

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“Requerimientos de calibración en DC  
y baja frecuencia en los sectores industria y  
comercio en El Salvador”**

**PRESENTADO POR**

**FANTINA DERUCHETTE ORELLANA ALVARADO**

**LUIS ALFREDO PÉREZ ORELLANA**

**JULIO ALBERTO PÉREZ QUEZADA**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DEL 2004**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA** : **Dra. María Isabel Rodríguez**

**SECRETARIA GENERAL:**

**Licda. Alicia Margarita Rivas de Recinos**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**DECANO** : **Ing. Mario Roberto Nieto Lovo**

**SECRETARIO** : **Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**DIRECTOR** : **Ing. Luis Roberto Chévez Paz**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**Título :**

**“Requerimientos de calibración en DC  
y baja frecuencia en los sectores  
industria y comercio en El Salvador”**

**Presentado por :**

**FANTINA DERUCHETTE ORELLANA ALVARADO  
LUIS ALFREDO PÉREZ ORELLANA  
JULIO ALBERTO PÉREZ QUEZADA**

**Trabajo de graduación aprobado por:**

**Docente Director:**

**Ing. José Roberto Ramos López**

**Docente Director:**

**Ing. Armando Martínez Calderón**

**San Salvador, diciembre del 2004**

**Trabajo de Graduación Aprobado por:**

**Docentes Directores:**

**Ing. José Roberto Ramos López**

**Ing. Armando Martínez Calderón**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por brindarme vida, salud y apoyo por medio de mis parientes y familiares para poder llevar a buen término mi carrera académica.

**A MIS PADRES:** Por apoyarme en cada una de mis decisiones, por tenerme paciencia en mis momentos de preocupaciones y por sus sabios consejos que me han guiado hasta el día de hoy.

**A MIS HERMANOS:** Por confiar en mi y por brindarme su cariño y comprensión incondicional.

**A JIM Y MAYRA ROSHAN:** Por ser mis padrinos en el trabajo de graduación, por su amistad y por su apoyo.

**AL PBRO. MANUEL ANDRÉS ALVARENGA:** Por ser como un padre para mí, por saber escucharme y comprenderme, por su confianza en mi, y por su ayuda mil gracias.

**A TODOS MIS AMIGOS:** Por su paciencia, por su cariño, por sus consejos y porque siempre han estado cuando los he necesitado.

**A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:** Por haberme hecho ver mis errores, por su comprensión y apoyo en los momentos más difíciles que como compañeros de trabajo tuvimos, por su ayuda en la toma de decisiones personales en el período de realización de este trabajo y por ser más que mis compañeros, mis amigos.

**A TODAS LAS EMPRESAS QUE NOS PROPORCIONARON UN POCO DE SU TIEMPO PARA PODER HACER REALIDAD ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN.**

**FANTINA DERUCHETTE ORELLANA ALVARADO**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por darme salud y servirme de apoyo en los momentos mas difíciles de mi carrera.

**A MIS PADRES:** Manuel y Blanca, por no desampararme nunca y darme el apoyo en todo momento, por alentarme en mis momentos de preocupación, por haber guiado mis pasos y por muchas cosas mas. INFINITAS GRACIAS.

**A MIS HERMANOS:** Salvador y Alex, por ser parte fundamental en mi educación y en mi vida, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

**A CRISTELA GUTIÉRREZ:** Por brindarme su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles de mi carrera y alentarme a seguir adelante en todo momento. GRACIAS

**A MIS CUÑADAS:** Lorena, Blanca y Carolina: Por estar pendientes de mí en todo momento.

**A MI FAMILIA:** Que siempre dieron muestras de apoyo y tuvieron palabras de aliento para mi.

**A LA FAMILIA GUTIÉRREZ PÉREZ:** Por brindarme su apoyo y haber sido como una segunda familia para mí.

**A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:** Julio y Fantina, que en todo momento estuvimos unidos, cualquiera que fuera la dificultad, por haber constituido un buen grupo de trabajo y fortalecido nuestra amistad.

**A MIS AMIGOS:** Por su amistad y apoyo en todo momento, por alentarme a seguir adelante.

**A TODOS LOS AMIGOS Y EMPRESAS QUE DE UNA U OTRA FORMA AYUDARON A LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN. MIS AGRADECIMIENTOS.**

**LUIS ALFREDO PÉREZ ORELLANA**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por darme la sabiduría y la fuerza necesaria en los momentos difíciles para tomar las decisiones correctas.

**A MIS PADRES:** Por haberme dado la confianza necesaria para terminar mi carrera, por sus oraciones, sus sabios consejos, además de su cariño y comprensión.

**A MI ABUELA:** Transito porque siempre ha sido como una madre para mi y porque supo educarme de la mejor manera, fomentando en mi los principios que ahora me dan satisfacción, MIL GRACIAS.

**A MIS HERMANOS:** Por todo el apoyo incondicional que me han brindado en todos estos años, y por ser parte fundamental en mi vida.

**A DON CARLOS ALVARADO:** Porque ha sido un buen ejemplo de vida y por haberme enseñado que cuando uno se lo propone, se puede llegar lejos en la vida.

**A MIS TÍOS, PRIMOS Y DEMÁS FAMILIA:** Por el apoyo moral que me brindaron impulsándome a seguir adelante.

**A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:** Por soportar mi carácter y porque una buena parte del éxito alcanzado fue que formamos un buen grupo de trabajo, alcanzando siempre las metas que nos pusimos, GRACIAS AMIGOS.

**A MIS AMIGOS:** Por ser siempre leales y ayudarme a descargar presiones en los momentos difíciles de mi carrera.

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA CONTRIBUYERON EN MI FORMACIÓN ACADÉMICA, ASÍ COMO A LOS AMIGOS Y EMPRESAS QUE NOS ABRIERON SUS PUERTAS CONTRIBUYENDO AL ÉXITO DE ESTE TRABAJO DE GRADUACIÓN.

**JULIO ALBERTO PÉREZ QUEZADA**

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	3
<b>ALCANCES Y LIMITACIONES .....</b>	<b>4</b>
Alcances.....	4
Limitaciones.....	4
<b>IMPORTANCIA.....</b>	<b>5</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>1. ASPECTOS GENERALES SOBRE METROLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
1.1 Definición de metrología .....	6
1.2 Clasificación de la metrología .....	6
1.2.1 Metrología científica .....	6
1.2.2 Metrología legal .....	6
1.2.3 Metrología industrial.....	6
1.3 Campos de aplicación de la metrología .....	7
1.3.1 En el desarrollo científico y tecnológico.....	7
1.3.2 En la transferencia de tecnología .....	7
1.3.3 En la normalización .....	7
1.3.4 En el aseguramiento de la calidad.....	7
1.4 Homologación metrológica .....	8
1.5 Organizaciones de metrología.....	8
1.5.1 Organizaciones Internacionales .....	8
1.5.1.1 Organizaciones de patrones físicos .....	8
1.5.1.2 Organizaciones que desarrollan normas .....	8
1.5.1.3 Sociedades Técnicas y Profesionales .....	9
1.5.2 Organización nacional .....	9
1.5.2.1 Programas de normalización en el CONACYT.....	11
1.5.2.2 Comités técnicos de trabajo .....	12
1.5.2.3 Proceso de formación de la norma y su publicación .....	12
1.5.2.4 Organización de metrología.....	12



1.5.2.5 Jurisdicción en materia de metrología .....	13
1.5.2.6 Organismos auxiliares .....	13
1.5.2.7 Patrones oficiales en El Salvador .....	16
<b>1.6 Definición de Calibración .....</b>	<b>16</b>
1.6.1 Tipos de mediciones de calibración .....	16
1.6.2 Relación entre metrología y calibración .....	16
<b>1.7 Jerarquía dentro de la metrología.....</b>	<b>17</b>
1.7.1 Laboratorio primario .....	17
1.7.2 Laboratorios secundarios .....	17
1.7.3 Laboratorios de investigación.....	17
1.7.4 Laboratorios de calibración.....	18
1.7.5 Laboratorios móviles.....	18
<b>1.8 Trazabilidad de las mediciones .....</b>	<b>18</b>
1.8.1 Definición de Trazabilidad.....	18
1.8.2 Aspectos relacionados a la trazabilidad.....	19
<b>1.9 Metrología eléctrica .....</b>	<b>19</b>
1.9.1 Unidades de medición eléctrica.....	19
1.9.2 Unidades y patrones eléctricos .....	20
1.9.2.1 Patrones Nacionales.....	21
1.9.2.2 Patrones Intrínsecos.....	21
1.9.2.3 Patrones por proporciones (razón) de calibración .....	22
1.9.2.4 Patrones de acuerdo general (por consenso).....	22
1.9.2.5 Patrones de magnitudes indirectas-derivadas.....	22
<b>1.10 Trazabilidad sobre calibraciones en base a patrones</b>	
<b>eléctricos de medición.....</b>	<b>23</b>
<b>2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>3. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Análisis de los factores:.....</b>	<b>27</b>
3.1.1 Aporte de ambos sectores a la economía de El Salvador .....	27
3.1.2 Estructura por tamaño de la empresa para el sector industria:.....	29
3.1.3 Estructura por cantidad de establecimientos, para el sector servicios. ....	31
<b>3.2 Método de muestreo.....</b>	<b>32</b>
3.2.1 Marco muestral .....	33
3.2.2 Estratificación de la muestra.....	33
3.2.3 Determinación de sub estratos.....	33
3.2.3.1 Sub estratos del sector industria.....	33
3.2.3.2 Sub estratos para el sector Servicios.....	35
3.2.4 Resumen de estratificación de la población.....	35
<b>3.3 Determinación del tamaño de la muestra .....</b>	<b>35</b>
<b>4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA MUESTRA ESTADÍSTICA .....</b>	<b>38</b>

<b>5. APORTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>67</b>
5.1 Obtención de un inventario de magnitudes eléctricas.....	67
5.2 Obtención de un inventario de instrumentos de prueba y medición.....	69
5.3 Obtención de un <i>status</i> porcentual de calibración .....	72
5.4 Obtención de un inventario de facilidades de calibración .....	73
5.4.1 Laboratorio nacional de metrología legal (CONACYT) .....	74
5.4.2 Laboratorio de metrología de AEROMAN S.A.....	74
5.4.3 Laboratorio de metrología y ensayo de materiales (UDB).....	75
5.4.4 Laboratorio de metrología ETESAL.....	77
5.5 Obtención de una muestra estadística de instrumentos para verificación futura .....	78
5.5.1 Estratificación de la muestra.....	79
5.5.2 Determinación del tamaño de la muestra .....	79
5.5.3 Cálculo para las poblaciones.....	79
5.6 Implementación de un laboratorio.....	82
5.6.1 Requisitos mínimos que debe de poseer un futuro laboratorio.....	83
5.6.2 Beneficios de la acreditación .....	85
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>OBSERVACIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>95</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>105</b>

## INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de las naciones se fue creando la necesidad de que las mediciones realizadas en cada país tuvieran una similitud con las de lugares vecinos, lo que permitiría no solo medir objetos sino también la creación del ámbito necesario para abrir mayores espacios de desarrollo tecnológico, científico y comercial; es así como surge la relación directa de la metrología con el progreso de las naciones.

Las mediciones correctas tienen una importancia fundamental para los gobiernos, para las empresas y para la población en general, puesto que ayudan a ordenar y facilitar las transacciones comerciales. En la industria y el comercio a menudo las cantidades y las características de un producto son resultado de un contrato entre el cliente (consumidor) y el proveedor (fabricante).

En el comercio internacional, los requerimientos técnicos específicos de los productos y servicios establecidos en las normas de calidad constituyen las nuevas herramientas de discriminación comercial. La estandarización en las mediciones rompen las barreras comerciales y por ende hacen factible las transacciones entre países, es así como se establecen tratados de libre comercio, pero las condiciones de asimetría entre los signatarios se convierten a menudo en barreras para una de las partes, casi siempre el país menos desarrollado.

Debido a las exigencias de mercados normados y las más recientes exigencias de calidad dentro del esquema de globalización de la economía y la formación de bloques comerciales, resulta imprescindible para la industria y el comercio que su producción o servicios proporcionados sean aceptables internacionalmente, lo que obliga a estos sectores a la declaración de homologación de las medidas en base a las normas ISO-9001:2000 u otro tipo de norma con aceptación internacional, lo que conlleva a observar los aspectos metrológicos que allí se contemplan.

En el campo de la electricidad, las empresas al contar con un sistema de aseguramiento de la calidad metrológica optimizan el funcionamiento de los equipos de prueba y medición, los que proporcionan datos y resultados fehacientes con la mínima incertidumbre permisible para dichos equipos y potencian la producción.

Actualmente en El Salvador, el término metrología es relativamente nuevo, es así como en este documento se trata de evidenciar el grado de desarrollo de este campo en la rama de la electricidad (en DC y baja frecuencia). En este sentido se presenta las magnitudes que más se han explotado, los tipos genéricos de instrumentos de medición para dichas magnitudes, los porcentajes de equipos que poseen certificados con calibración vigente, así como las opciones de laboratorios de metrología eléctrica existentes en el país, sus condiciones de trabajo y su respectivo análisis de trazabilidad.

En principio los laboratorios de calibración en dc y baja frecuencia están dedicados a trabajar con las magnitudes eléctricas fundamentales: voltaje, corriente y resistencia; y constituyen el escalón más bajo en la jerarquía metrológica. En este estudio se hace un diagnóstico en el cual se define si existe alguna necesidad adicional de calibración de bajo nivel, así como también se determina si es necesaria la creación de un laboratorio de segundo nivel para la calibración de patrones de magnitudes eléctricas.

Además se presenta un inventario de instrumentos de prueba y medición (dc y baja frecuencia) en funcionamiento en El Salvador, y de ellos los porcentajes de equipos que actualmente poseen certificado de calibración vigente de los cuales el estudio define una muestra estadística de instrumentos para verificación futura de calibración de los mismos.

# OBJETIVOS

## Objetivo general

1. Determinar los requerimientos de calibración en dc y baja frecuencia en los sectores industria y comercio en El Salvador.

## Objetivos específicos

Todos los objetivos están orientados para equipos de prueba y medición en DC y baja frecuencia en los sectores industria y comercio.

1. Determinar un inventario de las magnitudes eléctricas.
2. Determinar un inventario de instrumentos de prueba y medición.
3. Determinar un inventario de facilidades de calibración.
4. Determinar el *status* de calibración (vigencia de certificados o viñetas de calibración) para una muestra estadística de instrumentos.
5. Definir una muestra estadística de instrumentos para verificación futura como parte de un proyecto de investigación asociado a este trabajo de graduación.

# **ALCANCES Y LIMITACIONES**

## **Alcances**

La investigación abarca los sectores industria y comercio en el país según el Código Internacional Industrial Uniforme (CIIU) de la Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC).

En la investigación para el sector industria se abarcan los sectores de mayor importancia económica en el país según su Producción Bruta (PB) y su Producción Interna Bruta (PIB); y para el sector comercio se orienta estrictamente al sector servicios.

El presente trabajo basándose en muestras estadísticas de empresas, procesará las encuestas correspondientes e interpretarán los resultados, según los cuales se definirán muestras estadísticas de magnitudes, instrumentos de medición y status de calibración.

## **Limitaciones**

No se realizará la verificación de calibración de instrumentos, mencionada en esta propuesta, ya que esta actividad será parte de un trabajo de investigación adicional.

No se investigará en el sector comercio según el CIIU, la parte de comercio por mayor y menor (empresas que se dedican al área de comercialización de productos) sino que el estudio se limitará únicamente al sector servicios, por considerar que ellos puedan poseer la instrumentación sujeto de este estudio.

## IMPORTANCIA

La globalización conlleva a tratados de libre comercio entre naciones y éstos obligan a las empresas a implantar normativas de sistemas de calidad lo cual vuelve obligatorio los requerimientos metrológicos (homologación de medidas), haciendo necesario contar con diagnósticos acerca del *status* de calibración en materia metrológica de los sectores industria y comercio.

## JUSTIFICACIÓN

1. No existen estudios independientes de dominio público acerca de este tema.
2. La implantación de sistemas de calidad (ISO-9001, etc.) vuelve obligatorios los requerimientos metrológicos.
3. La entrada en vigencia del CAFTA y otros tratados de libre comercio hace necesario contar con diagnósticos acerca del *status* de calibración en materia metrológica en los sectores industria y comercio.
4. Todas las investigaciones basadas en resultados de pruebas y mediciones realizadas en la UES pueden ser descalificadas si los instrumentos de prueba y medición no cuentan con certificados o viñetas de calibración vigentes.

# **1. ASPECTOS GENERALES SOBRE METROLOGÍA**

## **1.1 Definición de metrología**

Etimológicamente la palabra metrología proviene del griego metro = medida y logos = estudio y es por ello que se definirá a la Metrología como la ciencia de la medición, que incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con la mediciones, cualquiera que sea su incertidumbre y en cualquier campo de la ciencia y tecnología que ocurran.

## **1.2 Clasificación de la metrología**

### **1.2.1 Metrología científica**

Ayuda a la posesión, mantenimiento y custodia de los patrones nacionales e internacionales. Por medio de la investigación a nivel nacional e internacional, busca la unificación de unidades de medida y proporciona apoyo técnico-científico a todos los centros de investigación tanto en instrumentos de medición como en capacitaciones de personal.

### **1.2.2 Metrología legal**

Es el ámbito oficial de las mediciones. Es la encargada de velar por la uniformidad de medidas y unidades en un país. También se encarga de garantizar el intercambio justo de mercancías en las diferentes industrias y de velar porque siempre haya disponibilidad de patrones trazables para la industria. Además se encarga de establecer leyes, reglamentos y directivas técnicas así como de la organización técnica oficial de verificación.

### **1.2.3 Metrología industrial**

Es la encargada de regular todas las actividades metrológicas que necesita la industria para cumplir con tareas tales como: información sobre mediciones y



calibraciones, rutas de trazabilidad de los instrumentos utilizados, información de lugares donde se efectúa el servicio de calibración e información del aseguramiento de la calidad.

## **1.3 Campos de aplicación de la metrología**

### **1.3.1 En el desarrollo científico y tecnológico**

Debido a los constantes cambios científicos y a la generación de nuevas tecnologías que requieren de mayor exactitud y precisión para un mejor desempeño, los equipos y métodos de medición son parte fundamental para su desarrollo.

### **1.3.2 En la transferencia de tecnología**

Para transferir una tecnología que ha sido previamente desarrollada, se requiere que cumpla normas de calidad lo que conlleva a una unificación de medidas.

### **1.3.3 En la normalización**

En la creación de una norma se define y especifican procesos, mediciones y características de productos en términos de cantidades y unidades de medida, por lo que la medición es la base sobre la que se elabora una norma.

### **1.3.4 En el aseguramiento de la calidad**

Para determinar la calidad de un producto deben medirse cada uno de los parámetros de los diferentes elementos de control para su elaboración. Para ello los equipos de medición requieren de una certificación de calibración que respalde su medición por lo que son necesarios organismos que emitan dicha certificación. Se pueden adquirir sistemas de control muy sofisticados, pero si no se miden con instrumentos con certificados de calibración, todo es inútil reflejándose en una deficiente calidad y en pérdida de recursos.

## **1.4 Homologación metrológica**

Es importante un sistema homólogo de patrones de medidas para mantener la igualdad de éstos tanto a nivel nacional e internacional y para mantener la unificación llevada a cabo por la metrología científica, lo cual evita los desaciertos y mantiene en armonía el intercambio comercial y tecnológico.

## **1.5 Organizaciones de metrología**

### **1.5.1 Organizaciones Internacionales**

Tres organizaciones internacionales esencialmente independientes han sido desarrolladas para la estandarización de mediciones, productos y servicios, éstas son: las organizaciones de patrones físicos, las organizaciones que desarrollan normas y las sociedades profesionales de soporte técnico y profesional. *El propósito de estas organizaciones es asegurarse que los productos y servicios puedan ser comercializados en el mercado mundial con confianza.*

#### **1.5.1.1 Organizaciones de patrones físicos**

Este es un tratado de organismos, cuyo origen es el Tratado del Metro, del cual los países tecnológicamente más avanzados son signatarios. El Comité Internacional para Pesos y Medidas (CIPM) lleva a cabo o vigila las actividades requeridas por el tratado. Al tratado y al CIPM les concierne el establecimiento, mantenimiento y diseminación del conjunto particular de parámetros físicos tal como es, el Sistema Internacional de unidades (SI).

#### **1.5.1.2 Organizaciones que desarrollan normas**

Además de las organizaciones del tratado para los patrones físicos existen organizaciones *ad-hoc de los No-tratados*, las cuales han crecido para agregar, lo que puede determinarse como una función del control de calidad para medidas y pruebas. A estas organizaciones les conciernen los estándares escritos (además

llamados protocolos o normas) al contrario del patrón físico. Estas normas dicen lo que hay que hacer y como se hace. Algunos son altamente técnicos, pero ellos son sólo documentos, no artefactos.

### **1.5.1.3 Sociedades Técnicas y Profesionales**

Existe un número de sociedades técnicas y profesionales que dan soporte a organizaciones nacionales e internacionales y a metrologos independientes en una variedad de especialidades. Estos están divididos dentro de las organizaciones que escriben normas y otros organismos.

### **1.5.2 Organización nacional**

En el esquema de la figura 1 se muestra la organización salvadoreña. En la figura se puede ver que el organismo encargado de controlar o normar la metrología en el país es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONACYT), el cual es una Institución de Derecho Público sin fines de lucro, de carácter autónomo descentralizado y es la autoridad superior en materia de política científica y tecnológica de conformidad a la ley de la materia.

El CONACYT basa sus operaciones de acuerdo a su ley de creación la cual fue establecida por iniciativa de la Presidencia de la República y por medio del Ministerio de Economía con el decreto N° 287, el cual se basa en el Art. 53 de la Constitución de la República, que reza: *“es obligación del Estado el propiciar la investigación y el quehacer científico tendientes al logro de un desarrollo social y económico del país”*.

El CONACYT tiene por objeto formular y dirigir la política nacional en materia de desarrollo científico y tecnológico orientada al desarrollo económico y social del país.

Un poco abajo en jerarquía del CONACYT se encuentran los comités técnicos de trabajo, los cuales se encargan de preparar las propuestas de normas técnicas y emitir opinión sobre temas técnicos específicos, estos temas son devueltos a CONACYT para que allí se establezca la aprobación de las normas para luego ser

entregadas a los laboratorios nacionales, secundarios y de calibración para su puesta en práctica.

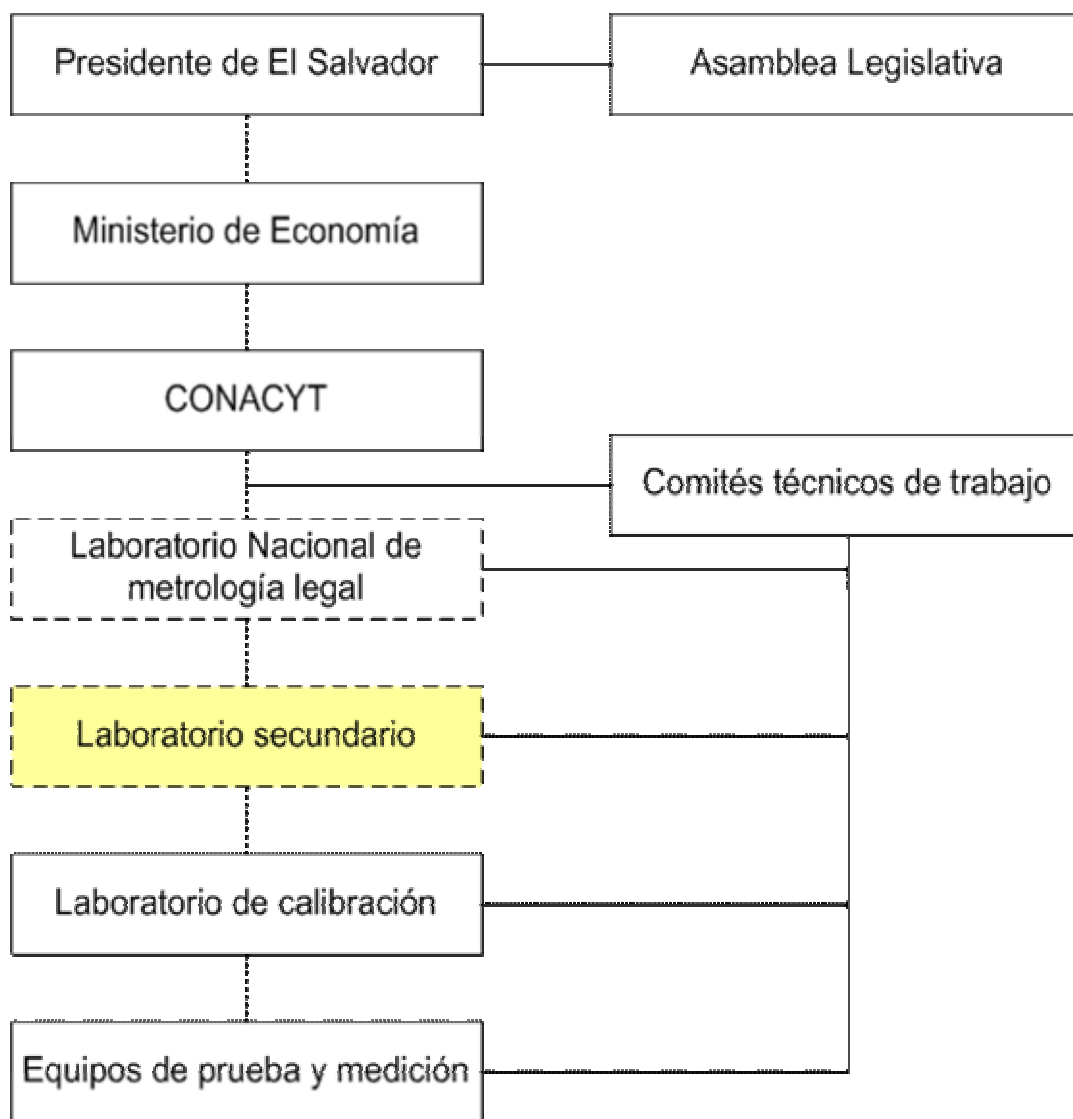


Figura 1: esquema básico ideal de la organización salvadoreña en metrología.

