Tabla 6.12. IPC estimado para el año 2012.

CALCULO DE LA TASA PARA EL AÑO 2013

Años	IPC	Z	YZ	Z2
2006	2.62	-3	-11.37	9
2007	2.15	-2	-5.24	4
2008	1.51	-1	-2.15	1
2009	3.79	0	0	0
2010	2.96	1	3.79	1
2011	2.44	2	5.92	4
2012	1.32	3	7.32	9
2013	3.24			

Tabla 6.13. IPC estimado para el año 2013.

Después de presentar los IPC, para los diez años siguientes a la fecha inicial de inversión, se continúa con la presentación gráfica de los flujos anuales de los costos operativos, para cada una de las áreas en estudio.

FLUJO ANUAL PARA COSTOS DE OPERATIVOS

AREA: MEDICIONES ELÉCTRICAS

Dado que para esta área en específico, no se recibió cotización por parte de proveedores nacionales, la evaluación fue considerada solo con entidades extranjeras, por lo cual los cálculos fueron realizados considerando una inflación anual del costo igual a 2.5% y se presentan en negativos ya que son egresos o desembolsos que realiza la Organización.

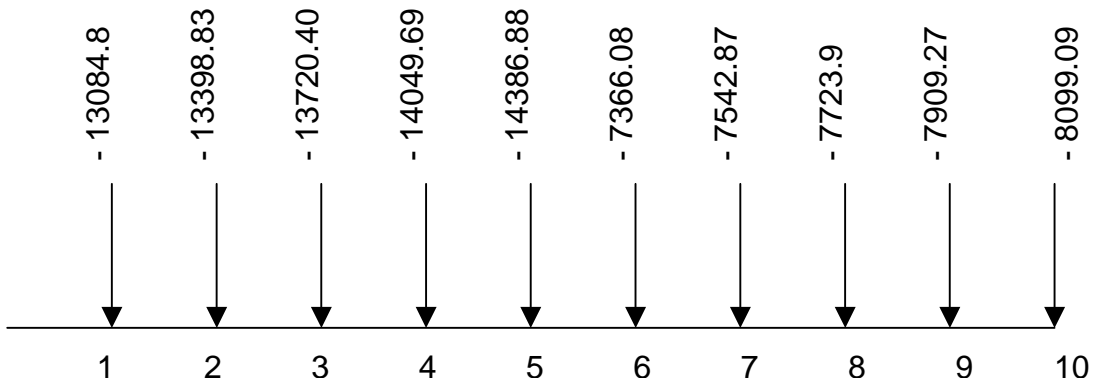


Figura 6.1. Flujo de Gastos Operativos para Mediciones Eléctricas.

Monto Total (Año 10): \$ - 107,281.81

AREA: PRESIÓN

Para esta área, fue seleccionado un proveedor nacional, ya que este ofrece el servicio de calibración a un menor costo.

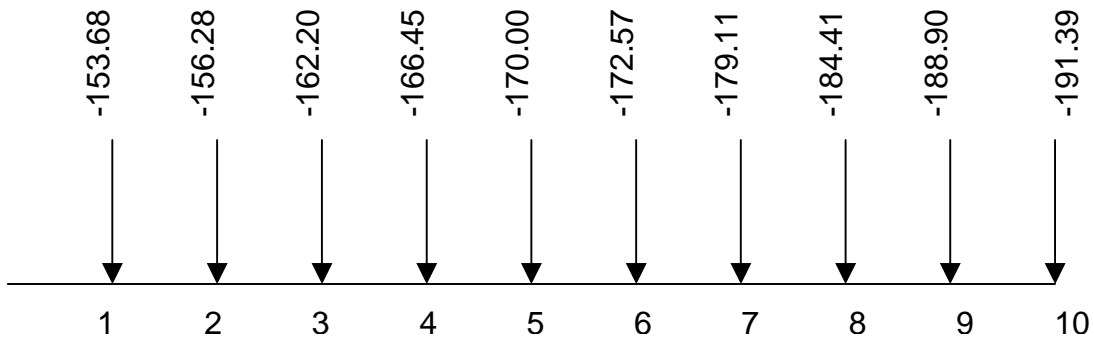


Figura 6.2. Flujo de Gastos Operativos para el Área de Presión.

Monto Total (Año 10): \$ - 1,724.99

AREA: TEMPERATURA

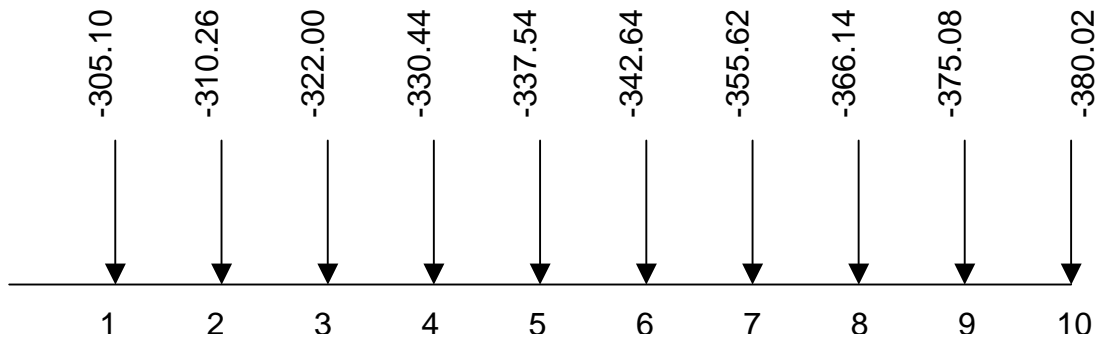


Figura 6.3. Flujo de Gastos Operativos para el Área de Temperatura.

Monto Total (Año 10) = \$ - 3,424.84

Con base a lo anterior, podemos decir que el monto total para contratar el servicio de calibración de los instrumentos es igual a:

Monto total (calibración) = Monto total mediciones eléctricas + Monto total presión + Monto total temperatura.

Monto total (calibración) = \$ - 107281.81 - \$ 1,724.99 - \$ 3,424.84

Monto total (calibración) = \$ - 112431.64

Este monto representa la cantidad en dólares, que la Organización deberá invertir para contratar los servicios de calibración durante 10 años. Para ver detalles de los cálculos en cada año, para cada área específica, referirse al Anexo 6.3.

Luego de haber realizado la evaluación de esta alternativa, se procede a la evaluación de la alternativa de adquirir los patrones de calibración.

6.1.1.2. ADQUISICIÓN DE LOS PATRONES DE CALIBRACIÓN

Para el desarrollo de este apartado, se presenta a continuación un cuadro donde se comparan los precios de proveedores del equipo especializado para la calibración de instrumentos en las áreas en estudio.

6.1.1.2.1. PRECIOS DE LOS PATRONES

PROVEEDOR	MODELO	PRECIO USD (\$)
DH BUDENBERG	Serie 300	36,150.00
	Serie 540	25,975.00
HART SCIENTIFIC	Block Industrial	36,990.00
	Dry Well	17,190.00
	9100S	2,690.00
	9102S	4,390.00
	FURNACE	31,000.00
ISOTECH	ISOCAL 6	56,300.00
	QUICK CAL	43,044.00
FLUKE	MULTIFUNCION 5520A	45,900.00
	ELECTRICAL POWER STANDAR	78,900.00

Tabla 6.14. Comparación de Precios de los Patrones de Calibración.

Analizando la tabla anterior, se obtiene que la alternativa más económica es adquirir los siguientes instrumentos:

- Multifunción 5520A de Fluke, que puede calibrar tanto mediciones eléctricas y temperatura.
- Calibrador portátil serie 540 de DH Budenberg, que calibra los manómetros.

Al igual que en la primera alternativa, ésta se evaluará económicamente para un período de 10 años.

6.1.1.2.2. CONSIDERACIONES PREVIAS

En esta alternativa se hace necesaria la estimación de costos que se relacionan a ésta, los cuales son:

- Salario del encargado de realizar las calibraciones, estimado en \$1,000 mensuales, con un incremento del 2.0% cada tres años, y un aguinaldo correspondiente a un mes de salario.
- Capacitación del encargado de realizar las calibraciones, estimada en \$10,000, en territorio internacional, al inicio del periodo de 10 años.
- El costo de recalibración del patrón Fluke Multifunción estimado en \$3,900 el cual debe realizarse cada dos años.
- El costo de recalibración del patrón Serie 540 de DH Budenberg estimado en \$2,600 el cual debe recalibrarse cada dos años.
- Se ha estimado que el precio de la recalibración tendrá un incremento anual del 2.5%.

6.1.1.2.3. FLUJO ANUAL DE COSTOS OPERATIVOS.

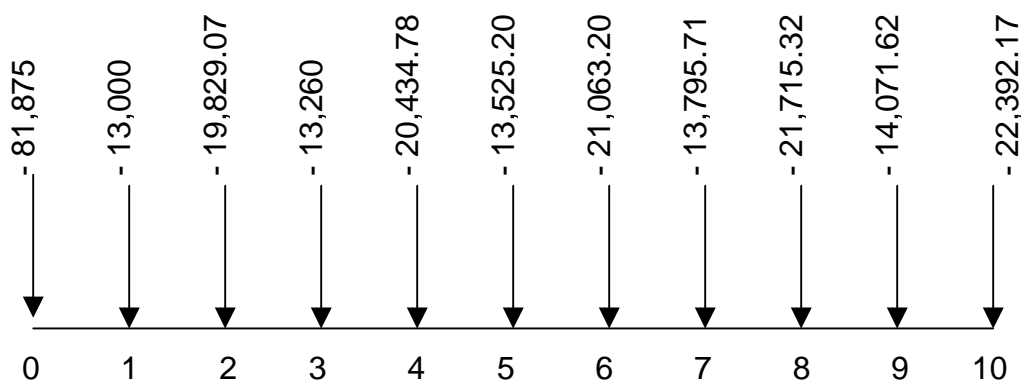


Figura 6.4. Flujo de Gastos Operativos para la Adquisición de Patrones.

Monto total (10 años) = \$ - 254,962.07

El monto total de los costos que se ven involucrados con esta alternativa asciende a \$ 254, 962.07, evaluada para 10 años. Sin embargo cabe mencionar que no han sido considerados los siguientes aspectos:

- El espacio físico para el adecuamiento de los patrones, en donde debe existir un ambiente controlado, en los factores de temperatura, humedad relativa, polvo, entre otras.
- Costos adicionales que están relacionados con las prestaciones de ley, entre las cuales destacan: Administración de Fondos para Pensiones (AFP), Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS), Vacaciones, generalmente estimados en un factor de 1.6 en la Organización en estudio.
- Costos de logística, que involucran el traslado de los patrones a las instalaciones de la generadora, como pueden ser combustible, depreciación del vehículo, vivienda; debido a la ubicación de la planta, los cuales pueden ser estimados en un factor de 30% sobre el valor de la calibración, son los valores que se manejan dentro de la Organización en estudio.

El resultado de este análisis se presenta resumido en la siguiente matriz de comparación financiera:

Año	Alternativa 1: Contratación de Servicios	Alternativa 2: Adquisición de patrones
0	-	\$ 81875.00
1	\$ 13,543.58	\$ 13000.00
2	\$ 13,865.37	\$ 19829.07
3	\$ 14,204.60	\$ 13260.00
4	\$ 14,546.58	\$ 20474.78
5	\$ 14,894.42	\$ 13525.20
6	\$ 7,881.29	\$ 21063.20
7	\$ 8,077.60	\$ 13795.71
8	\$ 8,274.45	\$ 21715.32

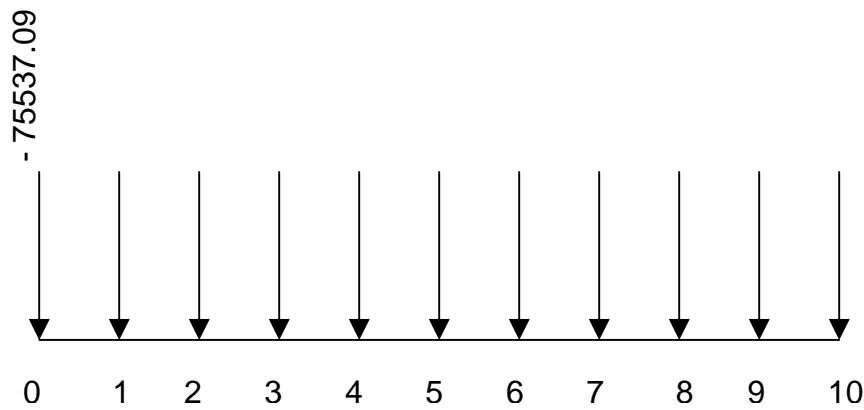
9	\$ 8,473.25	\$ 14071.62
10	\$ 8,670.50	\$ 22392.17
Total	\$ 112,431.64	\$ 254,962.07

Tabla 6.15. Comparación Económica de las dos Alternativas de Solución.

6.1.1.2.4. COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A TRAVÉS DE LA TÉCNICA DEL VALOR ACTUAL NETO

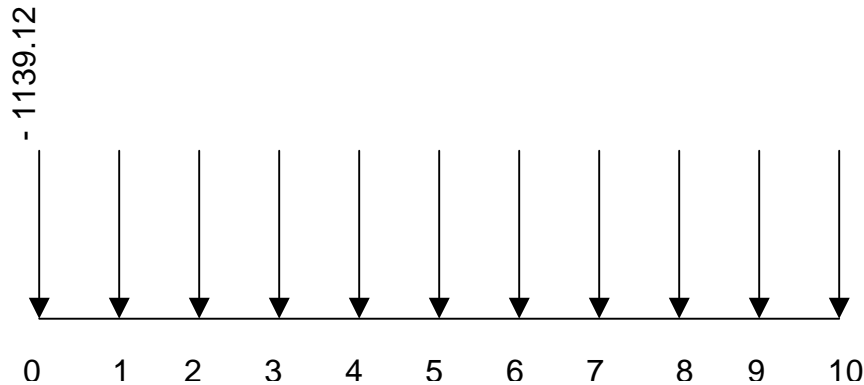
- CONTRATACIÓN DE LOS SERVICIOS DE CALIBRACIÓN

Mediciones Eléctricas



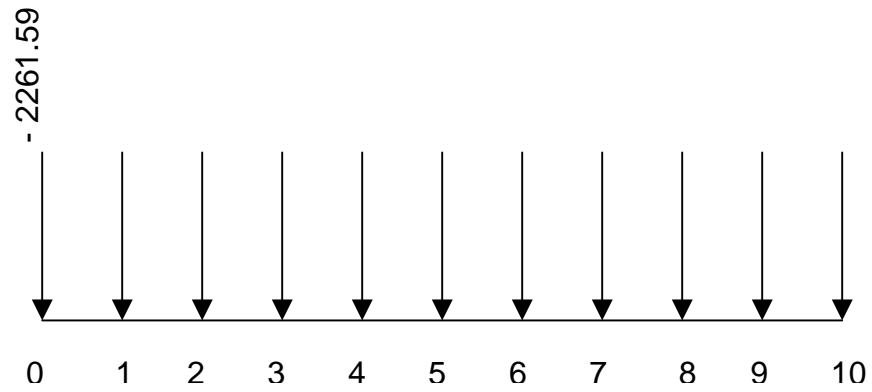
Valor Actual Neto de los costos de calibración de los equipos de Mediciones Eléctricas.

Presión



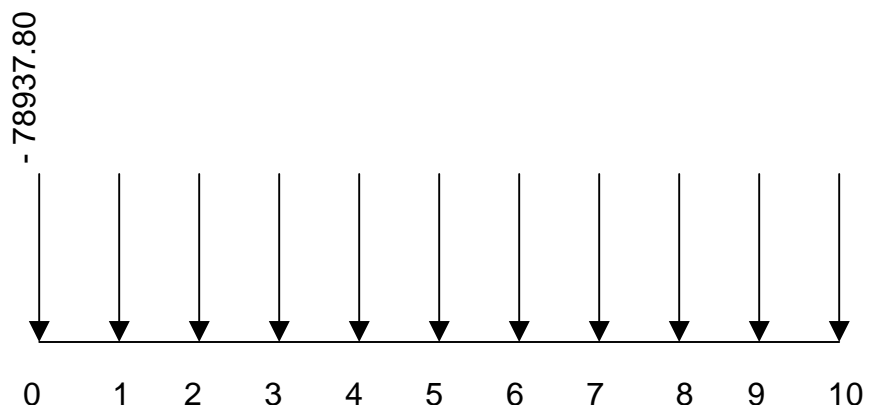
Valor Actual Neto de los costos de calibración de los equipos de la magnitud Presión.

Temperatura



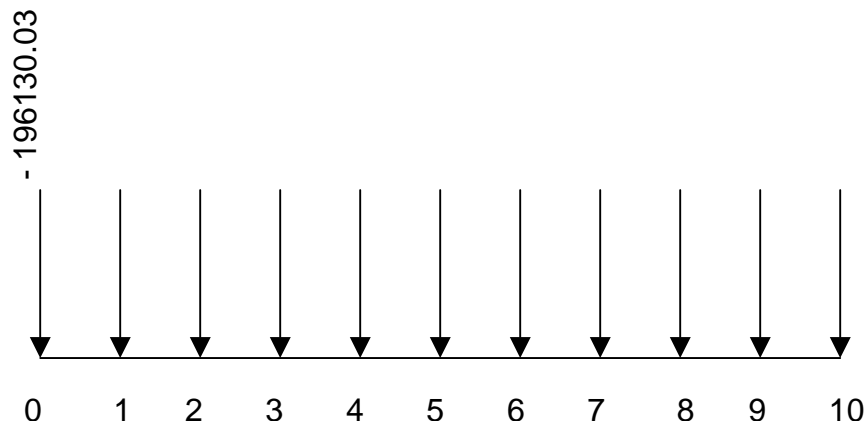
Valor Actual Neto de los costos de calibración de los equipos de la magnitud Temperatura.

VAN TOTAL



Valor Actual Neto Total de los costos de la alternativa de contratación de los servicios de calibración.

- ADQUISICIÓN DE LOS PATRONES DE CALIBRACIÓN



Valor Actual Neto Total de los costos de la alternativa de Adquirir los patrones de calibración.

Con base al resultado obtenido mediante la utilización de la técnica del Valor Actual Neto y a la matriz de comparación financiera anterior, se concluye a través de éstos que se debe seleccionar la alternativa de contratar los servicios de calibración, dado que ésta resulta ser la alternativa de menor costo.

Sin embargo es de mucha importancia aclarar que, esta recomendación puede verse afectada si el número de instrumentos a calibrar se incrementa en aproximadamente una relación de tres a uno, dado que resulta de menor costo la segunda alternativa.

Luego de realizado el análisis económico de la segunda alternativa, se procede a elaborar el análisis cualitativo de las entidades seleccionadas anteriormente.

6.1.2. ANÁLISIS CUALITATIVO.

Para la realización del análisis de la primera alternativa se tomaran en cuenta algunas características importantes como son:

- Competencia Técnica.

- Trazabilidad.
- Equipo.
- Tiempo de respuesta.

De todas las alternativas presentadas anteriormente se han seleccionado las tres alternativas siguientes tomando como criterio la más económica.

ENTIDAD	CARACTERISTICAS
Aragón Valencia & Asociados	<ul style="list-style-type: none"> • Personal capacitado en Alemania, México y Venezuela. • 12 años de experiencia en el área, prestando servicio a mas de 60 empresas en toda Centroamérica. • Patrones trazables con el NIST y el PTB. • Tiempo de respuesta: 24 horas aproximadamente.
APLITEC	<ul style="list-style-type: none"> • Patrones trazables al NIST y NPL. • Equipo fabricado por SI Pressure Instruments • Laboratorio acreditado por UKAS. • Personal capacitado en el extranjero. • Tiempo de respuesta: 24 horas aproximadamente.
Laboratorio de Metrología y Ensayos de Universidad Don Bosco	<ul style="list-style-type: none"> • Personal capacitado en México, Estados Unidos y Colombia. • Con patrones trazables al DKD y NIST. • Tiempo de respuesta: 24 horas aproximadamente. • Infraestructura de los laboratorios conforme a lineamientos de la norma ISO 17025.

Tabla 6.16. Comparación Cualitativa de los Servicios de calibración a Nivel Nacional.

Con base a las características cualitativas de cada entidad se puede concluir que todas presentan cualidades muy similares, por tal razón el factor determinante para elegir el proveedor se toma en referencia a los precios que éstos ofrecen.

RESUMEN CAPITULAR

Se ha presentado en este capítulo la evaluación, tanto cuantitativa como cualitativa de las alternativas planteadas en el capítulo anterior.

Para llevar acabo el análisis cuantitativo, fue necesario determinar la tasa de inflación a través del método de tendencias, el cual se basa en datos estadísticos de años anteriores, además de auxiliarnos de la tabla que contiene los costos obtenidos de las cotizaciones realizadas a los distintos laboratorios brindan el servicio de calibración, y a proveedores de los equipos de calibración, proyectando todos éstos a un periodo de 10 años.

Del desarrollo de este análisis se determinó que la alternativa de menor costo es la alternativa de contratar los servicios de calibración, cabe mencionar que este resultado puede variar si el universo de instrumentos se incrementa.

Posterior a éste, se realizó el análisis cualitativo, incluyendo a los tres proveedores del servicio que ofrecían el precio más bajo, éstos fueron evaluados con base a las características técnicas del personal y del equipo de trabajo; finalizando siempre con el resumen capitular.

CAPITULO VII: PROPUESTA DE INCLUSIÓN DE CONCEPTOS METROLÓGICOS EN EL REGLAMENTO DE LA UT.

Este capítulo, tiene como objetivo presentar algunas recomendaciones asociadas con la aplicación de la metrología, debido a que es una tendencia que a mediano plazo será respaldada con la creación de normas nacionales obligatorias referentes a la Metrología; con la finalidad de enriquecer el contenido del Reglamento de la UT, fomentando de esta manera el desarrollo de una cultura metrológica dentro de los sectores: Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el país.

El primer punto a tratar en este capítulo, es la recomendación de incluir un apartado en el cual se presenten los conceptos más importantes que sirven de base para la Metrología industrial, dentro del Reglamento de la UT.

Posteriormente se analizarán conceptos o términos utilizados en los apartados del reglamento relacionados con calidad y mediciones comerciales. Esto debido a que en ellos se ha identificado que se mencionan ciertos términos que pueden ocasionar confusión en la aplicación de éste.

Finalmente se incluirán en este capítulo algunos procedimientos de calibración para la magnitud de mediciones eléctricas.

Para que las modificaciones propuestas en este capítulo sean evaluadas por la Junta Directiva de la UT, la gestión será realizada por medio de los representantes ante la junta directiva de la UT, de acuerdo a lo estipulado en el capítulo 15 de dicho reglamento.

Para mayor comprensión sobre el contenido de este capítulo, se presenta el siguiente esquema:

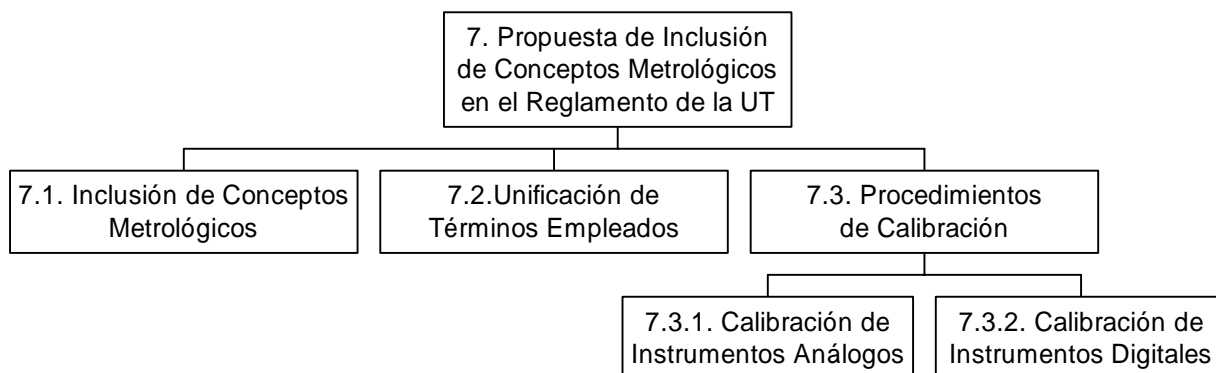


Figura 7.1. Estructura del capítulo VII.⁵⁷

⁵⁷ Fuente: diseño elaborado por el grupo de trabajo.

Como se mencionó anteriormente, la elaboración de este capítulo se basa en la importancia que tiene la calidad de las mediciones en este sector y con la finalidad de que la verificación de los niveles de calidad se simplifique.

El objetivo del presente, es incentivar a la UT, como ente encargado de velar que las actividades de generación, transmisión, comercialización y distribución de energía eléctrica, se lleven a cabo bajo los parámetros de calidad y seguridad establecidos en el reglamento de operación; a impulsar al sector hacia la utilización de Instrumentos de medición calibrados, para garantizar la exactitud de las mediciones.