Es importante destacar que en el esquema, siguiendo el orden jerárquico seguidamente de CONACYT, se muestra el laboratorio nacional de metrología legal y debajo de el existiría el laboratorio secundario, sin embargo esto es sólo un caso hipotético puesto que el país no cuenta aún al 100% con un laboratorio que cumpla con las características de un laboratorio de metrología legal, ni existe un

laboratorio secundario (el detalle de los laboratorios de metrología se hará en la sección 1.7). A continuación de la escala se encontrarían los laboratorios de calibración y finalmente los equipos calibrados para ser utilizados.

#### **1.5.2.1 Programas de normalización en el CONACYT**

El CONACYT establece un programa de Normalización Técnica acorde con las políticas y planes de desarrollo económico y social; y a iniciativa del gobierno por emergencia o interés público realiza actividades de normalización en aquellas áreas que se le soliciten.

#### **Normas Salvadoreñas Obligatorias (NSO)**

Las normas obligatorias se identifican con las iniciales NSO, seguidas del número que le corresponda, las dos últimas cifras corresponde al año de su aprobación.

Son Normas Obligatorias:

- a. Las que rigen el Sistema Internacional de Unidades (SI);
- b. Las que se refieren a materiales, procedimientos, productos y servicios que puedan afectar la vida, la seguridad y la integridad de las personas, de otros organismos vivos y las relacionadas con la Protección del medio ambiente;
- c. Las que se establezcan por considerar el Ejecutivo, a propuesta del Consejo, que convienen a la economía o son de interés público.

#### **Normas Salvadoreñas Recomendadas (NSR)**

Las Normas Salvadoreñas Recomendadas se identifican con las iniciales NSR, seguida del número que le corresponda y de las dos últimas cifras del año de aprobación; y se refieren a las normas de materiales, procedimientos, productos y servicios no comprendidos para las NSO. Son optativas en las negociaciones privadas, pero tendrán carácter obligatorio en todas las adquisiciones de bienes y servicios, que efectúen las entidades estatales, autónomas o descentralizadas, en las cuales tanto el proveedor como los responsables de la compra, quedan obligados a su estricto cumplimiento y aplicación respectivamente.

### **1.5.2.2 Comités técnicos de trabajo**

La Junta Directiva determina de acuerdo al programa de normalización, los sectores, productos o servicios en los que se constituirán los Comités Técnicos de Trabajo. Los Comités serán Coordinados por el Jefe del Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad, quien les dará todo su apoyo para el cumplimiento de sus objetivos.

#### **Atribuciones de los comités técnicos de trabajo:**

- Preparar las propuestas de normas técnicas, de acuerdo a la programación aprobada por la Junta Directiva.
- Emitir opinión a solicitud de la Junta Directiva sobre temas técnicos específicos;
- Los demás que establezcan la presente Ley y su Reglamento.

#### **Integración de los comités técnicos de trabajo:**

Los Comités se formarán con personas idóneas en el tema a normalizar, para lo cual el Consejo invitará a participar en los mismos a los sectores gobierno, académico, usuario, consumidores y productores.

### **1.5.2.3 Proceso de formación de la norma y su publicación**

El Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad entrega al Comité Técnico de Trabajo respectivo, los temas e información para el estudio correspondiente. Los Comités elaboran el proyecto de norma, una vez terminado lo entregan al Jefe de este Departamento para que lo eleve a consideración de la Junta Directiva.

### **1.5.2.4 Organización de metrología**

El CONACYT dispone de la organización interna que garantice la mayor eficiencia del servicio considerando el desarrollo comercial, industrial, tecnológico y científico del país; asimismo debe disponer del personal técnico en metrología, el cual debe

reunir las condiciones de formación, preparación y capacitación que el reglamento determine. En los actos de peritaje judicial u oficial sobre los instrumentos y equipos de medición, sobre la forma de utilizarlos y sobre los resultados de análisis, ensayos o mediciones especiales, actúan los funcionarios técnicos del Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad o aquellas entidades idóneas a las cuales el CONACYT autorice expresamente por escrito.

#### **1.5.2.5 Jurisdicción en materia de metrología**

El Consejo debe velar en todo el territorio de la República por el cumplimiento de las disposiciones legales sobre reglamentos, resoluciones y normas sobre metrología y las prescripciones técnicas que sobre la materia se dicten.

#### **1.5.2.6 Organismos auxiliares**

El Ministerio de Economía, a través del Consejo, puede autorizar a empresas, institutos o compañías particulares para que puedan actuar como auxiliares de la entidad en normalización, metrología, verificación y certificación de la calidad.

En la figura 2 se presenta un esquema básico de cómo se establece una norma en El Salvador de acuerdo a la ley de creación del consejo.

Del lado izquierdo se encuentran los organismos que pueden escribir normas en el país o en su defecto recomendar la utilización de normas extranjeras al interior del país a conveniencia de los sectores interesados que pueden ser de gobierno, académicos, usuarios, consumidores o productores. Cualquiera de estos sectores puede recomendar la adopción de una norma que a ellos les interese, la presenta a la junta de CONACYT y este a su vez convoca al comité técnico a los demás sectores para revisarla y luego aprobar o denegar su adopción. En caso de que se adopte la norma, el CONACYT la envía al Ministerio de Economía para su aprobación por el Órgano Ejecutivo mediante el Acuerdo correspondiente, el cual debe ser publicado en el Diario Oficial, luego de ello la norma regresa a CONACYT para que este se encargue de promover su utilización.



Figura 2: Relación entre el CONACYT y los organismos escritores de normas

Del lado de los organismos internacionales las líneas punteadas indican que el CONACYT no es miembro de las organizaciones con las que lo conectan, pero si puede hacer uso (recomendando o aprobando su utilización en el país) de las normas escritas por ellos. La única organización de la cual es miembro el CONACYT es la organización de estándares internacionales (ISO), la que a su vez se encuentra integrada por organizaciones representantes de cada país; solamente una organización por país puede ser miembro. La totalidad de



miembros se encuentran divididas en tres categorías: Miembros del Comité Ejecutivo, Miembros Correspondientes y los Miembros Suscritos<sup>1</sup>.

**Miembros del Comité Ejecutivo:**

Estas organizaciones se responsabilizan por informar a las partes potencialmente interesadas en cada uno de sus países de oportunidades e iniciativas relevantes de la estandarización internacional. También se asegura que los intereses de su país se encuentren representados durante negociaciones internacionales al momento de realizar acuerdos en las estandarizaciones. Y por supuesto, cada representante es responsable de aportar una cuota de membresía a la Organización para financiar sus operaciones. Cada uno de los miembros Ejecutivos tiene derecho a voz y voto durante las juntas generales de ISO en el comité técnico y el comité político.

**Miembros Correspondientes:**

Son organizaciones de algunos países que usualmente no poseen un desarrollo pleno en las actividades de estandarización a nivel nacional. Los miembros por correspondencia tienen voz pero no tienen voto durante las juntas generales de ISO, pero son enteramente informados a cerca de las actividades que le interesan a las industrias en cada uno de sus naciones.

**Miembros Suscritos:**

ISO ha implementa también esta tercera categoría para los organismos de los países con economías muy pequeñas. Ellos pagan cuotas de membresía reducidas que les permiten mantenerse en contacto con estándares internacionales.

***El Salvador por medio de CONACYT es miembro correspondiente de ISO<sup>2</sup>.***

---

<sup>1</sup> Fuente: <http://www.geotipolis.com/recursos/documentos/archivodocs/degerencia/calis.htm>

<sup>2</sup> Ver listado de miembros en <http://www.iso.org1en/aboutiso/isomembers/MemberDetails/page.htm>

### **1.5.2.7 Patrones oficiales en El Salvador**

De acuerdo con el Art. 52 de la ley, el CONACYT debe mantener en la sede del Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad, una colección de Patrones Nacionales de las Unidades Legales, que puedan ser representadas físicamente. Cada patrón, antes de ser declarado Patrón Nacional por el Consejo, debe ser comparado con los Patrones Regionales y/o Internacionales reconocidos por el país a través de tratados específicos.

## **1.6 Definición de Calibración**

La calibración es el conjunto de operaciones desarrolladas de acuerdo con uno o varios procedimientos perfectamente definidos y documentados, que comparan los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida y los valores correspondientes de esa magnitud indicados por patrones de referencia, para poder establecer así los errores con que el instrumento mide dicha magnitud.

### **1.6.1 Tipos de mediciones de calibración**

Hay tres tipos generales de mediciones de calibración:

- **Verificar el rendimiento del instrumento de prueba.**  
Verificación o proceso experimental de medición que no determina la incertidumbre del equipo pero permite asegurar que esta no es superior a la incertidumbre dada.
- **Ajustar la respuesta del instrumento de prueba.**  
Ajuste u operación que permite modificar las lecturas de un instrumento, generalmente realizado para mejorar su corrección de calibración.
- **Obtener los factores de corrección para el instrumento de prueba**

### **1.6.2 Relación entre metrología y calibración**

Se puede decir que la metrología y la calibración están en cualquier parte, debido a que la metrología es la ciencia de la medición y la calibración es la comparación

de las mediciones hechas; por lo que el objetivo final de la metrología es la calibración.

## **1.7 Jerarquía dentro de la metrología**

La metrología tiene distintos niveles jerárquicos lo cual se refleja directamente en los diferentes tipos de laboratorios de metrología y calibración.

Los cinco laboratorios principales de metrología se describen a continuación:

### **1.7.1 Laboratorio primario**

Es la escala jerárquica de mayor orden en la metrología. En dicho laboratorio se realizan investigaciones de nuevos métodos de medición para obtener mayor precisión y exactitud, así como también la calibración de patrones primarios y secundarios. La calidad de patrón primario es válida tanto para las unidades bases como para las derivadas y en ningún caso se utiliza directamente para mediciones.

### **1.7.2 Laboratorios secundarios**

En estos laboratorios la tarea más importante es la calibración de patrones secundarios. Los cuales pueden ser utilizados para calibrar patrones con un menor orden de exactitud a lo que se conoce como patrón de referencia. Las calibraciones de baja exactitud que requieren técnicas especializadas son realizadas en estos laboratorios.

### **1.7.3 Laboratorios de investigación**

Frecuentemente dependiendo de la situación, los requerimientos de metrología son diferentes en laboratorios que apoyan solamente actividades de investigación. Un laboratorio de investigación requiere de patrones de mayor precisión; aquí se apoyan procesos abstractos tales como medir la corriente de un electrón.

#### **1.7.4 Laboratorios de calibración**

Estos se orientan a la producción de altos volúmenes de calibración, apoyándose en patrones que se encuentran en laboratorios de mayor jerarquía, típicamente en laboratorios primarios y secundarios. Por lo general un laboratorio de calibración tiene patrones de medición que han sido calibrados en un laboratorio secundario, frecuentemente en los laboratorios de calibración se pone énfasis en la obtención de equipos de medición de respaldo para ser usados tan rápido como sea posible sin sacrificar la calidad.

#### **1.7.5 Laboratorios móviles**

Algunas veces la logística de calibración es mejor llevarla al lugar donde se encuentra el equipo a calibrar, por ejemplo, para el soporte al campo de la calibración militar. Lo cual se realiza con los laboratorios móviles.

### **1.8 Trazabilidad de las mediciones**

#### **1.8.1 Definición de Trazabilidad**

Cualidad de la medida que permite referir la precisión de la misma a un patrón adecuado. La trazabilidad metrológica es la propiedad del resultado de una medida consistente en poder referirla a patrones adecuados, generalmente internacionales o nacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones que asegure su exactitud o permita conocer su grado de exactitud.

Si la trazabilidad implica la capacidad de seguir nítidamente y sin ambigüedades, la historia, aplicación o localización de un objeto o actividad mediante identificaciones registradas; en cuanto se refiere a la calibración, la trazabilidad se aplica a la forma de relacionar los equipos de medición a patrones primarios, a constantes físicas, propiedades básicas o a constantes de referencia.

### **1.8.2 Aspectos relacionados a la trazabilidad**

Para respaldar un certificado de trazabilidad se debe establecer un camino adecuadamente documentado. Esta documentación provee evidencia aceptable que se vuelve importante al utilizar servicios de calibración y al evaluar la trazabilidad de los patrones usados. Los requerimientos de trazabilidad se deben especificar a un punto de origen. En otras palabras, lo que se genera a través de la documentación de la trazabilidad, es un árbol genealógico que garantiza que incluso los parientes lejanos o las calibraciones de más baja exactitud, están emparentadas con patrones confiables de los cuales se conoce su historia.

Para lograr la consistencia en los procesos de calibración se debe documentar la trazabilidad. Hay que escribir detalladamente los procedimientos de calibración de los equipos, explicar en qué normas o publicaciones se basan y sobre todo incluir la identificación más completa de los patrones de calibración, indicando a qué patrones de exactitud están referidos.

Si no se puede garantizar la trazabilidad la única forma de estar seguros que las mediciones están correctas, dentro del grado de exactitud dado, es calibrando el instrumento a intervalos regulares de tiempo, por medio de aparatos que si cumplen las condiciones requeridas.

## **1.9 Metrología eléctrica**

### **1.9.1 Unidades de medición eléctrica.**

Las principales cantidades de medición eléctrica son: voltaje, corriente, resistencia, inductancia, capacitancia, tiempo y frecuencia.

La unidad básica de una medición es la unidad o valor unitario. Un voltio, un ohmio y un amperio son ejemplos de unidades básicas de cantidades eléctricas.

El sistema internacional de unidades, abreviado SI (por su nombre en francés *Système International d' Unités*) define las unidades de medición usadas en la

metrología eléctrica moderna. Estas unidades son coherentes, uniformes y unificadas.<sup>3</sup>

Todas las cantidades medidas tendrán dos partes, el nombre de la unidad y su valor numérico. Por ejemplo, la cantidad 10 Voltios es diez veces más grande que un voltio. (10 es su valor numérico y voltio es el nombre de la unidad).

Las unidades eléctricas pueden relacionarse unas con otras por varias operaciones matemáticas. Por ejemplo, la relación familiar de la Ley de Ohm,  $V = I \times R$ , muestra como el voltaje, la corriente y la resistencia están estrictamente relacionadas unas con otras. Si la magnitud de dos de estas unidades son conocidas, el valor de la tercera puede ser calculada.

### **1.9.2 Unidades y patrones eléctricos**

Cada unidad de medida tiene una definición, una realización y una representación. La definición es la ideal, y está usualmente basada en el SI. La realización se logra por medio de un experimento cuyo resultado está estrechamente ligado con la definición. El experimento es a menudo realizado por el laboratorio nacional y usualmente consume mucho tiempo y es de gran costo económico. Cuando la realización se obtiene, el laboratorio nacional guarda su valor como representación de la unidad.

En base a lo anterior puede explicarse la diferencia entre una unidad definida teóricamente y un patrón usado para propósitos de medición; las unidades teóricamente definidas comienzan con una cantidad que se considera como la más conveniente para establecer un sistema completo y lógico, la medición por otro lado, se preocupa por el establecimiento de patrones que puedan ser utilizados en el laboratorio, y así poder determinar las cantidades usadas comúnmente en el trabajo práctico tales como, resistencia, voltaje, corriente, frecuencia, etc. es natural que para obtener ambas, se sigan dos secuencias diferentes. Un sistema de medidas se basa en convenciones internacionales que definen las diferentes unidades fundamentales. Estas inherentemente son exactas

---

<sup>3</sup> Calibration: Philosophy in practice, FLUKE. Capítulo 5, pag.5-3

por ser definiciones teóricas. Sin embargo, es necesario hacer una realización física de las mismas para que pueda servir como un patrón de comparación.

***Se define entonces un patrón como un instrumento de medición destinado a definir o materializar, conservar o reproducir la unidad de medida de una magnitud para transmitirla por comparación a otros instrumentos de medición.***

Todas las mediciones que se realicen al interior de un laboratorio pueden usualmente ser trazadas a notaciones que representan las unidades de medida. Las representaciones de las unidades son mantenidas en un patrón o son reproducidas conforme a la demanda por medio de un experimento. No todas las mediciones serán trazables contra los patrones nacionales.

Dependiendo de la magnitud que se esté midiendo, los patrones pueden ser cualquiera de los siguientes:

#### **1.9.2.1 Patrones Nacionales**

Cada país mantiene o debería mantener un laboratorio base con los patrones nacionales para cada magnitud, en caso de no existir un laboratorio nacional se podrá hacer uso de un laboratorio nacional de otro país. La transferencia de patrones puede ser llevada a cabo físicamente por comparaciones con los patrones nacionales.

Los patrones nacionales usualmente tienen años de duración y algunas veces décadas de historia asociada con ellos. Su estabilidad y su incerteza son por tanto demostrados y aceptados. La mayoría de las calibraciones son trazables con patrones nacionales.

#### **1.9.2.2 Patrones Intrínsecos**

Las mediciones de patrones intrínsecos proporcionan una magnitud patrón considerada sin error (de hecho siempre con una incertidumbre). Para cada patrón existe un procedimiento el cual si se sigue apropiadamente llevara a obtener una magnitud con una incertidumbre que no excede los límites previstos.

Los tres patrones intrínsecos asociados con la calibración eléctrica son los arreglos de Josephson para el voltaje DC, el efecto cuántico del patrón local (QHE) para la resistencia, y el patrón de cesio para el tiempo.

El interés de estas mediciones es tal que se designa personal de calidad en los laboratorios nacionales para los servicios de medición críticos. Si se puede reproducir un patrón intrínseco localmente, no se necesita un servicio del laboratorio nacional, por lo menos en teoría. Sin embargo, se debe hacer el trabajo para demostrar que el patrón es tan bueno como se exige ser.

#### **1.9.2.3 Patrones por proporciones (razón) de calibración**

No hay ningún patrón nacional para la proporción, porque no existe ninguna dimensión física. Algunos dispositivos que se usan para determinar proporciones exactas entre cantidades, todavía son patrones del laboratorio y requieren chequeos periódicos para asegurar la trazabilidad de las medidas que ellos usan.

Se usan razones de patrones para obtener otros valores de una unidad o de un artefacto trazable al patrón intrínseco. Por ejemplo, los 10V DC de rendimiento de un patrón FLUKE 732B puede extenderse hacia arriba (a voltajes más altos) y hacia abajo (para bajos voltajes) usando técnicas de proporción apropiadas.

#### **1.9.2.4 Patrones de acuerdo general (por consenso)**

Un patrón de acuerdo general puede ser un artefacto o proceso que sea mutuamente aceptado por un proveedor y un cliente cuando no hay ningún patrón nacional intrínseco. Por ejemplo, la contaminación es una cantidad reciente de la medición que no tiene ningún patrón nacional.

#### **1.9.2.5 Patrones de magnitudes indirectas-derivadas**

Las magnitudes indirectamente derivadas son deducidas midiendo alguna otra magnitud. Un buen ejemplo es la corriente directa. Aunque la corriente es una de las unidades básicas en el SI no es directamente trazable contra los patrones nacionales. La práctica aceptada hoy es regularizar pasando la corriente a través



de una resistencia conocida y midiendo el voltaje desarrollado por la resistencia, y calculando la corriente usando la Ley de ohm.

### **1.10 Trazabilidad sobre calibraciones en base a patrones eléctricos de medición.**

Trazabilidad se refiere a los procedimientos y archivos que se usan y se guardan para demostrar que las calibraciones se hicieron con exactitud en un laboratorio local y que representan las magnitudes de interés.

Los aspectos científicos de trazabilidad involucran los principios de metrología usados localmente e independientemente por científicos, ingenieros y técnicos. Los aspectos legales de trazabilidad involucran una infraestructura gubernamentalmente establecida y mantenida, con las cuales las mediciones se realizan.

La infraestructura que hoy se usa, en general tiene tres aspectos mayoritarios:

1. Adopción legal a escala mundial del Sistema internacional de Unidades (SI) como el sistema básico de unidades de pesos y medida.
2. El establecimiento de los de laboratorios nacionales como NIST (National Institute of Standards and Technology), para mantener representaciones de las unidades de SI (patrones) y para diseminar sus valores a los laboratorios de calibración.
3. La definición, implementación, y uso de métodos y procedimientos que permiten a los laboratorios individuales de calibración comparar sus patrones locales con los de los laboratorios nacionales.

La figura 3 es un diagrama para voltaje directo que rastrea las mediciones de un FLUKE 8842A contra un patrón intrínseco en un laboratorio nacional. Pueden hacerse diagramas similares para otras unidades como resistencia, voltaje alterno, etc. Dentro de una organización, la trazabilidad de la medición es mantenida por una jerarquía de comparaciones hacia los patrones nacionales. Para este proceso

se requiere un patrón local primario, y la documentación exacta del proceso es esencial.

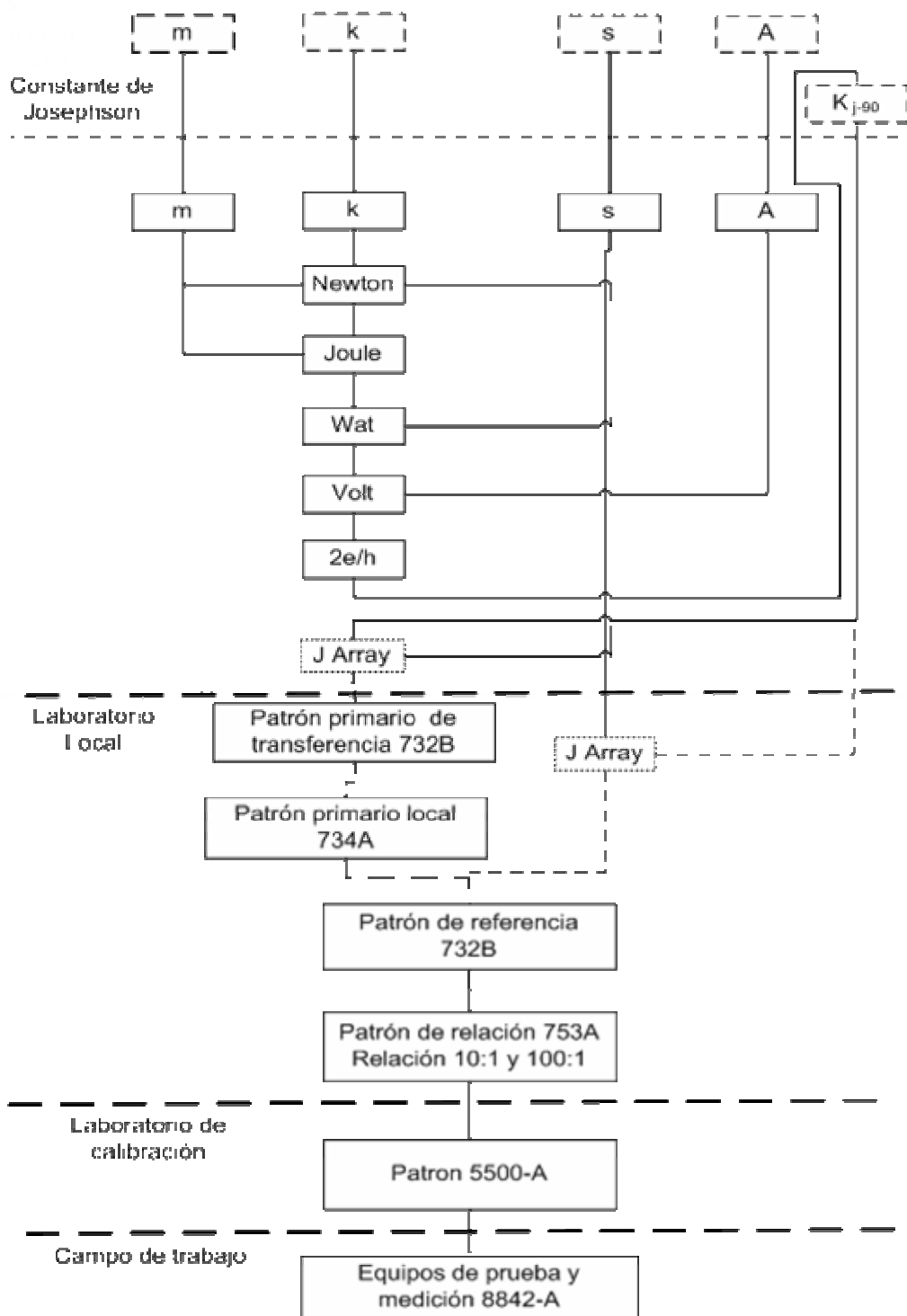


Figura 3: Descripción de trazabilidad para una unidad de voltaje

## 2. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INVESTIGACIÓN

Una vez presentados los términos relacionados con la metrología y definidos los conceptos de la metrología que corresponden al área de electricidad, como un segundo paso en el estudio se realizará una investigación de campo la cual tendrá como propósitos cumplir con los objetivos de este estudio.