La propuesta metrológica general se compone por los siguientes aspectos principales:

- Inclusión de conceptos asociados a la Metrología
- Unificación de términos utilizados en el reglamento de operación
- Procedimientos de calibración

7.1. INCLUSIÓN DE CONCEPTOS METROLÓGICOS

Esta propuesta tiene su fundamento en el hecho de que es necesario poseer una base teórica que respalde la práctica, de la misma manera que servirá como un apoyo para todo aquel que no posea conocimientos sobre Metrología y que algunos de los términos están siendo empleados dentro del reglamento sin que exista su definición, dicha propuesta tendría lugar en el apartado de definiciones del capítulo 1, del reglamento.

Las definiciones a incluir son los siguientes:

METROLOGÍA: Campo del conocimiento que estudia todos los problemas relativos a las mediciones, se puede considerar como una ciencia independiente y completa por sí misma, con aspectos teóricos, experimentales y prácticos, que tienen por finalidad establecer un conocimiento objetivo de nuestro mundo físico.

MAGNITUD: Atributo de un fenómeno o de un cuerpo, que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente.

MEDICIÓN: Conjunto de operaciones experimentales que tienen como fin determinar el valor de una magnitud.

VALOR DE UNA MAGNITUD: Cantidad de una magnitud, expresada mediante el producto de un número por la unidad de medida, ejemplo 10 KV, 60 Hz.

UNIDAD DE MEDIDA: Valor de una magnitud para la cual se admite, por convención, que su valor numérico es igual a 1. Se fija la unidad de medida de una magnitud para hacer posible la comparación cuantitativa, entre diferentes valores de una magnitud.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN: Medios técnicos con los cuales se efectúan las mediciones; comprenden:

- **Medidas materializadas:** Instrumentos de medición que reproducen permanentemente, durante el uso, uno o varios valores conocidos de una magnitud, ejemplo: pesas resistencias eléctricas, bloques patrón.
- **Aparatos medidores:** Instrumentos de medición que sirven para transformar la magnitud medida, o una de las otras magnitudes relacionadas con la misma, en una indicación o una información equivalente, ejemplo: amperímetro, manómetro, termómetro.
- **Patrón:** Instrumento de medición destinado a definir o materializar, conservar o reproducir la unidad de medida de una magnitud (o un múltiplo o submúltiplo de esta unidad) para transmitirla por comparación a otros instrumentos.
- **Patrón nacional:** Medida reconocida por decisión oficial de un país, con el objeto de servir de base para la fijación de los valores de todos los otros patrones de la magnitud dada.

CALIBRACIÓN: Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones especificadas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición, o los valores representados por una medida materializada (magnitud de salida) y el valor justo de la magnitud a medir (magnitud de entrada).

- Importancia de la calibración
 - El resultado de una calibración permite estimar los errores de indicación del aparato de medición, del sistema de medición o de la medida materializada, o de asignar valores a las marcas sobre escalas arbitrarias.
 - La calibración permite también determinar propiedades metrológicas.
 - El resultado de una calibración puede ser consignado en un documento, llamado Certificado de Calibración o Reporte de Calibración.
 - El término de “Calibrado” se otorga cuando el instrumento de medición funciona con exactitud.

VERIFICACIÓN: Conjunto de operaciones efectuadas por una entidad metrológica, legalmente autorizada, con el fin de comprobar y afirmar que un instrumento de medición satisface enteramente las exigencias o reglamentaciones de verificación.

AJUSTE: Operación destinada a llevar un aparato de medición a un funcionamiento y una exactitud conveniente para su utilización.

MÉTODO DE MEDICIÓN: Secuencia lógica de operaciones, descrita de manera genérica, utilizada en la ejecución de las mediciones, ejemplo: método de sustitución, método diferencial.

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN: Conjunto de operaciones, descrito específicamente, para realizar mediciones particulares de acuerdo a un método determinado.

RESULTADO DE UNA MEDICIÓN: Es el valor de una magnitud medida, obtenida de una medición.

TRAZABILIDAD: Propiedad del resultado de una medición, consistente en poder relacionarlo con los patrones apropiados, generalmente internacionales o nacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones.

EXACTITUD EN LA MEDICIÓN: Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y el valor “Convencionalmente verdadero” de la magnitud de medida.

EXACTITUD DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: Aptitud del instrumento de medición para proporcionar indicaciones próximas al valor verdadero de una magnitud medida.

CLASE DE EXACTITUD: Característica con la que se cataloga a los instrumentos de medición que satisfacen ciertas exigencias metrológicas destinadas a conservar los errores dentro de límites especificados. Ésta, habitualmente es indicada por un número o símbolo adoptado por convenio y denominado “Índice de clase”.

REPETIBILIDAD DE UNA MEDICIÓN: Propiedad de una medición, caracterizada por la proximidad o convergencia entre los resultados de mediciones sucesivas de una misma magnitud, efectuadas cumpliendo con la totalidad de las siguientes condiciones:

- El mismo método de medición
- Por el mismo observador
- Con los mismos instrumentos de medición
- En el mismo laboratorio
- Las mismas condiciones de operación de los instrumentos utilizados
- Repeticiones a intervalos cortos de tiempo

REPRODUCIBILIDAD DE UNA MEDICIÓN: Propiedad de una medición, caracterizada por la proximidad o convergencia de los resultados de mediciones de

una misma magnitud, en el caso que las mediciones individuales se efectúen, variando una o más de las siguientes condiciones:

- El método de medición
- El observador
- El instrumento de medición
- El laboratorio
- Las mismas condiciones de operación de los instrumentos utilizados
- Después de intervalos de tiempos prolongados en relación con la duración de una sola medición

ERROR DE MEDICIÓN: Discordancia entre el resultado de una medición y el valor de una magnitud medida.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN: Estimación que caracteriza el campo de valores dentro del cual se sitúa el valor verdadero de una magnitud medida. Es una medida de la dispersión de los resultados de medición, dentro de un intervalo de errores límites.

SENSIBILIDAD: Cociente entre la variación de la respuesta de un instrumento de medición y la correspondiente variación del valor de la magnitud de entrada (o estímulo) que lo produce.

MOVILIDAD: La variación más grande posible en el valor de la magnitud de entrada, que no produce un cambio detectable en la respuesta del instrumento de medición; el cambio en el valor de la magnitud de entrada debe hacerse lenta y uniformemente.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN: Laboratorio dedicado a la ejecución de las mediciones y estimación de la exactitud; adicionalmente, su campo de acción puede comprender: el establecimiento, reproducción, conservación y disseminación de las unidades de medida y sus patrones, como también la determinación de las propiedades de los instrumentos de medición.

7.2. UNIFICACIÓN DE TÉRMINOS EMPLEADOS.

Esta propuesta tiene relación directa con la utilización de ciertos términos dentro del reglamento, específicamente en los capítulos de Calidad y Seguridad Operativa del Sistema de Operación Comercial SIMEC y sus Anexos, de los cuales no existe un concepto o una definición que proporcione al lector o al usuario una idea unívoca del significado que se desea expresar.

Lo anterior da lugar a que cada entidad pueda interpretar dichos términos de manera individual de acuerdo al criterio de cada uno y no como un sistema, esto puede convertirse en pilar fundamental para la formación de conflictos entre las partes que componen el sector eléctrico.

Por tal razón y con la finalidad de anticiparse o evitar posibles acontecimientos, se propone la unificación (en el caso que se desee expresar una misma idea) o que se detalle el significado (en el caso que se desee expresar ideas distintas), de los términos que de manera más específica son empleados en el apartado: Sistema de Medición Comercial y su anexo, del capítulo Transacciones Económicas del Reglamento de Operaciones. Dichos términos se detallan a continuación:

- Ensayo
- Verificación
- Equipos probados
- Ajuste de equipo
- Precisión
- Rango (si el significado es el mismo, sustituir este término por intervalo)
- Exactitud
- Error de medición
- Revisión

El primer paso es determinar si dos o más términos hacen referencia a un mismo significado.

El segundo paso debe consistir en determinar si las definiciones de los términos tienen alguna relación o un enfoque orientado a aspectos metrológicos o si el significado de éstos, es totalmente independiente a los conceptos empleados por la Metrología.

Como tercer paso, y en el caso que dichas definiciones tengan relación con la Metrología, será necesario auxiliarse de algunos conceptos vinculados a esta ciencia, para adoptar aquellos que mayor concordancia presenten en referencia al concepto que se desea expresar.

Finalmente como la parte medular de esta propuesta, se plantea la sustitución de los términos actualmente utilizados, por definiciones empleadas en Metrología; o en el otro de los casos, la documentación de los conceptos de dichos términos y su inclusión en el glosario del reglamento.

7.3. PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN.

Esta propuesta tiene como finalidad brindar al lector o usuario del reglamento, una idea más clara del significado de calibración de instrumentos de medición.

Para tal efecto, estará estructurada de la siguiente manera:

- Calibración de instrumentos de medición análogos
- Calibración de instrumentos de medición digitales

7.3.1. CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS ANÁLOGOS

Procedimiento:

Para calibrar correctamente el instrumento, éste se debe ambientar, con el objeto que alcance las condiciones nominales de prueba. Luego se escogen los patrones, de

acuerdo con las especificaciones del instrumento, y se colocan en operación durante un tiempo considerable para su estabilización (de 30 a 60 minutos).

En un formato inicial, se deben registrar los datos técnicos del instrumento (en el caso que los posea): modelo, número de serie, marca, fecha de calibración, propietario, intervalos y clase de exactitud.

Seguidamente, se deben realizar las conexiones pertinentes de los bornes de entrada del medidor al calibrador, teniendo en cuenta la polaridad y el intervalo correctos.

Toma de datos:

Para cada intervalo se elabora una tabla de 4 columnas: intervalo, lectura del instrumento, lectura patrón y error. El intervalo es dividido en cinco lecturas como mínimo, incluyendo el cero. Estos puntos se escriben en la columna de "lectura del instrumento de prueba". Ejemplo:

Intervalo	Lectura instrumento (unidades)	Lectura promedio patrón (unidades)	Error respecto a lectura (0 %)
5 V	0	0.00	
	1	1.02	- 0.4
	2	2.01	- 0.2
	3	2.99	+ 0.2
	4	3.98	+ 0.4
	5	5.01	- 0.2

Tabla 7.1. Toma de datos para desarrollar una Calibración

Para el cálculo del error referirse al Anexo 7.1.

Si es posible, al instrumento a calibrar se le debe realizar un ajuste de cero mecánico, que se debe escribir como primer dato. Los demás datos son generados por el instrumento patrón.

CALIBRACIÓN DE VOLTÍMETROS

Para la calibración de estos instrumentos, se utilizan generadores de voltaje alterno y continuo, si es el caso. Es muy importante tener cuidado con los altos voltajes que se puedan generar en el instrumento patrón, razón por la cual, para realizar cambios de conexiones, es indispensable desactivar la salida del instrumento patrón.

CALIBRACIÓN DE AMPERÍMETROS

Para la calibración de éstos, se emplean generadores de corriente alterna y continua, dependiendo de las especificaciones. Se recomienda la limpieza de bornes y enclavamientos antes de la medición, ya que debido a la suciedad también se generan errores. Se deben escoger cables con el diámetro apropiado para las corrientes que se manipulan.

Las medidas se deben realizar ascendentemente. Al llegar a escala plena, a diferencia de los voltímetros, los amperímetros se dejan en medición de 15 minutos a una hora en el 80% del alcance.

CALIBRACIÓN DE VATÍMETROS

Para su calibración, las mediciones se realizan mediante la aplicación simultánea de corriente y voltaje. Por esta razón se debe tener en cuenta que:

Potencia en DC = $V \times I$

Potencia en AC = $V \times I \times (\cos \phi)$

En corriente continua, se aplican simultáneamente la corriente y el voltaje; es posible hacer la lectura directa. En corriente alterna, es indispensable colocar en fase la corriente con el voltaje si las especificaciones exigen un $-\cos \phi$ -igual a 1.

Los vatímetros se deben dejar en lectura de 15 a 60 minutos después de las mediciones al 80% de la corriente en el alcance.

7.3.2. CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DIGITALES.

Procedimiento:

Para realizar la calibración de éstos, es indispensable contar con el manual de servicio, o en su defecto, el manual de operación del instrumento.

En la sección de especificaciones se dan a conocer las respectivas exactitudes que en la mayoría de los casos, son muy seleccionadas para cada función e intervalo; por lo tanto, puede haber tantas especificaciones de exactitud como cantidad de intervalos multiplicados por cantidad de funciones maneje el instrumento.

De acuerdo a los lineamientos de los equipos digitales, se deben realizar pruebas de cero, medio intervalo y un punto próximo a fondo de intervalo, como mínimo, por ejemplo si el intervalo es de 199.99 V (200V), las lecturas obligatorias deben ser de 0.00, 100.00 y 190.00.

Los instrumentos digitales funcionan con conversores AD, los cuales tienen un comportamiento lineal apreciable en la manera como se ven los datos. Debido a esto, tomando los tres puntos descritos y sabiendo que estos errores están dentro o fuera de tolerancia, podemos saber si el intervalo completo cumple con las especificaciones.

CALIBRACIÓN DE MULTÍMETROS

Generalmente, estos instrumentos manejan funciones de lectura de voltajes AC y DC, corrientes AC y DC, resistencia y prueba de diodos; en algunos casos, miden frecuencia y capacitancia.

Para su calibración, se realiza la generación de las unidades pertinentes para probar los puntos determinados en la tabla de prueba. Se debe tener en cuenta que los bornes que se utilizan para calibrar el voltaje y resistencia son diferentes a los empleados en calibración de corriente. Debido a que algunos multímetros digitales poseen lectura a cuatro bornes en voltaje y resistencia, hay que asegurarse de realizar una correcta conexión. Si el cambio de intervalo es automático, es recomendable pasarlo a manual para el proceso de calibración, debido a que es posible que el instrumento no elija el intervalo que se desea calibrar.

AJUSTE DE CALIBRACIÓN

En su mayoría, los instrumentos digitales son construidos con elementos de valor variable, para ajustar las lecturas y otras características del instrumento, debido a que éste es susceptible a desajustes en el tiempo o por errores propios de los elementos utilizados en su fabricación.

Este tipo de ajuste consiste en variar estos elementos para lograr lecturas dentro de especificación. Este procedimiento debe efectuarse únicamente cuando el instrumento presenta desviaciones considerables y si tiene el procedimiento descrito por el fabricante. Si se lleva a cabo el procedimiento sin los pasos establecidos, se cae en el riesgo de alterar el funcionamiento del instrumento y, por lo tanto, dañarlo.

Luego de realizar un ajuste de calibración es necesario repetir las pruebas de calibración nuevamente para obtener una nueva tabla de datos.

RESUMEN CAPITULAR

En este capítulo fue presentada la propuesta metrológica general que se plantea sea incluida en el reglamento de la UT.

Para proporcionar un mejor detalle de ésta, se llevó a cabo el desarrollo de propuestas más específicas, que juntas conforman la propuesta general; siendo éstas: Inclusión de conceptos relacionados con la Metrología, Unificación de términos utilizados y calibración de instrumentos.

Todo lo anterior con la finalidad de impulsar al sector eléctrico del país, a la creación de una cultura metrológica que permita a cada entidad garantizar no solo la exactitud de sus mediciones, sino también evitar incurrir en pagos de multas debido a una mala medición; a través de la utilización de instrumentos de medición calibrados, y que a su vez simplifique las labores de la UT en cuanto a la supervisión y manejo de conflictos se refiere. De la misma manera que es una alternativa viable para anticiparse a los resultados de la formulación de normas obligatorias orientadas hacia este sector, dado que dichas normas llevan un enfoque relacionado con garantizar la exactitud de las mediciones.

CONCLUSIONES.

Después de haber realizado este trabajo, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Según lo especificado en la norma ISO 9001:2000, respecto al requisito 7.6. “Control de los dispositivos de Seguimiento y Medición”, dicha norma no limita a las compañías que deseen certificarse en cuanto a la forma en que éstas deben calibrar sus instrumentos. Por tal razón, la calibración puede realizarse por un proveedor externo a las compañías o éstas mismas adquirir patrones para calibrarse por cuenta propia, con la salvedad de contar con una persona calificada que se encargue de dicha actividad, y posea los conocimientos teóricos y prácticos sobre Metrología, para implementar la calibración de instrumentos.
- Actualmente en el país no existe una norma obligatoria que regule las actividades de las entidades involucradas en el sector eléctrico, específicamente el hidroeléctrico. Por ello, implementar una norma internacionalmente reconocida como lo es la ISO 9001:2000, representa una gran ventaja para las compañías que obtienen esta certificación, debido a que si un organismo nacional emite una norma obligatoria, la compañía certificada no tendría grandes inconvenientes en cumplir con los requisitos estipulados en la dicha norma, a causa de que ésta, se basa en estándares internacionales.
- En un sector como el hidroeléctrico, donde existen reglamentos que sancionan económicamente a las entidades por no cumplir con ciertos niveles de calidad; para las compañías sujetas a estas reglamentaciones, resulta de mucho beneficio mantener su proceso controlado con instrumentos que cumplen con requisitos de calidad internacionales, ya que de esta forma se garantizan no ser sancionados y disminuir los márgenes de error en las mediciones.
- Con base a la investigación de campo y a través del conteo de instrumentos se pudo identificar las características particulares de éstos, lo cual fue importante para

determinar la condición actual de los mismos y a su vez sirvió de referencia para la etapa de selección de alternativas.

- La selección de los instrumentos que se deben calibrar, se determinó de acuerdo a la relación directa de éstos con la calidad y a su importancia para el control del proceso de generación.
- Las características o requisitos que deben cumplir las entidades que se encargarán de la calibración de los instrumentos, se determinaron de acuerdo a investigaciones realizadas (bibliográficas, entrevistas y criterio profesional).
- Se determinó que los procedimientos de calibración deben ser elaborados de acuerdo a normas internacionales y basados en las especificaciones del fabricante.
- Para elaborar las alternativas de solución fue necesario partir de las especificaciones de los instrumentos que se recomienda deben ser calibrados y luego de una lluvia de ideas se determinaron dos posibles alternativas que pueden dar solución al problema identificado.
- La elaboración de un manual de bienvenida es de mucha importancia ya que ayuda a que se cumplan normas o lineamientos de seguridad generales y otras propias del sector; de igual manera garantiza que las actividades se desarrollen en condiciones normales.
- Mediante un análisis costo - beneficio se determinó que la alternativa factible a implementar es la contratación del servicio de calibración.
- La propuesta de la inclusión de conceptos metrológicos dentro del reglamento de la UT que abarca unificación de términos, procedimientos de calibración de equipo

eléctrico, es un primer paso de una cadena consecuente de revisiones y ampliaciones por parte de las entidades involucradas, hasta su implementación.

RECOMENDACIONES.

Al Estado:

- Otorgar mayor potestad al CONACYT para la regulación, implementación y cumplimiento de las normas emitidas aplicables a la Industria Salvadoreña.
- Facultar al CONACYT para que pueda exigir en cierta medida la participación de las entidades que tienen relación directa a la creación de una norma específica.
- Aprobar un mayor presupuesto para el CONACYT, el cual puede ser empleado en infraestructura, equipo y capacitaciones del personal.

Al CONACYT:

- Promover su actividad mediante foros, entrevistas y programas de difusión en el ámbito estudiantil, industria y sociedad salvadoreña.
- Crear un programa de comparación de patrones con laboratorios primarios del área para garantizar la trazabilidad del mismo.
- Garantizar la protección al consumidor mediante la emisión de normas referentes al sector eléctrico.

A la empresa en estudio:

- Se recomienda que los periodos de calibración de los equipos se realicen con un intervalo de tiempo de seis meses para las mediciones eléctricas, con el objetivo de ir creando un historial y una ficha técnica que sirva de registro en el comportamiento de estos equipos en los periodos anteriormente mencionados, y con base a esto evaluar la posibilidad de ampliar estos periodos o reducirlos.
- Aunque la norma sea puntual, en el aspecto de calibrar aquellos instrumentos que influyen directamente en la calidad, se sugiere también el control y calibración de algunos instrumentos de medición pertenecientes a los subprocesos de generación.
- Se recomienda además, que la entidad contratante del servicio establezca claramente las condiciones del servicio deseado, así como las directrices de seguridad y calidad que se requieren de los oferentes.

- Participación activa en la creación de normas que involucran al sector eléctrico.
- Sugerir a la UT el cambio en los precios estipulados en su reglamento que actualmente se reflejan en colones, a la moneda de circulación que es el dólar.

A los Proveedores del Servicio de Calibración:

- Mayor apertura para proporcionar información a cerca de los servicios que brindan, entre los que se pueden mencionar: equipo, precios, RRHH.
- Mejorar los tiempos de respuesta en cuanto a cotización de precios.
- A nivel Nacional los proveedores del servicio, considerar la acreditación de sus laboratorios como una inversión que proyecte mayor credibilidad a escala regional.

A la Universidad Don Bosco:

- Crear vínculos con laboratorios de metrología a escala internacional y nacional, publicas o privadas, en las cuales se puedan realizar pasantías relacionadas con metrología.
- Incentivar a los estudiantes en la participación de foros, seminarios, conferencias sobre Normalización y Metrología.
- Fomentar las relaciones Universidad – empresas, para la aplicación de los conocimientos adquiridos dentro de la misma, con el fin de recomendar alternativas de solución a problemas reales de las empresas.

A la Escuela de Ingeniería Industrial:

- Fomentar la elaboración de Trabajo de Graduación en temas vanguardistas.
- Ampliar la base de datos para temas de Trabajo de Graduación, así como los vínculos con las empresas prototipos para realizarlo.
- Incluir la Asignatura de Metrología dentro del plan de estudios de Ingeniería Industrial, como materia obligatoria y no optativa.

BIBLIOGRAFÍA

TEXTO

- Administración de Operaciones
Roger Schoeder
McGraw Hill
Tercera Edición
1996
- Curso de Metrología Dimensional
Javier Carro de Vicente – Portela
1978
- Fundamentos de Metrología Eléctrica.
Andres M. Karcz
Marcombo
1992
- Isotech
Reference Manual for Temperature Products and Services
1995
- Metrología
Carlos González González
Ramón Zeleny Vásquez
McGraw Hill
Segunda Edición
1998
- Metrología Para No – Metrólogos
Segunda Edición
Rocío M. Marbán
Julio A. Pellecer C.
2002

- Unidad de Transacciones
Reglamento de Operación del Sistema de Transición y del Mercado Mayorista
Primer Edición
1999
- Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología
Félix Pezet Sandoval
CENAM
Tercera Edición
1997

SITIOS WEB

<http://www.automatica-aei.com>

<http://www.bcr.gob.sv>

<http://bde.es/infoest/e0203.pdf>

<http://www.caltechnix.com.mx/>

<http://www.cel.gob.sv>

<http://www.cenam.mx>

<http://www.cenam.mx/calibracion/cotizacion.asp>

<http://www.conacyt.gob.sv>

<http://correo.sic.gov.co/Agenda/ServiciosInternet/SolicitudCotizacionCalibracion1.html>

<http://www.cvcontrol.com.ar>

<http://www.dh-budenberg.com>

<http://www.distron.es>

<http://www.economia-nmx.gob.mx>

<http://www.fluke.com>

<http://getec-chile.com>

<http://www.hartscientific.com>

<http://www.icontec.org.co>

<http://www.indecopi.gob.pe>

<http://www.indecopi.gob.pe/nuestrosservicios/metrologiaycalibracion>

<http://www.inti.gov.ar>

<http://www.isotech.co.uk>

<http://www.metas.com.mx/>

<http://www.metas.com.mx/electrica.html>

<http://www.metas.com.mx/presion.html>

<http://www.metas.com.mx/temperatura.html>

<http://www.oiml.org>

<http://www.sic.gov.co>

<http://www.tequipment.net/FlukePriceList.html>

<http://www.udb.edu.sv>

<http://www.ut.com.sv>

<http://www.utp.ac.pa/centroin/cei/Index.htm>

<http://www.utp.ac.pa/centroin/cei/MetroContactos.htm>

GLOSARIO

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

ANDIMET: Metrología de la Región Andina.

APLITEC: Aplicaciones Técnicas de Centroamérica.

ASTM: Asociación Estadounidense para Pruebas de Materiales.

BIPM: Bureau Internacional de Pesas y Medidas.

CAESS: Compañía de alumbrado eléctrico de San Salvador.

CAMET: Metrología de la Región Centroamericana.

CARIMET: Metrología de la Región del Caribe.

CEI: Centro Experimental de Ingeniería, Panamá.

CEL: Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa.

CENAM: Centro Nacional de Metrología, México.

CENAP: Centro Nacional de Productividad.

CGPM: Conferencia General de Pesas y Medidas.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, El Salvador.

COPANT: Comisión Panamericana de Normas Técnicas.

CRIE: Comisión Regional de Interconexión Eléctrica.

DP: Despacho Programado.

DPC: Dirección de Protección al consumidor.

DKD: Deutscher Kalibrierdienst.

EIT: Escala Internacional de Temperatura.

ENAC: Entidad Nacional de Acreditación y Certificación.

EOR: Ente Operador Regional.

EUROMET: Metrología de la Región Europea.

FODA: Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

FUSADES: Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social.

GGP: Grupo Generador a Programar.

ICAITI: Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas.

IEC: Comisión Electrotécnica Internacional.
IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
INDECOPI: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú.
INMETRO: Instituto Nacional de Metrología, Brasil.
INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina.
IPC: Índice de Preciso del Consumidor.
ISO: Organización Internacional para la Estandarización.
ITCA: Instituto Tecnológico Centroamericano.
JIS: Norma Industrial Japonesa.
LGE: Ley General de Electricidad.
LPM: Laboratorio Primario de Metrología.
MC: Mercado de Contratos.
MCCA: Mercado Común Centroamericano.
METAS: Metrólogos Asociados.
MRS: Mercado Regulador del Sistema.
N / A: No Aplica.
NIST: Natural Institute of Standard and Technology.
NMI: Instituto Metrológico Nacional.
NOM: Norma Oficial Mexicana.
NORAMET: Metrología de la Región Norteamericana.
NRC: National Research Council, Canadá.
NSO: Normas Salvadoreñas Obligatorias.
NSR: Normas Salvadoreñas Recomendadas.
OEA: Organización de Estados Americanos.
OIML: Organización Internacional de Metrología Legal.
PAMM: Programa Anual de Mantenimiento Mayores.
PPM: Partes Por Millón.
PTB: Physikalisch Technische Bundesanstalt.
SAE: Sistema de Administración de Energía.
SCADA: Adquisición de Datos y Control de Supervisión

SIC: Superintendencia de Industria y Comercio de la República Colombiana.
SICA: Sistema de Integración Centroamericana.
SIEPAC: Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central.
SIGET: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones.
SIM: Sistema Interamericano de Metrología.
SIMEC: Sistema de Medición Comercial.
SLUMP: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.
SURAMET: Metrología de la Región Suramericana.
TLC: Tratado de Libre Comercio.
TLV: Termómetro de Líquido en Vidrio.
TPM: Termómetro Patrón de Mercurio.
TPRP: Termómetro Patrón de Resistencia de Platino.
TRP: Termómetro de Resistencia de Platino.
UDB: Universidad Don Bosco.
UES: Universidad El Salvador.
UKAS: United Kingdom Accreditation Service.
UT: Unidad de Transacciones.
UTP: Universidad Tecnológica de Panamá.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alto voltaje: es el nivel de tensión igual o superior a 115 kilovoltios

Bajo voltaje: es el nivel de tensión inferior a 115 kilovoltios

Comercializador: es la entidad que compra la energía eléctrica a otros operadores con el objeto de revenderla

Competencia: libertad en el desarrollo de las actividades de prestación del servicio con base en reglas objetivas, transparentes y no discriminatorias.

Conexión: es el enlace que permite a un usuario final recibir energía eléctrica de una red de transmisión o distribución

Distribuidor: es la entidad poseedora y operadora de instalaciones cuya finalidad es la entrega de energía eléctrica en redes de bajo voltaje

Entidad: persona natural o jurídica

Exactitud de medición: grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero (o real) de lo medido (el mensurando)

Generador: es la entidad poseedora de una o más centrales de producción de energía eléctrica, que comercializa su producción en forma total o parcial.

Gradualidad: Previsión para la evolución progresiva del Mercado, mediante la incorporación de nuevos participantes, el aumento progresivo de la operación coordinada, el desarrollo de las redes de interconexión, y el fortalecimiento de los órganos regionales.

Interconexión: es el enlace que permite a dos operadores la transferencia de energía eléctrica entre sus instalaciones

Incertidumbre: parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que, con fundamento, pueden ser atribuidos al mensurando.

Medición: conjunto de operaciones que tienen por finalidad determinar el valor de una magnitud.

Medida materializada: dispositivo destinado a reproducir o a proveer de forma permanente durante su empleo, uno o varios valores conocidos de una magnitud dada.

Mensurado: magnitud dada, sometida a medición.

Opacidad: propiedad de ciertas sustancias para impedir el paso de la luz.

Operador: es cualquier entidad generadora, transmisora, distribuidora o comercializadora de energía eléctrica

Partes por millón: número de unidades de peso o volumen de un componente menor presente en cada millón de unidades de una solución o mezcla.

Participante del Mercado: operador o usuario final que está conectado directamente a la red de transmisión, cumpliendo con los requisitos de la Ley y que realiza transacciones comerciales de energía eléctrica en el Mercado Mayorista.

Patrón: medida materializada, aparato de medición, material de referencia o sistema de medición, destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para servir de referencia. Los patrones pueden ser

internacionales (reconocidos por acuerdo internacional) y nacionales (reconocidos por acuerdo nacional).

Patrón de trabajo: patrón utilizado corrientemente para controlar medidas materializadas, aparatos de medición o materiales de referencia.

Patrón de transferencia: patrón empleado como intermediario para comparar patrones entre sí.

Patrón de referencia: patrón, generalmente de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar u organización dados, del cual se derivan las mediciones que se hacen en dicho lugar u organización.

Patrón primario: patrón que se designa o se recomienda por presentar las más altas calidades metrológicas y cuyo valor se establece sin referirse a otros patrones de la misma magnitud.

Patrón secundario: patrón cuyo valor se establece por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

Reciprocidad: derecho de cada Estado para aplicar a otro Estado las mismas reglas y normas que ese Estado aplica temporalmente de conformidad con el principio de Gradualidad.

Red de transmisión: es el conjunto integrado de equipos de transporte de energía eléctrica en alto voltaje;

Red de distribución: es el conjunto integrado de equipos de transporte de energía eléctrica en bajo voltaje;

Repetibilidad (de los resultados de mediciones): grado de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas de un mismo mensurando, llevadas a cabo totalmente bajo las mismas condiciones de medición.

Reproducibilidad: grado de concordancia entre los resultados de las mediciones de un mismo mensurando, llevadas a cabo haciendo variar las condiciones de medición.

SCADA: aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.

Servicios Auxiliares: todo aquel servicio proporcionado por los operadores y / o participantes del mercado, para mantener la calidad y seguridad del sistema, y que están detallados en el presente Reglamento.

Transmisor: es la entidad poseedora de instalaciones destinadas al transporte de energía eléctrica en redes de alto voltaje, que comercializa sus servicios; y,

Trazabilidad: propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón de estar relacionado a referencias establecidas, generalmente patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena continua de comparaciones, todas ellas con incertidumbres establecidas.

Unidad (de medida): magnitud particular, definida y adoptada por convención, con la cual se comparan las otras magnitudes de igual naturaleza para expresarlas cuantitativamente con relación a dicha magnitud.

Unidad (de medida) de base: unidad de medida de una magnitud de base en un sistema dado de magnitudes.

Unidad de Transacciones: Organismo responsable de operar el sistema de transmisión, mantener la seguridad del sistema, asegurar la calidad mínima de los servicios y suministros y operar el mercado mayorista de energía eléctrica

Usuario final: es quien compra la energía eléctrica para uso propio.

Valor (de una magnitud): expresión cuantitativa de una magnitud en particular, generalmente bajo la forma de una unidad de medida multiplicada por un número.

ANEXOS

INDICE DE ANEXOS.

ANEXO 1.1. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES DE MEDIDA	225
ANEXO 1.2. ¿DE QUÉ DEPENDE LA CALIDAD?	227
ANEXO 2.1. SERVICIOS AUXILIARES	228
ANEXO 2.2. NORMAS DE CALIDAD Y SEGURIDAD OPERATIVAS	234
ANEXO 2.3. MEDICION COMERCIAL.	244
ANEXO 3.1. FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	252
ANEXO 3.2. TABLA RESUMEN DE INFORMACIÓN RECOPIADA	253
ANEXO 3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS	255
ANEXO 3.4. FLUJOGRAMA PARA LA APLICACIÓN DE METROLOGÍA INDUSTRIAL	260
ANEXO 4.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL ANÁLISIS FODA EN LA ORGANIZACIÓN	261
ANEXO 5.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION A CALIBRAR POR MAGNITUD.	270
ANEXO 5.2. ENCUESTA REALIZADAS A ESPECIALISTAS EN METROLOGIA.	272
ANEXO 5.3. ESPECIFICACIONES DE LA NORMA 127.	276
ANEXO 5.4. NORMA ASTM PARA TERMÓMETROS.	280
ANEXO 5.5. LABORATORIOS PRIMARIOS A ESCALA MUNDIAL.	281
ANEXO 5.6. LABORATORIOS PRIMARIOS EN EL CONTINENTE AMERICANO.	282
ANEXO 5.7. CARTA DE TRAZABILIDAD DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA ELÉCTRICA DEL CENAM	283
ANEXO 5.8. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	284
ANEXO 5.9 REQUISITOS SEGÚN LA NORMA 17025.	286
ANEXO 5.10. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN A ESCALA NACIONAL	288
ANEXO 5.11. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN A ESCALA INTERNACIONAL	289
ANEXO 5.12. PATRONES DE CALIBRACIÓN.	290
ANEXO 6.1. EVOLUCIÓN DEL INDICE DE PRECIOS DEL CONSUMIDOR EN EL SALVADOR.	291
ANEXO 6.2. CÁLCULOS DEL IPC PARA CADA AÑO.	292

ANEXO 6.3. CÁLCULO DE LOS COSTOS ANUALES DE CALIBRACIÓN.	302
ANEXO 7.1. CÁLCULO DEL ERROR.	310

ANEXO 1.1. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES DE MEDIDA

Sistema	Longitud	Superficie	Peso	Capacidad	Volumen	Total
Español	6	5	6	1	1	19
Inglés	6	2	1	1	0	10
Regional	1	0	4	7	2	14
Métrico	3	3	2	1	0	9
Total	16	10	13	10	3	52

Tabla A.1. Distribución de las Unidades de Medida.¹

En la tabla se observa la distribución de unidades de medida utilizadas habitualmente, aún en los años 50's en nuestro país. Para elaborarla se tomó en cuenta una lista preparada por el Banco Central de El Salvador, así como la observación personal del experto nombrado por la Administración de Asistencia Técnica de la ONU, en acuerdo con la CEPAL, para realizar un estudio sobre metrología en el área Centroamericana.

En el país cerca de los años 50's la revisión y ajuste de los instrumentos utilizados para las mediciones eléctricas, estaba a cargo de la Compañía de Alumbrado Eléctrico, la cual se llevaba a cabo antes de su instalación, empleando sus propios vatímetros. Además existía una Oficina de Inspección General de Electricidad, la cual era carácter oficial, aunque ésta solamente revisaba los medidores cuando algún usuario se quejaba a la compañía de inexactitud en la medición de consumo de corriente eléctrica. Para realizar dicha verificación la oficina contaba con su propios vatímetro, los cuales no se habían vuelto a verificar desde su adquisición.

Respecto a resistencia de conductores y demás accesorios necesarios en las instalaciones no se hacía ninguna revisión o verificación. Dicha oficina únicamente

¹ Fuente: Banco Central de Reserva.

revisaba la seguridad de las nuevas instalaciones eléctricas, antes que la compañía suministradora de electricidad procediera a proveer energía a los solicitantes.

Por otro lado, dicha oficina contaba con algunos aparatos de laboratorio como probadores de inducción, puentes de Weanstone, pero ninguno con certificado de exactitud.

Respecto a las magnitudes de presión y temperatura, no fue posible encontrar información alguna que refleje la forma en la que éstas se medían.

ANEXO 1.2. ¿DE QUÉ DEPENDE LA CALIDAD?

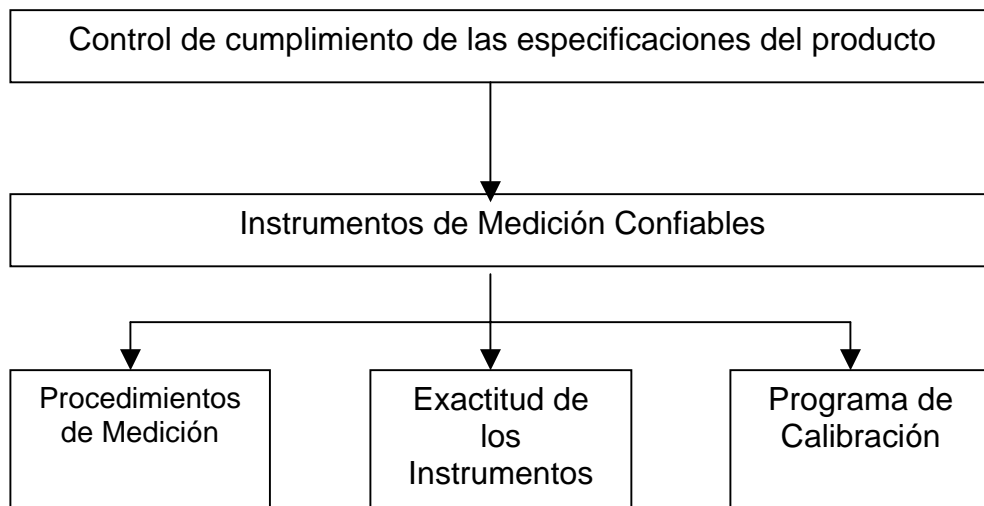


Figura A.1. Factores que influyen en la Calidad.²

² Fuente: Revista ASIMEI.

ANEXO 2.1. SERVICIOS AUXILIARES

1. OBJETIVO

Fijar los requisitos que deben cumplir los PM que participen en el suministro de Servicios Auxiliares, así como las reglas de mercado para ser intercambiados, incluyendo los cargos a cobrar y pagar por el servicio.

2. REGULACIÓN SECUNDARIA DE FRECUENCIA

Se definen los requisitos a cumplir por los Generadores con unidades que pueden dar el servicio de regulación secundaria de frecuencia mediante la disponibilidad de control automático de generación manejado remotamente por la UT.

2.1 REQUERIMIENTOS TECNICOS

El Generador interesado en ofrecer el servicio deberá cumplir los siguientes requisitos:

2.1.1 Las unidades que podrán participar en la Regulación Secundaria de Frecuencia, para contribuir en el funcionamiento estable del CAG, deberán tener una respuesta mínima 10 MW/min.

2.1.2 Tener instalado una Unidad Terminal Remota (UTR) que actúe de interfaz entre el Sistema de Administración de Energía (SAE) de la UT y el gobernador de la unidad generadora que participará en la Regulación Secundaria de Frecuencia.

2.1.3 Disponer de unidades con gobernador digital o electromecánico. Si el gobernador es electromecánico, la UTR debe estar habilitada para que controle la unidad generadora mediante un control de lazo cerrado con características Proporcional, Integral, Derivativo.

2.1.4 Si el gobernador es digital, debe permitir el control de la unidad generadora mediante el lazo cerrado de la UTR; opcionalmente, pueda recibir la consigna digital a través de la UTR y que el control de lazo cerrado del gobernador controle y alcance dicha consigna.

2.1.5 La unidad generadora que opere dentro del Control Automático de Generación (CAG), debe permitir adicionalmente controlar la generación de potencia reactiva y

control de voltaje en terminales del generador, a través de la misma UTR. Dicho control de potencia reactiva formará parte del control a distancia para la regulación de voltaje.

2.2 COMPENSACIONES POR EL SERVICIO DE REGULACION SECUNDARIA DE FRECUENCIA

2.2.1 La UT mantendrá una potencia mínima disponible en el sistema para CAG equivalente al cuatro por ciento (4%) de la demanda. Esta potencia deberá estar distribuida en al menos 2 unidades generadoras, de existir.

2.2.2 El cargo por la potencia disponible para CAG será calculado cada hora en base a la potencia disponible bajo CAG multiplicado por el precio horario del MRS y por un porcentaje.

2.2.3 El porcentaje máximo que la UT pagará por el servicio es de cinco por ciento (5%).

2.2.4 Los cargos para el pago de la Regulación Secundaria de Frecuencia serán cobrados mensualmente a los generadores en proporción a la energía inyectada a la red en cada mes.

2.2.5 La UT solicitará semestralmente ofertas de los Generadores que posean unidades con capacidad de estar bajo CAG, las cuales serán válidas para los períodos de enero a junio y de julio a diciembre de cada año.

2.2.6 La UT asignará el servicio para el período solicitado en orden creciente según el porcentaje ofertado.

2.2.7 Cuando una unidad bajo CAG sea despachada para dar el servicio y no cumpla con el requerimiento, será despachada la siguiente unidad en el orden establecido. El diferencial de costos por dicho incumplimiento será cubierto por el generador que no cumplió con el servicio.

2.2.8 Cuando no exista en el despacho la suficiente capacidad de CAG despachada libremente por los operadores, la UT podrá requerir la entrada en operación de una unidad habilitada no despachada. Los costos de esta generación obligada serán distribuidos entre los generadores que estén generando en ese período.

2.2.9 En caso de incumplimiento en tres ocasiones de proveer el servicio, el GGP será inhabilitado por seis meses para proveer el servicio.

3. SERVICIO DE ARRANQUE EN CERO VOLTAJE

Se definen las características a cumplir por los Generadores con unidades que pueden dar el servicio de arranque en cero voltaje después de un colapso parcial o total, o por la formación de islas eléctricas.

3.1 REQUERIMIENTOS TECNICOS

Los GGP que pueden ofrecer los servicios de arranque en cero voltaje deberán cumplir con las siguientes características:

3.1.1 Contar con dispositivos de arranque en forma independiente de la red.

3.1.2 Tiempo máximo de la unidad para conectarse al sistema de transmisión: quince (15) minutos.

3.1.3 Razón mínima de incremento de potencia: 10 MW/min

3.1.4 Variación máxima del voltaje de la unidad en el punto de conexión: $\pm 2.0 \%$

3.1.5 Variación máxima de la frecuencia en los terminales de la unidad: $\pm 0.15 \%$

3.1.6 Potencia nominal mínima de la unidad: 15 MW

3.2 COMPENSACIONES POR EL SERVICIO DE ARRANQUE EN CERO VOLTAJE

3.2.1 La UT requerirá disponer de dos unidades capaces de prestar el servicio de arranque en cero voltaje, cumpliendo los requerimientos técnicos especificados anteriormente. Dichas unidades estarán ubicadas en distintas zonas del país (occidente, centro u oriente)

3.2.2 El cargo por la disponibilidad del servicio será una mensualidad fija. Además existirá un pago por cada operación que la UT requiera para que la unidad entre en operación para arranque en condición de emergencia.

3.2.3 El pago mensual máximo que la UT pagará por disponibilidad es de Veinte Mil Colones (¢20,000.00). El pago máximo por entrada en operación en condición de emergencia es de Diez Mil Colones (¢10,000.00)

3.2.4 Los cargos mensuales por la disponibilidad serán cobrados a los Generadores en proporción a la energía inyectada a la red en cada mes.

3.2.5 Los cargos eventuales por entrada en operación de unidades para arranque en condición de emergencia serán pagados por el causante; si no se puede determinar un responsable, los cargos serán cubiertos por los PM en proporción a la energía que retiren en el mes del evento.

3.2.6 La UT solicitará anualmente ofertas de los Generadores que posean unidades con capacidad de arranque en cero voltaje, las cuales serán válidas para los períodos de enero a diciembre de cada año.

3.2.7 La UT asignará el servicio para el período solicitado en orden creciente según el monto ofertado, asumiendo 2 eventualidades al año.

3.2.8 La UT tendrá la facultad de exigir a los Generadores que tengan unidades habilitadas para el servicio de arranque en cero voltaje, el arranque de dichas unidades en 4 pruebas no programadas durante el año, con únicamente el tiempo de aviso que el Generador haya indicado en su oferta.

3.2.9 En caso de que la unidad falle de cumplir el arranque solicitado bajo las condiciones establecidas, en dos ocasiones durante el año, ya sea durante pruebas o en condiciones de emergencia, será deshabilitado de dicho servicio hasta el siguiente año, previa demostración de que ha corregido las fallas.

3.2.10 Cuando una unidad habilitada sea requerida de arrancar en condición de emergencia y no cumpla con el requerimiento, será despachada la siguiente unidad en el orden establecido. El diferencial de costos por dicho incumplimiento será cubierto por el generador que no cumplió con el servicio, así como los costos operativos adicionales asociados con dicho incumplimiento.

4. SERVICIO DE SUMINISTRO DE POTENCIA REACTIVA

Se definen los requerimientos de aportes de potencia reactiva por los PM, las características a cumplir por los equipos de compensación de potencia reactiva que pongan a disposición de la UT los Operadores y PM, así como los cargos y abonos por el servicio.

4.1 REQUERIMIENTOS TECNICOS

4.1.1 Los Operadores y PM pueden ofrecer los servicios de potencia reactiva a través de los siguientes equipos:

Unidades generadoras directamente conectadas a la red.

Bancos de compensación reactiva (capacitores o inductores) directamente conectados a la red.

Los equipos de control de flujo de reactivos en la red, tales como transformadores con cambio de tap bajo carga o transformadores con cambio de fase, son considerados como elementos de control de la red, por lo que están considerados dentro de los servicios prestados por el Operador Transmisor.

4.1.2 Las obligaciones de los PM de proporcionar aportes para el suministro de potencia reactiva son las siguientes:

Las unidades generadoras deberán aportar hasta una cantidad de potencia reactiva igual a la establecida en su curva de capacidad (P-Q) a potencia nominal, tanto en factor de potencia adelantado como atrasado.

4.1.3 Los Operadores y PM podrán realizar acuerdos entre partes para la provisión de potencia reactiva entre sí. Sin embargo, dichos equipos deberán estar en control de la UT, que decidirá en tiempo real la necesidad de utilizarlos o no.

Cuando hay un acuerdo entre PM y Operadores para compartir en una barra la compensación reactiva, deberán notificarlo a la UT para el cálculo del factor de potencia, siempre que existan los medios para medir las variables pertinentes.

4.2 COMPENSACIONES POR EL SERVICIO DE POTENCIA REACTIVA

4.2.1 La UT requerirá disponer de los medios necesarios de compensación y control de la potencia reactiva, con base en las condiciones previstas del sistema y las condiciones en tiempo real, incluyendo la ubicación de las fuentes de reactivos dentro de la red.

4.2.2 El cargo por el servicio de potencia reactiva estará dado en ϕ /MVARh, de acuerdo a la energía reactiva requerida fuera de los límites obligatorios establecidos anteriormente.

4.2.3 El cargo máximo que la UT pagará por potencia reactiva es de Cuatro Colones con cincuenta centavos por MVARh (4.50 ¢/MVARh)

4.2.4 No se asignará cargo por reactivo si existe suficiente capacidad obligatoria de generación de potencia reactiva en el sistema.

4.2.5 El PM que no cumpla con sus obligaciones de potencia reactiva, será sujeto de pagar los cargos necesarios proporcionar el aporte reactivo faltante, incluyendo los costos por arranques de unidades generadoras como generación obligada.

4.2.6 En caso de existir una situación de falta de potencia reactiva, por causas que no son imputables a uno o varios PM específicos, la UT asignará los costos para obtener la compensación reactiva necesaria, como un cargo obligado que deberán de pagar los PM que retiran dentro del intervalo de Mercado en que se produjo la necesidad de compensación reactiva.

4.2.7 Cuando la UT determine que se requiere compensación reactiva, utilizará las fuentes de compensación reactiva buscando obtener la respuesta más eficaz y eficiente para el control del voltaje en la red.

En caso de existir condiciones técnicas similares para el uso alternativo de fuentes de potencia reactiva, utilizará la que tiene menor costo por el servicio

4.2.8 En caso de que un equipo de compensación reactiva que ha sido ofrecido a la UT no cumple cuando es requerido en tiempo real, el PM u Operador responsable deberá pagar los costos asociados para compensar la falla de su aporte.

ANEXO 2.2. NORMAS DE CALIDAD Y SEGURIDAD OPERATIVAS

1. OBJETIVO

El presente Anexo tiene por objeto establecer los niveles de desempeño mínimo para la calidad y seguridad del sistema eléctrico de potencia, requeridos tanto en operación normal como en emergencia.

2. REGULACION DE FRECUENCIA

2.1 La frecuencia nominal de la red de transmisión es de 60.00 Hz.

2.2 En condición normal, la UT deberá mantener la frecuencia dentro de un rango entre 60.12 Hz y 59.88 Hz ($\pm 0.2\%$)

2.3 En condición de emergencia operativa, la UT deberá mantener la frecuencia dentro de un rango entre 60.60 Hz y 59.40 Hz ($\pm 1\%$)

2.4 Para propósitos de diseño de equipos y unidades generadoras, deberá tomarse en cuenta que la frecuencia de la red podría sobrepasar los 63.00 Hz o caer por debajo de los 57.00 Hz en circunstancias excepcionales.