Para ello en primer lugar se delimitan los dos sectores ya clasificados es decir, la industria y el comercio, en segundo lugar una vez delimitados ambos sectores se diseña una encuesta la cual se distribuye entre una muestra representativa de dichos sectores, el propósito de la encuesta: obtener de una manera confiable los cinco objetivos antes mencionados, el diseño de la encuesta es tal que permite lograr que todos los objetos de estudio puedan participar de la investigación al responderla.

Sus puntos básicos:

- Determinar si la empresa encuestada esta trabajando bajo normas de calidad, ya que si es así tendrá una mayor responsabilidad de realizar calibraciones (ver listado de empresas con acreditación ISO en anexo A).
- Determinar que tipo de magnitudes eléctricas son controladas en los diferentes procesos ya sea productivos o de servicios, pues así será o no necesario poder realizar calibraciones en el área de electricidad.
- Determinar el porcentaje de entidades industriales o comerciales que requiriéndolo realizan o no calibraciones en el área de interés y en el caso de que no lo hagan determinar la causa de mayor incidencia para dejar de lado las calibraciones eléctricas.
- Determinar, en el caso que realicen calibraciones, si para ello se cuenta con laboratorio de calibración interna y si en el hay o no un patrón de calibraciones; en caso contrario determinar para su posterior análisis los laboratorio de calibración que son visitados.
- Determinar si el equipo calibrado cuenta con un certificado de calibración vigente.

- Determinar como fase complementaria si las empresas cuentan con un plan definido para el mejoramiento de la calidad en el cual incluyan la calibración del equipo electrónico de soporte, con el objetivo de establecer un posible nuevo mercado de calibración.

Una vez elaborada la encuesta, es necesario distribuirla entre la muestra con el fin de recoger la información proveniente de ella. Para distribuir la encuesta en los sectores de investigación se utilizan los distintos métodos:

- Visitas personales a las empresas
- Llamadas telefónicas (personales y envío de fax)
- Encuestas vía Internet

El modelo de encuesta se presenta en el anexo B.

### **3. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA**

Como parte de la determinación de la muestra es necesario aclarar que sector es considerado como industria y que sector es considerado como comercio:

- i. El sector industria es aquel que se dedica a la transformación mecánica o química de las sustancias inorgánicas en productos nuevos, ya sea que el trabajo se efectúe con maquinaria o a mano, en fábrica o a domicilio<sup>4</sup>.
- ii. Debido a la naturaleza del estudio, no se considera al sector comercio en todas sus dimensiones, sin embargo si se considera a las empresas que prestan algún tipo de servicio, tales como distribución de electricidad, comunicaciones, educación, agua y servicios médicos como parte de este sector. (por lo que de aquí en adelante lo identificaremos como sector servicios).

---

<sup>4</sup>Fuente: Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU.

Con el objetivo de determinar los requerimientos de calibración en DC y baja frecuencia para los sectores industria y servicios al interior de El Salvador, es necesario considerar una porción de la población que sea representativa a ésta, es decir, que el marco muestral a partir del cual se selecciona la muestra, consiste en las empresas que poseen equipos de prueba y medición o que exista la posibilidad de que los tengan.

Para delimitar el marco muestral de acuerdo a las características de interés para el estudio, se consideran tres factores importantes tales como:

- a) Aporte de ambos sectores a la economía de El Salvador.
- b) Estructura por tamaño de la empresa, para el sector industria
- c) Estructura por cantidad de establecimientos, para el sector servicio.

Ver detalles en el anexo C

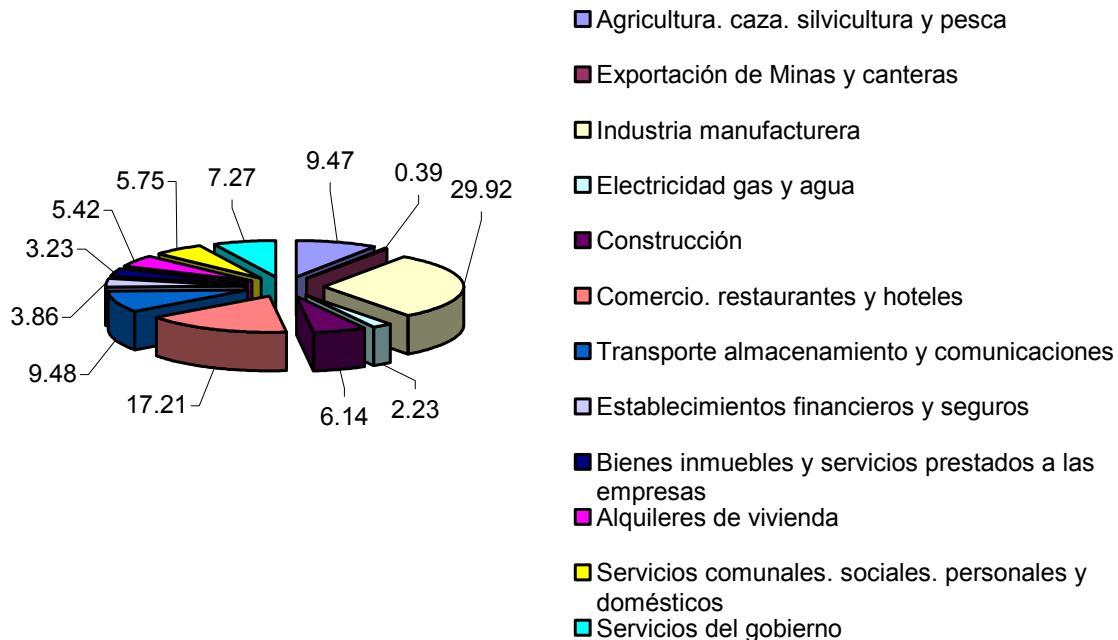
### **3.1 Análisis de los factores:**

#### **3.1.1 Aporte de ambos sectores a la economía de El Salvador**

Las principales actividades económicas con su Producción Bruta para el año 2001 para El Salvador se detallan en el gráfico 1, en el que se presenta un esquema porcentual de las principales actividades económicas del país que de acuerdo con el código CIIU, estas actividades se dividen en doce sectores productivos que son los que se detallan en el lado derecho del mismo gráfico.

Según el grafico, para el año 2,001 las principales actividades económicas fueron la industria manufacturera; el sector comercio, restaurantes y hoteles; seguidos ambos por los sectores transporte aéreo y comunicaciones; y aunque el sector electricidad, gas y agua quedaría en un onceavo lugar este será tomado en cuenta, pues es un sector importante para el estudio. Sumando la producción de todos estos sectores se estaría considerando un 58.84% de la producción bruta nacional.

**Gráfico 1: Producción bruta por rama de actividad económica para el año 2,001<sup>5</sup>  
(Expresado en forma porcentual)**

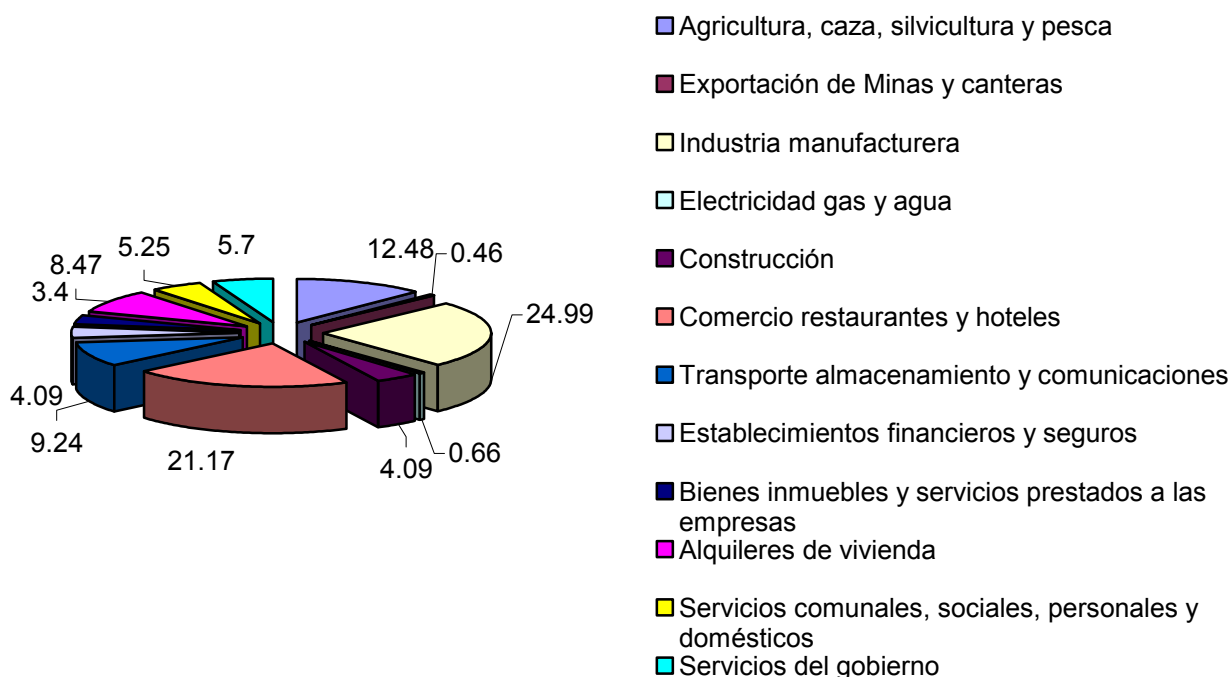


En el gráfico 2 se presenta nuevamente los sectores productivos más importantes de El Salvador y su aporte al Producto Interno Bruto, indicador que es de gran importancia para evaluar el desempeño económico de un país, y por lo tanto, es un parámetro fundamental para determinar el aporte productivo de los sectores económicos en estudio.

Al analizar los sectores económicos por su PIB, se verifica que los tres de mayor importancia son la industria manufacturera; el sector Comercio, restaurantes y hoteles, y el sector Agricultura, caza, silvicultura y pesca, al cual le sigue transporte, almacenamiento y comunicaciones, el sector electricidad, gas y agua nuevamente aparece en el onceavo lugar pero siempre será considerado. Según el PIB se considera el 59.11% de la producción interna del país.

<sup>5</sup> Fuente: revista trimestral de indicadores económicos del Banco Central de Reserva (BCR) octubre-noviembre-diciembre 2003 .

**Gráfico 2: Producto Interno Bruto (PIB) por rama de actividad económica<sup>6</sup>**  
(En millones de dólares).



### 3.1.2 Estructura por tamaño de la empresa para el sector industria:

De acuerdo a la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES), el criterio de orden cuantitativo para la clasificación de la empresa salvadoreña es el que se muestra en la tabla 1,<sup>7</sup> este no incluye al propietario de la empresa, únicamente a los trabajadores de la misma.

Tamaño de empresa	Micro	Pequeña	Mediana	Grande
Nº de trabajadores	0-5	6-19	20-99	100 o más

Tabla 1: Criterio de clasificación para el tamaño de empresa

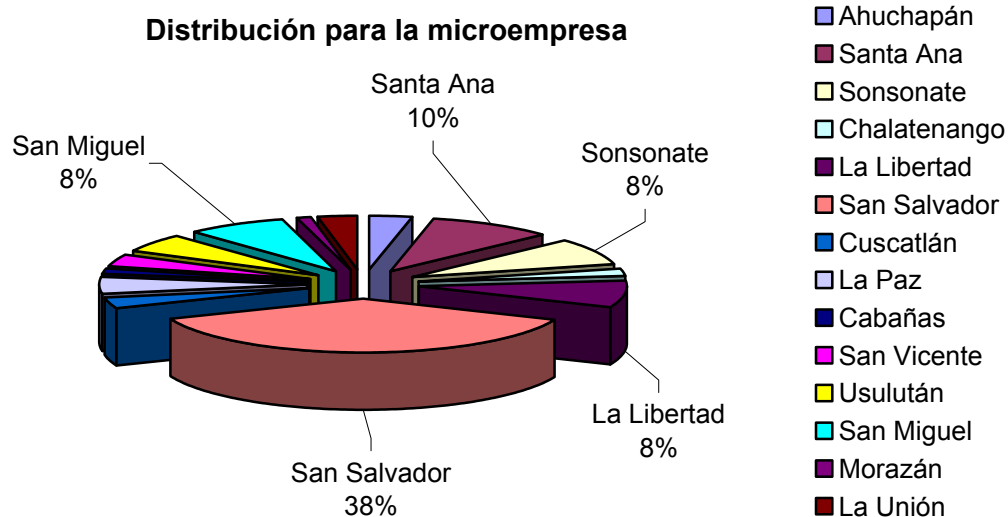
<sup>6</sup> Fuente: revista trimestral de indicadores económicos del BCR, octubre-noviembre-diciembre 2003.

<sup>7</sup> Fuente: diagnostico de los factores que han conducido al éxito a la gran empresa salvadoreña. Sector servicio. Sub sector financiero, transporte y comercio. Octubre 2002 UCA.

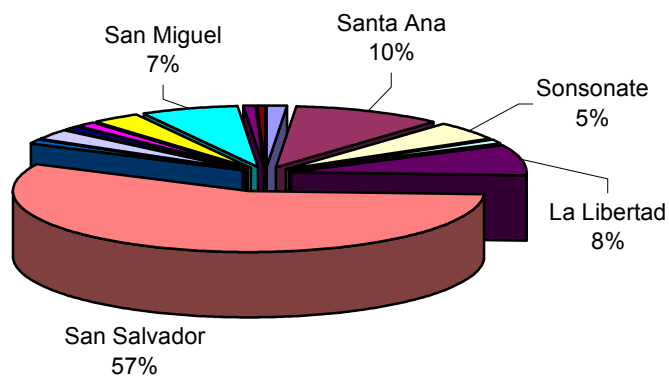
Siguiendo la clasificación anterior, se presenta la cantidad de establecimientos por tamaño de empresa para los 14 departamentos de El Salvador, en el gráfico 4.

**Gráfico 4: Numero de establecimientos por tamaño de empresa para el sector industria**

(Clasificación porcentual, por departamento<sup>8</sup>.)



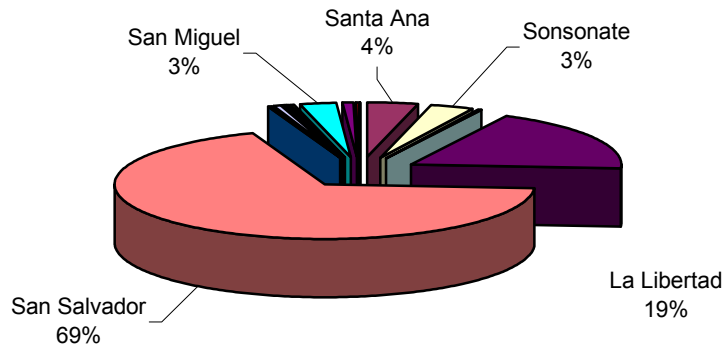
**Distribución para la pequeña empresa**



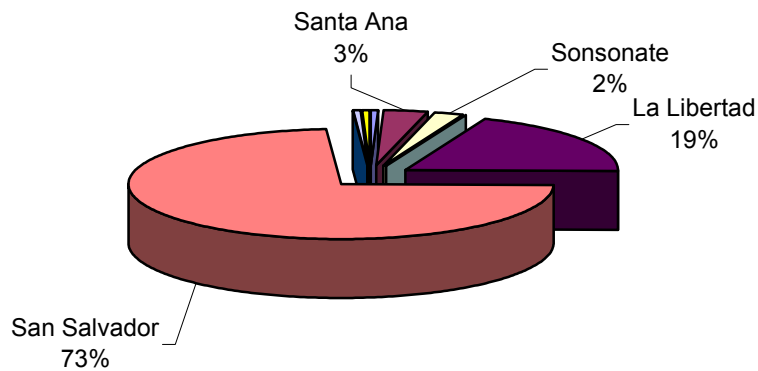
<sup>8</sup> Fuente: sexto censo económico de DIGESTYC-1993.



### Distribución para la mediana empresa



### Distribución para la gran empresa



Según lo muestra el grafico 4, los departamentos con mayor número de establecimientos por tamaños de empresas son: San Salvador, La Libertad, Santa Ana, Sonsonate y San Miguel por lo que al momento de delimitar el marco muestral se dará preferencia a estos 5 departamentos.

#### 3.1.3 Estructura por cantidad de establecimientos, para el sector servicios.

La tabla 2 presenta las actividades de interés para el estudio en el sector servicios, estos son los servicios médicos, educativos (técnicos-industriales en educación

media y superior), electricidad, comunicaciones, y agua. Esta tabla no se presenta por tamaño de empresa debido a que no existe una fuente documentada de esta forma para los sectores de interés.

Municipio	Servicios médicos	Educativos		Electricidad	Comunicaciones	Servicio de agua
		Media	Superior			
Ahuchapán	1	2	0	1	2	0
Santa Ana	5	2	0	2	9	0
Sonsonete	2	2	2	1	4	0
Chalatenango	0	1	1	1	0	0
La Libertad	6	1	2	0	6	0
San Salvador	75	18	9	5	57	1
Cuscatlán	1	2	0	0	0	0
La Paz	1	2	0	0	0	0
Cabañas	0	2	0	0	0	0
San Vicente	0	1	0	1	0	0
Usulután	2	1	1	2	6	0
San Miguel	4	5	0	2	13	0
Morazán	0	0	0	0	1	0
La Unión	0	1	0	0	5	0
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>40</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>103</b>	<b>1</b>

Tabla 2: Número de establecimientos en el país para el sector comercio<sup>9</sup>.

### 3.2 Método de muestreo.

Con el fin de mejorar la estimación mediante el previo agrupamiento de los elementos parecidos entre si, se procede a dividir la población total en sub poblaciones o estratos, puesto que no basta que cada uno de los elementos muestrales tengan la misma probabilidad de ser escogidos, sino que además es necesario dividir la muestra en relación a las categorías que se han presentado y que aparte, son relevantes para los objetivos del estudio.

El método anteriormente descrito se denomina *muestreo estratificado aleatorio* y lo que en él se hace, es dividir a la población en sub poblaciones y se selecciona una

<sup>9</sup> Fuente: sexto censo económico de DIGESTYC-1993, SIGET, ASDER, MINED.

muestra para cada una de ellas. El reparto del tamaño de la muestra entre los diferentes estratos suele llamarse afijación, esta afijación puede consistir en repartir por igual la muestra entre todos los estratos (afijación igual o uniforme), en distribuir la muestra proporcionalmente al número de elementos de cada estrato (afijación proporcional), o bien en hacer el reparto proporcional al número de elementos y a la desviación estándar de cada estrato (afijación óptima), teniendo en cuenta de este modo la variabilidad o falta de homogeneidad de la sub población. Debido a lo antes expuesto se define el método de muestreo a utilizar como: ***muestreo estratificado con afijación óptima.***

### **3.2.1 Marco muestral**

Se tomará como población aquellas empresas que incluyan en sus procesos productivos equipos de prueba y medición que requieran calibración así como también aquellas empresas que prestan servicios y que dentro de los cuales, de igual manera posean equipos de prueba y medición que requieran calibración.

### **3.2.2 Estratificación de la muestra**

Se consideran dos grandes estratos: Industria y Servicios

### **3.2.3 Determinación de sub estratos**

#### **3.2.3.1 Sub estratos del sector industria**

Se considera que la micro y pequeña empresa realizan procesos productivos artesanales, y para no caer en el caso de dispersión por alta probabilidad de fracaso se realizó en ambas, una encuesta piloto con el objetivo de determinar si los procesos productivos de estos dos grupos de empresas utilizan equipos de prueba y medición.

La metodología fue la siguiente: se consideró una muestra representativa para cada sector, por medio de un muestreo aleatorio simple (ver explicación del método en anexo D) y luego se les encuestó mediante una pregunta, como se muestra a continuación:

**¿Emplean equipos de prueba y medición en sus procesos productivos?**

SI\_\_\_ NO\_\_\_

**Micro empresa:** De un total de 25 encuestas, el 100% de ellas contestó NO. Esto implica una probabilidad de fracaso del 100% por lo que se elimina del estudio.

**Pequeña empresa:** Se pasaron 25 encuestas de las cuales el 8% contestaron que SI, y el 92% contestaron que NO. Esto implica una probabilidad de fracaso mayor al 90%, produciendo una mayor dispersión en los resultados, por lo que también se elimina del estudio.

Por lo anterior se *determina únicamente a la mediana y gran empresa como los sub estratos de la industria*, en la tabla 3 se presenta el número de establecimientos por cada sub estrato.

Departamento	Establecimientos		Estructura porcentual	
	Mediana	Grande	Mediana	Grande
Ahuchapán	0	1	0,00	0,54
Santa Ana	14	6	3,91	3,26
Sonsonate	12	4	3,35	2,17
Chalatenango	1	0	0,28	0,00
La Libertad	66	35	18,44	19,02
San Salvador	245	135	68,44	73,37
Cuscatlán	1	0	0,28	0,00
La Paz	2	2	0,56	1,09
Cabañas	1	0	0,28	0,00
San Vicente	1	0	0,28	0,00
Usulután	1	1	0,28	0,54
San Miguel	10	0	2,79	0,00
Morazán	3	0	0,84	0,00
La Unión	1	0	0,28	0,00
<b>Total</b>	<b>358</b>	<b>184</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Tabla 3: Número de establecimientos por tamaño de empresa para el sector industria (Por departamento<sup>10</sup>.)

<sup>10</sup> Fuente: sexto censo económico de DIGESTYC-1993.

### 3.2.3.2 Sub estratos para el sector Servicios

Para este sector los sub estratos se definen por actividad económica según el servicio que prestan, los cuales se detallan a continuación:

- a) Servicios médicos
- b) Servicios de comunicación
- c) Servicios de educación
- d) Servicios de electricidad
- e) Servicios de suministro de agua

### 3.2.4 Resumen de estratificación de la población

<b>Sub estratos</b>			
<b>Industria</b>		<b>Servicios</b>	
Mediana Empresa	358	Servicios médicos	97
		Servicios de comunicación	103
Gran Empresa	184	Servicios de educación	55
		Servicios de electricidad	15
		Servicios de suministro de agua	1
Estrato Industria	542	Estrato Servicios	271
<b>Población</b>		<b>Estrato Industria + Estrato Servicios</b>	<b>813</b>

Tabla 4: Cantidad de establecimientos por cada estrato

## 3.3 Determinación del tamaño de la muestra

La ecuación para obtener la muestra según el método de muestreo estratificado por afijación óptima es la siguiente<sup>11</sup>:

<sup>11</sup>Fuente: Como hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas, Gildaberto Bonilla

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L W_i \sigma_i^2}{\left(\frac{E}{Z}\right)^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L W_i \sigma_i^2} \quad \text{Ec-1}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

$W_i$ : Proporción del i-ésimo estrato

$\sigma_i^2$ : Varianza del i-ésimo estrato

N: Define el universo del estudio.

E: Error muestral

L: Numero de estratos

Z: Coeficiente de valores bajo la curva normal.

#### a) Proporción por estrato

Para el estrato 1: (Industria)

$$W_1 = \frac{542}{813} = 0.666$$

Para el estrato 2: (Servicios)

$$W_2 = \frac{271}{813} = 0.333$$

#### b) Varianza por estrato

Asumiendo que  $P_n = 0.5$  y  $Q_n = 0.5$  donde  $P_n$  es la probabilidad de éxito y  $Q_n$  es la probabilidad de fracaso.

$$\sigma_1^2 = \frac{542}{(542-1)}(0.5 \times 0.5) = 0.2505$$

$$\sigma_2^2 = \frac{271}{(271-1)}(0.5 \times 0.5) = 0.2509$$

### c) Obtención del tamaño de la muestra

Sustituyendo los valores en la ecuación 1:

$$n = \frac{(0.666 \times 0.250) + (0.333 \times 0.251)}{\left(\frac{0.1}{1.96}\right)^2 + \frac{1}{813} [(0.666 \times 0.250) + (0.333 \times 0.251)]} = 85.92$$

El valor de la muestra para la población considerada es de 86 empresas a ser visitadas.