2.5 Toda unidad generadora debe ser capaz de suplir en forma continua la potencia programada por la UT en un rango de frecuencia comprendida entre 59.40 Hz y 60.00 Hz. Cualquier disminución en la potencia entregada estando la frecuencia entre 58.10 y 59.40 Hz, no podrá ser atribuida a la unidad. La UT realizará las correcciones necesarias (protecciones, uso de reserva), en forma automática o manual, para que esta condición sólo se mantenga por un breve tiempo.

3. REGULACION DE VOLTAJE

3.1 Los valores nominales de voltaje en el sistema de transmisión son 230 kV y 115 kV. En el caso de que los equipos de transformación pertenezcan al Transmisor, los valores nominales de voltaje en el lado de entrega serán 46 kV, 34.5 kV y 23 kV. La UT podrá agregar otros niveles de voltaje si la incorporación de instalaciones adicionales al sistema de transmisión así lo requieran.

3.2 En condición normal, la UT deberá mantener el nivel de tensión del sistema de transmisión dentro de un rango entre 95% y 105% del valor nominal.

3.3 En condición de emergencia operativa, la UT deberá mantener el nivel de tensión del sistema de transmisión dentro de un rango entre 90% y 110% del valor nominal.

3.4 Para propósitos de diseño de equipos y unidades generadoras, deberá tomarse en cuenta que el voltaje de la red podría sobrepasar el 120% ó caer por debajo del 80% del valor nominal.

3.5 La potencia reactiva inyectada o absorbida en una unidad generadora operando en estado estable, deberá estar completamente disponible en un rango de variación del voltaje del 5% hacia arriba en el caso de sobreexcitación del generador o un 5% por debajo en el caso que la unidad está trabajando en condición de subexcitación.

3.6 El factor de potencia en cualquier punto de retiro neto, en cualquier intervalo de Mercado, deberá ser igual o mayor a 0.950, atrasado o adelantado.

5. FLUCTUACIONES DE VOLTAJE

5.1 Las variaciones de voltaje en los puntos de acoplamiento de operadores no deberán de exceder el 4% del nivel del voltaje, ante cambios súbitos tanto de carga como de generación.

5.2 La severidad de las variaciones de voltaje de corta duración hasta 0.6 pu y las variaciones de larga duración de 0.8 pu, estarán sujetas a los estudios pertinentes desarrollados para el caso particular.

6. EQUIPOS DE PROTECCION

6.1 Los operadores deberán instalar los equipos de protección de acuerdo a los requerimientos descritos a continuación, así como a las necesidades de coordinación que indiquen los estudios que al respecto coordine y realice la UT.

6.2 TIEMPOS MÁXIMOS DE LIBERACIÓN DE FALLAS

6.2.1 Los tiempos de liberación de fallas de protección primaria no deberán exceder los siguientes límites:

- a) 6 ciclos (100 ms) para unidades generadoras conectadas a 13.8 kV;
- b) 9 ciclos (150 ms) para circuitos de 115 kV y 230 kV;

- c) 9 ciclos (150 ms) para circuitos menores a 115 kV, aplicable al dispositivo que protege el 80% del ramal principal directamente conectado al sistema de transmisión

6.2.2 Los sistemas de protección deberán de contar con equipos de respaldo que actúen para garantizar la integridad de los esquemas de protección y deberán de ser adecuadamente coordinados con los equipos primarios de protección del operador, como con los de otros operadores cuando sea necesario.

6.2.3 Para unidades generadoras que se conecten a la red donde sólo se tiene un esquema principal de protección, el equipo de respaldo del generador deberá de actuar en un tiempo que no exceda a 400 ms para la liberación de fallas. Este tiempo es requerido para discriminar entre la protección de respaldo de los generadores y la protección de respaldo de la red primaria de transmisión o la de otros operadores que se encuentren cercanos al punto de conexión donde la falla haya ocurrido.

6.3 EQUIPAMIENTO MÍNIMO PARA LOS ESQUEMAS DE PROTECCIÓN

6.3.1 Para los circuitos de distribución conectados a la red, los relevadores deberán de ser coordinados adecuadamente en tiempo, con respecto a los reconectores automáticos de las redes secundarias de distribución, con la operación de los seccionadores que existan en las principales derivaciones del circuito principal y con los fusibles existentes en la trayectoria de la línea.

6.3.2 Los métodos de coordinación de protección, en cuanto a los tiempos y los márgenes de coordinación adecuados, están sujetos al tipo de equipo existentes en la red de transmisión y los equipos de protección de los operadores.

6.3.3 Los estudios de coordinación de las protecciones en los puntos de conexión de la red, serán realizados por los PM y el transmisor, debiendo informar a la UT los ajustes de los equipos.

6.4 AJUSTE DE LOS RELEVADORES DE PROTECCIÓN

Cada operador debe ajustar los equipos de protección teniendo en cuenta el punto de interconexión al sistema de transmisión, de las condiciones especiales en dicho sitio, del tipo de carga existente y de cualquier otra condición que imponga restricciones de tolerancia para el soporte de cortocircuitos o contingencias que pongan en peligro la integridad de los equipos conectados.

7. ESQUEMA DE DESCONEXION DE CARGA POR BAJA FRECUENCIA

7.1 Los esquemas de desconexión de carga por baja frecuencia en la red serán implementados de acuerdo a los requerimientos que determinen los estudios correspondientes elaborados y coordinados por la UT junto con los operadores. El rango de variación que se elija para dicho esquema deberá de ser actualizado dependiendo de las necesidades de la red y de su evolución en el tiempo, debiendo revisarse periódicamente al menos una vez al año, durante los meses de octubre a diciembre.

7.2 Estos esquemas serán rotativos de manera de distribuir la carga a desconectar en caso de contingencia entre los diferentes operadores que tengan carga conectada al sistema de transmisión. El esquema de protección se deberá modificar en función de las características de la oferta y la demanda, teniendo en cuenta la estacionalidad hidrológica y la carga conectada a la red.

7.3 El rango máximo de variación de la frecuencia en el esquema de desconexión debe considerar 58.10 Hz como valor mínimo.

7.4 El ajuste de frecuencia del esquema debe indicar la frecuencia mínima y máxima de actuación y el paso de frecuencia entre las diferentes etapas.

7.5 El tiempo de actuación indicará el tiempo en que deberá ejecutarse la apertura del conjunto relevador interruptor.

7.6 El tiempo de operación comprenderá el tiempo entre la detección del abatimiento de la frecuencia y la apertura del dispositivo de protección.

7.7 El esquema de desconexión de carga por baja frecuencia deberá actuar siempre y cuando el voltaje de la barra de referencia se encuentre arriba del 50% del voltaje nominal.

7.9 La UT coordinará con los operadores el estudio para determinar el esquema más adecuado para implementar la protección por baja frecuencia, tomando como base la secuencia propuesta por los operadores. El estudio que resulte será discutido con los operadores antes de establecer el esquema que se implementará para el año siguiente, el cual será de carácter obligatorio para los operadores.

7.10 El esquema establecido podrá ser modificado antes del plazo de un año si la UT determina que hay condiciones que lo requieren.

7.11 La desconexión de cualquier carga dentro del esquema no deberá de distorsionar la actuación general del mismo. La probabilidad de falla combinada de los equipos de desconexión deberá ser tal, que la cantidad de carga que no se desconecte durante la actuación del esquema, en ningún momento sea mayor de 5% del total de la carga a desconectar.

7.12 La cantidad de carga que será desconectada debido a la actuación del esquema, no deberá reducirse cuando se tengan que efectuar trabajos de mantenimiento preventivos o correctivos, excepto que esto sea debidamente justificado ante la UT.

7.13 La UT informará a cada operador el esquema de desconexión de carga por baja frecuencia, según le corresponda, con la siguiente información:

- a) Magnitud y ubicación de la carga a desconectar
- b) Frecuencia de inicio de disparo
- c) Frecuencia final de disparo
- d) Número de pasos o etapas del esquema
- e) Características mínimas
- f) Velocidad de los interruptores de potencia

8. ESQUEMA DE DESCONEXION DE CARGA POR BAJO VOLTAJE

8.1 Los esquemas de desconexión de carga por bajo voltaje en la red serán implementados de acuerdo a los requerimientos que determinen los estudios

correspondientes elaborados y coordinados por la UT junto con los operadores. El rango de variación que se elija para dicho esquema deberá de ser actualizado dependiendo de las necesidades de la red y de su evolución en el tiempo, debiendo revisarse periódicamente al menos una vez al año, durante los meses de octubre a diciembre.

8.2 Estos esquemas serán rotativos de manera de distribuir la carga a desconectar en caso de contingencia entre los operadores que tengan carga conectada al sistema de transmisión. El esquema de protección se deberá modificar en función de las características de la carga, así como de las fuentes de potencia reactiva.

8.3 El rango máximo de variación de esta variable será establecido al 80% del voltaje nominal como valor mínimo.

8.4 El ajuste de regulación del voltaje indicará el voltaje mínimo y máximo de actuación del esquema y el paso de regulación del voltaje entre las diferentes etapas.

8.5 El tiempo de actuación indicará el tiempo en que deberá ejecutarse la apertura del conjunto relevador interruptor.

8.6 El tiempo de operación comprenderá el tiempo entre la detección del abatimiento del voltaje y la apertura del dispositivo de protección.

8.7 El esquema de protección por bajo voltaje deberá actuar siempre y cuando la frecuencia de la barra de referencia no disminuya del 99% de la frecuencia nominal, de manera que no existan duplicidades en la actuación de los esquemas que controlen la frecuencia y el voltaje de la red.

8.8 Los Distribuidores y Usuarios Finales conectados al sistema de transmisión deberán presentar a la UT durante el mes de octubre de cada año un listado con su propuesta de la distribución de todas sus cargas en cada una de las etapas del esquema de desconexión de carga por bajo voltaje en orden de prioridad al disparo.

8.9 La UT coordinará con los operadores el estudio para determinar el esquema más adecuado para la protección por bajo voltaje, tomando como base la secuencia propuesta por los operadores. El estudio que resulte será discutido con los operadores antes de establecer el esquema que se implementará para el año siguiente, el cual será de carácter obligatorio para los operadores.

8.10 El esquema establecido podrá ser modificado antes del plazo de un año, si la UT determina que hay condiciones que lo requieren.

8.11 La desconexión de cualquier carga dentro del esquema no deberá de distorsionar la actuación general del mismo. La probabilidad de falla combinada de los equipos de desconexión deberá ser tal, que la cantidad de carga que no se desconecte durante la actuación del esquema, en ningún momento sea mayor del 5% del total de la carga a desconectar.

8.12 La cantidad de carga que será desconectada debido a la actuación del esquema, no deberá reducirse cuando se tengan que efectuar trabajos de mantenimiento preventivos o correctivos, excepto que esto sea debidamente justificado ante la UT.

8.13 La UT informará a cada operador el esquema de desconexión de carga por bajo voltaje, según le corresponda, con la siguiente información:

- a) Magnitud y ubicación de la carga a desconectar
- b) Voltaje inicial de disparo
- c) Voltaje inicial de operación del equipo de compensación de potencia reactiva
- d) Número de pasos o etapas del esquema
- e) Características mínimas
- f) Velocidad de los interruptores de potencia
- g) Ubicación y ajustes de los equipos de compensación de potencia reactiva.

10. RESERVA PARA REGULACIÓN PRIMARIA DE FRECUENCIA

10.1 Todas las unidades generadoras que estén inyectando a la red de transmisión, deben aportar el 3% de reserva de potencia activa con respecto a la inyección de potencia activa de la propia máquina, la cual será destinada a la Regulación Primaria de Frecuencia del Sistema.

10.2 La tasa de toma de carga para asumir las variaciones no previsibles del ciclo de carga, por tipo de generación, cuando la capacidad de la unidad generadora se encuentra entre el 50% y el 100% de su capacidad nominal, deberá ser mejor o igual a las siguientes:

- a) Vapor (carbón o hidrocarburo): 2-5%/min

- b) Geotérmica: 2-5%/min
- c) Turbina a Gas: 15-20 %/s
- d) Hidroeléctricas Alta Caída (caída neta mayor que 75m): 1%/s
- e) Hidroeléctrica Media Caída (caída neta entre 35 y 75m): 5%/s
- f) Hidroeléctrica Baja Caída (caída neta menor que 35 m): 10%/s

11.RESERVA SECUNDARIA PARA REGULACION DE FRECUENCIA BAJO CONTROL AUTOMÁTICO DE GENERACIÓN.

11.1 Todas las unidades generadoras que estén inyectando a la red de transmisión, deben aportar el 4% de reserva de potencia activa con respecto a la inyección de potencia activa de la propia máquina, la cual será destinada a la Regulación Secundaria de Frecuencia del Sistema.

11.2 El tiempo necesario de toma de carga para asumir la consigna de potencia ordenada por la UT por las unidades generadoras que no participen en el CAG, desde que el operador recibe la orden, la ejecuta, hasta que el generador ha alcanzado el nivel de consigna; deberá ser mejor o igual a los siguientes valores (por tipo de generación):

- a) Vapor (carbón o hidrocarburo): 3 min
- b) Motores: 2 min
- c) Geotérmica: 3 min
- d) Turbina a Gas: 1 min
- e) Hidroeléctricas: 1 min

13. CONFIABILIDAD DEL SISTEMA DE GENERACION.

13.1 En general, la confiabilidad del sistema de generación será evaluado mediante el índice de Probabilidad de Pérdida de Carga y Valor Esperado de Energía No Servida.

13.2 La Probabilidad de Pérdida de Carga no excederá 5% semanal u 8.4 horas/semana.

13.3 Todos los Generadores deben proporcionar a la UT, la siguiente información para el cálculo de la Probabilidad de Pérdida de Carga:

- a) Tasa de salida forzada (%) de cada unidad generadora, calculada para largo plazo, incluyendo los períodos en que la unidad generadora se vuelve indisponible por fallas propias o de los equipos con los cuales se conecta a la red de transmisión.
- b) Tiempo medio de reparación (días)
- c) Tasa de salida programada (%) de cada unidad generadora, calculado a largo plazo en que la unidad generadora se vuelve indisponible por mantenimientos programados mayores o menores.
- d) Tiempo medio de reparación planeada (días/año)
- e) Programa de mantenimientos mayores de cada una de las unidades generadoras, especificando el período de mantenimiento y el número de días.

13.4 La UT calculará la Probabilidad de Pérdida de Carga para cada uno de los meses, para determinar que el Programa Anual de Mantenimiento Mayores no sobrepasa los límites de confiabilidad y para todos los escenarios que la UT defina dependiendo de la información de demanda, previsiones de exportación o importación y ofertas probables teniendo en cuenta la hidrología histórica.

13.5 Para el cálculo de la Probabilidad de Pérdida de Carga se considerará la distribución de probabilidad de la carga pronosticada de una semana típica de cada mes, la probabilidad de salida forzada de cada unidad generadora, la Probabilidad de Pérdida de Carga de los sistemas interconectados y el flujo de potencia promedio de cada mes.

15. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

15.1 Mantenimiento Mayor es el mantenimiento programado de un equipo por un período de tiempo mayor o igual a 15 días.

15.2 Las solicitudes de Mantenimientos Mayores deberán presentarse a la UT antes del 1 de noviembre de cada año.

15.3 La UT informará la propuesta de PAMM a los operadores antes del 15 de noviembre de cada año.

15.4 Los operadores podrán discutir y enviar a la UT sus observaciones al PAMM antes del 1 de diciembre de cada año.

15.5 La UT informará el PAMM aprobado antes del 15 de diciembre de cada año.

ANEXO 2.3. MEDICION COMERCIAL.

2. SISTEMA DE MEDICIÓN

2.1 REQUISITOS

2.1.1 Cada PM u operador es responsable de contar con el sistema de medición correspondiente a cada vinculación física con la red de transmisión, mediante el cual se medirán sus transacciones en el mercado para cada nodo en el que inyecta o retira energía.

2.1.2 Para los casos de interconexiones internacionales, el propietario de la línea deberá instalar el sistema de medición comercial en el extremo nacional de la línea.

2.1.3 Los medidores de energía serán trifásicos, tetrafilares y de solo lectura, es decir que las mediciones no podrán ser alteradas.

2.1.4 Cada sistema de medición contará por lo menos con:

- a) Un medidor principal y un medidor de respaldo, de iguales características.
- b) Los transformadores de corriente y potencial, que podrán ser compartidos o independientes para cada medidor.
- c) El medio de comunicación con la UT.

2.1.5 La implementación del sistema de medición estará a cargo del PM u operador responsable del punto de conexión, y será un requisito indispensable para la realización de sus transacciones.

2.1.6 Los medidores (principal y de respaldo) deberán estar conectados en el punto de interconexión al cual inyectan o retiran energía del sistema de transmisión.

2.1.7 Los medidores serán del tipo multifunción de estado sólido, trifásico, tetrafilar, bidireccional, dotado de un módulo de memoria masiva no volátil, de acuerdo a la norma ANSI C12.16, con módulo de comunicación asíncrono (módem), módulo de entrada y salida, con alimentación independiente.

2.1.8 La precisión requerida para el sistema de medición comercial y el porcentaje de error para los transformadores de instrumento, para la carga conectada en los secundarios de estos, será la indicada en la tabla siguiente:

EQUIPO PRECISION

Medidor de estado sólido 0.2

Transformador de corriente 0.3

Transformador de potencial 0.3

Las precisiones están basadas de acuerdo a las normas ANSI C12.16 y ANSI C57.13.

2.1.9 Para cada instalación será obligatorio presentar el cálculo de la carga, en VA, que será conectada a los transformadores de corriente y potencial, asociados al sistema de medición oficial y de respaldo.

Con el cálculo se adjuntarán datos garantizados por los fabricantes de los equipos que estarán conectados en la cadena de medición (medidores, graficadores, cables, etc.) no pudiendo en ningún momento sobrepasar el rango de carga e los transformadores de instrumento especificado en la norma ANSI C57.13, para a exactitud requerida.

2.1.10 La carga de los circuitos secundarios de los transformadores de corriente (TC) y potencial (TP) destinados a la medición comercial, deberá de estar comprendido dentro de limite inferior y superior de la exactitud correspondiente, de acuerdo a lo estipulado en la norma ANSI C57.13.

2.1.11 No se deberá sobredimensionar la corriente primaria de los transformadores de corriente con respecto a la carga máxima. Para futuros sistemas de medición se utilizaran transformadores de corriente con multirrelación, debiendo poseer la mejor exactitud en el devanado donde se estime que el medidor operara nominalmente.

2.1.12 El sistema de medición contará con los elementos necesarios que permitan separar y/o intercalar dispositivos de medida en forma individual con la

instalación en servicio, para verificación en el lugar y/o reemplazo sin afectar los elementos restantes.

2.1.13 El incumplimiento en las normas y clases de los equipos componentes del sistema de medición comercial será sujeto a penalización.

2.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL MEDIDOR

2.2.1 Todos los medidores deberán disponer de registradores integrados al mismo, que obtendrán y almacenarán los valores a registrar, los que serán periódicamente extraídos en forma remota y/o eventualmente local, por la UT y el propietario.

2.2.2 Los registradores integrarán los pulsos generados en los medidores de energía, en períodos programables conforme a los requerimientos.

2.2.3 El procedimiento normal de lectura de los registradores será remoto mediante la utilización de vínculos de comunicación privada o pública, para lo cual el equipo estará dotado de un módem y la inteligencia necesaria para la comunicación, con el grado de protección requerido. Adicionalmente dispondrá de la posibilidad de extracción local.

2.2.4 Como referencia de tiempo, los registradores utilizarán sincronización externa.

2.2.5 La protección de los datos deberá abarcar tanto el almacenamiento como la extracción y transmisión, disponiendo de memoria masiva no volátil o alimentación asegurada, palabra clave y protocolos de transmisión con detección de errores y repetición de bloques de datos defectuosos, respectivamente.

2.2.6 Todo PM u operador propietario de medidores incluidos en el SIMEC, deberá de proveer a la UT las licencias que le permitan utilizar los programas del fabricante de los medidores, para hacer la lectura remota de los equipos y efectuar la conversión de los datos de las lecturas a un formato tipo texto u otro que sea acordado con la UT.

4. HABILITACIÓN DE EQUIPO DE MEDICION

4.1 Previo a la entrada en servicio de una conexión de un PM u operador, deberá contar con el sistema de medición habilitado.

4.2 Tal habilitación será realizada por la UT, para lo cual el PM u operador deberá presentar, con una antelación de 15 días a la fecha de entrada en servicio, el proyecto de la instalación, con el visto bueno de un auditor, conteniendo la información indicada a continuación.

a) Esquema unifilar de la instalación de potencia mostrando la conexión de los equipos de medición.

b) Esquema de cableado de los TC, TP, fusibles, medidores, resistencias de carga, etc.

c) Transformadores de corriente

- Carga a conectarse
- Corriente primaria / secundaria [A]
- Clase y potencia de exactitud
- Corriente(s) nominal(es)
- Relaciones de transformación disponibles e implementada
- Marca, modelo, número de serie
- Protocolos de ensayo de clase.

d) Transformadores de tensión

- Carga a conectarse
- Tensión primaria / secundaria [kv.]
- Clase y potencia de exactitud
- Marca, modelo, número de serie
- Protocolos de ensayo de clase.

e) Medidor de energía principal y de respaldo

- Marca, modelo, tipo, número de serie, clase
- Constante del medidor
- Factor de multiplicación
- Peso del pulso

- Capacidad de almacenamiento.
 - Programa para la toma de datos y la configuración para la comunicación remota con el mismo.
- f) Documentación técnica del fabricante de los equipos, datos garantizados, diagramas dimensionales, esquemas de bornera, etc.
- g) Ensayos de tipo de instrumental tanto para los equipos existentes o si son equipos nuevos; los ensayos tipo deberán haber sido ejecutados en laboratorios de reconocido prestigio que incluirán al menos lo siguiente:
- Prueba dieléctrica
 - Marcha de vacío
 - Factor de potencia
 - Carga alta y carga baja
 - Influencia de la variación de la corriente
 - Influencia por el tiempo de uso
 - Influencia por la temperatura
 - Influencia por radiofrecuencia, campos magnéticos y campos eléctricos
 - Verificación de la constante
- h) Previsiones en materia de interrupciones del servicio debidas a los trabajos de instalación del sistema de medición.
- i) Sistema de Registro y Transmisión de Datos.

5. LECTURA DE LOS MEDIDORES

5.1 MEDICIÓN REMOTA

5.1.1 La interrogación remota de los medidores será realizada por la UT y por el PM u operador propietario del sistema de medición.

5.1.2 Cada PM u Operador deberá proporcionar a la UT un juego de programas para llevar a cabo la programación y configuración de procesos automáticos para la lectura remota, el procesamiento de los datos y la emisión de reportes y archivos con los registros almacenados en los medidores. El formato de deberá ser en texto (ASCII) u en el formato hoja electrónica o

base de datos comerciales. Las instrucciones para el manejo de los programas deberán estar en castellano o inglés. Los programas deberán proporcionarse en disco magnético u óptico, compatible para sistemas operativo DOS o Windows.

5.2 MEDICIÓN LOCAL

5.2.1 La UT hará periódicamente rondas de interrogación local para fines de comparación en la precisión de las lecturas remotas, para esto se hará acompañar por un representante del PM u operador propietario del sistema.

5.2.2 En caso de indisponibilidad temporal de alguna medición remota, la medición oficial será realizada localmente por los PM u operador y enviada a la UT en formato electrónico.

5.2.3 Para tal procedimiento el PM u operador contará con un máximo de 2 días después de finalizar el mes.

6. PERDIDA DE REGISTRO EN MEDICIONES COMERCIALES

6.1 ERROR DE MEDICIÓN

6.1.1 Cuando el valor medido supere el error teórico de clase de la medición, computado en la memoria de cálculo de la medición, se aplicará un ajuste igual a la valorización del desvío de medición detectado, aplicado a la energía medida, con retroactividad a la última lectura realizada por la UT, con un máximo de 2 meses, y hasta tanto sea corregido el error.

6.1.2 No se reconocerán beneficios económicos a las empresas que tengan mediciones con elementos de mejores clases que las requeridas.

6.2 INDISPONIBILIDAD DE LA MEDICIÓN

6.2.1 En caso de que un medidor principal falle pero no el de respaldo, el equipo fallado deberá ser rehabilitado dentro de los 3 días hábiles siguientes de darse

la indisponibilidad. Transcurrido tal plazo, se considerará que se está ante un caso de Error de Medición desde el instante del comienzo de la indisponibilidad y hasta su rehabilitación.

6.2.2 En caso de falta total de la medición, se tomará como Error de Medición a partir del inicio de la indisponibilidad.

6.3 FALTA DE VÍNCULO DE COMUNICACIONES

6.3.1 Cuando la UT no pueda acceder a un sistema de medición por durante 72 horas o más, buscará los medios para acceder en forma local a la información, cargando los costos al responsable de dicha situación.

7. AUDITORÍAS Y FALTA DE MEDICIÓN

7.1 Para la realización de las auditorías de verificación y ensayo, el PM u operador responsable deberá permitir el acceso de los auditores y la realización de las tareas en el sitio sobre el equipamiento de medición (transformador de intensidad, transformador de tensión, medidores, cableado, módem y sistema de comunicación según corresponda).

7.2 Cuando sea necesario retirar instrumental para su contraste en laboratorio, el PM u operador responsable deberá reemplazar los elementos a ensayar. Todo instrumento que se retire de la cadena de medición, deberá ser sometido a los ensayos de habilitación.

7.3 Cuando la UT, en sus verificaciones rutinarias y/o auditorías, detecte que el medidor oficial no cumple con la exactitud especificada, se deberá de tomar como oficial la lectura del medidor de respaldo. En caso de que este último no esté disponible o se detecte que no cuenta con la exactitud requerida, se sustituirán las mediciones rechazadas por el promedio de los valores históricos del medidor en períodos similares al cual se esta sustituyendo, mientras el PM u operador soluciona el problema que originó la falta de medición o la pérdida de exactitud.

7.4 Toda revisión rutinaria programada del sistema de medición comercial, requerirá la autorización de la UT, debiendo ésta notificarla por escrito al PM u operador.

7.5 En caso de mantenimiento correctivo por situaciones de emergencia en el sistema de medición, se notificará a la UT por el medio más inmediato. Los informes de las verificaciones de todos los dispositivos deberán ser remitidos a la UT posteriormente.

7.6 De detectarse algún tipo de fraude en los equipos o sistemas de medición, el PM u operador será penalizado.

7.7 Los medidores serán sometidos a revisión por lo menos cada 2 años; los costos de dicha revisión serán cubiertos por el propietario del medidor.

7.8 El PM u operador propietario del medidor podrá solicitar una revisión del medidor en cualquier tiempo, cargando con los gastos que ocasione dicha revisión.

7.9 La UT podrá solicitar la revisión de un medidor. En caso de detectarse algún error será el PM u operador propietario del medidor quien pague los gastos de dicha revisión, de lo contrario los costos corren por cuenta de la UT.

7.10 En caso de pérdida de datos en algún período debido a trabajos de configuración, se harán los ajustes de acuerdo al procedimiento establecido en este Anexo.

8. REGISTRO DEL SIMEC

8.1 La UT llevará el registro de todos los equipamientos que pertenezcan al SIMEC, así como de las modificaciones que se hagan a los mismos, sus configuraciones o sus programas, así como de los resultados de las auditorías o ensayos que se les hagan. Para tal efecto, la UT podrá solicitar toda la información relacionada con los equipos de medición para su verificación y actualización.

8.2 La información estará integrada en una base de datos, la cual podrá ser consultada por cada PM u operador para verificar el registro de sus equipos.

ANEXO 3.1. FORMATO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tipo de Instrumento	Código	Marca	Modelo	No. de Serie	Intervalo de medición	Precisión	Ubicación	Observaciones

Tabla A.2. Formato para la recolección de características técnicas de los instrumentos de medición.³

³ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 3.2. TABLA RESUMEN DE INFORMACIÓN RECOPIADA

SISTEMA	EQUIPO	CANTIDAD
Contra incendio	Manómetro	3
Bocatoma	Captadores de medición	6
	Manómetros	19
	Termómetros	2
Vertedero	Captadores de medición	8
	Manómetros	24
	Termómetros	4
Purificación de Aceite	Manómetros	8
	Termómetros	2
Transformador	Termómetros	4
	Tacómetro	1
Planta de Emergencia	Amperímetro	1
	Frecuencímetro	1
	Manómetros	2
	Medidor de velocidad	1
	Sincroscopio	1
	Tacómetro	1
	Termómetros	5
	Voltímetro	1
Excitación	Amperímetros	2
	Medidor de balance	2
	Termómetros	2
	Voltímetros	4
SIMEC (Medición Comercial)	Amperímetros	18
	Frecuencímetros	4
	LED Display	7
SIMEC (Medición	Medidor de Factor de Potencia	2

Comercial)	Medidor de Posición	4
	Medidor de Velocidad	2
	Sincronoscopio a fasímetro	1
	Termómetros Digitales	6
	Varímetros	16
	Vatímetros	16
	Voltímetros	18
Instrumentación	Frecuencímetros	1
	Megaohmetros	2
	Multitester Digital	1
	Tenaza Amperímetro Digital	1
	Tenaza Perimétrica Digital	1
	Vatímetro	1
	Voltímetros	2
Aire Acondicionado	Manómetros	7
	Termómetros de Vidrio	2
Turbina	Termómetros	14
Grúas	LED Display	4

Tabla A.3. Resumen de la recolección de información.⁴

⁴ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS

Tipo de Instrumento	Cantidad	Rango de Medición	Precisión
Amperímetro Análogo	1	0 - 1000 A	20 A
	1	(-) 200 a 200 A (DC)	10 A (DC)
	2	0 - 1.2 KA	0.2 KA
	2	0 - 1.2KA	0.02KA
	3	0 - 1200 A	20 A
	1	0 - 150 A DC	2 A DC
	1	0 - 25 A	1A
	2	0 - 5 KA	0.1 KA
	2	0 - 5000 A (AC)	100 A (AC)
	14	0 - 600 A	10A
	2	0 - 100 A	2A
	2	0 - 1500 AC A	50 AC A
	1	(-) 200 - 200 A	10A
	1	0 - 200 A	5A
	Total = 35		
Captador de Medición	14	0 - 14.3 mt	0.00001 mt
	Total = 14		
Frecuencímetro análogo	2	50 - 70 Hz	1 Hz
	1	45 - 65 Hz	0.5 Hz
	9	55 - 65 Hz	0.2 Hz
	Total = 12		
LED Display	13	0 - 14.3 m	0.01 m
	2	0 - 99.99m	0.01m
	1	0 - 999 °C	1 °C
	1	0 - 999.9°C	0.1°C
	2	0 - 999.9m	0.1m
	Total = 19		
Manómetro análogo	4	(-) 1 - 5 kg/cm2	0.1 kg/cm2
	1	0 - 10 bares	2 bar
	1	0 - 100 psi y 0 - 600 Kpa	10 psi y 100 Kpa

Manómetro análogo	1	0 - 16 bar	0.5 bar
	1	0 - 30 psi y 0 - 6 Kpa	5 psi y 0.5 x 100 Kpa
	15	0 - 400 bar	5 bar
	15	0 - 400 kg/cm2	10 kg/cm2
	1	(-) 1 - 0.5 bar	0.2 bar
	4	(-) 1 a 1.5 Bares	0.1 Bar
	1	(-1) - 1.5 kg/cm2	0.2 kg/cm2
	3	0 - 10 bar	0.2 bar
	2	0 - 100 bar	1 bar
	4	0 - 100 Bar	2 Bar
	5	0 - 100 Bar	5 Bar
	3	0 - 11 kg/cm2	2kg/cm2
	4	0 - 11 kg/cm2 y 0 - 160 psi	0.1 kg/cm2 y 1 psi
	1	0 - 120 psi y 0 - 8 kg/cm2	1 psi y 0.1 kg/cm2
	1	0 - 140kg/cm2	0.2kg/cm2
	2	0 - 16 bar	0.5 bar
	1	0 - 16 kg/cm2	0.2 kg/cm2
	2	0 - 160 Psi	2 Psi
	1	0 - 160 psi	5 psi
	2	0 - 20 kg/cm2 y 0 - 300 lb/in2	0.5 kg/cm2 y 10lb/in2
	1	0 - 200 Psi	5 Psi
	6	0 - 25 Bar	0.2 Bar
	1	0 - 25 bar	0.5bar
	1	0 - 25 kg/cm2	0.5kg/cm2
	2	0 - 25 Mpa	0.5 Mpa
	2	0 - 250 kg/vm2	5 kg/cm2
	2	0 - 300 psi	2 psi
	1	0 - 4 kg/cm2	0.1 kg/cm2
	1	0 - 400 Bar	10 Bar
	1	0 - 4kg/cm2	0.1kg/cm2
2	0 - 5 bar	0.05bar	
1	0 - 500 psi y 0 - 35 kg/cm2	0.2 kg/cm2 y 5 psi	

Manómetro análogo	1	0 - 6 kg/cm2	0.1 kg/cm2
	2	0 - 60 lb/in2	2 lb/in2
	4	0 - 60 Psi	0.5 Psi
	2	0 - 60 psi	5 psi
	2	0 - 7 kg/cm2	0.05 kg/cm2
	4	1 - 400 Kg/cm2	10 Kg/cm2
	2	0 - 120 Psi	2 Psi
	1	0 - 500 Psi	5 Psi
Total = 114			
Medidor de balance análogo	3	(-) 100 - 100%	5%
	Total = 3		
Medidor de Caudal análogo	4	0 -500 m3/seg	10 m3/seg
	2	0 - 10,000 LPM	100 LPM
	2	3 - 10 l/min	1 l/min
	6	0 - 1600 l/min	10 l/min
Total = 14			
Medidor de factor de potencia	2	(-)0.5 - 0.5 cos &	0.05 cos &
	Total = 2		
Medidor de Nivel de Agua Análogo	2	0 - 3.66 mts	1 mt
	Total = 2		
Medidor de posición	2	0 - 100 %	1%
	4	0 - 100%	2%
	2	(-) 1 a 32 °	2°
	4	0 - 100%	5%
	1	(-) 100 a 100%	5%
Total = 13			
Medidor de velocidad análogo	2	0 - 200 RPM	2.5 RPM
	2	0 - 211.8 rpm	Aprox. 8.8 rpm
	1	0 - 2500 RPM	100 RPM
Total = 5			
Megaohmmetro análogo	1	0 - 2000 Mohm	1 Mohm
	1	0- 100Mohm	0.05 Mohm
Total = 2			
Multitester digital	1	Varios	0.001 VAC, 0.01 ohm
	Total = 1		

Sincronoscopio	4	low - fast	
	Total = 4		
Tacómetro Análogo	2	0 - 10	1
	Total = 2		
Tenaza Amperímetro Digital	1	0 - 1000 V AC/DC; 0 - 600 A AC y 0 - infinito ohms	0.02
	Total = 1		
Tenaza Amperímetro análogo	1	0 -150, 0 -300, 0 - 600 VAC; 0 - 5000, 0 - 2K, 0 - 1K, Ohm; 0 - 6, 0 - 20, 0 - 60, 0 - 200, 0 - 600 A	5, 20 Vac; 1 ohm; 0.2, 1, 2, 20, 20 A
	Total = 1		
Termómetro Digital	6	0 - 200 °C	0.1 °C
	Total = 6		
Termómetro Análogo	1	0 - 120 °C	2 °C
	1	130 - 250 °F y 60 – 120°C	10 ° F y 10 ° C
	17	0 - 100 °C	2°C
	7	0 - 100°C	1°C
	1	0 - 114°C y 20 - 240°F	2°C y 0.2°F
	1	0 - 120°C	1°C
	5	0 - 120°C	2°C
	3	0 - 250°C	10°C
	1	20 - 240°F y 0 - 114°C	0.2°F y 2°C
	1	40 - 120°C y 100 - 250°F	10°C
	1	60 - 120°C y 130 - 250°F	10°C
	1	130 - 250°F	10°F
	1	0 - 6°C	1°C
	Total = 41		
Termómetro de líquido en vidrio	18	0 - 100°C	1°C
	Total = 18		
Varímetro análogo	4	(-) 15 a 15 MVar	1 MVar
	1	(-) 30 a 30 MVar	1 MVar
	13	(-) 60 a 60 MVar	2 MVar
	Total = 18		
Vatímetro análogo	1	0 - 120 W	1 W

Vatímetro análogo	1	0 - 600 KW	10 KW	
	9	(-) 120 - 120 MW	5MW	
	4	0 - 120 MW	2MW	
	1	0 - 1200 AC KW	50 KW	
	4	0 - 30 MW	1 MW	
	2	0 - 120MW	50MW	
	Total = 22			
Voltímetro - Amperímetro análogo	1	0 - 300V y 0 - 100A	2V y 1A	
	1	0 - 75V; 0 - 150 V y 0 - 300 A	1V; 1V y 2 A	
	Total = 2			
Voltímetro análogo	2	(-) 750 a 750 V	50 V	
	1	0 - 600 V	20 V	
	1	0 - 150 KV	10 KV	
	12	0 - 150 KV	5 KV	
	8	0 - 18 KV	0.5 KV	
	1	0 - 40 V	2V	
	1	0 - 60 KV	1 KV	
	2	0 - 750 V	20V	
	2	0 - 750 VDC	10 VDC	
	2	10.8 - 15.6 KV (AC)	0.1 KV (AC)	
	7	0 - 150V	2V	
	2	0 - 600 VAC	20 VAC	
	Total = 45			

Tabal A.4. Agrupación de instrumentos según su magnitud de medición y características técnicas.⁵

⁵ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 3.4. FLUJOGRAMA PARA LA APLICACIÓN DE METROLOGÍA INDUSTRIAL⁶

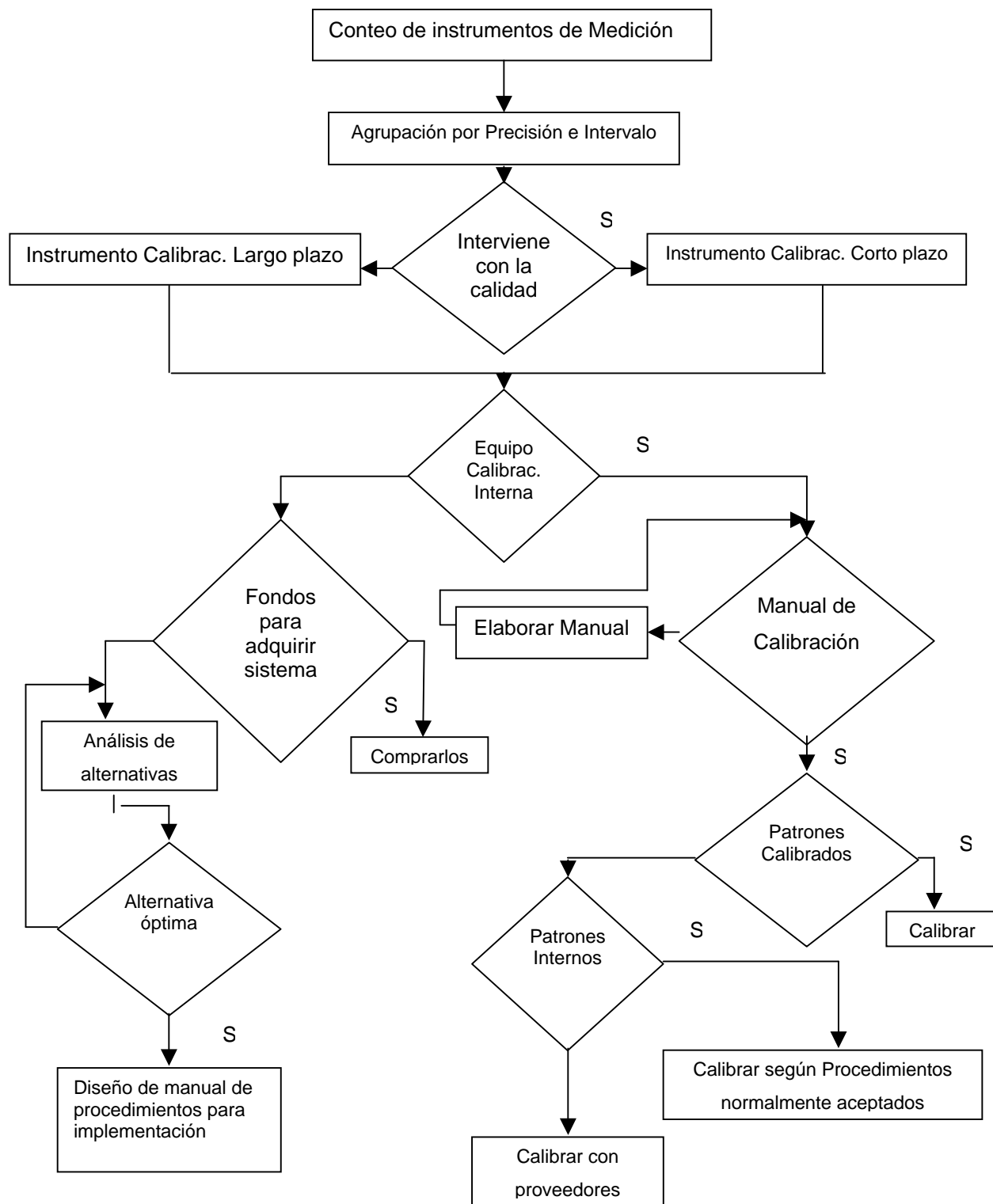


Gráfico A.2. Flujoograma para la aplicación de Metrología Industrial.

⁶ Fuente: Diseño elaborado por Jennifer Martínez, Oscar Guardado y Edwin Díaz.

ANEXO 4.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL ANÁLISIS FODA EN LA ORGANIZACIÓN

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Excelente infraestructura • Personal con sentido de integración • Aplicación del Kaizen • Personal especializado • Certificación ISO 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de Repotenciación • Nuevos inversionistas • Sistema de calibración • Convenios • Mayor participación en el mercado
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel medio de conocimiento en metrología • Necesidad de expertos en metrología • Instrumentos de medición en obsolescencia • Sistemas no utilizados • Calibrar por compromiso 	<ul style="list-style-type: none"> • No valorar la metrología • Desfases en tecnologías • Legislación ambiental • Cambio en legislaciones gubernamentales • Mayor potestad de la SIGET en despacho programado

Tabla A.5. Análisis FODA general.⁷

FODA EN EL AREA DE MEDICIONES ELECTRICAS.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Personal con alto conocimiento acerca de mediciones eléctricas. • Excelente Infraestructura. • Buen manejo de los equipos en esta magnitud, dado que existen normas de higiene y seguridad. • Carencia de multas por incumplimientos con la UT. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal en Metrología Eléctrica. • Mejorar las condiciones de la planta con ISO y Kaizen. • Repotenciación. • Existencia de proveedor de Patrones a escala nacional. • Convenios con Organismos que calibran instrumentos. • Garantizar la exactitud de las mediciones.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel medio de conocimientos en Metrología Eléctrica. • Confusión entre términos Calibración y Ajuste. • Resistencia al Cambio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Salvadoreña Obligatoria. • Cambio en los programas de mantenimiento. • Pocas entidades pueden calibrar instrumentos de medición con intervalos de trabajo muy amplios. • Trazabilidad menor a la de la competencia. • Incumplimientos en fechas de auditoría debido al servicio de calibración. • Pérdida de credibilidad ante los clientes debido a incumplimientos en cuanto a la calidad del producto brindado.

Tabla A.6. Análisis FODA para el área de Mediciones Eléctricas.⁸

⁷ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

⁸ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

FODA EN EL AREA DE PRESION.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de personal especializado en el área de mecánica. • Excelente Infraestructura. • Buen manejo de los equipos en esta magnitud, dado que existen normas de higiene y seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal en Metrología de Presión. • Mejorar las condiciones de la planta con ISO y Kaizen. • Existencia de proveedor de Patrones y de servicios de calibración en el ámbito nacional. • Mayor importancia al equipo de los subprocesos. • Convenios con organismos que realizan la calibración de los equipos de medición. • Garantizar la inexistencia de interrupciones dentro del proceso de generación, debido a mediciones incorrectas de los manómetros.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos de medición en obsolescencia. • Desconocimiento acerca de Metrología de Presión. • Resistencia al Cambio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Salvadoreña Obligatoria. • Cambio en los programas de mantenimiento. • Enfocar todos los esfuerzos hacia el área de mediciones eléctricas y no darle la importancia necesaria al área de presión.

Tabla A.7. Análisis FODA para área de Presión.⁹

⁹ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

FODA EN EL AREA DE TEMPERATURA.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de personal especializado en el área de mecánica. • Excelente Infraestructura. • Buen manejo de los equipos en esta magnitud, dado que existen normas de higiene y seguridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación del personal en Metrología de Temperatura. • Mejorar las condiciones de la planta con ISO y Kaizen. • Existencia de proveedor de Patrones y de servicios de calibración en el ámbito nacional. • Mayor importancia al equipo de los subprocesos. • Convenios con organismos que realizan la calibración de los equipos de medición. • Garantizar la inexistencia de interrupciones dentro del proceso de generación, debido a mediciones incorrectas de los termómetros.
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos de medición en obsolescencia. • Desconocimiento acerca de Metrología de temperatura. • Resistencia al Cambio. • Sensores de temperatura en los que resulta difícil realizar una inspección visual por su ubicación en sistemas de acceso limitado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Salvadoreña Obligatoria. • Cambio en los programas de mantenimiento. • Enfocar todos los esfuerzos hacia el área de mediciones eléctricas y no darle la importancia necesaria al área de temperatura.

Tabla A.8. Análisis FODA para el área de Temperatura.¹⁰

ANEXO 4.2. DIAGRAMAS CAUSA EFECTO.

Paso 1

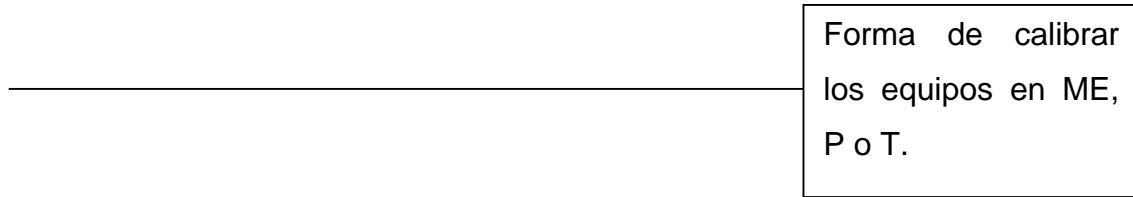


Gráfico A.3. Paso 1 del Diagrama Causa – Efecto.¹¹

Paso 2

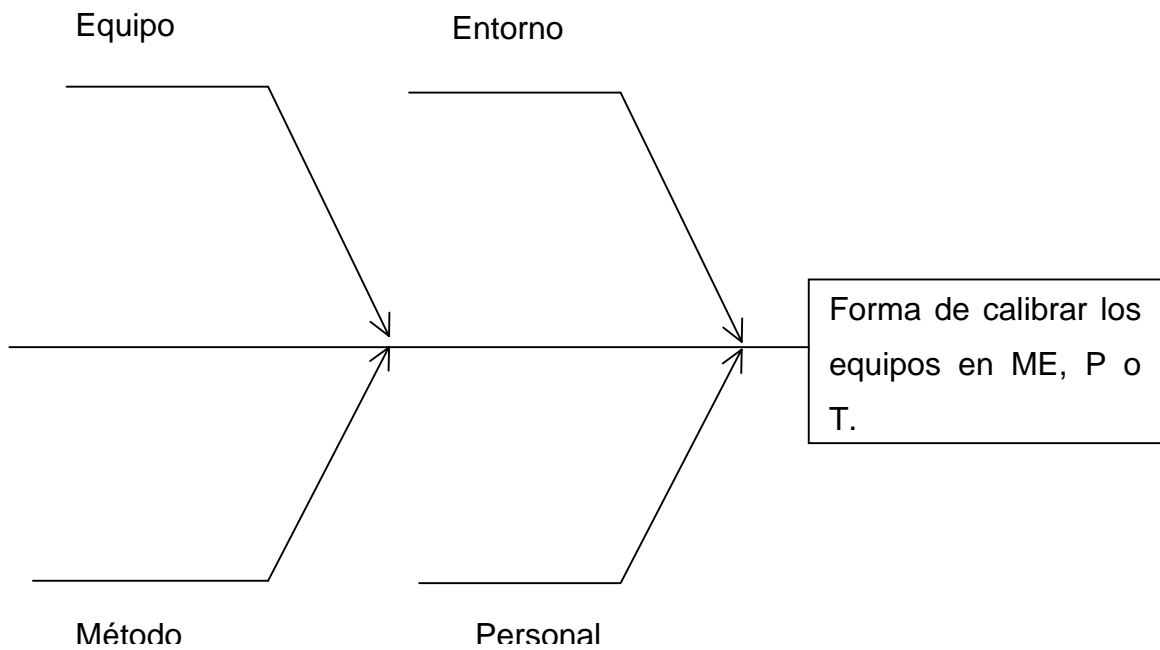


Gráfico A.4. Paso 2 del Diagrama Causa – Efecto.¹²

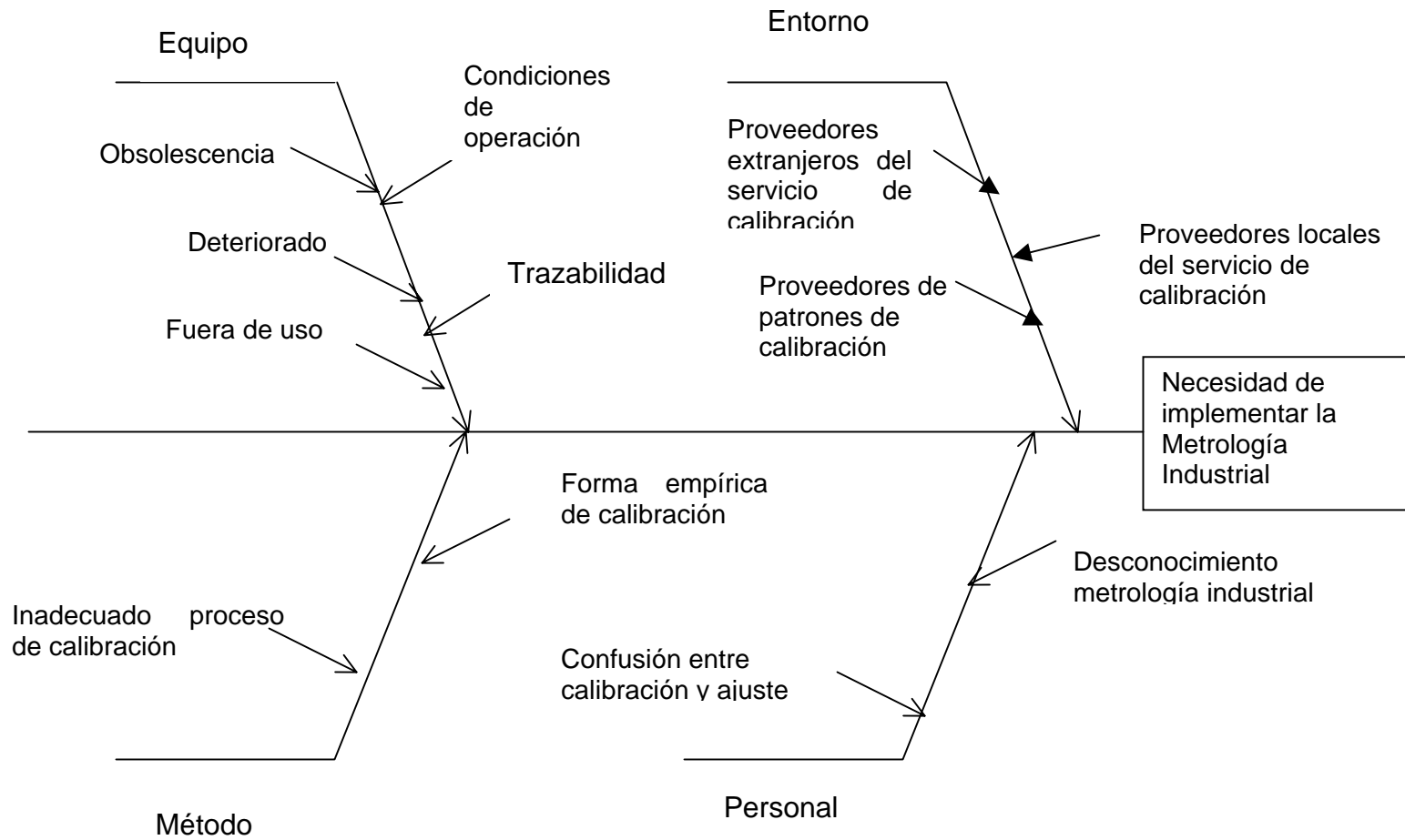
¹⁰ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