Separando estas empresas por estratos, la distribución queda de la siguiente manera:

$$N_1: 86 \times 0.666 = 57.22 \approx 57$$

$$N_2: 86 \times 0.333 = 28.61 \approx 29$$

Distribuyendo este número de encuestas por cada sub estrato la proporción de encuestas a realizar para cada estrato se presenta en resumen en la tabla 5:

Estrato	Sub estrato	Cantidad	Porcentaje de participación
1 Industria		<b>57</b>	<b>100</b>
	Mediana	38	66.05
	Grande	19	33.95
2 Servicios		<b>29</b>	<b>100</b>
	Servicios médicos	9	35.79
	Servicios de educación	6	20.30
	Servicios de electricidad	2	5.54
	Servicios de comunicación	11	38.08
	Servicios de suministro de agua	1	0.37

Tabla 5: cantidad de muestras por sector de actividad económica.

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA MUESTRA ESTADÍSTICA

Los resultados se presentan mediante dos métodos estadísticos distintos de análisis:

### 1. Estadística descriptiva:

Método mediante el cual se describen los resúmenes de datos, valores o puntuaciones obtenidas de cada respuesta de la encuesta elaborada. Para este análisis, se presenta la pregunta formulada y mediante gráficas de pastel, el detalle de la tabulación de datos; este método se usa para el análisis de las preguntas uno a la seis.

### 2. Estadística inferencial:

Se utiliza para efectuar generalizaciones de la muestra. De igual manera que en el método anterior se presenta la pregunta y a continuación de ella un cuadro resumen de los resultados una vez tabulados; este método se usa para el análisis de la pregunta siete.

Para el sector servicios de 29 empresas visitadas respondió el 100% de ellas, mientras que para el sector industria de 57 empresas visitadas el 97.74% respondió positivamente a la encuesta (54 empresas), mientras que el 5.26 % (3 empresas) no respondieron la encuesta. (El listado de las empresas visitadas puede ser visto en el anexo E).

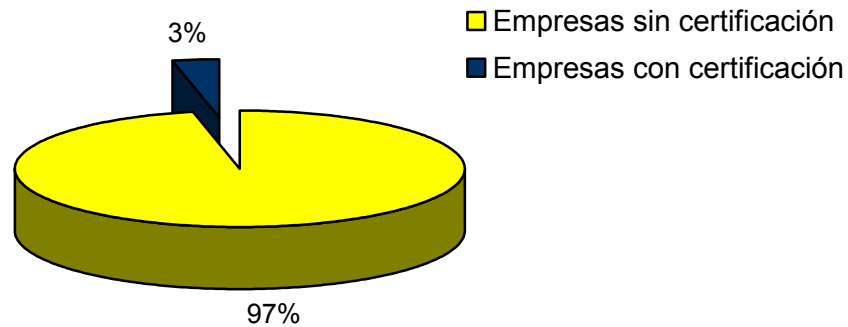
El análisis de la encuesta se presenta a continuación.



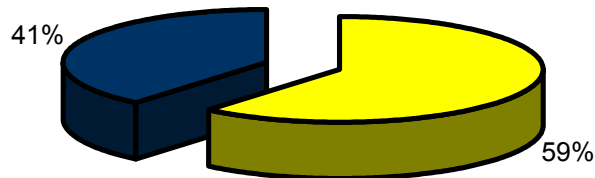
## 1. ¿La empresa esta certificada con la norma ISO9001?

Gráfico 5: Porcentaje de empresas con acreditación ISO 9001

### SECTOR SERVICIOS



### SECTOR INDUSTRIA



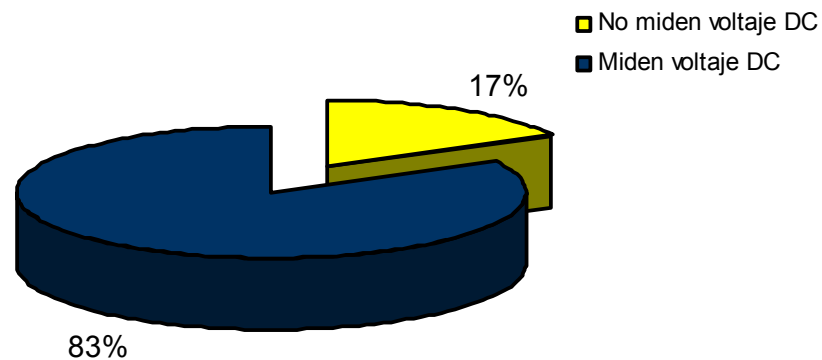
El gráfico 5 muestra que para el sector servicios el 97% no posee certificación ISO y un porcentaje mínimo, el 3 % si posee certificado de calidad ISO9001. Para el sector industria, el 41% de empresas de la muestra poseen certificación ISO 9001 la cual trata sobre la gestión de la calidad en los procesos productivos con el objetivo principal que el cliente reciba el producto por el que paga con la calidad que se ofrece. El 59% de las empresas no cuenta con ningún tipo de certificación ISO. Es importante mencionar que una de las empresas entrevistadas posee tres tipos de certificaciones, las cuales son ISO-9001 (gestión de la calidad), ISO-14000 (gestión de calidad medio ambiental) e ISO-18000 (gestión de seguridad industrial).

## 2. ¿Cuáles de las siguientes magnitudes eléctricas se miden en la empresa o institución?

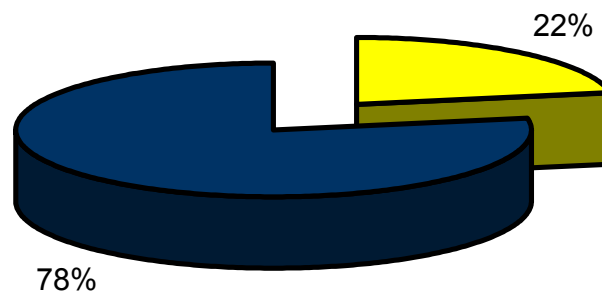
Para obtener mayor facilidad al responder esta pregunta, como se puede apreciar en la encuesta del anexo A, se presentó una lista de magnitudes eléctricas medibles para nuestro interés, entre ellas voltaje DC y AC, corriente DC y AC, resistencia, frecuencia, temperatura, presión y potencia.

**Gráfico 6: porcentaje de empresas, que miden voltaje DC.**

### SECTOR SERVICIOS



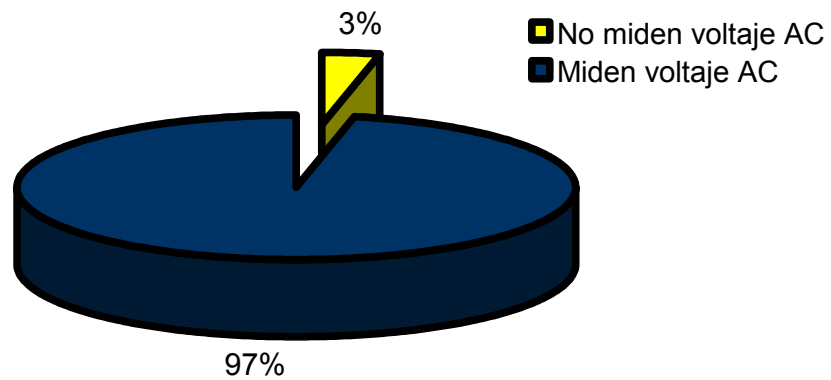
### SECTOR INDUSTRIA



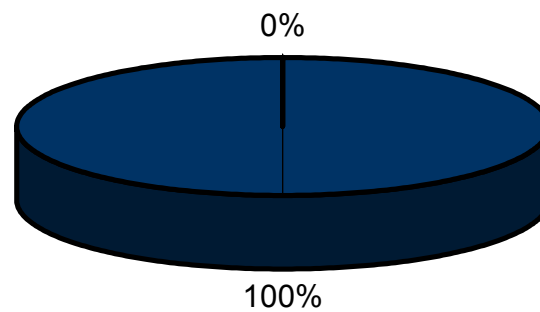
El gráfico 6 permite apreciar con claridad la proporción de empresas de ambos sectores que miden voltaje DC: un 83 % lo miden y un 17 % no lo miden, en sector servicios mientras que un 78 % del sector industrial miden voltaje DC y el 22 % no miden dicha magnitud.

**Gráfico 7: Porcentaje de empresas, que miden voltaje AC.**

**SECTOR SERVICIOS**



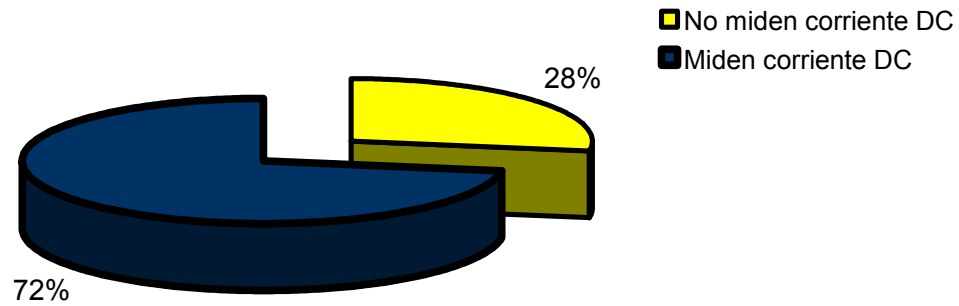
**SECTOR INDUSTRIA**



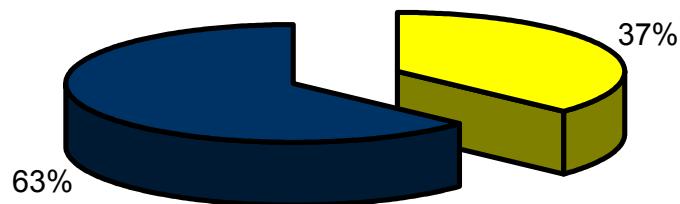
Al preguntar sobre el voltaje AC un 97% contestó que realizan mediciones sobre dicha magnitud en servicios, mientras que un 3% dijo no realizar mediciones sobre el voltaje AC. En el caso de industria se encontró que el 100 % de las empresas poseen control sobre dicha magnitud por lo tanto el porcentaje de empresas que no realizan mediciones de este tipo es de 0 %.

**Gráfico 8: Porcentaje de empresas, que miden corriente DC.**

**SECTOR SERVICIOS**



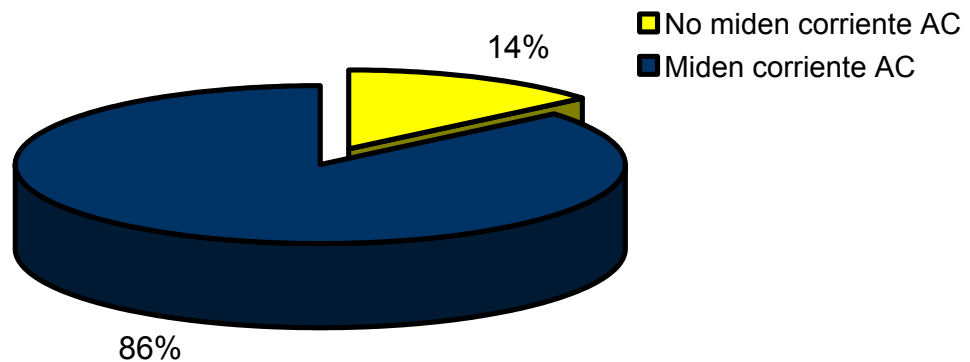
**SECTOR INDUSTRIA**



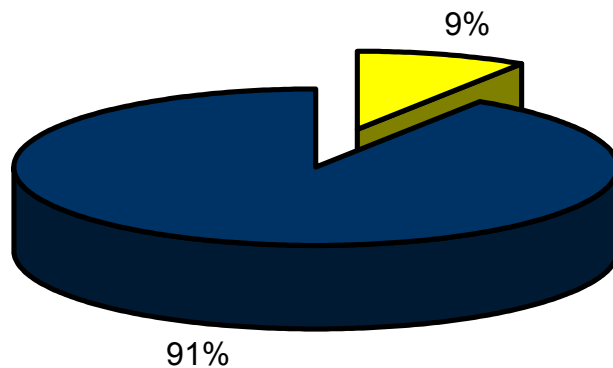
Del gráfico 8, se encontró que un 72% y un 63% miden corriente DC, mientras que el restante 28% y 37% dijo no realizar mediciones sobre esta magnitud, para los sectores servicios e industria respectivamente.

**Gráfico 9: Porcentaje de empresas, que miden corriente AC.**

**SECTOR SERVICIOS**



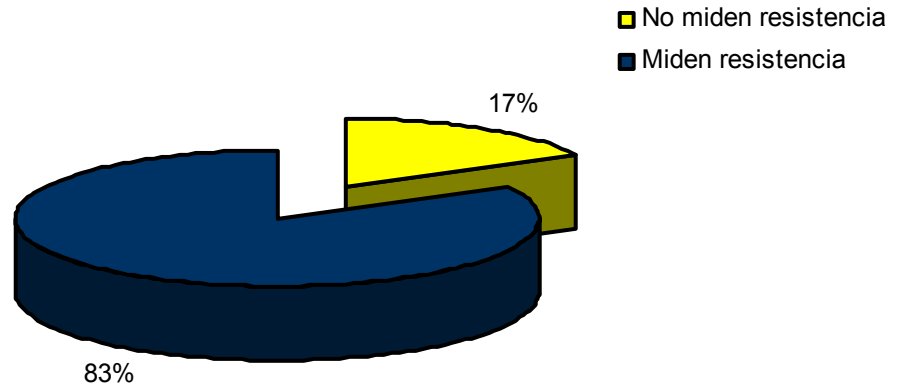
**SECTOR INDUSTRIA**



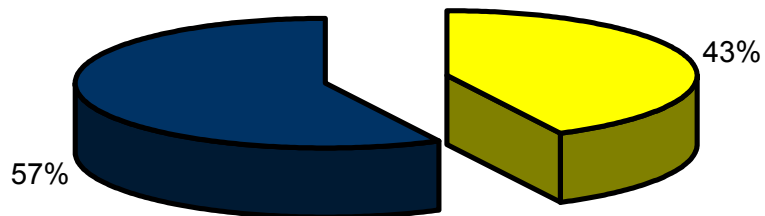
Del gráfico 9 se observa que para la magnitud de corriente AC las respuestas fueron: en servicios, el 86% si la mide y el restante 14 % no la mide. El 91 % de empresas industriales expresaron si medirla y un porcentaje bastante pequeño, el 9% de empresas no reportó efectuar mediciones sobre corriente AC.

**Gráfico 10: Porcentaje de empresas, que miden resistencia.**

**SECTOR SERVICIOS**



**SECTOR INDUSTRIA**

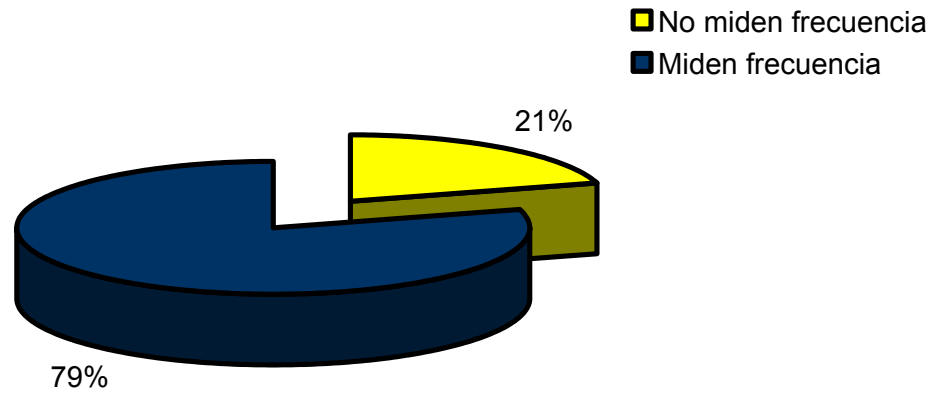


El gráfico 10 muestra que para la medición de resistencia, un 83 % respondió positivamente a la pregunta sobre si realizan mediciones de esta magnitud, mientras que el 17 % restante expresó no medirla, en el área de servicios.

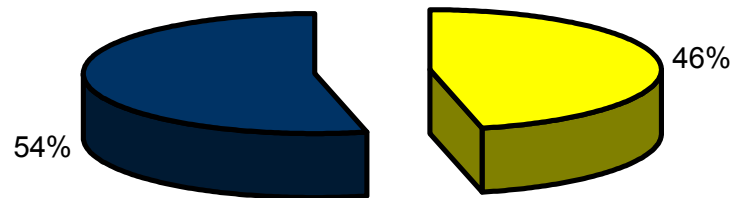
En el caso de los industriales la resistencia es medida por el 57% del sector mientras que el restante 43 % no realiza mediciones de esta magnitud.

**Gráfico 11: Porcentaje de empresas que miden frecuencia.**

**SECTOR SERVICIOS**



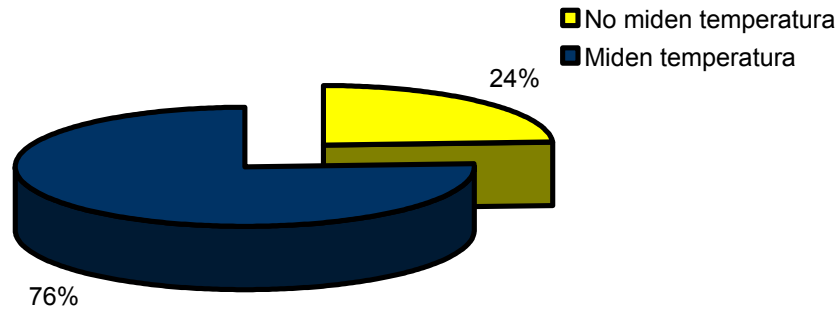
**SECTOR INDUSTRIA**



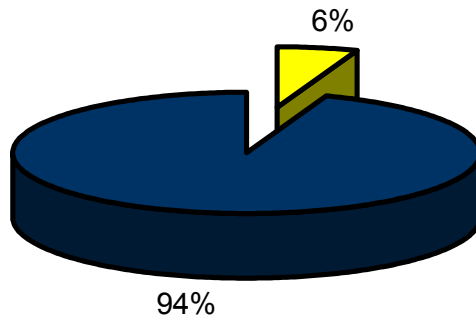
En el caso de la frecuencia un 79 % dijo controlar la frecuencia y un 21 % del sector servicios dijo no realizar mediciones sobre esta magnitud eléctrica. Como lo ejemplifica el gráfico 11, en el sector industrial, el 54 % de las empresas del sector realizan mediciones sobre la frecuencia y el 46 % restante no lo hacen.

**Gráfico 12: Porcentaje de empresas que miden temperatura.**

**SECTOR SERVICIOS**



**SECTOR INDUSTRIA**

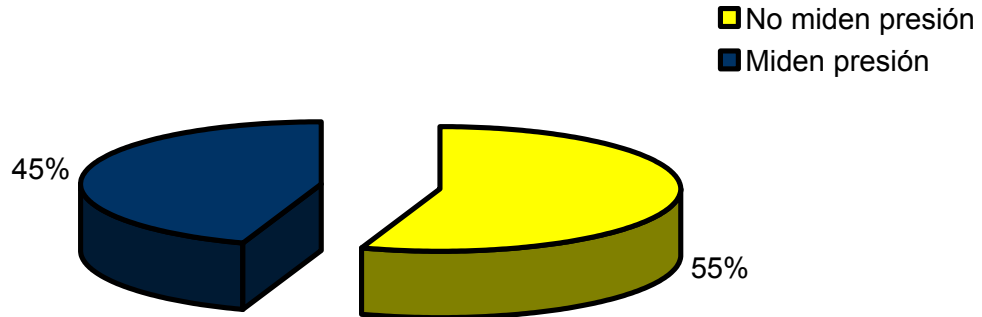


De la representación de la gráfica 12, se determina que la temperatura aunque es controlada en gran parte del sector servicios, únicamente un 76 % la mide por medio de instrumentación electrónica; el 24 % restante que dijo no medirla, incluye los sectores que controlándola lo pudieran hacer por medio de otro tipo de control. En la industria la temperatura es controlada por el 94 % de la población industria, el 6 % restante, un porcentaje considerablemente pequeño, no reportó realizar controles sobre la temperatura.

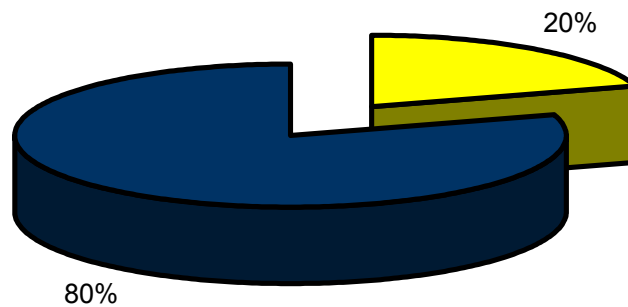


**Gráfico 13: Porcentaje de empresas que miden presión.**

**SECTOR SERVICIOS**



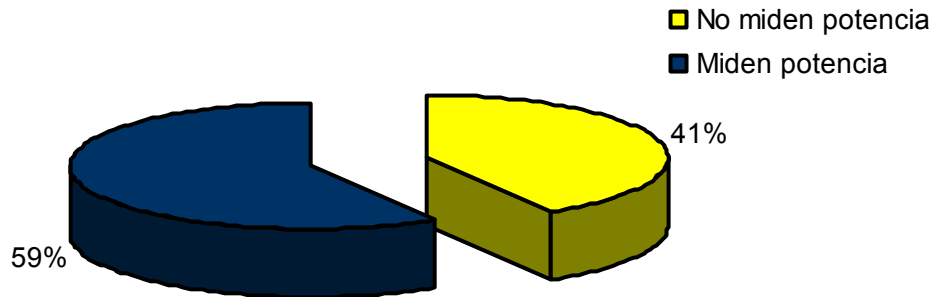
**SECTOR INDUSTRIA**



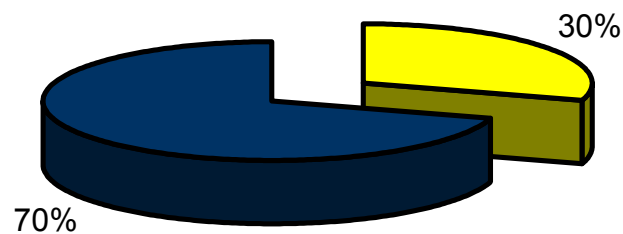
En el caso de la magnitud presión, el 45% del sector servicios la controla por medio de transductores y el 55 % restante incluye los servicios que lo miden por medio de otros dispositivos que no son de instrumentación electrónica y los que no realizan ningún control de dicha magnitud. Esta misma magnitud es medida por medio de dispositivos electrónicos por un 80 % del sector industrial, como lo representa la zona color azul del gráfico 13, y el 20 % restante o zona amarilla, la mide por medio de otros mecanismos o simplemente no la miden.

**Gráfico 14: Porcentaje de empresas que miden potencia.**

**SECTOR SERVICIOS**



**SECTOR INDUSTRIA**

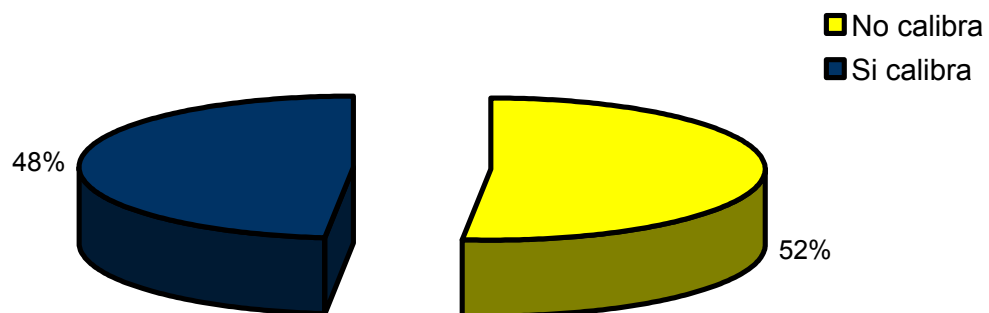


El gráfico 14 presenta los porcentajes de empresas de servicios que contestaron medir la potencia. Puede verse que esta magnitud se mide en el 59% del sector, mientras que en el 41% restante no la mide o no tiene mayor control sobre ella. Se observa además que la potencia es medida en el 70 % del sector industria, mientras que el 30 % de este mismo sector no parece tener mayor control sobre dicha magnitud.

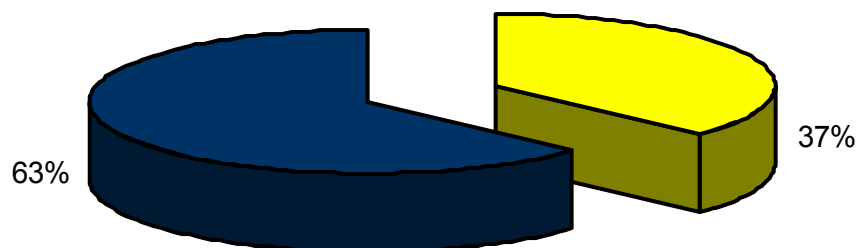
3. ¿La empresa calibra sus equipos o instrumentos de medición ya sea interna o externamente?

Gráfico 15: Porcentaje de empresas que calibran sus equipos de prueba y medición.

### SECTOR SERVICIOS



### SECTOR INDUSTRIA

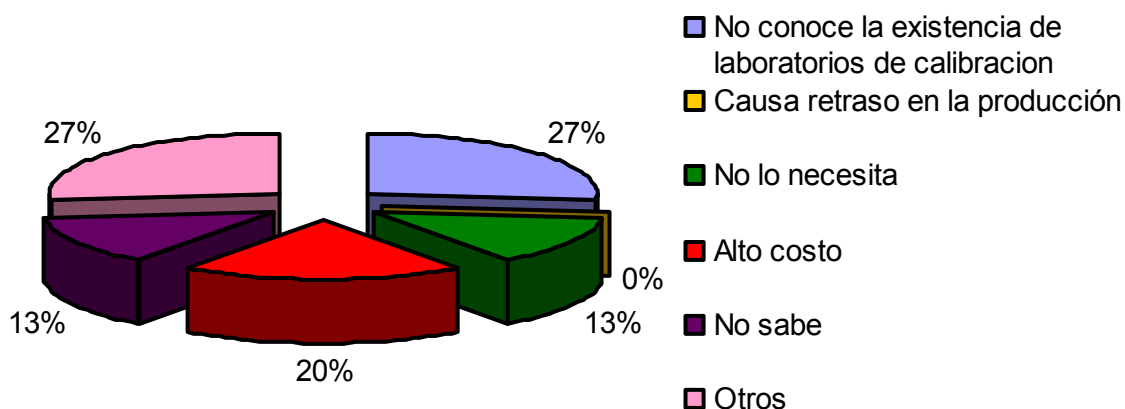


El gráfico 15 muestra que un 48 % del sector servicios realizan calibraciones en el área de la metrología eléctrica, mientras que un 52 % no calibran sus equipos. Siempre en el gráfico 15 se presentan los resultados de la misma pregunta para el sector industria en el que un 63% dijo calibrar sus equipos y el restante 37% dijo no hacerlo.

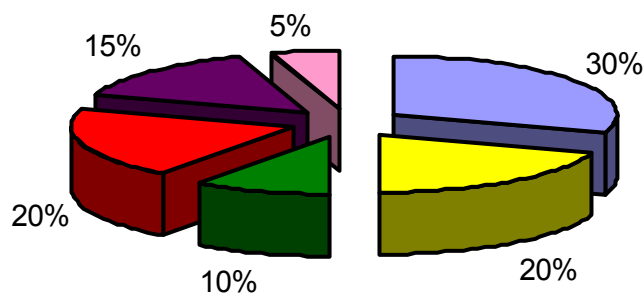
A continuación se procederá a analizar los porcentajes de ambos sectores que dijeron no calibrar sus equipos de prueba y medición a quienes se les realizará la pregunta: ¿Por qué no calibra sus equipos?, Cada uno de estos porcentajes representara el 100% de su sector.

**Gráfico 16: Causas por las que no se realizan calibraciones de equipos.**

**SECTOR SERVICIOS**



**SECTOR INDUSTRIA**



El análisis del gráfico 16 permite visualizar que:

Para el sector servicios: un 27 % de las empresas entrevistadas dijo no realizar calibraciones debido a ignorar la existencia de laboratorios para ello, un 20 % más expresó conocer la existencia de laboratorios, sin embargo comentaron que este servicio implica altos costos para la empresa, un 13% expresó tener conocimientos de las calibraciones de equipo, sin embargo no lo considera necesario para sus áreas de servicios, un 13 % adicional dijo no conocer lo que es la calibración de equipo y su respectiva importancia. El 27 % restante dijo no calibrar por razones diversas entre las que se mencionan el no obtener aprobación de fondos o que ello no es una prioridad pese a necesitarlo, es decir, que existen otras actividades que son consideradas más necesarias.

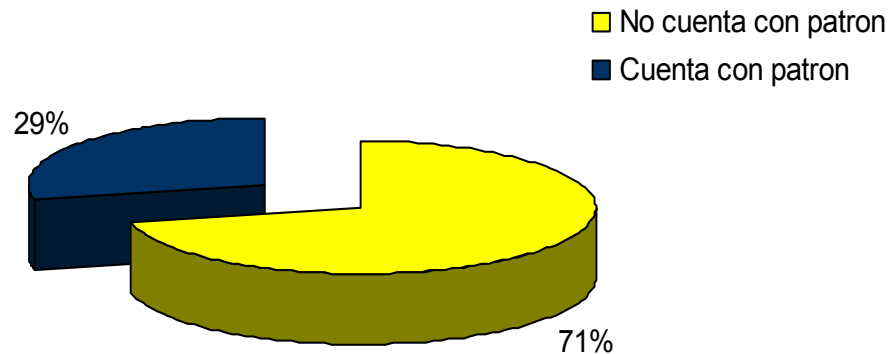
Para el sector industria: el 30 %, el porcentaje más alto, expresó no realizar calibraciones debido a la falta de conocimientos de los laboratorios de calibración en el país, un 20 % mencionó no calibrar pues el trasladar su equipo al laboratorio de calibraciones les causa retrasos en su producción, un 20 % más dijo no calibrar debido al alto costo que ello les implica, un 15 % mostró desconocer que se puedan realizar calibraciones en sus equipos, un 10% no considera necesario el calibrar sus equipos y finalmente un 5% dijo no calibrar sin dar a conocer el porque de ello.

En los gráficos 17, 18 y 19 se analizan los porcentajes que corresponden a aquellas empresas que realizan calibración de equipos de prueba y medición para ambos sectores y que corresponden a las preguntas 4 y 5.

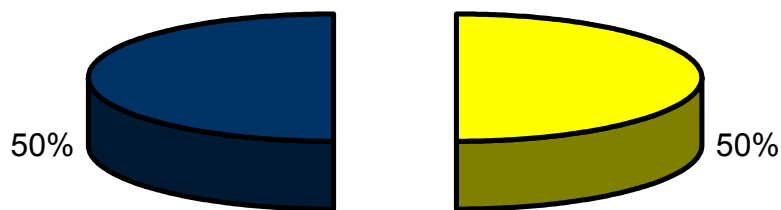
#### 4. ¿Para la calibración de sus equipos cuentan con algún patrón de referencia?

Gráfico 17: Empresas que cuentan con patrón propio de calibración.

##### SECTOR SERVICIOS



##### SECTOR INDUSTRIA



Como lo muestra el gráfico 17, se determinó que para el sector servicios el 71 % no cuenta con patrones propios para calibrar, por lo que estas empresas recurren a determinados laboratorios de metrología para este fin. El restante 29 % de empresas del sector servicios que calibran equipos en el área eléctrica cuenta con sus propios patrones de calibración, lo cual no necesariamente implica que exista un laboratorio de metrología propio; por otra parte pudieran presentarse casos en los que se posean patrones de calibración para ciertas magnitudes, pero para

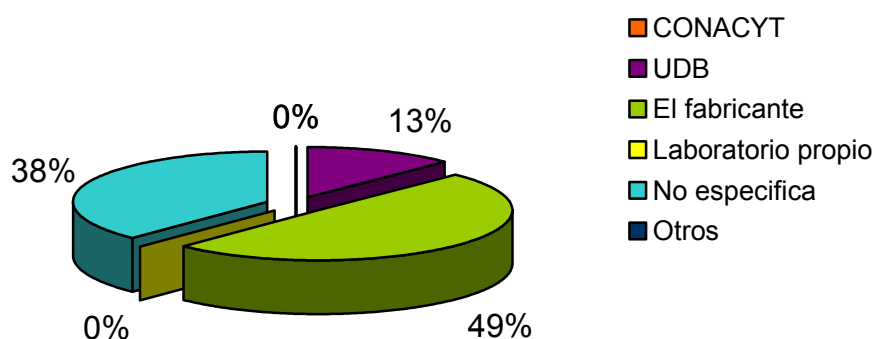
otras no, lo que obliga a la empresa a recurrir a algún laboratorio de calibración para aquellas magnitudes de las cuales no se posea patrón.

En el sector industria el 50 % de los entrevistados cuenta con patrón de calibración mientras que el 50 % realiza calibraciones sin contar con un patrón propio de calibración.

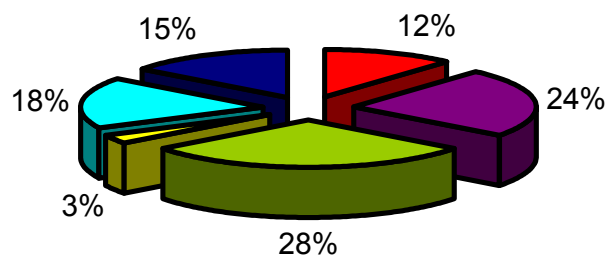
## 5. ¿Que laboratorio o quien le calibra sus equipos?

**Gráfico 18: Opciones de calibración a los que recurren las empresas del sector servicios para la calibración de sus equipos.**

### SECTOR SERVICIOS



### SECTOR INDUSTRIA



Como lo representa el gráfico 18 las respuestas de los encuestados expresan que:

En sector servicios el 49% es decir aproximadamente la mitad de la población del sector recurre al fabricante para que sea éste quien les calibre, el otro 38 % que calibra no quiso especificar quién le realiza las calibraciones, un 13 % dijo recurrir al laboratorio de metrología y ensayo de materiales de la universidad Don Bosco. Con lo que se cubre el 100 % de la población que calibra sus equipos en este sector. Las otras opciones presentadas reportaron un 0 % de visitas.

El área del gráfico, en color en verde, es decir las empresas que recurren al fabricante de equipo para sus calibraciones incluyen la calibración de los patrones existentes en las diferentes empresas.

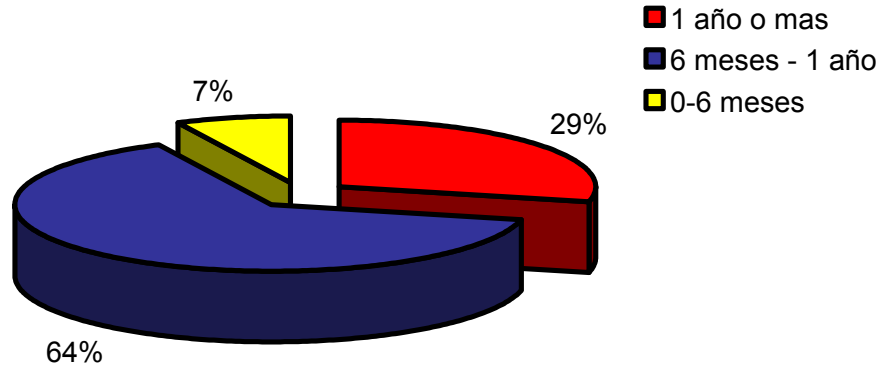
En la industria se determinó que el 28 % de la población recurre al fabricante para que sean ellos quienes les calibran sus instrumentos de medición, el 24% recurren al laboratorio de metrología y ensayos de materiales de la universidad Don Bosco, el 18 % no especificó a quien confía sus equipos para ser calibrados, un 12% recurre al laboratorio de CONACYT y un 15 % más recurre a otros laboratorios o medios de calibración. Finalmente un 3% dijo tener un laboratorio propio de metrología para la calibración de sus equipos de prueba y medición.

A las empresas que calibran sus equipos ya sea porque cuentan con un patrón de calibración o porque busquen un laboratorio para ello, se les realizó la pregunta ¿Cada cuanto tiempo se realizan dichas calibraciones? Con el objetivo de determinar la vigencia de calibración de sus equipos, las respuestas obtenidas se representan porcentualmente en el gráfico 19.

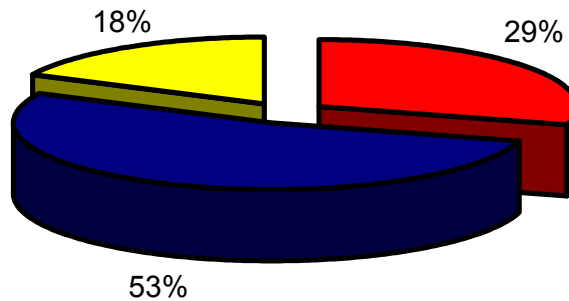


**Gráfico 19: Periodos de vigencia de calibración.**

**SECTOR SERVICIOS**



**SECTOR INDUSTRIA**



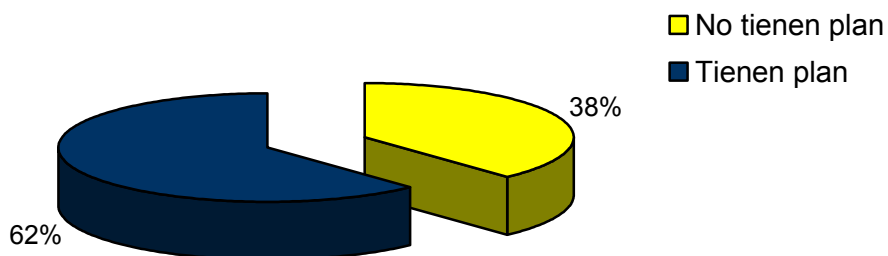
Como se observa en el gráfico 19, en sector servicios el 64 % de los equipos calibrados poseen un certificado con vigencia de calibración de 6 meses a un año, el 29 % posee una vigencia de 1 año o más y el 7 % restante posee vigencia de menos de 6 meses. Para la industria el 53 % calibra en intervalos de tiempo de 6 meses a 1 año, mientras que el 29 % lo hace en intervalos de tiempo mayores a 1 año y únicamente el 18 % lo hace en períodos de tiempos menores o iguales a 6 meses.

6. ¿Se tiene en la empresa algún programa o plan de mejoramiento de la calidad en el cual se incluya la calibración de equipos de las mediciones eléctricas que se efectúen?

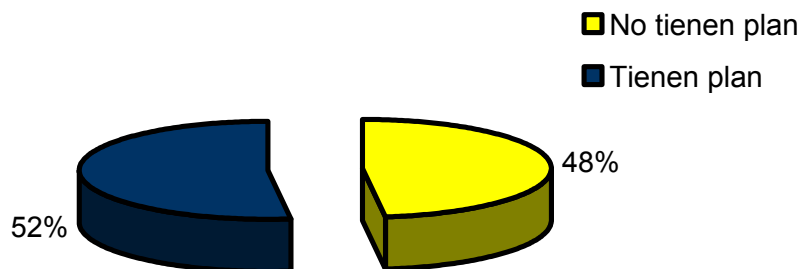
En esta pregunta de la encuesta nuevamente se considera al total de los estratos.

**Gráfico 20: Porcentaje de empresas que poseen un plan de mejoramiento de la calidad incluyendo calibración de equipos eléctricos.**

### SECTOR SERVICIOS



### SECTOR INDUSTRIA



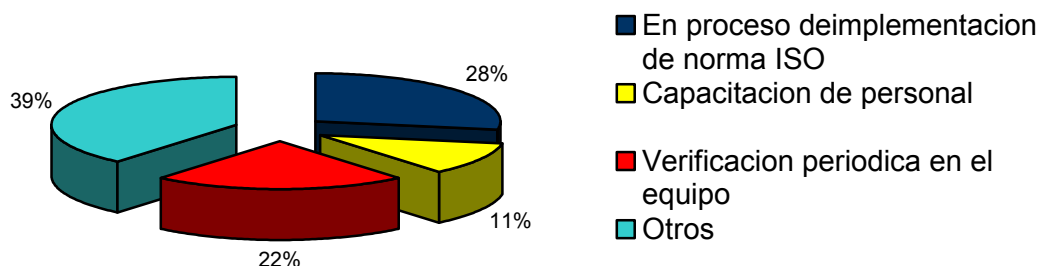
Como lo muestra el gráfico 20, del total de la muestra en estudio, para cada estrato:

En servicios el 62 % de la población expresó tener en sus planes, considerar las calibraciones de los equipos del área eléctrica, mientras que el 38% de los entrevistados manifestó que no ha considerado ningún tipo de plan de mejoramiento de la calidad en el cual se incluya la calibración del equipo de prueba y medición. En la industria: la porción de color azul representa el porcentaje de empresas que cuentan con un plan de calibración de equipo es decir el 52 %, mientras que la porción del gráfico de color amarillo representa al 48 % de empresas del sector que muestra no poseer un plan de mejoramiento de la calidad en donde se incluya calibración de equipo.

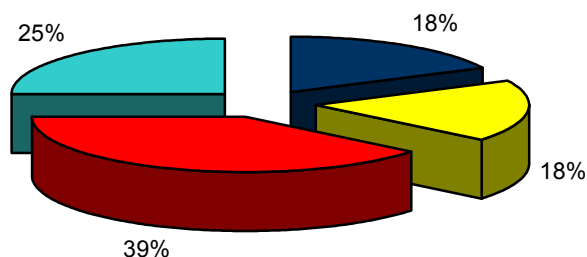
Como parte de la investigación se quiso conocer el tipo de plan considerado para implementar las calibraciones, lo cual puede apreciarse en la gráfica 21.

**Gráfico 21: Tipos de implementación de un plan de calibraciones eléctricas.**

### SECTOR SERVICIOS



### SECTOR INDUSTRIA



Al observar el gráfico 21 se puede apreciar que en servicios, un 28% del total de empresas encuestadas tienen como plan principal en el cual contemplan la calibración de equipo electrónico, el proceso de implementar la norma ISO 9001 de la gestión de la calidad, el 22 % expresó tener un programa definido para realizar verificaciones futuras a sus equipos sin especificar en que forma, un 11 % dijo que implementará o esta implementando planes de calibración por medio de capacitaciones de sus personal y el 39 % restante no quiso especificar su manera de implementación del plan que incluya las calibraciones de equipo del área de electricidad. En la industria, un 39 % de la población, piensa realiza verificaciones periódicas de sus equipos, un 25 % no fue claro en el tipo de plan a implementar, un 18% se encuentra en proceso de implementación de la norma ISO 9001 y el otro 18% expresó considerar las capacitaciones de su personal.

#### **7. ¿Qué tipo y cantidad de equipo de instrumentación se utiliza al interior de la empresa?**

Los cuadros 1, 2, 3 y 4 corresponden al sector servicios, los cuadros 5, 6, 7 y 8 corresponden al sector industrial. La forma de presentar los datos es como a continuación se describe: Los primeros dos cuadros para cada sector tabulan para equipo analógico y digital, respectivamente el total de instrumentos obtenidos de cada sub-estrato, y por medio de análisis estadístico se obtiene el promedio del equipo que habría en cada empresa; este cálculo incluye el global de las empresas que son sujeto de interés para el estudio de cada estrato (ver fórmulas y un cuadro más detallado en anexo F); así se realiza una estimación del global de equipo que se encontraría en el estrato, a este último dato se le ha estimado un intervalo de confianza porcentual, que es el equivalente al rango de oscilación que presentarían los datos del global de equipo de este estrato. La segunda pareja de cuadros son siempre para equipo analógico y digital respectivamente y presentan por cada sub-estrato del sector, el total de equipo reportado versus el total de equipo calibrado, y a continuación el porcentaje de dicho equipo que de acuerdo a la muestra obtenida se encuentra con calibración vigente.

**Cuadro 1: Resumen de equipo analógico para el sector servicios.**

Tipos de equipo	Total de equipo por sub-estrato					Y de equipo por empresa	Global de equipo	Intervalo de confianza
	Comunicación	Educación	Salud	Agua	Electricidad			
Voltímetro dc	16	94	1	0	0	3.77	1022	±15.3 %
Voltímetro ac	16	86	3	0	0	3.58	970	±17.0 %
Amperímetro dc	48	69	0	0	0	3.99	1082	±9.2 %
Amperímetro ac	8	67	1	0	0	2.58	700	±16.6 %
Capacímetros	4	4	2	0	0	0.35	96	±66.7 %
Ohmetros	16	57	4	15	0	2.70	730	±15.8 %
Multímetros	26	150	0	15	0	6.03	1633	±4.8 %
Medidores de energía monofásico	3	16	0	0	0	0.64	175	±38.3 %
Medidores de energía trifásico	3	3	0	0	0	0.21	56	±67.9 %
Megger de tierra	5	12	2	0	0	0.66	178	±44.9 %
Vatímetros	15	41	0	5	0	1.92	521	±14.2 %
Osciloscopio	5	76	1	5	0	2.80	759	±11.7 %
Frecuencímetro	0	17	1	0	0	0.61	167	±35.3 %
Termómetro	23	6	4	0	0	1.16	313	±34.5 %
Fuentes de voltaje dc	26	109	11	0	0	5.02	1361	±7.1 %
Fuentes de voltaje ac	5	68	3	0	0	2.59	702	±12.0 %

**Cuadro 2: Resumen de equipo digital para el sector servicios.**

Tipos de equipo	Total de equipo por sub-estrato					Y de equipo por empresa	Global de equipo	Intervalo de confianza
	Comunicación	Educación	Salud	Agua	Electricidad			
Voltímetro dc	18	57	8	30	0	2.98	807	±23.9 %
Voltímetro ac	18	76	11	30	40	4.85	1314	±5.6 %
Amperímetro dc	50	70	8	30	0	4.52	1226	±2.4 %
Amperímetro ac	10	41	12	30	40	3.43	929	±21.2 %
Capacímetros	8	14	2	0	0	0.83	225	±21.8 %
Ohmetros	24	33	6	0	10	2.46	667	±26.2 %
Multímetros	78	208	27	20	0	10.88	2948	±9.6 %
Medidores de energía monofásico	6	1	0	5	188	5.46	1480	±5.6 %
Medidores de energía trifásico	6	1	0	5	188	5.46	1480	±5.6 %
Megger de tierra	2	3	1	10	6	0.41	112	±41.1 %
Vatímetros	10	6	0	0	0	0.55	149	±20.8 %
Osciloscopio	6	107	9	0	0	4.18	1134	±22.2 %
Frecuencímetro	15	106	3	5	0	4.24	1149	±20.4 %
Analizadores de energía	12	2	2	5	165	5.15	1395	±10.3 %
Termómetro	114	12	6	0	0	4.58	1242	±13.1 %
Fuentes de voltaje dc	6	104	1	0	0	3.76	1020	±7.9 %
Fuentes de voltaje ac	1	75	1	0	0	2.61	708	±11.6 %
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	0	0	0	0	5	0.14	38	±36.8 %
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0	0	0	3	0.06	23	±60.9 %

**Cuadro 3: Porcentajes de equipo analógico calibrado para el sector servicios**

Tipo de equipo	PORCENTAJE DE EQUIPO ANALÓGICO CALIBRADO EN LA MUESTRA PARA EL SECTOR SERVICIOS														
	COMUNICACIONES			EDUCACIÓN			SALUD			AGUA			ELECTRICIDAD		
	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra
Voltímetro dc	16	8	50.00	94	30	31.91	1	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Voltímetro ac	16	8	50.00	86	30	34.88	3	0	0.00	0	0	0.00	40	0	0.00
Amperímetro dc	48	3	6.25	69	30	43.48	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Amperímetro ac	8	3	37.50	67	30	44.78	1	0	0.00	0	0	0.00	40	0	0.00
Capacímetros	4	0	0.00	4	3	75.00	2	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Ohmetros	16	12	75.00	57	25	43.86	4	0	0.00	15	3	20.00	10	0	0.00
Multímetros	26	12	46.15	150	25	16.67	0	0	0.00	15	3	20.00	0	0	0.00
Medidores de energía monofásico	3	3	100.00	16	3	18.75	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Medidores de energía trifásico	3	3	100.00	3	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Megger de tierra	5	1	20.00	12	9	75.00	2	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Vatímetros	15	4	26.67	41	20	48.78	0	0	0.00	5	0	0.00	0	0	0.00
Osciloscopio	5	2	40.00	76	12	15.79	1	0	0.00	5	0	0.00	0	0	0.00
Frecuencímetro	0	0	0.00	17	3	17.65	1	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Analizadores de energía	0	0	0.00	3	1	33.33	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Termómetro	23	10	43.48	6	0	0.00	4	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Fuentes de voltaje dc	26	5	19.23	109	34	31.19	11	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Fuentes de voltaje ac	5	5	100.00	68	34	50.00	3	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	0	0	0.00	3	3	100.00	0	0	0.00	0	0	0.00	5	0	0.00
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	2	0	0.00
Medidor de relación de vueltas de transformación trifásico	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	1	0	0.00