¹¹ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

¹² Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

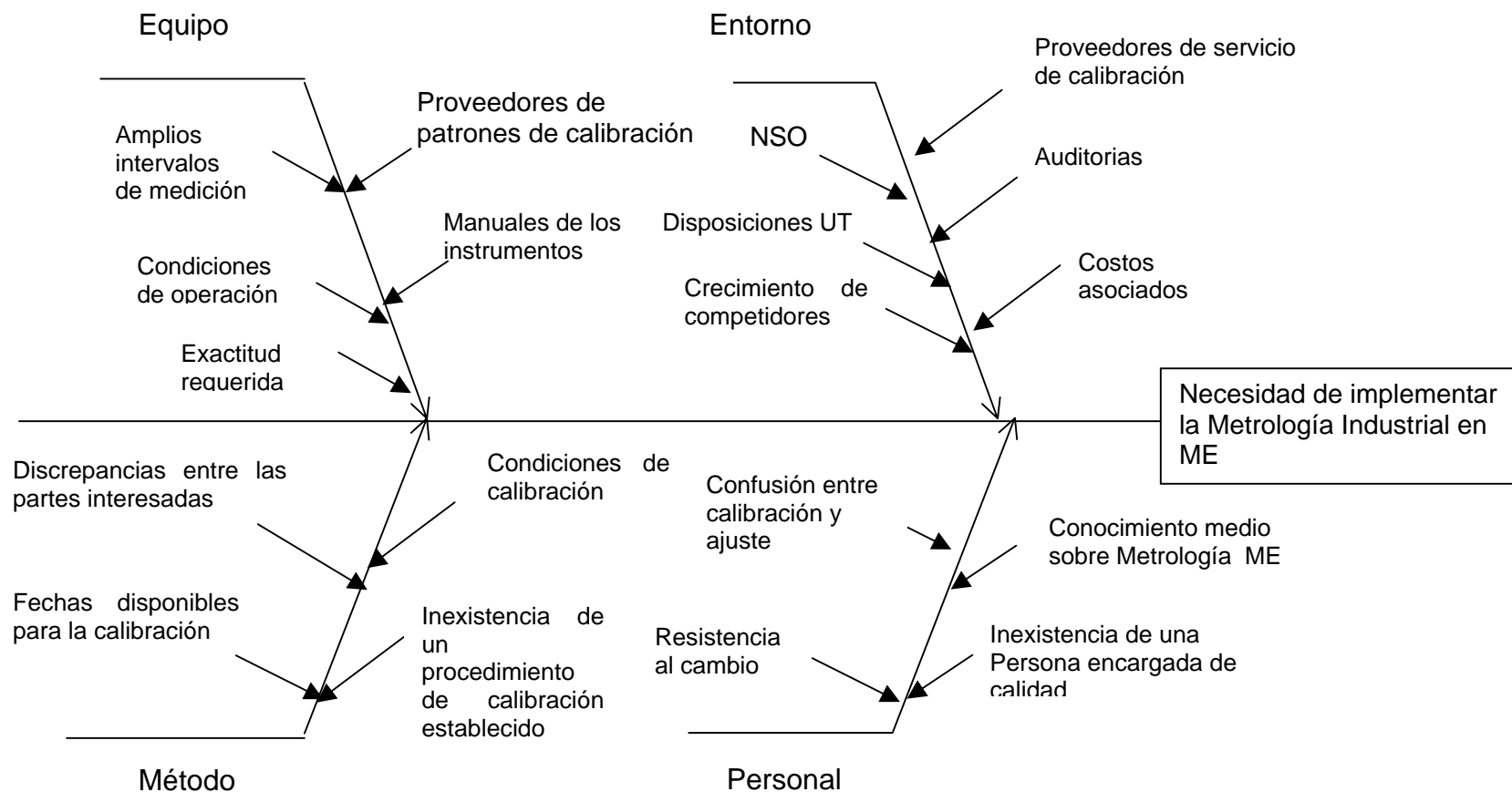
Paso 3

FIGURA A.5. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO GENERAL.¹³



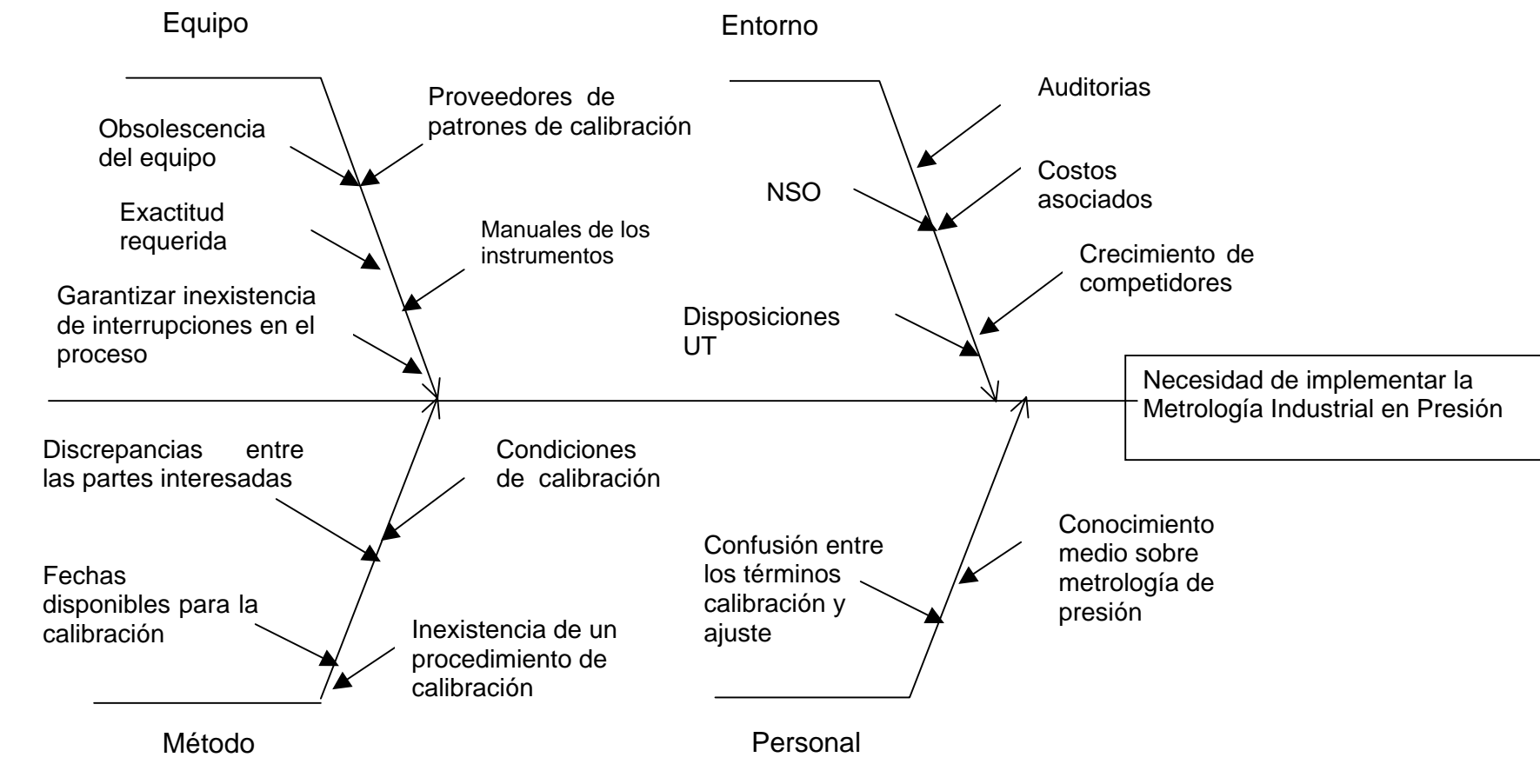
¹³ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

FIGURA A.6. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO PARA MEDICIONES ELÉCTRICAS¹⁴



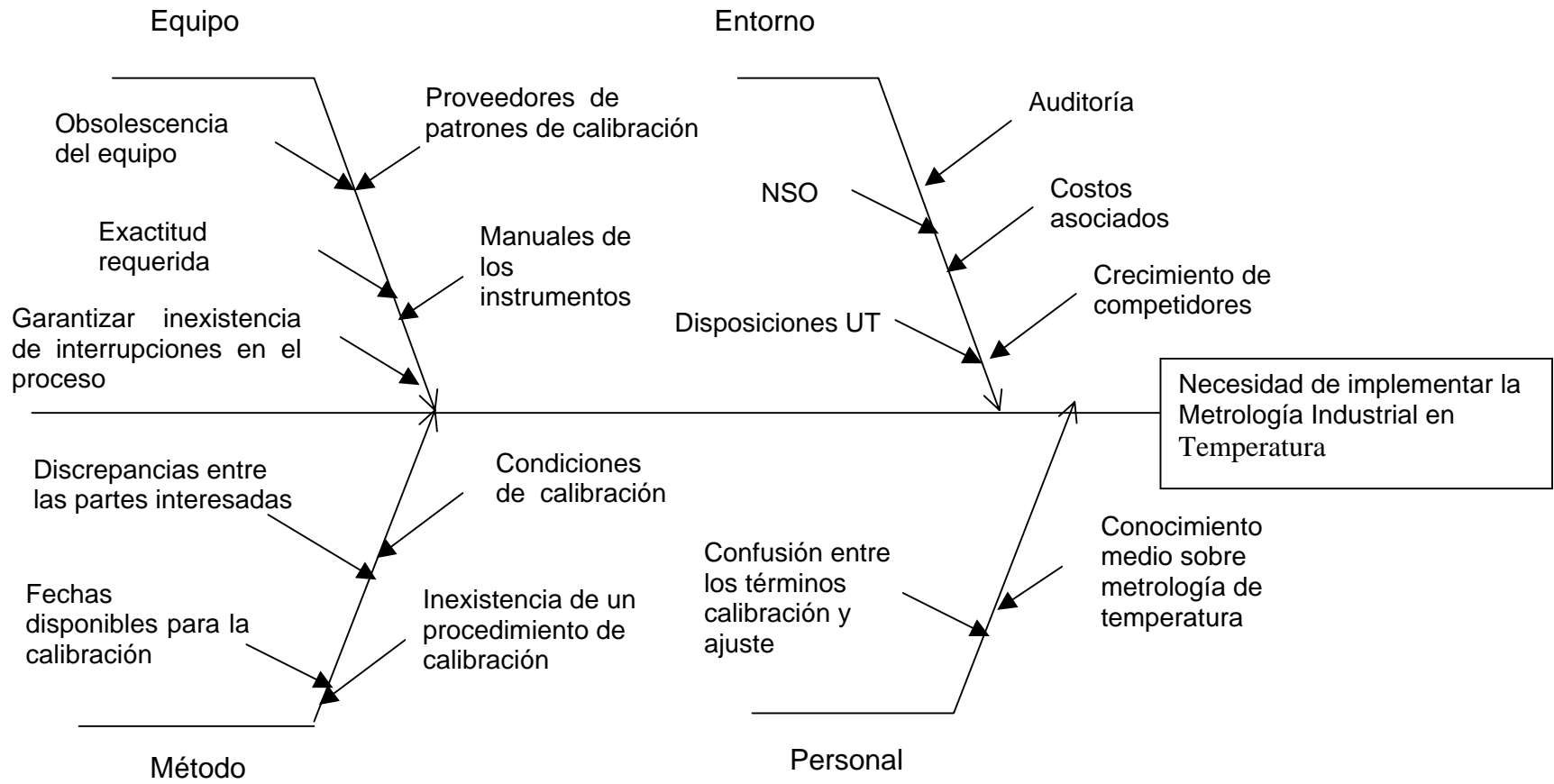
¹⁴ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

FIGURA A.7. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO PARA LA MAGNITUD PRESIÓN¹⁵



¹⁵ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

FIGURA A.8. DIAGRAMA CAUSA – EFECTO PARA LA MAGNITUD TEMPERATURA¹⁶



¹⁶ Fuente: Elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 5.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICION A CALIBRAR POR MAGNITUD.

MEDICIONES ELECTRICAS¹⁷

No.	Instrumento/Ubicación	Descripción	Identificación	Marca	Intervalo	Precisión	Incertidumbre
1	Frecuencímetro análogo / UCS1-5F	Frecuencia de la unidad 1	-----	Yokogawa	55 – 65 Hz	0.2 Hz	0.03%
2	Frecuencímetro análogo / CCPH PANEL 2	Frecuencia de la unidad 1	P 644	BBC Goerz Metrawatt	55 – 65 Hz	0.2 Hz	0.03%
3	Varímetro análogo / CCPH PANEL 2	Potencia reactiva unidad 1	P 638	BBC Goerz Metrawatt	-60 a 60 Mvar	2 Mvar	0.2%
4	Varímetro análogo / UCS1-5F	Potencia reactiva unidad 1	AK	General Electric	-60 a 60 Mvar	2 Mvar	0.2%
5	Vatímetro análogo / UCS2-5F	Potencia activa unidad 1	AL	General Electric	0 a 120 MWr	2 MW	0.2%
6	Vatímetro análogo / CCPH PANEL 2	Potencia activa unidad 1	P 648	BBC Goerz Metrawatt	0 a 120 MWr	2 MW	0.2%
7	Voltímetro análogo / CCPH PANEL 2	Voltaje unidad 1	P 639	BBC Goerz Metrawatt	0 a 18 Kv	0.5 Kv	0.5%
8	Voltímetro análogo / UCS1-5F	Voltaje unidad 1	AJ	General Electric	10.8 a 15.6 Kv	0.1 Kv	0.5%

Tabla A.9. Especificaciones técnicas de los instrumentos a calibrar en el área de Mediciones Eléctricas.¹⁸

¹⁷ Los instrumentos presentados en esta tabla pertenecen a la unidad generadora 1, considerar los referentes a la generadora 2.

¹⁸ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

PRESIÓN

No.	Instrumento	Descripción	Código	Marca	Intervalo	Precisión	Incertidumbre
1	Manómetro análogo	Aceite de entrada tanque generador 1		Empeo	0 a 100 bar	5 bar	0.1%
2	Manómetro análogo	Aceite de salida tanque generador 1		Empeo	0 a 100 bar	5 bar	0.1%
3	Manómetro análogo	Aceite de entrada tanque generador 2		Empeo	0 a 100 bar	5 bar	0.1%
4	Manómetro análogo	Aceite de salida tanque generador 2		Empeo	0 a 100 bar	5 bar	0.1%

Tabla A.10. Especificaciones de los instrumentos a calibrar en el área de Presión.¹⁹

TERMOMETRÍA

No.	Instrumento	Descripción	Código	Marca	Intervalo	Precisión	Incertidumbre
1	Termómetro digital	Generador estator / enfriador 1	P661	BBC	0 a 200°C	0.1°C	0.016°C
2	Termómetro digital	Generador turbina 1	P662	BBC	0 a 200°C	0.1°C	0.016°C
3	Termómetro digital	Campo generador 1	P663	BBC	0 a 200°C	0.1°C	0.016°C
4	Termómetro digital	Generador estator / enfriador 2	P666	BBC	0 a 200°C	0.1°C	0.016°C
5	Termómetro digital	Campo generador 2	P664	BBC	0 a 200°C	0.1°C	0.016°C
6	Termómetro digital	Generador turbina 2	P665	BBC	0 a 200°C	0.1°C	0.016°C

Tabla A.11. Especificaciones de los instrumentos a calibrar en el área de Temperatura.²⁰

¹⁹ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

²⁰ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 5.2. ENCUESTA REALIZADAS A ESPECIALISTAS EN METROLOGIA.

ENCUESTA

Nombre: Evelyn de Tanejas Sello de la Institución:



La siguiente encuesta ha sido elaborada para conocer su opinión acerca de normalización y metrología dentro de la Generación de Energía Eléctrica los aspectos específicos detallados a continuación

1. Si una empresa quiere certificarse ISO 9001 versión 2000, tiene que cumplir el requisito acerca de metrología, pero cual es el alcance de este requisito según lo establece la norma.
 - Todos los instrumentos del proceso.
 - Solo los instrumentos que intervienen con la calidad ✓
 - O una combinación de ambos.
2. Según su respuesta anterior ¿por qué?
son los que van a dar las medidas, el cumplimiento de los requisitos de calidad que requiere los productos y servicios que están en el proceso productivo
3. Para una empresa que ya alcanzó la certificación ISO 9000:2000 se puede afirmar que tienen que estar calibrados todos los instrumentos establecidos en la respuesta de la pregunta 1.
 - Si. ✓
 - No

Por qué *es el deber ser. Sin embargo se ha detectado que una de las fallas de auditoría de certificación es la falta de conocimiento para evaluar el aseguramiento del proceso metrologico en los proceso productivo.*
4. En el caso de la Generación de Energía Hidroeléctrica es necesario calibrar solo los instrumentos en Mediciones eléctricas o también algunos de Presión y Temperatura según el proceso.
 - Si. ✓
 - No

Por qué *por ya son mediciones de apoyo al proceso productivo*

5. La frecuencia o periodicidad de calibración de los instrumentos de medición de que dependen. Cuales son las recomendaciones que dice la OIML al respecto.

Del uso cotidiano a que están sujetos los equipos, además del historial estadístico del reporte de las mediciones. Con base a este historial se establece si es necesario alargar el periodo de recalibración o acortarlo.

6. Puede usted, según su criterio mencionar una institución nacional y una extranjera que pueda ofrecer el servicio de calibración a una generadora de energía hidroeléctrica la cuál tenga un mayor prestigio en las áreas de:

Magnitud	Nacional	Extranjera
Mediciones Eléctricas	CONACYT	Costa Rica, CENAM
Presión	CONACYT	CR, CENAM, LACOMET
Temperatura	CONACYT	CR, CENAM, LACOMET

7. Puede usted, según su criterio mencionar las marcas de patrones de mayor prestigio en las áreas de y sus periodos de recalibración:

Magnitud	Marca / recalibración
Mediciones Eléctricas	RADIAN RMTT
Presión	Celda de carga.
Temperatura	Termoresist. Platino 100 Ω

8. Cuales son los requisitos que debe cumplir una persona encargada de Metrología dentro de una empresa generadora de energía hidroeléctrica en las áreas anteriormente mencionadas.

- A nivel Técnico:
 - Ingeniero en cualquier especialidad.
 - Instrucción especializada en metrologías.
 - capacitación Básica de 6 meses

9. El costo aproximado de capacitar a una persona para realizar la labor descrita en el inciso anterior puede ser:

- o En El Salvador. US\$ 3,000.00
- o En el resto del mundo. US\$ 10,000.00

ENCUESTA

Nombre: Log. Francisco Javier Mejía A.

Sello de la Institución:



La siguiente encuesta ha sido elaborada para conocer su opinión acerca de normalización y metrología dentro de la Generación de Energía Eléctrica los aspectos específicos detallados a continuación

1. Si una empresa quiere certificarse ISO 9001 versión 2000, tiene que cumplir el requisito acerca de metrología, pero cual es el alcance de este requisito según lo establece la norma.
 - Todos los instrumentos del proceso.
 - Solo los instrumentos que intervienen con la calidad
 - O una combinación de ambos.
2. Según su respuesta anterior ¿por qué? *no todos afectan la calidad y no son instrumentos determinantes en el proceso.*
Ej. Manómetro instalados en máquinas que no intervienen en proceso directo.
3. Para una empresa que ya alcanzó la certificación ISO 9000:2000 se puede afirmar que tienen que estar calibrados todos los instrumentos establecidos en la respuesta de la pregunta 1.
 - Si. Por qué *Debería serlo. Se tendría que satisfacer el requisito plenamente, sino hubiese una no conformidad. y tiene que ser una calibración con patrón primario, el patrón de trabajo. existir programa de calibración con su ficha técnica.*
 - No. Por qué
4. En el caso de la Generación de Energía Hidroeléctrica es necesario calibrar solo los instrumentos en Mediciones eléctricas o también algunos de Presión y Temperatura según el proceso.
 - Si. Por qué
 - No. Por qué *En las 3 magnitudes. M_t es de rigor, pero la T es determinante en el proceso y P igual son determinantes*

5. La frecuencia o periodicidad de calibración de los instrumentos de medición de que dependen. Cuales son las recomendaciones que dice la OIML al respecto. *No especifica, según su criterio. No más de 1 año para UDB.*

- * Frecuencia de Uso. Dando pauta a alargarlo o acortar el periodo. Según ISO 9005 ya no obliga a prev. fechas de calibración.
- * 6 meses o 12 meses. Comenzar de 6 meses y verificar el funcionamiento del equipo cada 6 meses para hacer un hist. final. * mantenimiento y buen uso del equipo.

6. Puede usted, según su criterio mencionar una institución nacional y una extranjera que pueda ofrecer el servicio de calibración a una generadora de energía hidroeléctrica la cuál tenga un mayor prestigio en las áreas de:

Magnitud	Nacional	Extranjera
Mediciones Eléctricas	UDB	CENAM / NIST
Presión	UDB	CENAM / NIST
Temperatura	UDB.	CENAM / NIST

7. Puede usted, según su criterio mencionar las marcas de patrones de mayor prestigio en las áreas de y sus periodos de recalibración:

Magnitud	Marca / recalibración
Mediciones Eléctricas	FLUKE
Presión	RUSKA D.H. BUDENBERG
Temperatura	ISO TECH HART CIENT / FIG

8. Cuales son los requisitos que debe cumplir una persona encargada de Metrología dentro de una empresa generadora de energía hidroeléctrica en las áreas anteriormente mencionadas.

- Entrenamiento especializado en esas magnitudes teórico-práctico.
- Ing. Eléctrico, Electromecánico.

9. El costo aproximado de capacitar a una persona para realizar la labor descrita en el inciso anterior puede ser:

o En El Salvador.

o En el resto del mundo. \$15,000.00 un curso teórico.
Idea ganar competitividad.

ANEXO 5.3. ESPECIFICACIONES DE LA NORMA 127.²¹

TABLA A.12. INFLUENCIA DE CALENTAMIENTO.