**Cuadro 4: Porcentajes de equipo digital calibrado para el sector servicios**

Tipo de equipo	PORCENTAJE DE EQUIPO DIGITAL CALIBRADO EN LA MUESTRA PARA EL SECTOR SERVICIOS														
	COMUNICACIONES			EDUCACIÓN			SALUD			AGUA			ELECTRICIDAD		
	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra
Voltímetro dc	18	10	55.56	57	10	17.54	8	0	0.00	30	10	33.33	0	0	0.00
Voltímetro ac	18	10	55.56	76	10	13.16	11	0	0.00	30	10	33.33	40	0	0.00
Amperímetro dc	50	10	20.00	70	10	14.29	8	1	12.50	30	10	33.33	0	0	0.00
Amperímetro ac	10	10	100.00	41	0	0.00	12	0	0.00	30	10	33.33	40	0	0.00
Capacímetros	8	1	12.50	14	0	0.00	2	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Ohmetros	24	24	100.00	33	10	30.30	6	0	0.00	0	0	0.00	10	0	0.00
Multímetros	78	54	69.23	208	17	8.17	27	0	0.00	20	10	50.00	0	0	0.00
Medidores de energía monofásico	6	6	100.00	1	0	0.00	0	0	0.00	5	5	100.00	188	188	100.00
Medidores de energía trifásico	6	6	100.00	1	0	0.00	0	0	0.00	5	5	100.00	188	188	100.00
Megger de tierra	2	2	100.00	3	0	0.00	1	0	0.00	10	10	100.00	6		0.00
Vatímetros	10	10	100.00	6	1	16.67	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Osciloscopio	6	2	33.33	107	0	0.00	9	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Frecuencímetro	15	6	0.00	106	0	0.00	3	0	0.00	5	5	100.00	0	0	0.00
Analizadores de energía	12	10	0.00	2	0	0.00	2	0	0.00	5	5	100.00	165	0	0.00
Termómetro	114	20	17.54	12	0	0.00	6	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Fuentes de voltaje dc	6	6	100.00	104	0	0.00	1	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Fuentes de voltaje ac	1	1	100.00	75	0	0.00	1	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	5	0	0.00
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	2	0	0.00
Medidor de relación de vueltas de transformación trifásico	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	0	0	0.00	1	0	0.00



**Cuadro 5: Resumen de equipo analógico para el sector industria.**

Tipo de equipo	Total de equipo por sub-estrato		Ŷ de equipo por empresa	Global de equipo	Intervalo de confianza
	Mediana	Grande			
Voltímetro dc	40	117	2.79	1510	±16.8 %
Voltímetro ac	75	147	3.93	2130	±5.7 %
Amperímetro dc	23	74	1.72	933	±13.6 %
Amperímetro ac	62	81	2.52	1369	±22.8 %
Capacímetros	3	0	0.05	28	±71.4 %
Ohmetros	10	9	0.33	181	±44.2 %
Multímetros	22	100	2.17	1176	±13.4 %
Medidores de energía monofásico	103	0	1.79	970	±10.0 %
Medidores de energía trifásico	103	8	1.93	1048	±10.3 %
Megger de tierra	7	6	0.23	124	±45.2 %
Vatímetros	12	1	0.23	123	±43.9 %
Osciloscopio	3	5	0.14	77	±59.7 %
Frecuencímetro	40	1	0.71	387	±36.2 %
Termómetro	477	35	8.92	4833	±15.5 %
Fuentes de voltaje dc	15	7	0.39	209	±41.1 %
Fuentes de voltaje ac	4	9	0.23	125	±41.6 %
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	5	0	0.09	47	±78.7 %

**Cuadro 6: Resumen de equipo digital para el sector industria.**

Tipo de equipo	Total de equipo por sub-estrato		ÿ de equipo por empresa	Global de equipo	Intervalo de confianza
	Mediana	Grande			
Voltímetro dc	145	52	3.45	1870	±28.8 %
Voltímetro ac	143	64	3.63	1967	±28.3 %
Amperímetro dc	53	60	1.99	1080	±41.9 %
Amperímetro ac	126	67	3.39	1836	±26.0 %
Capacímetros	37	5	0.73	397	±31.2 %
Ohmetros	48	7	0.96	520	±24.0 %
Multímetros	133	216	6.17	3345	±17.1 %
Medidores de energía monofásico	42	18	1.05	570	±28.9 %
Medidores de energía trifásico	116	76	3.37	1829	±14.2 %
Megger de tierra	7	14	0.37	202	±39.6 %
Vatímetros	22	8	0.53	285	±31.9 %
Osciloscopio	5	10	0.27	144	±38.2 %
Frecuencímetro	62	19	1.42	768	±19.7 %
Analizadores de energía	48	18	1.16	627	±24.4 %
Termómetro	147	411	9.90	5365	±6.7 %
Fuentes de voltaje dc	32	76	1.91	1037	±20.4 %
Fuentes de voltaje ac	8	53	1.09	589	±20.9 %
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	6	0.11	58	±60.3 %

**Cuadro 7: Porcentajes de equipo analógico calibrado**

<b>PORCENTAJE DE EQUIPO ANALÓGICO CALIBRADO EN LA MUESTRA PARA EL SECTOR INDUSTRIA</b>						
Tipo de equipo	<b>MEDIANA EMPRESA</b>			<b>GRAN EMPRESA</b>		
	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra
Voltímetro dc	40	0	0.00	117	11	9.40
Voltímetro ac	75	0	0.00	147	1	0.68
Amperímetro dc	23	0	0.00	74	19	25.68
Amperímetro ac	62	0	0.00	81	8	9.88
Capacímetros	3	0	0.00	0	0	0.00
Ohmetros	10	0	0.00	9	0	0.00
Multímetros	22	1	4.55	100	65	65.00
Medidores de energía monofásico	103	0	0.00	0	0	0.00
Medidores de energía trifásico	103	0	0.00	8	0	0.00
Megger de tierra	7	0	0.00	6	0	0.00
Vatímetros	12	0	0.00	1	0	0.00
Osciloscopio	3	0	0.00	5	3	60.00
Frecuencímetro	40	0	0.00	1	1	100.00
Analizadores de energía	0	0	0.00	0	0	0.00
Termómetro	477	356	74.63	35	25	71.43
Fuentes de voltaje dc	15	0	0.00	7	1	14.29
Fuentes de voltaje ac	4	0	0.00	9	0	0.00
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	5	0	0.00	0	0	0.00

**Cuadro 8: Porcentajes de equipo digital calibrado**

<b>PORCENTAJE DE EQUIPO DIGITAL CALIBRADO EN LA MUESTRA PARA EL SECTOR INDUSTRIA</b>						
Tipo de equipo	<b>MEDIANA EMPRESA</b>			<b>GRAN EMPRESA</b>		
	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra	Total de equipo en la muestra	Total de equipo calibrado en la muestra	% de equipo calibrado en la muestra
Voltímetro dc	145	8	5.52	52	6	11.54
Voltímetro ac	143	6	4.20	64	4	6.25
Amperímetro dc	53	0	0.00	60	10	16.67
Amperímetro ac	126	2	1.59	67	16	23.88
Capacímetros	37	0	0.00	5	0	0.00
Ohmetros	48	0	0.00	7	0	0.00
Multímetros	133	23	17.29	216	122	56.48
Medidores de energía monofásico	42	0	0.00	18	5	27.78
Medidores de energía trifásico	116	2	1.72	76	17	22.37
Megger de tierra	7	0	0.00	14	10	71.43
Vatímetros	22	0	0.00	8	0	0.00
Osciloscopio	5	0	0.00	10	2	20.00
Frecuencímetro	62	0	0.00	19	3	15.79
Analizadores de energía	48	0	0.00	18	4	22.22
Termómetro	147	56	38.10	411	178	43.31
Fuentes de voltaje dc	32	0	0.00	76	30	39.47
Fuentes de voltaje ac	8	0	0.00	53	36	67.92
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0	0.00	6	6	0.00

## 5. APORTES DE LA INVESTIGACIÓN

Al realizar un análisis más exhaustivo sobre la investigación se obtienen una serie de aspectos que no deben perderse de vista y debido a su importancia sobre el estudio son considerados y justificados a continuación:

### 5.1 Obtención de un inventario de magnitudes eléctricas

Al proceder al análisis de la información obtenida de la muestra estadística es fácil determinar un aproximado de las magnitudes medibles en el país, tal y como lo muestra el siguiente cuadro resumen, extraído de los resultados arrojados por los gráficos del 6 al 14, presentados en la sección anterior.

**Cuadro 9: Inventario de magnitudes eléctricas.**

Magnitudes Eléctricas	Porcentaje de medición de magnitudes por sector	
	Sector Servicios	Sector Industria
Voltaje dc	83 %	78 %
Voltaje ac	97 %	100 %
Corriente dc	72 %	63 %
Corriente ac	86 %	91 %
Resistencia	83 %	57 %
Frecuencia	79 %	54 %
Temperatura	76 %	94 %
Presión	45 %	80 %
Potencia	59 %	70 %

El cuadro 9 permite visualizar que una de las magnitudes mayormente controlada es el voltaje AC debido a que el suministro de energía eléctrica en nuestro país esta dado en esta magnitud, lo que obliga a todas las empresas a controlar la magnitud en mención, de allí que a su vez otra de las magnitudes que obtuvo porcentajes altos de medición es la de corriente AC. Un dato importante a rescatar es que otra magnitud medida en un buen porcentaje en el país es la temperatura,

cuyos porcentajes se dividen de la siguiente manera: un 76% en el sector servicios y un 94% en el sector industria (es la segunda magnitud mayormente medible en este sector), de lo que se concluye que debe explotarse la calibración de equipo sobre esta magnitud para que sus controles sean mas confiables en los procesos productivos, tales como: la fabricación de plásticos, productos químicos (pinturas, medicinas, etc.), procesado de piedras para fabricación de cemento, fundición de hierro o congelamiento de productos alimenticios. A su vez debe considerarse su importancia para servicios de purificación de utensilios en el área médica, verificación de temperatura de equipo eléctrico como transformadores, entre otros. Del cuadro 9 puede observarse que en cuarto lugar aparece el control sobre la magnitud de voltaje DC y es lógico considerarla puesto que una gran mayoría de dispositivos eléctricos tanto de uso doméstico como industrial poseen alimentación de este tipo. Seguido del voltaje DC, la otra magnitud que posee alto porcentaje de medición es la resistencia puesto que presenta un 83% en el sector servicios y un 57% para el sector industrial.

Para las demás magnitudes se considera el mayor peso que tengan en el sector en cuestión, como es el caso de la presión cuyo peso en el sector industria es de 80% versus un 45 % para el sector servicios, lo cual pudiera deberse a que ella ayuda a la manipulación de pistones en los sistema de inyección de máquinas, sin embargo es de suponerse que este proceso no tiene mayor aplicación en empresas de servicios como el de educación.

Para la magnitud de frecuencia se determina que posee un alto peso porcentual para el sector de servicios 79 % puesto que ella tiene grandes aplicaciones en sectores como comunicaciones, sin embargo para el sector industrial su peso es de 54 %, puesto que es medible únicamente en su valor nominal 50 o 60 Hz. De las demás magnitudes el lector puede obtener sus propias deducciones según su propio interés.

## 5.2 Obtención de un inventario de instrumentos de prueba y medición

Con respecto a los instrumentos de prueba y medición los resultados han permitido obtener un inventario de equipo analógicos y digitales, por medio de estimación estadística obteniendo así un valor esperado para el universo de empresas en los sectores comercio e industria tal y como se muestra en los siguientes cuadros, que no son más que un extracto de los cuadros 1 y 2 para servicios; y 5 y 6 para industria. Los cuadros se ha ordenado con respecto a aquel equipo que obtuvo mayor puntuación de existencia, aunque no necesariamente lleve esta misma relación con sus respectivos intervalos de confianza, debido a que este último parámetro depende del número de equipos en las empresas y dado que existen algunas que no poseen ciertos equipos, este indicador pudiera presentar rangos de confianza un tanto desviados del valor que se pueden esperar.

**Cuadro 10: Equipo analógico para sector servicios**

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	INTERVALO DE CONFIANZA ( $\pm$ )
Multímetros	1633	5 %
Fuentes de voltaje DC	1361	7 %
Amperímetro DC	1082	9 %
Voltímetro DC	1022	15 %
Voltímetro AC	970	17 %
Osciloscopio	759	12 %
Ohmetros	730	16 %
Fuentes de voltaje AC	702	12 %
Amperímetro AC	700	17 %
Vatímetros	521	14 %
Termómetro	313	35 %
Megger de tierra	178	45 %
Medidores de energía monofásico	175	38 %
Frecuencímetro	167	35 %
Capacímetros	96	67 %
Medidores de energía trifásico	56	68 %

**Cuadro 11: Equipo digital para Servicios:**

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	INTERVALO DE CONFIANZA (±)
Multímetros	2948	10 %
Medidores de energía monofásico	1480	6 %
Medidores de energía trifásico	1480	6 %
Analizadores de energía	1395	10 %
Voltímetro AC	1314	6 %
Termómetro	1242	13 %
Amperímetro DC	1226	2 %
Frecuencímetro	1149	20 %
Osciloscopio	1134	22 %
Fuentes de voltaje DC	1020	8 %
Amperímetro AC	929	21 %
Voltímetro DC	807	24 %
Fuentes de voltaje AC	708	12 %
Ohmetros	667	26 %
Capacímetros	225	22 %
Vatímetros	149	21 %
Megger de tierra	112	41 %
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	38	37 %
Medidor de relación de vueltas de transformación 1 $\Phi$	23	61 %
Medidor de relación de vueltas de transformación 3 $\Phi$	8	0%



**Cuadro 12: Equipo analógico para industria**

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	INTERVALO DE CONFIANZA ( $\pm$ )
Termómetro	4833	15 %
Voltímetro AC	2130	6 %
Voltímetro DC	1510	17 %
Amperímetro AC	1369	23 %
Multímetros	1176	13 %
Medidores de energía trifásico	1048	10 %
Medidores de energía monofásico	970	10 %
Amperímetro DC	933	14 %
Frecuencímetro	387	36 %
Fuentes de voltaje DC	209	41 %
Ohmetros	181	44 %
Fuentes de voltaje AC	125	42 %
Megger de tierra	124	45 %
Vatímetros	123	44 %
Osciloscopio	77	60 %
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	47	79 %
Capacímetros	28	71 %

**Cuadro 13: Equipo digital para industria**

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	INTERVALO DE CONFIANZA ( $\pm$ )
Termómetro	5365	7 %
Multímetros	3345	17 %
Voltímetro AC	1967	28 %
Voltímetro DC	1870	29 %
Amperímetro AC	1836	26 %
Medidores de energía trifásico	1829	14 %
Amperímetro DC	1080	42 %
Fuentes de voltaje DC	1037	20 %
Frecuencímetro	768	20 %
Analizadores de energía	627	24 %
Fuentes de voltaje AC	589	21 %
Medidores de energía monofásico	570	29 %
Ohmetros	520	24 %
Capacímetros	397	31 %
Vatímetros	285	32 %
Megger de tierra	202	40 %
Osciloscopio	144	38 %
Medidor de relación de vueltas de transformación 1 $\Phi$	58	60 %

### 5.3 Obtención de un *status* porcentual de calibración

El status de calibración se refiere a la vigencia de certificados o viñetas de calibración, este análisis ha sido definido de la pregunta 7 de la encuesta realizada a las empresas, en la cual se pidió a estas presentar el porcentaje de equipo con certificado de calibración vigente (PECV), (ver anexo B); los totales fueron determinados de igual forma que se obtuvo el inventario de equipo.

El estatus de calibración de equipo se presenta en el cuadro 14.

**Cuadro 14: Cantidades de equipo con status de calibración Vigente.**

TIPO DE EQUIPO	Servicios		Industria	
	análogos	digitales	análogos	digitales
Voltímetro dc	350	195	107	133
Voltímetro ac	81	45	10	95
Amperímetro dc	70	47	184	97
Amperímetro ac	70	24	77	174
Capacímetros	6	2	0	0
Ohmetros	79	73	0	0
Multímetros	79	155	639	1398
Medidores de energía monofásico	13	339	0	48
Medidores de energía trifásico	6	339	0	183
Megger de tierra	21	7	0	97
Vatímetros	51	24	0	0
Osciloscopio	30	4	29	19
Frecuencímetro	6	14	10	29
Analizadores de energía	2	23	0	39
Termómetro	22	43	3596	2251
Fuentes de voltaje dc	83	13	10	291
Fuentes de voltaje ac	83	2	0	349
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	6	0	0	0
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0	0	58

## 5.4 Obtención de un inventario de facilidades de calibración

### Introducción:

Este apartado muestra la oferta del mercado de calibración disponible en el país, en otras palabras una investigación sobre los laboratorios de metrología eléctrica, así como el tipo específico de equipo al cual se le brinda este servicio.

El Salvador para la trazabilidad de los patrones del laboratorio de metrología legal utiliza el laboratorio del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), del cual es miembro activo. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) es el punto de contacto con el Sistema Interamericano de Metrología (SIM) organismo que actualmente es presidido por México.

Los laboratorios que proporcionan servicios de metrología eléctrica al interior del país actualmente son tres, de los cuales uno es de carácter nacional y los demás son de carácter privado; uno presta servicios públicos y el otro solamente para su empresa; además de los laboratorios mencionados hay uno en proceso de implementación.

Los laboratorios existentes más el que esta en proceso de de implementación son:

- Laboratorio de metrología legal (CONACYT).
- Laboratorio de metrología eléctrica (AEROMAN).
- Laboratorio de metrología y ensayo de materiales (UDB).
- Laboratorio de metrología eléctrica de ETESAL (en proceso de implementación).

Del análisis de los laboratorios que contestaron satisfactoriamente la encuesta (ver formato de encuesta en anexo G) la información obtenida de cada laboratorio son:

#### **5.4.1 Laboratorio nacional de metrología legal (CONACYT)**

El laboratorio Nacional de metrología legal, se encuentra ubicado al interior de la universidad de El Salvador (UES), tiene 9 años de funcionamiento y esta respaldado por las normas ISO 9001:2000 e ISO/IEC 17025, posee trazabilidad con el NIST de los Estados Unidos, con el CENAM (Centro Nacional de Metrología de México) y con Japón (fabricante de equipo).

Ofrece servicios en las áreas de:

- Masa
- Temperatura
- Volumen
- Presión
- Dimensional
- Energía Eléctrica

Este laboratorio cuenta con 4 profesionales para las diferentes áreas de servicio que presta, hay un ingeniero químico, un ingeniero civil, un ingeniero industrial y un ingeniero electricista. El área de metrología eléctrica es la mas nueva en este laboratorio y por lo tanto no esta muy bien desarrollada, en este sentido no se recibió mayor información sobre las calibraciones en esta área.

#### **5.4.2 Laboratorio de metrología de AEROMAN S.A.**

El laboratorio de metrología de AEROMAN se encuentra ubicado al interior de las instalaciones del aeropuerto internacional de El Salvador, en Comalapa sobre el acceso número 6. Tiene 7 años de operación, trabaja con las normas ANSI Z540 (Military Standard), y el manual del fabricante de equipo.

Este laboratorio ha sido acreditado bajo la norma ISO 17025 por la Federación Americana de Aviación (FAA).

Sus áreas de calibración son:

- Dimensional
- Masa y balanzas
- Presión
- Metrología eléctrica

La trazabilidad de este laboratorio es hacia NIST de estados unidos, El encargado del laboratorio es 1 técnico especializado en metrología.

Para el área de metrología eléctrica trabaja en calibraciones de voltaje, corriente, y resistencia, en los rangos que se muestran a continuación:

<b>Magnitud</b>	<b>Rangos de operación</b>			
Voltaje	mV – 1KV	DC	mV – 10KV	AC
Corriente	mA – 10A	DC	mA – 100A	AC
Resistencia	0 – 300 MΩ			

Entre los tipos genéricos de instrumentos de prueba a los que prestan servicios están:

Voltímetro	AC - DC (Digital)
Amperímetro	DC (Digital)
Ohmetros	(Digital)

La incerteza es medida en una relación de 0.025 % entre el equipo a calibrar y el equipo patrón el cual es un FLUKE 5500A/3. Los equipos calibrados son entregados con un certificado de calibración con vigencia de 6 meses.

El laboratorio trabaja bajo condiciones ambientales controladas, por ejemplo la temperatura se encuentra alrededor de los 20° C ± 5° C y con un 50% de humedad relativa ± 10 %.

#### **5.4.3 Laboratorio de metrología y ensayo de materiales (UDB)**

El laboratorio de metrología y ensayo de materiales se encuentra ubicado al interior de la Universidad Don Bosco (UDB) cuenta con 4 años de experiencia. En sus metodologías de trabajo utilizan las normas ASTM y los manuales de fabricante de los equipos; y la norma que respalda a su laboratorio es la ISO/IEC 17025.

Sus áreas fuertes de calibración son:

- Dimensional
- Masa y balanzas
- Volumetría
- Presión
- Temperatura
- Metrología eléctrica

Su trazabilidad para el área de masas y balanzas la poseen con el Deutscher Kalibrierdienst (DKD) de Alemania; para el área de temperatura y electricidad con el NIST; y para el área dimensional con el CENAM, cuenta con 5 profesionales para las distintas áreas de trabajo: 2 ingenieros mecánicos, 1 ingeniero industrial, 1 ingeniero agrónomo y 1 ingeniero químico. Para el área de metrología eléctrica trabajan en calibraciones de voltaje, corriente, resistencia, frecuencia, temperatura y capacitancia bajo los siguientes rangos de operación:

<b>Magnitud</b>	<b>Rangos de operación</b>	
Voltaje	$\mu\text{V} - \text{kV}$ DC	$\text{mV} - \text{kV}$ AC
Corriente	$\text{mA} - \text{kA}$ DC	$\text{mA} - \text{kA}$ AC
Resistencia	$\mu\Omega - \text{G}\Omega$	
Frecuencia	0 – 2MHz	
Temperatura	-600°C – 3000°C	
Capacitancia	100nf – 1mf	

La incertidumbre es medida en una relación de 4 partes por millón, mínima, el equipo que se utiliza para la mayoría de calibraciones es un FLUKE 5520. Al finalizar una calibración el certificado es extendido por un máximo de 1 año. El laboratorio trabaja bajo condiciones ambientales controladas bajo norma ASTM de temperatura, humedad relativa, iluminación, aislamiento al polvo, aislamiento a la vibración.

Los tipos genéricos de instrumentos de prueba a los que prestan servicios son:

Voltímetro	AC - DC (Digital / Analógico)
Amperímetro	AC - DC (Digital / Analógico)
Ohmetros	(Digital / Analógico)
Multímetros	(Digital / Analógico)
Vatímetros	(Digital / Analógico)
Fuentes de voltaje	AC - DC
Fuentes de Corriente	AC – DC
Osciloscopio (en baja frecuencia)	
Frecuencímetro (en baja frecuencia)	
Termómetro	
Barómetros	
Capacímetros	
Medición de relación de transformación	
Medición de humedad de aceite eléctrico	
Tenazas amperimétricas	
Medidores de ángulo de fase	
Medidores de Resistencia a tierra	
Puentes de capacitancia	

#### **5.4.4 Laboratorio de metrología ETESAL**

Este laboratorio se encuentra en proceso de implementación al momento de la investigación. Estará orientado a brindar calibración eléctrica al equipo disponible en el interior de la empresa ETESAL.

Las normas de respaldo serán: la ISO 9001 para certificación de calidad e ISO/IEC 17025 para acreditar el laboratorio; este laboratorio será trazable al NIST de los Estados Unidos por el patrón de calibración con el que ya cuenta.

Sus áreas calibración estarán orientadas a magnitudes de:

- Voltaje
- Corriente
- Potencia
- Resistencia

El tipo genérico de instrumentación de prueba a calibrar se presenta resumido a continuación:

Voltímetro	AC - DC (Digital / Analógico)
Amperímetro	AC - DC (Digital / Analógico)
Ohmetros	(Digital / Analógico)
Multímetros	(Digital / Analógico)
Vatímetros	(Digital / Analógico)
Fuentes de voltaje	AC - DC
Fuentes de Corriente	AC – DC
Osciloscopio (en baja frecuencia)	
Frecuencímetro (en baja frecuencia)	
Tenazas amperimétricas	

Trabaja con una incerteza con una relación de 4 partes por millón, el patrón a utilizar para las calibraciones será un FLUKE 5520 y sus certificados de calibración serán extendidos por un mínimo de 1 año.

En el anexo H se muestran los certificados de calibración que otorgan los laboratorios de la AEROMAN y UDB respectivamente, así como las hojas de datos obtenidas en la calibración de instrumentos.

## **5.5 Obtención de una muestra estadística de instrumentos para verificación futura**

Para el cálculo de la muestra se utilizan las fórmulas del muestreo estratificado igual al usado en la sección 3.3 de este documento.



Para una mayor facilidad y comprensión en los cálculos, se tienen cuatro poblaciones individuales, las cuales son:

1. Equipo analógico en sector servicios.
2. Equipo digital en sector servicios.
3. Equipo analógico en sector industria.
4. Equipo digital en sector industria.

Cada población esta formada por todos los equipos de prueba y medición que se espera se encuentren con estatus de calibración vigente.

#### **5.5.1 Estratificación de la muestra**

Cada una de las poblaciones definidas servicios e industria, esta estratificada por cada uno de los equipos que se espera están calibrados, (los cuales se muestran en el cuadro 14, tanto para industria como para comercio), es decir, por ejemplo para el equipo análogo de la industria, termómetros es el primer estrato, Multímetros el segundo, amperímetros de DC. es el tercero, etc.

#### **5.5.2 Determinación del tamaño de la muestra**

Utilizando la ecuación 1 procedemos a obtener el tamaño de la muestra según el método de muestreo estratificado (ver ecuación 1 en sección 3.3, Pág. 43 de este documento).

#### **5.5.3 Cálculo para las poblaciones**

Un resumen del cálculo de la muestra de equipo analógico y digital para verificación futura en el sector servicios se presenta en los cuadros 15 y 16 respectivamente, así mismo se presenta un esquema igual para el sector industria en los cuadros 17 y 18.

**Cuadro 15: Muestra estadística de equipo análogo para verificación futura.**

<b>CALCULO DE LA MUESTRA DE EQUIPO ANALOGO EN SECTOR SERVICIOS</b>		
<b>EQUIPO (estratos)</b>	<b>tamaño de estrato (Ni)</b>	<b>equipos por estratos (Ni)</b>
Voltímetro dc	350	30
Fuentes de voltaje dc	83	7
Fuentes de voltaje ac	83	7
Voltímetro ac	81	7
Ohmetros	79	7
Multímetros	79	7
Amperímetro dc	70	6
Amperímetro ac	70	6
Vatímetros	51	4
Osciloscopio	30	3
Termómetro	22	2
Megger de tierra	21	2
Medidores de energía monofásico	13	1
Medidores de energía trifásico	6	1
Capacímetros	6	1
Frecuencímetro	6	1
Medidor de resistencia dieléctrica de	6	1
Analizadores de energia	2	0
<b>universo</b>		<b>1058</b>
<b>tamaño de la muestra</b>		<b>93</b>

**Cuadro 16: Muestra estadística de equipo digital para verificación futura.**

CALCULO DE LA MUESTRA DE EQUIPO DIGITAL EN SECTOR SERVICIOS		
EQUIPO (estratos)	tamaño de estrato (Ni)	equipos por estratos (Ni)
Termómetro	43	3
Amperímetro ac	24	2
Medidores de energía monofásico	339	23
Voltímetro ac	45	3
Voltímetro dc	195	13
Multímetros	155	10
Medidores de energía trifásico	339	23
Osciloscopio	4	0
Ohmetros	73	5
Analizadores de energia	23	2
Megger de tierra	7	0
Fuentes de voltaje dc	13	1
Capacímetros	2	0
Vatímetros	24	2
Frecuencímetro	14	1
Amperímetro dc	47	3
Fuentes de voltaje ac	2	0
<b>universo</b>		<b>1349</b>
<b>tamaño de la muestra</b>		<b>91</b>

**Cuadro 17: Muestra estadística de equipo análogo para verificación futura.**

CALCULO DE LA MUESTRA DE EQUIPO ANALOGO EN SECTOR INDUSTRIA		
EQUIPO (estratos)	tamaño de estrato (Ni)	equipos por estratos (Ni)
Termómetro	3596	73
Multímetros	639	13
Amperímetro dc	184	4
Voltímetro dc	107	2
Amperímetro ac	77	2
Osciloscopio	29	1
Voltímetro ac	10	0
Frecuencímetro	10	0
Fuentes de voltaje dc	10	0
<b>Universo</b>		<b>4661</b>
<b>Tamaño de la muestra</b>		<b>95</b>

**Cuadro 18: Muestra estadística de equipo digital para verificación futura.**

CALCULO DE LA MUESTRA DE EQUIPO DIGITAL EN SECTOR INDUSTRIA		
EQUIPO (estratos)	tamaño de estrato (Ni)	equipos por estratos (Ni)
Termómetro	2251	41
Multímetros	1398	25
Fuentes de voltaje ac	349	6
Fuentes de voltaje dc	291	5
Medidores de energía trifásico	183	3
Amperímetro ac	174	3
Voltímetro dc	133	2
Amperímetro dc	97	2
Megger de tierra	97	2
Voltímetro ac	95	2
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	58	1
Medidores de energía monofásico	48	1
Analizadores de energía	39	1
Frecuencímetro	29	1
Osciloscopio	19	0
<b>universo</b>		<b>5262</b>
<b>tamaño de la muestra</b>		<b>95</b>

## 5.6 Implementación de un laboratorio

- Según la base de datos de CONACYT no existe en el país ningún laboratorio acreditado en metrología eléctrica.
- Los laboratorios existentes, cumplen con los requerimientos mínimos de condiciones ambientales controladas.
- Los laboratorios especializados en calibraciones eléctricas existentes, no se encuentran ubicados en zonas céntricas y/o accesibles a sus potenciales clientes.
- Existe muy poco conocimiento sobre la existencia de los laboratorios de calibraciones.
- Los laboratorios existentes no ofrecen el servicio de calibración *in situ*.
- No existe en el país ningún laboratorio que tenga la capacidad de calibrar patrones, razón por la cual cada laboratorio de calibración tiene temporadas

bajas, durante el periodo en que su patrón sale del país para ser recalibrado.

Por tanto se recomienda la creación de un laboratorio capaz de satisfacer estas necesidades, se sugiere que este sea de carácter secundario, que a la vez posea la capacidad de prestar servicios móviles, y que esté acreditado para cumplir dichos servicios.

#### **5.6.1 Requisitos mínimos que debe de poseer un futuro laboratorio**

1. Orientación preferida NORTE para evitar la exposición directa al sol de los equipos, con una sólida construcción preferiblemente con columnas y vigas de concreto. Los segundos pisos y los sótanos deben tratar de evitarse debido a un posible movimiento estructural y a la dificultad de lograr aislamiento vibratorio. El cielo deberá estar formado de manera que pueda prever cualquier movimiento o pérdida de aire e impedir la entrada de polvo. Las paredes deben de contar con barreras contra la humedad y deben de ser preferiblemente de color azul claro para facilitar la visibilidad del metrólogo.
2. Las ventanas deben de contar con entrada de sol, que permitan únicamente la entrada de luz y no de aire, esto para evitar el polvo. La distribución de aire a través del local debe de ser diseñada para prever una buena circulación del mismo en todas las partes del laboratorio de manera que se prevenga la estratificación de aire y se puedan minimizar los gradientes de temperatura entre el suelo y el cielo del local.
3. Debe poseer además, un sistema de control ambiental diseñado a los aparatos que se encuentren en su interior, pero capaz de evitar oscilaciones importantes de temperatura. Si el laboratorio cuenta con aparatos muy sensibles a los cambios de temperatura, esta se debe de mantener en los 23° C con un cambio no mayor de 0.6° C por hora. En el caso de que los equipos sean menos sensibles a dichos cambios se puede permitir una variación de  $\pm 5^\circ$  C y una humedad relativa en  $45 \pm 10\%$ . De ser posible se recomienda utilizar AIRE ACONDICIONADO FRIO/CALOR.

4. Con el fin de lograr requerimientos mínimos eléctricos se recomienda tener una alimentación de 120/240 V AC, a 60 Hz. Con tomas para aparatos de medición que cuenten con un equipo de regulación de voltaje que los mantenga en un rango de 0.5 % de su valor nominal, y la constante de tiempo del regulador no exceda los 3 segundos. Se requiere además un buen sistema de tierras físicas, para asegurar la integridad de las mediciones y para proveer el camino de descarga para corrientes eléctricas de corta duración debidas a rayos y a otros fenómenos.
5. La iluminación en el laboratorio deberá ser fluorescente con una intensidad luminosa entre los 500 y 600 lux a nivel de los escritorios o mesas de trabajo a lo largo del área a utilizar.
6. Debe haber además ausencia de campos magnéticos para ello será necesario un adecuado blindaje para reducir la fuerza promedio del campo electromagnético a menos de 10  $\mu\text{V}/\text{m}$ . El blindaje debe darse en los cables, instrumentos y en la misma habitación.

Al menos se necesita un pequeño local con los requisitos antes definidos, para poder guardar los equipos y para realizar las calibraciones internas si las hubiere. Una vez construido el laboratorio que cumpla con los anteriores requerimientos se recomienda que se realice su proceso de acreditación para que cuente con una sólida base no solo física sino también con un respaldo que le brinde competencia a niveles nacionales e internacionales. Este proceso de acreditación es decisión de la dirección de cada laboratorio y por lo tanto es ***de carácter voluntario y el CONACYT no puede obligar a ningún laboratorio a acreditarse.*** ( en el anexo I se presentan los requisitos que pide el CONACYT para la acreditación), Sin embargo es importante que los laboratorios se acrediten, ya que la globalización e interdependencia de los mercados exige cada vez mayor calidad en los productos, lo que conlleva paralelamente a exigir más competencia a los laboratorios. Todo esto da lugar a que los laboratorios traten de cumplir un programa total de normas y procedimientos que aseguren de manera continua que los servicios, productos o resultados finales sean confiables, pertinentes y oportunos. Dicha confiabilidad se

adquiere cuando el organismo cuenta con un control de calidad, el cual se aplica durante la ejecución de cada prueba con el fin de asegurar los resultados a obtener.

La norma utilizada para la acreditación de laboratorios es la ISO/IEC 17025 aprobada a finales de 1999 (requisitos para laboratorios de calibración y prueba / ver anexo I). Esta norma sustituye a las anteriores guías técnicas ISO Guide 25 (internacional) y EN ISO 45001 (Europa). En El Salvador la norma se llama: **NSR-ISO/IEC 17025:2002**.

### **5.6.2 Beneficios de la acreditación**

Algunos de los beneficios que se obtienen al acreditar un laboratorio se listan a continuación:

- Aval de la competencia técnica
- Confiabilidad
- Desbloqueo del comercio internacional
- Apertura de nuevos mercados
- Reconocimiento nacional e internacional

Después de conocer los requisitos mínimos que debe cumplir un laboratorio podemos contestar las siguientes interrogantes:

### **¿Que equipos se pueden calibrar dentro de un laboratorio?**

En principio todos los equipos para los que el laboratorio:

- Disponga de los patrones adecuados.
- Disponga de los protocolos de calibración, medios técnicos y humanos adecuados.
- Se garantice la compatibilidad de los requisitos de las medidas realizadas con estos equipos y con los resultados de la calibración
- Los patrones utilizados en las calibraciones internas habrán de calibrarse externamente.

La calibración de un instrumento permite determinar su incertidumbre y valor fundamental, dentro de un sistema de calidad, para la agrupación de los instrumentos en categorías metrológicas para su posterior utilización. El resultado de una calibración es lo que se recoge en el certificado de calibración.

***El certificado de calibración es un certificado con trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, incluye datos de los resultados de la calibración y es emitido por un laboratorio de la red de laboratorios con acreditación (ver ejemplos en el anexo J).***

### **¿Que ha de contener un certificado de calibración?**

El contenido mínimo de un certificado de calibración es:

- Identificación del equipo calibrado.
- Identificación de los patrones utilizados y garantía de su trazabilidad.
- Referencia al procedimiento o instrucción de calibración utilizado.
- Condiciones ambientales durante la calibración.
- Resultados de la calibración.
- Incertidumbre asociada a la medida.
- Fecha de calibración.
- Firma (o equivalente) del responsable de la calibración.

Aparte de lo anteriormente detallado, ha de contener cualquier otro requisito especificado por el cliente en el contrato o pedido.



## CONCLUSIONES

Después de investigar los requerimientos de calibración en DC y baja frecuencia en la industria y el comercio (servicios) en El Salvador se concluye lo siguiente:

- En el sector servicios, la versatilidad y el carácter multipropósito de los multímetros análogos y digitales, hacen de este el instrumento de medición de mayor uso y por ende el que se encuentra en mayor cantidad en El Salvador. Por otra parte, equipos análogos especializado tales como: analizadores de energía, medidores de resistencia dieléctrica de aceite, medidores de relación de vueltas de transformación monofásica y trifásica no son utilizados por este sector.
- En el caso del sector industria, los equipos de mayor utilización son los de medición de voltaje AC y DC, corriente AC y DC, por el tipo de alimentación del que se dispone. Sin embargo se encontraron a su vez, medidores de temperatura y en una escala inferior, medidores de frecuencia, debido a que a las empresas les interesa controlar las magnitudes que afecten sus procesos productivos y las que reflejen un beneficio económico al controlarlas.
- Los medidores de energía monofásicos y trifásicos encontrados en la industria y el comercio en su mayoría son utilizados como equipos de comparación con los de las distribuidoras de energía con el objeto de verificar el cobro exacto de la energía que reciben, por lo que se hace necesaria la calibración de estos dispositivos.
- Se evidencia que existe una necesidad de calibración no únicamente para las 5 magnitudes eléctricas básicas como son el voltaje AC/DC, la corriente

AC/DC y resistencia, sino también para las magnitudes de temperatura, frecuencia y energía en este orden de importancia.

- Los equipos e instrumentos de medición eléctrica deben ser calibrados periódicamente por laboratorios especializados de preferencia en la misma región o país para asegurar su operatividad adecuada con relación a los parámetros con los que éstos fueron diseñados, con el fin de asegurar la calidad en la totalidad de las mediciones y por ende la exactitud de los procesos ejecutados en la industria.
- Los certificados de calibración no tienen un periodo de expiración definido, y la duración de este depende de factores tales como: contratos, normas, licencias de operación, etc.; sin embargo en el país se encontró que el periodo de calibración más usado es el de 6 meses a 1 año.
- Se encontró que la instrumentación electrónica que es sujeto de calibración, esta ligada directamente con la línea de producción. Por otra parte en el área de mantenimiento solo calibran las empresas que prestan servicios especializados de mantenimiento a equipos que requieren de exactitud en sus medidas.
- A pesar que algunas empresas expresaron no calibrar sus equipos en el área eléctrica, debido a varios factores que al final derivan todos a ser razones de carácter económico, tales como el retraso en producción, alto costo, etc., la mayor parte se mostró interesada en que haya un desarrollo mas eficiente de la metrología en el país, ya que han comenzado a darse cuenta de la importancia de esta, sobre todo cuando se trata de hacer negocios con empresas extranjeras, puesto que algunas exigen como requisito la calibración.

- Existe una buena disposición por parte de las empresas en implementar planes en los cuales se tome en cuenta la calibración de instrumentación electrónica tal como puede verse en el análisis de la encuesta donde más del 50% respondió positivamente a esta pregunta en ambos sectores, por lo que debe aprovecharse esta disposición para el fomento de una verdadera cultura de metrología eléctrica.
- En El Salvador en la actualidad, muy pocas empresas cuentan con laboratorios propios de calibración eléctrica y quienes lo poseen solo tienen ese servicio para uso interno. Adicionalmente como lo demuestra este documento, existen empresas que se dedican a la prestación de servicios en este sector, pero no todas ofrecen la confianza necesaria de las pruebas realizadas. (certificados de calibración). Además ninguno de los laboratorios existentes posee acreditación con el ente regulador de metrología en el país. (CONACYT)
- Las instituciones estatales de investigación han dado poca importancia a la metrología eléctrica en el país como parte esencial de programas de control de calidad, lo cual se pone en evidencia en el poco conocimiento de los sectores industria y servicios de los conceptos sobre el área metrológica, así como procedimientos y técnicas de medición adecuados, todo ello debido a la ausencia de normativas que establezcan requerimientos sobre técnicas de calibración de instrumentación eléctrica.
- En El Salvador, la metrología eléctrica aun se encuentra en un bajo estado de desarrollo, esto se debe a la poca difusión de su importancia, lo que desencadena en pocos conocimientos de ésta en el país, y a los escasos recursos existentes tanto económicos como técnicos, todo ello aunado al bajo perfil que las universidades le han dado al tema de metrología, lo que provoca falta de recurso humano especializado en esta importante área en vías de desarrollo.

## OBSERVACIONES

- ▶ En el país existe un porcentaje mínimo de empresas que se encuentran informadas sobre la importancia de la metrología eléctrica, de las cuales se observaron opiniones diversas que se pueden tipificar en tres casos distintos como a continuación se detallan:
  - Un gran porcentaje de las empresas aunque no lo expreso en la encuesta, al ser entrevistados, dijo preferir comprar equipo nuevo en lugar de calibrar el ya existente, pues este incluye un certificado de garantía del producto el cual es erróneamente confundido con el certificado de calibración que de hecho en algunos casos, incluye la trazabilidad, esto debido a factores como la ausencia de información sobre metrología eléctrica. Por otra parte resulta “menos costoso” económicamente hablando, comprar un equipo nuevo, que enviar a calibrar el antiguo; además de que las calibraciones en forma periódica resultan incómodas por implicarles sacar sus equipos de las empresas y probablemente hasta del país.
  - Otro porcentaje del sector entrevistado, expreso que su forma de “calibrar el equipo” es realizar verificaciones del este, comparándolo con uno “nuevo”, y luego de ello realizar los ajustes necesarios en caso de que los hubiera (concepto erróneo pues se está utilizando un equipo de igual precisión y exactitud como patrón).
  - Para el porcentaje mínimo de empresas que calibran sus equipos la gran mayoría expreso que las calibraciones acá en el país no les parecen lo suficientemente confiables puesto que los laboratorios de calibración no están acreditados, por lo que buscan un mayor

respaldo sobre sus calibraciones, ello les implica mover sus equipos a laboratorios acreditados en el extranjero lo cual les genera mayores gastos y retrasos en la producción. Del sector industrial que sí especifico sus respuestas, contestaron recurrir a laboratorio situados en la republicas vecinas de México y Costa Rica, así como a los laboratorios de los fabricantes de equipos o a los laboratorios ubicados en los Estados Unidos, de hecho la trazabilidad de los patrones empleados en todas las opciones de laboratorio antes mencionados se remontan a laboratorios de los Estados Unidos.

- Se observó que uno de los factores por el cual algunas empresas no calibran, es el económico. En el sector industrial puede decirse que están mas interesados en la relación de beneficio/costo que en el prestigio de la empresa; mientras que en el sector servicios el problema es mas que todo por falta de presupuesto en el área publica (educación y salud), mientras que los servicios privados tales como comunicaciones y electricidad la situación es la misma que en la industria.
- ▲ En la industria, se han encontrado equipos especializados con tecnologías novedosas de diseño de aparatos de medida y calibración de sistemas industriales; lo que implica procedimientos ya no únicamente para cierto equipo de medición y de forma mecánica, sino que es posible efectuarlo ejecutando un programa de computadora que se encarga de la calibración adecuada de los instrumentos haciendo uso de una interfaz electrónica.
- El conocimiento de la norma ISO 9001 implica tener claro que ella se encarga de verificar que la elaboración del producto certificado sea de la mejor calidad posible y no de la verificación de calibraciones en las diferentes áreas de la metrología; puesto que da libertad a las empresas de que ellas mismas sean las que dictaminen los procesos sobre los cuales se realizarán calibraciones de equipos. Cuando una empresa se certifica con

ISO, esta define un plan de calibración y solo es obligatorio para ella calibrar lo que se haya especificado en el plan y que de acuerdo a la empresa misma es lo que interviene en su proceso de producción. Por lo que al no existir una ley que obligue la implantación de normativas para el control de la calidad, algunas empresas tienen desconfianza sobre la norma ISO por considerarla como algo que no va más allá de una moda empresarial.

- La norma ISO es un buen lineamiento para establecer la calidad en un producto, sin embargo en lo que ha calibración se refiere deja vacíos, ya que por ejemplo, en las normas de control de calidad, no existe una cláusula de recalibración de equipo que defina un periodo de vigencia en los certificados y las empresas están en libertad de ser ellas mismas quienes definen este periodo en base a su conveniencia y la única restricción es que no sobrepase al periodo de la próxima auditoria que tampoco tiene un periodo definido.

## RECOMENDACIONES

- ▶ La mayor parte de empresas que poseen certificación ISO 9001, cuentan entre su personal con un metrólogo para la calibración de sus equipos, sin embargo, a pesar de calibrar equipo de instrumentación electrónica, por lo general, éste es un profesional para el área dimensional y/o pesos y en muy raras ocasiones es un profesional en metrología eléctrica, esto se debe al bajo número de personal especializado en esta área; por lo que se recomienda exhortar a las universidades a dotar de recursos a las carreras de ingeniería para una mejor formación de profesionales especialistas en metrología.
  
- A pesar de que en el país, existen empresas que calibran equipos del área eléctrica el porcentaje no es suficiente para decir que la metrología se ha desarrollado en el país, puesto que, generalmente las empresas se interesan más por las relaciones beneficio/costo que por el prestigio que ellas mismas puedan poseer; por tanto se recomienda promover un plan de divulgación sobre la importancia de la metrología y de ser posible la creación de una ley de calibraciones por medio de CONACYT, en la que se incluyan entre otros aspectos:
  - La importancia del uso y aplicación de los conceptos sobre el área eléctrica.
  - La importancia de las empresas de poseer un plan sistemático de verificación, calibración y certificación de sus instrumentos de medición.
  
- Se recomienda la creación de un laboratorio secundario que de preferencia:
  - Se encuentre ubicado en una zona de fácil acceso,
  - Que sea capaz de ofrecer el servicio de calibraciones a precios módicos y con una pronta entrega.

- Que brinde la asesoría necesaria sobre calibración además de ofrecer el servicio de acreditación de personal en el área de metrología.
  - Se debe de considerar también que algunas empresas poseen patrones de calibración de magnitudes como presión, corriente de baja intensidad, voltaje AC/DC, corriente AC/DC, temperatura, frecuencia, resistencia, energía, analizadores de procesos, multicalibradores, y cosenofímetros entre otros, por lo que los nuevos patrones adquiridos deberán contemplar la calibración de los patrones mencionados y poseer una incertidumbre entre el equipo a calibrar y el que actúa como patrón, con una relación mínima de 1:10 para un laboratorio secundario.
- Un aspecto importante detectado en las entrevistas es que las empresas están interesadas en capacitar a su personal en materia de calibración tal como lo expresaron en la encuesta realizada, motivo por el cual se recomienda que el personal disponible para el laboratorio tenga la capacidad suficiente para asesorar a las empresas sobre todo lo que tenga que ver con calibración.
- Se debe considerar además que actualmente en nuestro país aunque la calibración de equipo es bastante necesaria, las empresas lo hacen con el equipo que esta directamente dentro de los procesos productivos, sobre todo para el sector industrial, y una buena parte de este sector que fue entrevistado expreso que muchos de sus equipos son controlados por medio de PLC los cuales poseen su propia referencia puesto que son equipos auto ajustables. Cada panel posee sus propios controles de voltaje y corriente, por lo que deben tomarse las medidas necesarias para calibrar dichos equipos, por lo que se recomienda la calibración in situ.



## BIBLIOGRAFÍA

### Libros de texto:

- CALIBRATION: philosophy in practice  
Second Edition.  
FLUKE
  
- TÉCNICAS DE MUESTREO  
Cochran, William G.  
1ª Edición, CESCA, 1974
  
- CURSO DE MUESTREO Y APLICACIONES  
Azorin Poch, Francisco  
1ª Edición, Editorial Aguilar S.A., 1972
  
- COMO HACER UNA TESIS DE GRADUACIÓN CON TÉCNICAS  
ESTADISTAS.  
Bonilla, Gildaberto  
4ª Edición, Editorial UCA Editores, 2000
  
- METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN  
Hernández Sampieri, Roberto  
2ª Edición, Mc Graw-Hill, 1999
  
- DICCIONARIO DE LAS CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS.  
Brand, Salvador Osvaldo  
1ª Edición, Impresora Salvadoreña, 1978
  
- ELEMENTOS DE MUESTREO  
Scheafer Richard L. – Mendenhall William  
Grupo Editorial Ibero América

1ª Edición, 1986

➤ PRINCIPIOS GENERALES DE ECONOMÍA

Dornbusch, Rudiger - Fischer Stanley

1ª Edición, Mc Graw-Hill, 1998

**Tesis:**

➤ Factibilidad técnica-económica de producir en El salvador equipo Industrial de instrumentación y control eléctrico.

López Aragón, Oscar Rene

Febrero de 1989

➤ Posibilidad de desarrollo y aplicación de la metrologia eléctrica en Guatemala

Rodríguez Rodas, Brenda Karina

Guatemala, Mayo de 1996

➤ Diagnostico del mercado Laboral del Ingeniero Químico en El Salvador

Avalos Aguirre, Sandra Verónica

UES-2002

➤ Diagnostico del mercado Laboral de El salvador, para los profesionales en informática

Alberto Rodas, Nestor Elias.