Valor de la corriente	Factor de potencia	Límites de variación en % de error para medidores clase	
		0,2	0,5
I máx	1,0	0,1	0,2
I máx	0,5 atrasado	0,1	0,2

TABLA A.13. LÍMITES DE PORCENTAJE DE ERROR DE REGISTRO INTEGRADOR DE ENERGÍA UNIDIRECCIONAL Y BIDIRECCIONAL PARA UN MEDIDOR CON CARGAS BALANCEADAS.

Variable	Límite de carga del valor nominal	Angulo de fase (grados)	Límites de error en porcentaje	
			0,2	0,5
Wh	Valores de la Tabla 5	0	± 0,4	± 1,0
	Valores de la Tabla 5	0	± 0,2	± 0,5
	I min 0,10 In	-60 y 60	± 0,5	± 1,0
	0,10 In I máx	-60 y 60	± 0,3	± 0,6
VArh	I min 0,10 In	-90 y 90	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	-90 y 90	± 0,5	± 1,0
	I min 0,10 In	-30 y 30	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	-30 y 30	± 0,6	± 1,2
VAh	I min 0,10 In	0	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	0	± 0,5	± 1,0
	I min 0,10 In	-60 y 60	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	-60 y 60	± 0,5	± 1,0
Ah	I min 0,10 In	0	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	0	± 0,5	± 1,0
	I min 0,10 In	-60 y 60	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	-60 y 60	± 0,5	± 1,0
Vh	I min 0,10 In	0	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	0	± 0,5	± 1,0
	I min 0,10 In	-60 y 60	± 1,0	± 2,0
	0,10 In I máx	-60 y 60	± 0,5	± 1,0

NOTA: In es la corriente nominal

²¹ Fuente: Norma NOM – SCFI – 127.

TABLA A.14. LÍMITES DE PORCENTAJE DE ERROR DE REGISTRO INTEGRADOR DE DEMANDA EN INTERVALOS DE 15 MIN PARA LA PANTALLA Y DE 5 MIN PARA LA MEMORIA MASIVA PARA MEDIDOR CON CARGAS BALANCEADAS.

Variable	Límite de carga del valor nominal	Angulo de fase (grados)	Límites de error en porcentaje	
			0,2	0,5
W	0,10 In l máx	0	0,2	0,5
	0,10 In l máx	-60 y 60	0,3	0,6
VAr	0,10 In l máx	-90 y 90	0,4	0,7
	0,10 In l máx	-30 y 30	0,6	1,2
VA	0,10 In l máx	0	0,4	0,7
	0,10 In l máx	-60 y 60	0,6	1,2
A	0,10 In l máx	0	0,4	0,7
	0,10 In l máx	-60 y 60	0,6	1,2
V	0,10 In l máx	0	0,4	0,7
	0,10 In l máx	-60 y 60	0,6	1,2

TABLA A.15. CURVA DE CARGA A CONDICIÓN NOMINAL A TENSIÓN NOMINAL Y ÁNGULO DE FASE CERO GRADOS.

Condición	Corriente nominal (Clase A)							Límite de error en porcentaje	
	2,5 (10)	2,5 (20)	5 (10)	15 (100)	30 (200)	50 (320)	50 (480)		
	Corriente de prueba							± 0,2	± 0,5
1	0,15	0,15	0,3	1,0	2,0	3,0	3,0	± 0,4	± 1,0
2	0,25	0,25	0,25	1,5	3,0	5,0	5,0	± 0,2	± 0,5
3	1,5	1,5	1,5	10,0	20,0	30,0	30,0	± 0,2	± 0,5
4	2,5	2,5	2,5	15,0	30,0	50,0	50,0	± 0,2	± 0,5
5	5,0	5,0	5,0	30,0	60,0	75,0	100,0	± 0,2	± 0,5
6	-----	10,0	-----	50,0	100,0	100,0	180,0	± 0,2	± 0,5
7	7,5	15,0	7,5	75,0	150,0	150,0	240,0	± 0,2	± 0,5
8	-----	18,0	-----	90,0	180,0	300,0	360,0	± 0,2	± 0,5
9	10,0	20,0	10,0	100,0	200,0	320,0	480,0	± 0,2	± 0,5

TABLA A.16. LÍMITES DE PORCENTAJE DE ERROR DE REGISTRO INSTANTÁNEO EN UN SEGUNDO PARA UN MEDIDOR CON CARGAS BALANCEADAS.

Variable	Límite de carga del valor nominal	Angulo de fase (grados)	Límites de error en porcentaje	
			0,2	0,5
W	0,10 ln II máx	0	± 0,4	± 0,7
	0,10 ln II máx	-60 y 60	± 0,6	± 1,2
VAr	0,10 ln II máx	-90 y 90	± 0,4	± 0,7
	0,10 ln II máx	-30 y 30	± 0,6	± 1,2
VA	0,10 ln II máx	0	± 0,4	± 0,7
	0,10 ln II máx	- 60 y 60	± 0,6	± 1,2
A	0,10 ln II máx	0	± 0,4	± 0,7
	0,10 ln II máx	- 60 y 60	± 0,6	± 1,2
V	0,10 ln II máx	0	± 0,4	± 0,7
	0,10 ln II máx	- 60 y 60	± 0,6	± 1,2
Factor de potencia	0,10 ln II máx	- 60 y 60	± 1,0	± 2,0
Hz	0,10 ln II máx	0	± 0,1 Hz	± 0,1 Hz
	0,10 ln II máx	-60 y 60	± 0,15 Hz	± 0,15 Hz

TABLA A.17. CANTIDADES DE INFLUENCIA DE ENERGÍA.

Cantidades de influencia	Valor de corriente (% de la nominal)	Factor de potencia	Límite de variación en % de error para medidores clase	
			kWh	
			0,1	0,5
Tensión del circuito de medición \pm 10% ¹⁾	I min I máx 0,10 I _n I máx	1,0 0,5 atrasado	0,2 0,2	0,2 0,4
Variación de frecuencia \pm 5%	I min I máx 0,10 I _n I máx	1,0 0,5 atrasado	0,1 0,1	0,2 0,2
Forma de onda: 10% de 3ª armónica en corriente ²⁾	I min I máx	1,0	0,1	0,1
Secuencia de fase invertida	0,10 I _n	1,0	0,05	0,1
Tensión desbalanceada ³⁾	I _n	1,0	0,5	1,0
Tensión auxiliar \pm 15% ⁴⁾	I min	1,0	0,05	0,1
Fase de la tensión auxiliar defasado 120° ⁴⁾	I min	1,0	0,1	0,2
Inducción magnética continua de origen externo ⁵⁾	I _n	1,0	2,0	3,0
Inducción magnética alterna de origen externo 0,5 mT. ⁶⁾	I _n	1,0	0,5	1,0
Campos electromagnéticos de alta frecuencia ⁷⁾	I _n	1,0	1,0	2,0

TABLA A.18. LIMITES DE CONSUMO DE ENERGÍA.

Circuito de:	Alimentación del transformador de potencial	Alimentación externa
Tensión	5 W, 20 VA	< 0,5 VA
Corriente	1 VA	< 1 VA
Fuente auxiliar	-----	< 20 VA

ANEXO 5.4. NORMA ASTM PARA TERMÓMETROS.

DENOMINACIÓN	INTERVALO DEL TERMÓMETRO (°C)	GRADUACIÓN MÍNIMA (°C)	LONGITUD (mm)	INMERSIÓN
ASTM62C	- 32 A 2	0,1	374 a 384	TOTAL
ASTM63C	- 8 A 32	0,1	374 a 384	TOTAL
ASTM64C	25 A 55	0,1	374 a 384	TOTAL
ASTM65C	50 A 80	0,1	374 a 384	TOTAL
ASTM66C	75 A 105	0,1	374 a 384	TOTAL
ASTM67C	95 A 155	0,2	374 a 384	TOTAL
ASTM68C	145 A 205	0,2	374 a 384	TOTAL
ASTM69C	195 A 305	0,5	374 a 384	TOTAL
ASTM70C	295 A 405	0,5	374 a 384	TOTAL

Tabla A.19. Norma ASTM para termómetros.²²

²² Fuente: Norma ASTM para Termómetros.

ANEXO 5.5. LABORATORIOS PRIMARIOS A ESCALA MUNDIAL.

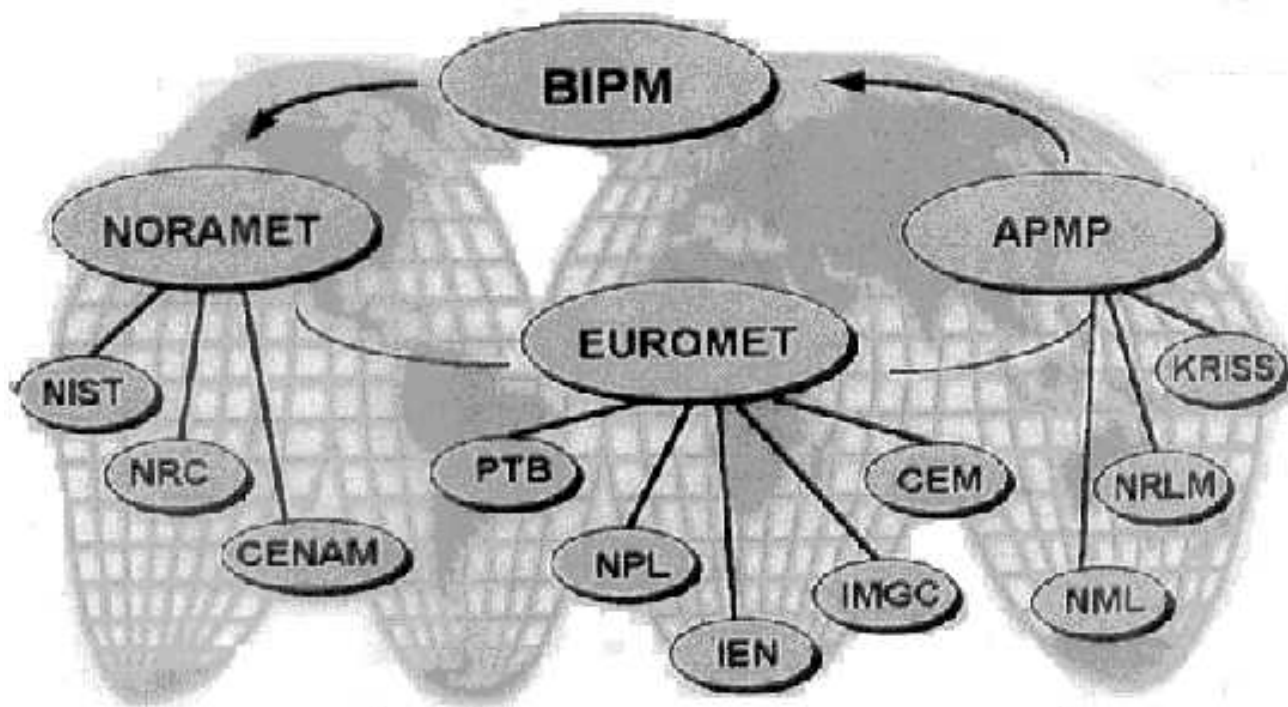


Figura A.9. Esquema de Laboratorios Primarios a escala Mundial.

ANEXO 5.6. LABORATORIOS PRIMARIOS EN EL CONTINENTE AMERICANO.



Figura A.10. Esquema de los Laboratorios Primarios en el continente Americano.

ANEXO 5.7. CARTA DE TRAZABILIDAD DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA ELÉCTRICA DEL CENAM

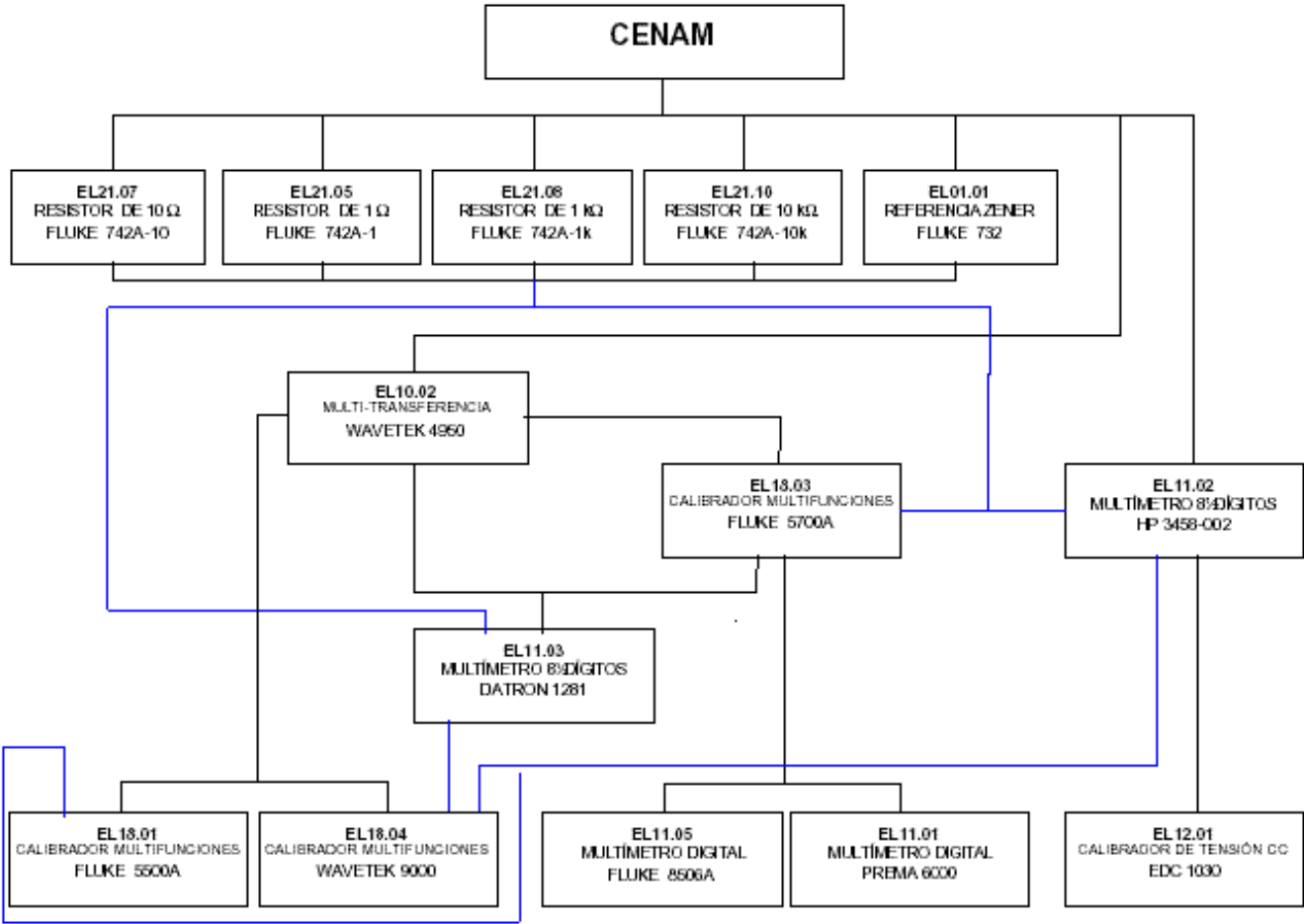


Figura A.11. Carta de Trazabilidad del Laboratorio de Metrología Eléctrica del CENAM.

ANEXO 5.8. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Informe de Calibración

CalTechnix

No. de Informe
Certificación

L0687P18

Página 1 / 2

Cliente <small>Customer</small>	CALTECHNIX DE MÉXICO, S.A. DE C.V.		
Dirección <small>Address</small>	Sur 111 No. 2260 Col. Juventino Rosas Del. Iztacalco, C.P. 06700 México D.F.		
Usuario <small>User</small>	Laboratorio de Presión (Tel.: 5650-4414, Fax 5654-8425)		
Lugar de Prueba <small>Test Site</small>	Laboratorio CalTechnix, DF		
Instrumento <small>Instrument</small>	Manómetro Digital		
Marca <small>Manufacturer</small>	OMEGA	Modelo <small>Model</small>	DP41 S-S2 (Sensor P232-080CV)
No. Serie <small>Serial No.</small>	9379331 (Sensor: P122530)	Ident. del Cliente <small>Customer Identification</small>	OMG-33-4
Alcance <small>Range</small>	4,00 bar	Clase de Exactitud <small>Accuracy Class</small>	0.10% Escala Completa
Requisitos específicos del cliente <small>Use specific standards</small>	-		
Resultado <small>Result</small>	Consultar la tabla de resultados		
Nivel de confianza <small>Confidence level</small>	95.5% (k=2) (SOE/COM.E/IMP1992)		
Fecha de Recepción <small>Received Date</small>	26-junio-2003	Fecha de la medición <small>Date of measurement</small>	28-junio-2003
Observaciones <small>Observations</small>	-		
Vigencia <small>Use</small>	Proxima calibración septiembre del 2003		
Metrologo <small>Metrologist</small>	Aprobó <small>Approved</small>	Fecha de emisión <small>Issue Date</small>	
		30-junio-2003	
Ing. Ana Lilia Hernández Quevas	Ing. Walter Louís Bustos		

Trazabilidad

Todas las calibraciones de CALTECHNIX se realizan en condiciones ambientales apropiadas, que permiten conocer sus efectos sobre las mediciones. El personal calificado usa instrumentos, métodos y procedimientos documentados, que garantizan la confiabilidad de la trazabilidad. Los patrones de referencia del laboratorio tienen trazabilidad al CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA (CENAM) a través de los émbolo-cilindro patrón N° DH3897A Certificado CENAM N° CNM-CC-720-065/2002, fecha 02/05, N° DH-75390 Certificado CENAM N° CNM-CC-720-114/2003, fecha 03/05 y N° DH3885 Certificado CENAM N° CNM-CC-720-115/2003, fecha 03/05. La trazabilidad de patrones de referencia secundarios mantienen trazabilidad al CENAM u otros laboratorios nacionales apropiados por el sistema de calidad de CALTECHNIX.

Descripción de la Prueba

La calibración del instrumento se realizó conforme a procedimientos internos, elaborados en base a normas nacionales e internacionales, aplicables al instrumento con el objetivo de comprobar las especificaciones de exactitud. Se comparó el instrumento, debidamente preparado y estabilizado, en forma directa con el patrón, obteniendo los resultados reportados de la reducción de los datos de 33 mediciones individuales, aplicando las correcciones y cálculos de calibración necesarios.

El presente documento debidamente firmado es válido para el instrumento en su estado y bajo las condiciones que prevalecieron durante la prueba y no debe ser reproducido parcialmente sin el consentimiento escrito de la autorización del laboratorio emisor.

CalTechnix de México, S.A. de C.V.

Sur 111 N° 2260, Col. Juventino Rosas, 06700 México, DF, Tel/FAX (5) 5650-4414, 654-8425

E-Mail: caltech@caltechnix.com.mx Visite nuestro sitio: www.caltechnix.com.mx

Patrones y condiciones de prueba

Patrones -Balanza de pesos muertos DH-Instruments Mod 5203, serie de ámbito N°3065, identi N° DH/3985 Certificado CENAM N° CNM-CC-720-115/2003, fecha 03/05 prox. 05/05, máxima incertidumbre 0.0043% lectura entre 0.8-8 MPa y masas No. DH/2882 máx. incertidumbre 0.001% lectura (Certificados MASSTECH, S.A. de C.V. No. LMM-0004/03, LMM-0005/03, LMM-0006/03, LMM-007/03) fecha 03/01, prox. 04/01. Fluido manométrico del Patrón: Nitrógeno.

Condiciones Tamb = (22,1 ± 0,5)°C; Pbaro = (76,02±0,04)kPa; Hrel = (57±1)% HR; Glocal=9,779091 m/s2 (calculado)

- Fluido manométrico usado en el equipo examinado: aceite
- Nivel de referencia: Altura de la conexión principal
- Referencias: Procedimiento CALTECHNIX PRES01;
- Posición de Trabajo: normal
- Resolución: 0,00bar

Resultados

Los resultados presentados en el informe de calibración son válidos para el estado del instrumento y bajo las condiciones que prevalecieron durante la medición. La columna "D. M. T." indica la desviación máxima tolerada para el instrumento. El criterio de cumplimiento de la columna "Cumple Espec." indica la concordancia de la exactitud observada en la calibración con las especificaciones del catálogo de instrumento. En el criterio de cumplimiento se incluyen los efectos de la incertidumbre. En la incertidumbre reportada se consideran la incertidumbre del patrón(B), la repetibilidad instrumental(A), la resolución(B) y las diferencias de niveles de referencias(B). La columna "Identificación" de la sección de RESULTADOS identifica a los resultados del instrumento.



Tabla de Resultados

Pa	Patron	Lectura	Factor de Equivalencia: 1 bar = 100000,0000 Pa		D. M. T. Cumple		Incertidumbre	Identificación	Resultado Final
			Error	S.C.	MPa	Espec.			
0	0,0000	0,000	0,00	0,00	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
39890	0,3989	0,399	-0,01	-0,000	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
79780	0,7978	0,797	-0,02	-0,001	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
119670	1,1967	1,196	-0,01	-0,001	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
159561	1,5956	1,594	-0,05	-0,002	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
199451	1,9945	1,993	-0,05	-0,002	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
239341	2,3934	2,392	-0,04	-0,002	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
279231	2,7923	2,792	-0,02	-0,001	0,004	SI	0,0006	Resultado Final	
319122	3,1912	3,190	-0,04	-0,002	0,004	SI	0,0007	Resultado Final	
359012	3,5901	3,589	-0,04	-0,002	0,004	SI	0,0007	Resultado Final	
398902	3,9890	3,987	-0,05	-0,002	0,004	SI	0,0007	Resultado Final	

Parámetros del polinomio de ajuste utilizado:

- a0 -4,91498713098942E-05
- a1 9,61522324172498E-01
- a2 1,78817987513027E-03
- a3 1,06912861246027E-04

El presente documento debidamente firmado es válido para el instrumento en su estado y bajo las condiciones que prevalecieron durante la prueba y no debe ser reproducido parcialmente sin previa, expresa autorización del laboratorio emisor.

CalTechnix de México, S.A. de C.V.

Sur 111 N°22 Ed. Cal. Juventino Rosas, 08700 México, DF, Tel/FAX (5) 650-4414, 654-6425
E-Mail: caltech@caltechnix.com.mx Visita nuestro sitio: www.caltechnix.com.mx

ANEXO 5.9 REQUISITOS SEGÚN LA NORMA 17025.

Laboratorios Nacionales.

REQUISITO	APLITEC	AV.	CONACYT	UDB
Personal	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Instalaciones y Condiciones Ambientales	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Métodos de Calibración	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Equipo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Trazabilidad	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Manejo de muestras	N / A	N / A	N / A	N / A
Manejo de Objetos	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Aseguramiento de la calidad	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Informe de Resultados	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla A -19

Según lo anteriormente presentado los laboratorios nacionales cuentan con igualdad de condiciones, el CONACYT ente que representa la metrología legal en el país, esta a mismo nivel de los laboratorios secundarios debido a que presenta la misma trazabilidad.

A continuación se presenta una tabla con los laboratorios internacionales que participaron también en las cotizaciones realizadas.

Laboratorios Internacionales.

REQUISITO	CALTECHNIX	CEI	CENAM	INDECOPI	INTI	METAS	SIC
Personal	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Instalaciones y Condiciones Ambientales	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Métodos de Calibración	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Equipo	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Trazabilidad	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Manejo de muestras	N / A	N / A	N / A	N / A	N / A	N / A	N / A
Manejo de Objetos	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Aseguramiento de la calidad	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Informe de Resultados	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla A - 20

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que los laboratorios en el ámbito internacional cumplen con los requisitos establecidos por la norma, cabe resaltar que Caltechnix y Metas son laboratorios secundarios pero cumplen con lo establecido en el requisito 5.6 que cita “por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los enlazan a los patrones primarios relevantes de las unidades de medidas SI.

ANEXO 5.10. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN A ESCALA NACIONAL

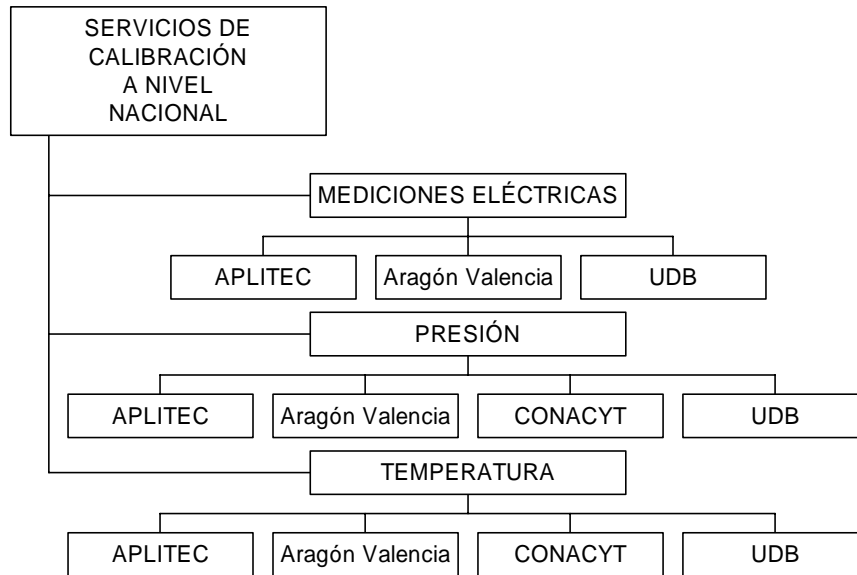


Figura A.12. Proveedores del servicio de calibración a escala nacional.²³

²³ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 5.11. SERVICIOS DE CALIBRACIÓN A ESCALA INTERNACIONAL

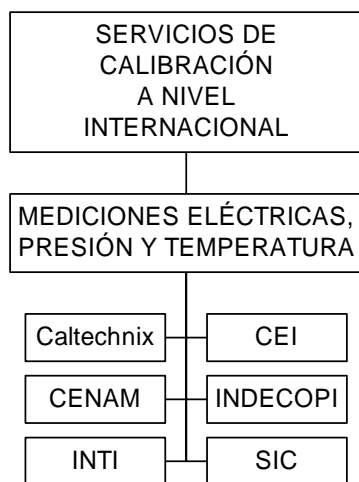


Figura A.13. Proveedores del servicio de calibración a escala internacional.²⁴

²⁴ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 5.12. PATRONES DE CALIBRACIÓN.

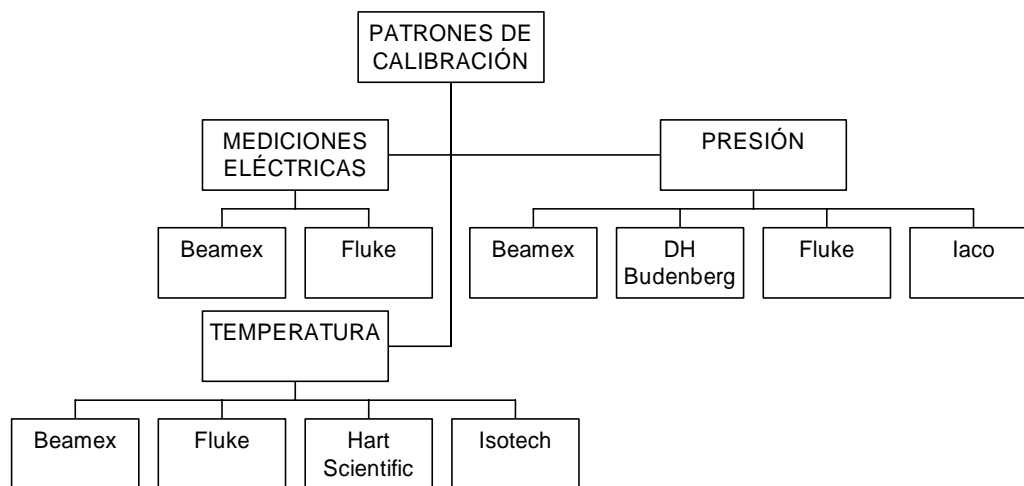


Figura A.14. Proveedores de patrones para la calibración.²⁵

²⁵ Fuente: Diseño elaborado por el grupo de trabajo.

ANEXO 6.1. EVOLUCIÓN DEL INDICE DE PRECIOS DEL CONSUMIDOR EN EL SALVADOR.²⁶

MESES / AÑO	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Enero	12.2	7.5	1.5	3.1	-0.5	5.5	0.9	2.8
Febrero	11.2	7.8	1.3	2.6	0.2	4.8	1.4	2.7
Marzo	10.6	7.4	1.5	2.0	0.5	4.9	1.7	2.4
Abril	10.3	7.1	2.7	0.1	1.1	5.0	2.0	2.0
Mayo	10.3	6.1	3.5	-1.0	2.4	4.5	1.8	1.9
Junio	11.1	4.9	3.2	-1.2	3.6	3.5	2.3	1.6
Julio	10.0	4.0	2.8	-1.1	2.9	3.6	2.5	1.0
Agosto	10.8	1.8	2.2	0.1	3.4	3.5	1.8	
Septiembre	8.7	2.1	1.5	1.5	3.3	3.3	1.4	
Octubre	8.3	1.7	1.9	2.0	2.7	2.3	2.5	
Noviembre	7.2	2.2	4.3	-0.7	3.4	3.0	1.4	
Diciembre	7.4	1.9	4.2	-1.0	4.3	1.4	2.8	

Tabla A.21. Evolución del IPC en El Salvador.

²⁶ Fuente <http://www.bcr.gob.sv>

ANEXO 6.2. CÁLCULOS DEL IPC PARA CADA AÑO.

- Para el año 2004

Años	IPC (%)	Z	YZ	Z ²
1997	4.54	-3	-13.62	9
1998	2.55	-2	-5.1	4
1999	0.53	-1	-0.53	1
2000	2.28	0	0	0
2001	3.78	1	3.78	1
2002	1.88	2	3.76	4
2003	2.06	3	6.18	9
			$\Sigma = -5.53$	$\Sigma = 28$

Tabla A.22. IPC estimado para el año 2004.

$$\Delta(\text{Incremento}) = YZ / Z^2 (n / 2)$$

$$\Delta = - 5.53 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = -0.1975 (3)$$

$$\Delta = -0.5925$$

$$\text{IPC (2004)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2004)} = 2.28 + (- 0.5925)$$

$$\text{IPC (2004)} = 1.69 \%$$

- Para el año 2005

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
1998	2.55	-3	-7.65	9
1999	0.53	-2	-1.06	4
2000	2.28	-1	-2.28	1
2001	3.78	0	0	0
2002	1.88	1	1.88	1
2003	2.06	2	4.12	4
2004	1.69	3	5.07	9
			$\Sigma = 0.08$	$\Sigma = 28$

Tabla A.23. IPC estimado para el año 2005.

$$\Delta = 0.08 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = 0.002857 (3)$$

$$\Delta = 0.0086$$

$$\text{IPC (2005)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2005)} = 3.78 + (0.0086)$$

$$\text{IPC (2005)} = 3.79 \%$$

- Para el año 2006

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
1999	0.53	-3	-1.59	9
2000	2.28	-2	-4.56	4
2001	3.78	-1	-3.78	1
2002	1.88	0	0	0
2003	2.06	1	2.06	1
2004	1.69	2	3.38	4
2005	3.79	3	11.37	9
			$\Sigma = 6.88$	$\Sigma = 28$

Tabla A.24. IPC estimado para el año 2006.

$$\Delta = 6.88 / 28 \text{ (6 / 2)}$$

$$\Delta = 0.2457 \text{ (3)}$$

$$\Delta = 0.737$$

$$\text{IPC (2006)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2006)} = 1.88 + (0.737)$$

$$\text{IPC (2006)} = 2.62 \%$$

- Para el año 2007

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
2000	2.28	-3	-6.84	9
2001	3.78	-2	-7.56	4
2002	1.88	-1	-1.88	1
2003	2.06	0	0	0
2004	1.69	1	1.69	1
2005	3.79	2	7.58	4
2006	2.62	3	7.86	9
			$\Sigma = 0.85$	$\Sigma = 28$

Tabla A.25. IPC estimado para el año 2007.

$$\Delta = 0.85 / 28 \text{ (6 / 2)}$$

$$\Delta = 0.030 \text{ (3)}$$

$$\Delta = 0.091$$

$$\text{IPC (2007)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2007)} = 2.06 + (0.091)$$

$$\text{IPC (2007)} = 2.15 \%$$

- Para el año 2008

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
2001	3.78	-3	-11.34	9
2002	1.88	-2	-3.76	4
2003	2.06	-1	-2.06	1
2004	1.69	0	0	0
2005	3.79	1	3.79	1
2006	2.62	2	5.24	4
2007	2.15	3	6.45	9
			$\Sigma = -1.68$	$\Sigma = 28$

Tabla A.26. IPC estimado para el año 2008.

$$\Delta = -1.68 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = -0.06 (3)$$

$$\Delta = -0.18$$

$$\text{IPC (2008)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2008)} = 1.69 + (0.18)$$

$$\text{IPC (2008)} = 1.51 \%$$

- Para el año 2009

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
2002	1.88	-3	-5.64	9
2003	2.06	-2	-4.12	4
2004	1.69	-1	-1.69	1
2005	3.79	0	0	0
2006	2.62	1	2.62	1
2007	2.15	2	4.3	4
2008	1.51	3	4.53	9
			$\Sigma = 0$	$\Sigma = 28$

Tabla A.27. IPC estimado para el año 2009.

$$\Delta = 0 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = 0 (3)$$

$$\Delta = 0$$

$$\text{IPC (2009)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2009)} = 3.79 + 0$$

$$\text{IPC (2009)} = 3.79 \%$$

- Para el año 2010

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
2003	2.06	-3	-6.18	9
2004	1.69	-2	-3.38	4
2005	3.79	-1	-3.79	1
2006	2.62	0	0	0
2007	2.15	1	2.15	1
2008	1.51	2	3.02	4
2009	3.79	3	11.37	9
			$\Sigma = 3.24$	$\Sigma = 28$

Tabla A.28. IPC estimado para el año 2010.

$$\Delta = 3.24 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = 0.116 (3)$$

$$\Delta = 0.347$$

$$\text{IPC (2010)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2010)} = 2.62 + 0.347$$

$$\text{IPC (2010)} = 2.96 \%$$

- Para el año 2011

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
2004	1.69	-3	-5.07	9
2005	3.79	-2	-7.58	4
2006	2.62	-1	-2.62	1
2007	2.15	0	0	0
2008	1.51	1	1.51	1
2009	3.79	2	7.58	4
2010	2.96	3	8.88	9
			$\Sigma = 2.7$	$\Sigma = 28$

Tabla A.29. IPC estimado para el año 2011.

$$\Delta = 2.7 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = 0.096 (3)$$

$$\Delta = 0.289$$

$$\text{IPC (2011)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2011)} = 2.15 + 0.289$$

$$\text{IPC (2011)} = 2.44\%$$

- Para el año 2012

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
2005	3.79	-3	-11.37	9
2006	2.62	-2	-5.24	4
2007	2.15	-1	-2.15	1
2008	1.51	0	0	0
2009	3.79	1	3.79	1
2010	2.96	2	5.92	4
2011	2.44	3	7.32	9
			$\Sigma = -1.73$	$\Sigma = 28$

Tabla A.30. IPC estimado para el año 2012.

$$\Delta = - 1.73 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = - 0.06 (3)$$

$$\Delta = - 0.185$$

$$\text{IPC (2012)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2012)} = 1.51 + (- 0.185)$$

$$\text{IPC (2012)} = 1.32\%$$

- Para el año 2013

Años	IPC	Z	YZ	Z ²
2006	2.62	-3	-11.37	9
2007	2.15	-2	-5.24	4
2008	1.51	-1	-2.15	1
2009	3.79	0	0	0
2010	2.96	1	3.79	1
2011	2.44	2	5.92	4
2012	1.32	3	3.96	9
			$\Sigma = - 5.09$	$\Sigma = 28$

Tabla A.31. IPC estimado para el año 2013.

$$\Delta = - 5.09 / 28 (6 / 2)$$

$$\Delta = - 0.182 (3)$$

$$\Delta = - 0.545$$

$$\text{IPC (2013)} = \text{IPC (año base)} + \Delta$$

$$\text{IPC (2013)} = 3.79 + (- 0.545)$$

$$\text{IPC (2013)} = 3.24\%$$

ANEXO 6.3. CÁLCULO DE LOS COSTOS ANUALES DE CALIBRACIÓN.

Para el desarrollo de estos cálculos se partirá de los valores del IPC calculados, los cuales se muestran a continuación:

Años	IPC (%)
2003	2.06
2004	1.69
2005	3.79
2006	2.62
2007	2.15
2008	1.51
2009	3.79
2010	2.96
2011	2.44
2012	1.32
2013	3.24

- MEDICIONES ELÉCTRICAS

Consideraciones

Gastos de viaje = aprox. \$ 2000.00

- Frecuencímetro

Costo (unit) = \$ 180

- Voltímetro

Costo (unit) = \$ 180

- Vatímetro

Costo (unit) = \$ 275

- Watímetro

Costo (unit) = \$ 275

Total Frecuencímetros = 4

Total Voltímetros = 4

Total Varímetros = 4

Total Watímetros = 4

$$I. V. A. = (16\%)^{27}$$

$$IPC \text{ (prom.)} = (2.4\%)^{28}$$

Calibraciones al año: 2

Nota: se consideran 2 calibraciones al año durante los primeros 5 años, a partir del año 6 se considera una calibración al año.

$$\text{Costo (año 1)} = [(\text{Costos viajes} + \text{Costo total frecuencímetros} + \text{Costo total voltímetros} + \text{Costo total varímetros} + \text{Costo total Watímetro}) + \text{IVA}] \times (\text{calibraciones al año})$$

$$\text{Costo (año 1)} = (\$) [(2000.00 + 180 (4) + 180 (4) + 275 (4) + 275 (4)) + \text{IVA}] (1)$$

$$\text{Costo (año 1)} = (\$) (5640 \times 1.16) (2)$$

$$\text{Costo (año 1)} = (\$) 13084.8$$

$$\text{Costo (año } x) = [\text{Costo (año anterior)} + \text{Costo (año anterior)} \times \text{IPC}]$$

- Año 2 (de aquí en adelante no será necesario multiplicar por el valor de 2, dado que ya se consideró en el cálculo anterior)

$$\text{Costo (año 2)} = [(13084.8) + (13084.8) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 2)} = \$ 13398.83$$

- Año 3

$$\text{Costo (año 3)} = [(13398.83) + (13398.3) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 3)} = \$ 13720.40$$

- Año 4

$$\text{Costo (año 4)} = [(13720.4) + (13720.4) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 4)} = \$ 14049.69$$

- Año 5

$$\text{Costo (año 5)} = [(14049.69) + (14049.69) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 5)} = \$ 14386.88$$

²⁷ Tomado de [http : // www.comunidadandina.org / brujula / colombia.htm](http://www.comunidadandina.org/brujula/colombia.htm)

²⁸ Tomado de [http: // www.britain.gov.co / inforpre / eco.htm](http://www.britain.gov.co/inforpre/eco.htm)

- Año 6

$$\text{Costo (año 6)} = [(14386.88) + (14386.88) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 6)} = \$ 14732.16$$

Este valor debe dividirse entre 2, dado que a partir del año 6 se ha considerado 1 calibración por año.

Por lo tanto:

$$\text{Costo (año 6)} = \$ 14732.16 / 2$$

$$\text{Costo (año 6)} = \$ 7366.08$$

- Año 7

$$\text{Costo (año 7)} = [(7366.08 + (7366.08) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 7)} = \$ 7542.87$$

- Año 8

$$\text{Costo (año 8)} = [(7542.87) + (7542.87) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 8)} = \$ 7723.90$$

- Año 9

$$\text{Costo (año 9)} = [(7723.90) + (7723.90) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 9)} = \$ 7909.27$$

- Año 10

$$\text{Costo (año 10)} = [(7909.27) + (7909.27) \times (0.024)]$$

$$\text{Costo (año 10)} = \$ 8099.09$$

$$\text{Costo total (calibración mediciones eléctricas hasta año 10)} = 107281.81$$

- PRESIÓN

Consideraciones:

$$\text{Costo (unit)} = \$ 34.00$$

$$\text{I. V. A.} = 13\%$$

Total manómetros = 4

Calibraciones por año = 1

Costo año 1

Costo = (34) x (1.13) x (4)

Costo = \$ 153.68

Costo (año x) = Costo (año) + Costo (año) x IPC (año x)

▪ Año 2

Costo (año 2) = (153.68) + (153.68) x (0.0169)

Costo (año 2) = \$ 156.28

▪ Año 3

Costo (año 3) = (156.28) + (156.28) x (0.0379)

Costo (año 3) = \$ 162.2

▪ Año 4

Costo (año 4) = (162.2) + (162.2) x (0.0262)

Costo (año 4) = \$ 166.45

▪ Año 5

Costo (año 5) = (166.45) + (166.45) x (0.0215)

Costo (año 5) = \$ 170.00

▪ Año 6

Costo (año 6) = (170.00) + (170.00) x (0.0151)

Costo (año 6) = \$ 172.57

▪ Año 7

Costo (año 7) = (172.57) + (172.57) x (0.0379)

Costo (año 7) = \$ 179.11

- Año 8

$$\text{Costo (año 8)} = (179.11) + (179.11) \times (0.0296)$$

$$\text{Costo (año 8)} = \$ 184.41$$

- Año 9

$$\text{Costo (año 9)} = (184.41) + (184.41) \times (0.0244)$$

$$\text{Costo (año 9)} = \$ 188.9$$

- Año 10

$$\text{Costo (año 10)} = (188.9) + (188.9) \times (0.0132)$$

$$\text{Costo (año 10)} = \$ 191.39$$

$$\text{Costo total (calibración presión hasta año 10)} = 1724.99$$

- TEMPERATURA

Consideraciones:

$$\text{Costo (unit)} = \$ 45.00$$

$$\text{I. V. A.} = 13\%$$

$$\text{Total termómetros} = 6$$

$$\text{Calibraciones por año} = 1$$

Costo año 1

$$\text{Costo} = (45) \times (1.13) \times (6)$$

$$\text{Costo} = \$ 305.1$$

$$\text{Costo (año x)} = \text{Costo (año)} + \text{Costo (año)} \times \text{IPC (año x)}$$

- Año 2

$$\text{Costo (año 2)} = (305.1) + (305.1) \times (0.0169)$$

$$\text{Costo (año 2)} = \$ 310.26$$

- Año 3

$$\text{Costo (año 3)} = (310.26) + (310.26) \times (0.0379)$$

$$\text{Costo (año 3)} = \$ 322$$

- Año 4

$$\text{Costo (año 4)} = (322) + (322) \times (0.0262)$$

$$\text{Costo (año 4)} = \$ 330.44$$

- Año 5

$$\text{Costo (año 5)} = (330.44) + (330.44) \times (0.0215)$$

$$\text{Costo (año 5)} = \$ 337.54$$

- Año 6

$$\text{Costo (año 6)} = (337.54) + (337.54) \times (0.0151)$$

$$\text{Costo (año 6)} = \$ 342.64$$

- Año 7

$$\text{Costo (año 7)} = (342.64) + (342.64) \times (0.0379)$$

$$\text{Costo (año 7)} = \$ 355.62$$

- Año 8

$$\text{Costo (año 8)} = (355.62) + (355.62) \times (0.0296)$$

$$\text{Costo (año 8)} = \$ 366.14$$

- Año 9

$$\text{Costo (año 9)} = (366.14) + (366.14) \times (0.0244)$$

$$\text{Costo (año 9)} = \$ 375.08$$

- Año 10

$$\text{Costo (año 10)} = (375.08) + (375.08) \times (0.0132)$$

$$\text{Costo (año 10)} = \$ 380.02$$

$$\text{Costo total (calibración temperatura hasta año 10)} = \$ 3424.84$$

CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO

- PARA CADA MAGNITUD.

$$VAN = - I_0 + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + I)^2 + FF3 / (1 + I)^3 + \dots + FF_n / (1 + I)^n$$

En donde:

FF1: Flujo de fondos para el año 1

FF2: Flujo de fondos para el año 2

FFn: Flujo de fondos para el año n

i: TREMA (Tasa de Referencia Mínima Aceptable)

Para efectos de este trabajo se considerará una $i = 8\%$, dado que es la tasa que generalmente usa el sector en estudio.

MEDICIONES ELÉCTRICAS

$$VAN = 0 + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + I)^2 + FF3 / (1 + I)^3 + \dots + FF_{10} / (1 + I)^{10}$$

$$VAN (ME) = 0 + (-) [13084.8 / (1 + 0.08)^1] + (-) [13398.83 / (1 + 0.08)^2] + (-) [13720.4 / (1 + 0.08)^3] + (-) [14049.69 / (1 + 0.08)^4] + (-) [14386.88 / (1 + 0.08)^5] + (-) [7366.08 / (1 + 0.08)^6] + (-) [7542.87 / (1 + 0.08)^7] + (-) [7723.9 / (1 + 0.08)^8] + (-) [7909.27 / (1 + 0.08)^9] + (-) [8099.09 / (1 + 0.08)^{10}]$$

$$VAN (ME) = 0 - 12115.56 - 11487.33 - 10891.70 - 10326.94 - 9791.47 - 4641.88 - 4401.19 - 4172.98 - 3956.60 - 3751.44$$

$$VAN (ME) = \$ - 75537.09$$

PRESIÓN

$$VAN = 0 + FF1 / (1 + i)^1 + FF2 / (1 + I)^2 + FF3 / (1 + I)^3 + \dots + FF_{10} / (1 + I)^{10}$$

$$VAN (P) = 0 + (-) [153.68 / (1 + 0.08)^1] + (-) [156.28 / (1 + 0.08)^2] + (-) [162.2 / (1 + 0.08)^3] + (-) [166.45 / (1 + 0.08)^4] + (-) [170 / (1 + 0.08)^5] + (-) [172.57 / (1 + 0.08)^6]$$

$$+ (-) [179.11 / (1 + 0.08)^7] + (-) [184.41 / (1 + 0.08)^8] + (-) [188.9 / (1 + 0.08)^9] + (-) [191.39 / (1 + 0.08)^{10}]$$

$$\text{VAN (P)} = 0 - 142.30 - 133.98 - 128.76 - 122.34 - 115.70 - 108.75 - 104.51 - 99.63 - 94.50 - 88.65$$

$$\text{VAN (P)} = \$ - 1139.12$$

TEMPERATURA

$$\text{VAN} = 0 + \text{FF1} / (1 + i)^1 + \text{FF2} / (1 + i)^2 + \text{FF3} / (1 + i)^3 + \dots + \text{FF10} / (1 + i)^{10}$$

$$\text{VAN (T)} = 0 + (-) [305.1 / (1 + 0.08)^1] + (-) [310.26 / (1 + 0.08)^2] + (-) [322 / (1 + 0.08)^3] + (-) [330.44 / (1 + 0.08)^4] + (-) [337.54 / (1 + 0.08)^5] + (-) [342.64 / (1 + 0.08)^6] + (-) [355.62 / (1 + 0.08)^7] + (-) [366.14 / (1 + 0.08)^8] + (-) [375.08 / (1 + 0.08)^9] + (-) [380.02 / (1 + 0.08)^{10}]$$

$$\text{VAN (T)} = 0 - 282.5 - 266.0 - 255.61 - 242.88 - 229.72 - 215.92 - 207.50 - 197.81 - 187.63 - 176.02$$

$$\text{VAN (T)} = \$ - 2261.59$$

$$\text{VAN (TOTAL)} = \text{VAN (ME)} + \text{VAN (P)} + \text{VAN (T)}$$

$$\text{VAN (TOTAL)} = - 75537.09 + (-) 1139.12 + (-) 2261.59$$

$$\text{VAN (TOTAL)} = \$ - 78937.8$$

- PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS PATRONES DE CALIBRACIÓN

$$\text{VAN} = 0 + \text{FF1} / (1 + i)^1 + \text{FF2} / (1 + i)^2 + \text{FF3} / (1 + i)^3 + \dots + \text{FF10} / (1 + i)^{10}$$

$$\text{VAN (Total)} = - 81875.00 + (-) [13000.00 / (1 + 0.08)^1] + (-) [19829.07 / (1 + 0.08)^2] + (-) [13260.00 / (1 + 0.08)^3] + (-) [20434.78 / (1 + 0.08)^4] + (-) [13525.20 / (1 + 0.08)^5] + (-) [21063.20 / (1 + 0.08)^6] + (-) [13795.71 / (1 + 0.08)^7] + (-) [21715.32 / (1 + 0.08)^8] + (-) [14071.62 / (1 + 0.08)^9] + (-) [22392.17 / (1 + 0.08)^{10}]$$

$$\text{VAN (Total)} = - 81875.00 - 12037.03 - 17000.23 - 10526.21 - 15020.17 - 9205.02 - 13273.39 - 8049.66 - 11732.11 - 7039.31 - 10371.90$$

$$\text{VAN (Total)} = \$ - 196130.03$$

ANEXO 7.1. CÁLCULO DEL ERROR.

El análisis del error se realiza de acuerdo con las especificaciones del instrumento. Este se puede calcular de tres formas básicas:

El error respecto a la lectura (eL) se calcula:

$$eL = \frac{LM - LP}{LM} \times 100$$

El error respecto a la entrada (eE) se calcula:

$$eE = \frac{LM - LP}{LP} \times 100$$

El error respecto a rango (eR):

$$eR = \frac{LM - LP}{\text{Rango}} \times 100$$

Donde:

LM : lectura del instrumento de prueba

LP : lectura del instrumento patrón