UES-2002

**Normas:**

➤ Standard for Use of the International System of Units (SI):

The Modern Metric System

IEEE/ASTM SI 10-1997

(Revision and redesignation of ANSI/IEEE std 268-1992 and ASTM E 380-93)

- ▶ General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

INTERNATIONAL STANDARD ISO/IEC 17025

First edition

1999-12-15

### **Revistas especializadas:**

- Directorio industrial ASI 2003
- Anuario estadístico 2002  
Ministerio de economía  
DIGESTYC, Diciembre 2002.
- Censos Nacionales: VI Censos Económicos 1993 El Salvador  
Tomos de I a VI  
Ministerio de economía  
DIGESTYC, Julio 1996
- Revistas Trimestral Octubre-Noviembre-Diciembre 20003  
Banco Central de Reserva, San Salvador, 2004
- Directorio Comercial e Industrial 1997  
Cámara de Comercio e Industria de El Salvador.
- Códigos Geográficos CIIU y Formularios  
Ministerio de Economía  
DIGESTYC, 2004
- Directorio Escolar año 2003  
Ministerio de Educación

- Datos Absolutos de Instituciones de Educación Superior  
Dirección de Educación Superior  
Ministerio de Educación

#### **Paginas de Internet:**

- [www.asder.com.sv](http://www.asder.com.sv)
- [www.siget.gob.sv](http://www.siget.gob.sv)
- [www.fluke.com](http://www.fluke.com)
- [www.sim.org.br](http://www.sim.org.br)
- [www.digestyc.org.sv](http://www.digestyc.org.sv)
- <http://usuarios.lycos.es/gescalweb>
- [www.lablaa.org/ayudadetareas/economia/econo45.htm](http://www.lablaa.org/ayudadetareas/economia/econo45.htm)
- [www.eumed.net/corsecun/dic/p.html](http://www.eumed.net/corsecun/dic/p.html)
- <http://www.geocities.com/calibro2000/metrolog.htm>
- [www.cenam.com](http://www.cenam.com)
- <http://www.geotipolis.com/recursos/documentos/archivodocs/calis.htm>
- <http://www.iso.org1en/aboutiso/isomembers/MemberDetails/page.htm>
- [www.omnex.com/standards/iso17025/index.html](http://www.omnex.com/standards/iso17025/index.html)
- [www.microserve.net/~iso25/](http://www.microserve.net/~iso25/)
- [www.orgalab.de/orga\\_lab\\_online/index.html](http://www.orgalab.de/orga_lab_online/index.html)
- [www.guametec.com/ISONews.html](http://www.guametec.com/ISONews.html)
  
- **Seminario-Taller Nacional: “Sistema de Gestión de la Calidad en Laboratorios Analíticos”**  
Ing. Olga Otegui Pintos  
Dirección Nacional de Tecnología Nuclear del Uruguay  
19- 23 julio 2004  
El Salvador

## GLOSARIO

**Ajuste:** Operación que permite modificar las lecturas de un instrumento generalmente realizada para mejorar su corrección de calibración. El ajuste (o reparación) puede afectar a toda la cadena de medición siendo el más característico el ajuste del origen (cero) y la pendiente o ganancia. *Tras cualquier ajuste debe calibrarse el equipo.* **Nota:** En el lenguaje popular a veces se designa como calibración, el ajuste del instrumento. (Debe evitarse esta acepción).

**Calibración:** comparación con un patrón o instrumento de medida de conocida exactitud con otro patrón o instrumento para detectar, correlacionar, reportar o eliminar por medio de ajustes cualquier variación en la exactitud del instrumento que ha sido comparado.

**Calibración:** Es un proceso experimental de medición de patrones, que permite conocer la incertidumbre del equipo a partir de la incertidumbre de dichos patrones, la repetición de medidas y otros elementos relevantes. A veces, permite conocer la corrección a aplicar a las medidas.

El resultado de la calibración puede ser la definición de una incertidumbre global para todo el rango de medida, acompañada a veces de una corrección de calibración. La sistemática a utilizar se puede documentar en un **método, procedimiento o proceso** de calibración, específico de un equipo o familia de equipos.

**Campo de medida:** Es el intervalo de valores que puede tomar la magnitud a medir con un equipo de medida, de manera que el error de medida, operando dentro de sus condiciones de empleo, sea menor que el máximo especificado para el mismo.

**Certificado de calibración:** comunicado que especifica la integridad de calibración de cada una de las piezas del equipo calibrado. Es proporcionado por los fabricantes de los instrumentos o por los laboratorios de calibración.

**Exactitud de medición:** Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero (o real) de lo medido (el mensurando).

**Calidad:** Según ISO, la calidad se define con la totalidad de rasgos y características de un producto, proceso o servicio que inciden en su capacidad de satisfacer necesidades reguladas e implícitas.

**Corriente Directa:** (CD) o corriente continua (CC) es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM).

**Incertidumbre:** Es un valor que permite acotar los errores de medida. La incertidumbre es el intervalo en el que se encuentra, con una elevada probabilidad, el valor convencionalmente verdadero de la medida. Debe redondearse al valor del mesurando para que no supere dicho orden de magnitud. La incertidumbre misma se redondea siempre por exceso (excepto 5%).

La incertidumbre puede ser de dos tipos, según nuestro método de conocimiento de la misma:

**TIPO A-** Determinación experimental (p. ejem. por calibración) y procesado estadístico correspondiente.

**TIPO B-** Sin determinación experimental (p. ejem. a través de especificaciones).

**Instrumento de medición:** dispositivo destinado a ser utilizado para hacer mediciones solo o en conjunto con dispositivos complementarios.

**Magnitud:** atributo de un fenómeno, de un cuerpo o de una sustancia, que es susceptible de distinguirse cualitativamente y de determinarse cuantitativamente.

**Magnitud base:** una de las magnitudes que, en un sistema de magnitudes, se admiten por convención como funcionalmente independientes unas de otras.

**Magnitud derivada:** una magnitud definida, dentro de un sistema de magnitudes, en función de las magnitudes de base de dicho sistema.

**Medición:** conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar el valor de una magnitud.

**Medición del error:** esta definido como la diferencia entre el resultado de la medición y el valor verdadero de la cantidad medida.

**Metrología:** ciencia de la medición, que incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con la mediciones, cualquiera que sea su incertidumbre y en cualquier campo de la ciencia y tecnología que ocurran.

**Muestra:** una parte de la población o un sub conjunto de un conjunto de unidades obtenidas con el fin de investigar las propiedades de la población o conjunto de procedencia.

**Muestreo** el procedimiento mediante el cual se obtiene una o mas muestras.

**Norma:** es una especificación técnica u otro documento a disposición del publico, 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.

**Norma:** Una norma es por definición un "documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que provee, para el uso común y repetitivo, reglas, directrices o características para actividades o, sus resultados dirigido a alcanzar el nivel óptimo de orden en un concepto dado" [ISO/IEC Guía 2:1996]

**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 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.

**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 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.

**Población o universo:** cualquier población finita o infinita de individuos o elementos.



**Producción Bruta (PB):** es el valor de mercado de todos los bienes y servicios durante un periodo contable, incluyendo los trabajos en curso y los productos para su utilización por cuenta propia; es decir que  $PB = PIB + PI$ , en donde PIB es el producto interno bruto y PI es la producción intermedia.

**Producto Interno Bruto (PIB):** es el valor total de los bienes y servicios producidos en un país durante un cierto periodo de tiempo (generalmente un año); es decir, el total de lo que se produce con los recursos que se han utilizado en la economía, valorando cada bien final o servicio al precio que se maneja comúnmente en el mercado.

**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):** una magnitud particular, definida y adoptada por convención, con la cual se comparan las otras magnitudes de igual naturaleza para expresarlas cuantitativamente en relación a dicha magnitud.

**Unidad (de medida) de base** unidad de medida de una magnitud de base en un sistema dado de magnitudes.

**Valor (de una magnitud):** expresión cuantitativa de una magnitud en particular, generalmente bajo la forma de una unidad de medida multiplicada por un número.

**Verificación:** Es un proceso experimental de medición que no determina la incertidumbre del equipo pero permite asegurar que ésta no es superior a la incertidumbre dada. La verificación es más sencilla, pero aporta menos información que la calibración.

# ANEXOS

## ANEXO A

### EMPRESAS CON CERTIFICACIÓN ISO 9001-2000



EMPRESAS SALVADOREÑAS CERTIFICADAS ISO 9000, ISO 9001 E ISO 14000*			
No.	EMPRESA	EMPRESA CERTIFICADORA	FECHA EMISIÓN
1	ACAVISA DE C.V.	AENOR	18/06/03
2	ACP INTERNACIONAL S.A. DE C.V.	AENOR	7/01/03
3	AEROMANTENIMIENTO S.A.		
4	AMANCO EL SALVADOR, S.A. * Posee certificaciones de ISO 14000, 18000 y 9001 falta confirmar fechas	INTECO - AENOR	
5	ATENTO CENTROAMÉRICA, S.A.	AENOR	15/12/02
6	AVX INDUSTRIES	BSI	
7	CAJAS PLEGADIZAS, S.A. DE C.V.	ICONTEC (Colombia)	27/03/2003
8	CAJAS Y BOLSAS, S.A.	ICONTEC (Colombia)	25/03/2003
9	CARTONERA CENTROAMERICANA, S.A. DE C.V.	ICONTEC (Colombia)	22/10/2003
10	CETRÓN, S.A. *	ICONTEC (Colombia)	07/2003
11	COLEGIO MÉDICO DE EL SALVADOR, COMÉDICA, R.L.	AENOR-INTECO	15/12/2003
12	COMELSA	ICONTEC	23/03/2003
13	COMISIÓN EJECUTIVA HIDROELÉCTRICA DEL RÍO LEMPA (CEL) Contacto: Carolina de Peña, Analista de Calidad, tel. 211-6053, fax 211-6084, email <a href="mailto:carolina_de_pena@cel.gob.sv">carolina_de_pena@cel.gob.sv</a>	ACP INTERNACIONAL (asesora) AENOR DE ESPAÑA (CERTIFICADORA)	17/06/2003
14	CONACYT	Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. (IMNC)	25/10/2003
15	CONSTRUCTURA D.L., S.A.	SGS United Kingdom Ltd	22/10/2003
16	CREDOMATIC	LOIS	11/2002
17	DHL	BUROVERITAS INTERNACIONAL	11/1999
18	EMPRESA TRANSMISORA DE EL SALVADOR, S.A. DE C.V.	AENOR	15/01/2002
19	GEVESA	ARAGON VALENCIA Y ASOCIADOS (ES), EAQA (EEUU)	10/2002
20	HARISA S.A. DE C.V.	AENOR Internacional (España)	18/06/2003

21	IGSAL, UNA DIVISIÓN DE SIGMA, S.A.	SGS Systems & Services Certification (Panamá)	09/2002
22	IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS CENTROAMERICANOS, S.A. DE C.V. (IMACASA)	BUROVERITAS INTERNACIONAL	27/06/2001
23	INGENIO LA CABANA, S.A. DE C.V.	ICONTEC -COLOMBIA	19/03/2003
24	INSTITUTO SALVADOREÑO PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA NIÑEZ Y LA ADOLESCENCIA	LATU SISTEMAS - URUGUAY	16/02/2004
25	KONTEÍN	SGS TECNOS	10/06/2003
26	LA CONSTANCIA, S.A.		
28	MELHER S.A. DE C.V.	ICONTEC	25/03/2003
29	MINISTERIO DE HACIENDA DE EL SALVADOR:	AENOR Internacional (España)	
	DIRECCIÓN GENERAL DE IMPUESTOS INTERNOS		26/02/1999
	DIRECCIÓN GENERAL DE LA RENTA DE ADUANAS		26/02/1999
	TRIBUNAL DE APELACIONES DE LOS IMPUESTOS INTERNOS		26/02/1999
	DIRECCIÓN GENERAL DE TESORERÍA		13/09/2001
	UNIDAD DE AUDITORÍA INTERNA		13/09/2001
	DIRECCIÓN GENERAL DE CONTABILIDAD GUBERNAMENTAL		19/01/2004
	DIRECCIÓN GENERAL DE INVERSIÓN Y CRÉDITO PÚBLICO		19/01/2004
	DIRECCIÓN GENERAL DEL PRESUPUESTO		19/01/2004
SECRETARÍA DE ESTADO	19/01/2004		
30	PLANTA DE TORREFACCIÓN DE CAFÉ, S.A. DE C.V. (PLANTOSA)	ICONTEC-IQ NET (Colombia)	28/05/2003
31	PLASTYMET, S.A.	ICONTEC	15/09/2003
32	PROCURADORA GENERAL DE LA REPÚBLICA	SGS, ICS (IBERICA-ESPAÑA)	11/2002
33	PRODUCTOS TECNOLÓGICOS, S.A. DE C.V. (PROTECNO, S.A. DE C.V.)	ICONTEC	22/10/2003
34	ROTOFLEX	SGC Panamá Control Services, Inc.	05/2003
35	SABESA DE C.V.	ICONTEC	28/05/2003
38	SERTRACEN	LATU SISTEMAS	11/2003
39	SUN CHEMICAL DE CENTRO AMÉRICA, S.A. DE C.V.	SGS TECNOS	21/10/2003
40	TELFÓNICA	SGS TECNOS	A) 8/1/2003
	A) TELEFONICA MOVIL EL SALVADOR B) TELEFONICA MULTISERVICIOS		B) 11/11/2002
41	TEXACO (PLANTA)	ICONTEC	5/12/2003
42	UNIVERSIDAD FRANCISCO GAVIDIA	LATU SISTEMAS, S.A. (Uruguay)	18/12/2003

## EMPRESAS EN PROCESO DE OBTENER ISO 9001



EMPRESAS SALVADOREÑAS EN PROCESO DE CERTIFICACIÓN ISO 9000, ISO 9001 E ISO 14000*			
No.	EMPRESA	EMPRESA ASESORA	FECHA PROBABLE
	BON APPETIT , S.A. DE C.V.		
	CELPAC, S.A. DE C.V.	ICONTEC (Colombia)	06/2004
	CETRÓN, S.A.*	ICONTEC (Colombia)	07/2004
	CONDUSAL, S.A. DE C.V.	SGS Tecnos (España)	05/2004
	CORTE SUPREMA DE JUSTICIA		
	EQUUS INGENIEROS, S.A. DE C.V.		12/2004
	HELADOS RÍO SOTO, S.A. DE C.V.		
	HOTELES VILLA SERENA		
	INGENIERÍA CONSULTORÍA Y PROYECTOS, S.A. DE C.V.	SGS Tecnos (España)	03/2005
	INTEPRO, S.A. DE C.V.	SGS Tecnos (España)	03/2004
	MONELCA, S.A. DE C.V.		
	PHILIPS LIGHTING CENTRAL AMÉRICA	DSI (Guatemala)	04/2004
	PROCURADORA GENERAL DE LA REPÚBLICA		
	PRODUCTOS TECNOLÓGICOS, S.A. DE C.V. (PROTECNO, S.A. DE C.V.)		
	CORMAR DE EL SALVADOR SA DE CV LIC. CARMEN DE GUILLEN, COORDIMADOR SGC ISO, TEL. 210-0278	SGS (PANAMA) TEL. 210-0202 ING. EDUARDO MOTA	20 /09/2004
	SABESA DE C.V.		
	SALONES DE BELLEZA Y EQUIPOS DE EL SALVADOR, S.A. DE C.V.		
	SALVAPLASTIC, S.A. DE C.V.		
	SERTRACEN		
	SUN CHEMICAL DE CENTRO AMÉRICA, S.A. DE C.V.		
	TALLERES SARTI, S.A. DE C.V.		
	TELEFÓNICA		
	TEXACO		
	TRANSPORTEMOS, S.A. DE C.V.		
	UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO		

## ANEXO B

### Encuesta para obtener la información que se necesita de las empresas.

ENCUESTA SOBRE REQUERIMIENTOS DE CALIBRACIÓN EN DC Y BAJA FRECUENCIA PARA  
LOS SECTORES INDUSTRIA Y COMERCIO EN EL SALVADOR

#### ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA:

Sector productivo al que pertenecen: \_\_\_\_\_

1. ¿La empresa esta acreditada con la norma ISO9001?  
SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

#### ASPECTOS SOBRE METROLOGÍA ELÉCTRICA:

2. ¿Cuáles de las siguientes magnitudes eléctricas se miden en la empresa o institución?

Magnitud	
Voltaje dc	<input type="checkbox"/>
Voltaje ac	<input type="checkbox"/>
Corriente dc	<input type="checkbox"/>
Corriente ac	<input type="checkbox"/>
Resistencia	<input type="checkbox"/>
Frecuencia	<input type="checkbox"/>
Temperatura	<input type="checkbox"/>
Presión	<input type="checkbox"/>
Potencia	<input type="checkbox"/>
Campo	<input type="checkbox"/>
Electromagnético	<input type="checkbox"/>

3. ¿La empresa calibra sus equipos o instrumentos de medición ya sea interna o externamente?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

En caso que no se calibre el equipo, ¿Por que no calibra sus equipos?

- No sabe  
 Alto costo  
 No lo necesitan  
 Causa retraso en la producción  
 No conoce la existencia de laboratorios de calibración  
Otros: \_\_\_\_\_

4. ¿Para la calibración de sus equipos cuentan con algún patrón de referencia?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Para que magnitud? \_\_\_\_\_

¿Cuál es la trazabilidad? \_\_\_\_\_

5. ¿Que laboratorio o quien le calibra sus equipos?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

¿Cada cuanto tiempo realizan dichas calibraciones?

0 – 6 meses       6 meses – 1 año       1 año o más

6. ¿Se tiene en la empresa algún programa o plan de mejoramiento de la calidad en el cual se incluyan la calibración de equipos de las mediciones eléctricas que se efectúen?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿En que forma? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. ¿Qué tipo y cantidad de equipo de instrumentación se utiliza al interior de la empresa?, Indique el Porcentaje de Equipos con Certificado de calibración Vigente (**PECV**)

Equipo	ANÁLOGO	Cantidad	PECV	DIGITAL	Cantidad	PECV
Voltímetro dc	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Voltímetro ac	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Amperímetro dc	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Amperímetro ac	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Capacímetros	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Ohmetros	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Multímetros	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Medidores de energía monofásico	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Medidores de energía trifásico	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Megger de tierra	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Vatímetros	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Osciloscopio	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Frecuencímetro	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Analizadores de energía	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Termómetro	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Fuentes de voltaje dc	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Fuentes de voltaje ac	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Medidor de relación de vueltas de transformador monofásico	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Medidor de relación de vueltas de transformador trifásico	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Otros: _____	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Otros: _____	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____
Otros: _____	<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____

## ANEXO C

**Cuadro A: Producción bruta por rama de actividad económica<sup>12</sup>**  
(Expresado en millones de dólares)

Ramas de actividad	1997	1998	1999	2000	2001
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	2017	1966,6	1836,1	1824,9	1835,5
Exportación de Minas y canteras	69,4	65,8	72,8	72,2	78,2
Industria manufacturera	4870,3	5162,2	5404	5814,4	6040,3
Electricidad gas y agua	333,9	382,4	404,9	436,3	450,7
Construcción	944,5	1051,7	1050,4	1095,8	1238,5
Comercio restaurantes y hoteles	2881,4	3036,1	3110,9	3336,2	3473,7
Transporte almacenamiento y comunicaciones	1270,1	1363,4	1560,8	1803	1913,8
Establecimientos financieros y seguros	577,3	614,7	684,2	749,6	778,5
Bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	542,2	590,1	594,2	616,6	652,7
Alquileres de vivienda	920,1	990	1022,9	1070,7	1094,8
Servicios comunales, sociales, personales y domésticos	897,3	983,3	1023,9	1099,8	1161,3
Servicios del gobierno	1033,1	1184,4	1274,3	1359,1	1467,6
<b>Total</b>	<b>16356,6</b>	<b>17390,7</b>	<b>18039,4</b>	<b>19278,6</b>	<b>20185,6</b>

**Cuadro B: Producción bruta por rama de actividad económica**  
(Expresado en estructura porcentual)

Ramas de actividad	1997	1998	1999	2000	2001
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	12,33	11,31	10,18	9,47	9,09
Exportación de Minas y canteras	0,42	0,38	0,40	0,37	0,39
Industria manufacturera	29,78	29,68	29,96	30,16	29,92
Electricidad gas y agua	2,04	2,20	2,24	2,26	2,23
Construcción	5,77	6,05	5,82	5,68	6,14
Comercio, restaurantes y hoteles	17,62	17,46	17,25	17,31	17,21
Transporte almacenamiento y comunicaciones	7,77	7,84	8,65	9,35	9,48
Establecimientos financieros y seguros	3,53	3,53	3,79	3,89	3,86
Bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	3,31	3,39	3,29	3,20	3,23
Alquileres de vivienda	5,63	5,69	5,67	5,55	5,42
Servicios comunales, sociales, personales y domésticos	5,49	5,65	5,68	5,70	5,75
Servicios del gobierno	6,32	6,81	7,06	7,05	7,27
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>12</sup> Fuente: revista trimestral de indicadores económicos del Banco Central de Reserva (BCR) octubre-noviembre-diciembre 2003.



**Cuadro C: Producto Interno Bruto (PIB) por rama de actividad económica<sup>13</sup>**  
(En millones de colones, a precios constantes de 1990).

<b>Ramas de actividad</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	6743.3	7260.0	7032.0	6846.3	6862.9
Exportación de Minas y canteras	235.5	236.5	225.4	251.8	269.5
Industria manufacturera	12204.1	12654.3	13178.8	13711.6	14112.5
Electricidad gas y agua	344.2	353.4	345.2	361.2	381.3
Construcción	2156.4	2118.1	2046.4	2243.4	2346.6
Comercio restaurantes y hoteles	10785.4	11002.9	11398.6	11615.5	11731.6
Transporte almacenamiento y comunicaciones	4183.3	4581.7	4863.4	5070.1	5256.2
Establecimientos financieros y seguros	1829.2	2049.3	2207.3	2242.1	2271.3
Bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	1798.8	1802.0	1828.8	1864.2	1901.5
Alquileres de vivienda	4695.3	4718.3	4789.0	4649.4	4881.9
Servicios comunales, sociales, personales y domésticos	2867.6	2876.6	2916.3	2882.2	2917.5
Servicios del gobierno	3048.2	3095.9	3124.0	3125.7	3047.5
<b>Total</b>	<b>50891.3</b>	<b>52749.0</b>	<b>53955.2</b>	<b>54861.1</b>	<b>55980.3</b>

**Cuadro D: Producto Interno Bruto (PIB) por rama de actividad económica**  
(Expresado en estructura porcentual)

<b>Ramas de actividad</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	13,25	13,76	13,03	12,48	12,26
Exportación de Minas y canteras	0,46	0,45	0,42	0,46	0,48
Industria manufacturera	23,98	23,99	24,43	24,99	25,21
Electricidad gas y agua	0,68	0,67	0,64	0,66	0,68
Construcción	4,24	4,02	3,79	4,09	4,19
Comercio restaurantes y hoteles	21,19	20,86	21,13	21,17	20,96
Transporte almacenamiento y comunicaciones	8,22	8,69	9,01	9,24	9,39
Establecimientos financieros y seguros	3,59	3,89	4,09	4,09	4,06
Bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	3,53	3,42	3,39	3,40	3,40
Alquileres de vivienda	9,23	8,94	8,88	8,47	8,72
Servicios comunales, sociales, personales y domésticos	5,63	5,45	5,41	5,25	5,21
Servicios del gobierno	5,99	5,87	5,79	5,70	5,44
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>13</sup> Fuente: revista trimestral de indicadores económicos del BCR, octubre-noviembre-diciembre 2003.

**Cuadro E: Número de establecimientos por tamaño de empresa para el sector industria  
(por departamento<sup>14</sup>.)**

Departamento	Establecimientos				Estructura porcentual			
	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Micro	Pequeña	Mediana	Grande
Ahuchapán	217	14	0	1	3,44	1,36	0,00	0,55
Santa Ana	606	105	14	6	9,6	10,22	3,91	3,28
Sonsonate	514	51	12	4	8,14	4,97	3,35	2,19
Chalatenango	141	14	1	0	2,23	1,36	0,28	0,00
La Libertad	495	81	66	35	7,84	7,89	18,44	19,13
San Salvador	2384	578	245	135	37,76	56,28	68,44	73,77
Cuscatlán	209	13	1	0	3,31	1,27	0,28	0,00
La Paz	306	29	2	1	4,85	2,82	0,56	0,55
Cabañas	113	10	1	0	1,79	0,97	0,28	0,00
San Vicente	231	14	1	0	3,66	1,36	0,28	0,00
Usulután	345	34	1	1	5,46	3,31	0,28	0,55
San Miguel	482	69	10	0	7,63	6,72	2,79	0,00
Morazán	84	8	3	0	1,33	0,78	0,84	0,00
La Unión	187	7	1	0	2,96	0,68	0,28	0,00
<b>Total</b>	<b>6314</b>	<b>1027</b>	<b>358</b>	<b>183</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>14</sup> Fuente: sexto censo económico de DIGESTYC-1993.

**Cuadro F: Instituciones educativas de nivel superior y de educación media.  
Según datos, de universidades, colegios, institutos y centros escolares autorizados  
por el MINED.**

	<b>MINISTERIO DE EDUCACIÓN</b>
	<b>DIRECCIÓN NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR</b>
<b>I.</b>	<b>UNIVERSIDADES</b>
<b>A.</b>	<b>UNIVERSIDADES ESTATALES</b>
1	UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
<b>B.</b>	<b>UNIVERSIDADES PRIVADAS</b>
2	ALBERT EINSTEIN
3	AUTONOMA DE SANTA ANA
4	CAP. GRAL. GERARDO BARRIOS
5	CATOLICA DE OCCIDENTE
6	CENTROAMERICANA JOSE SIMEON CAÑAS
7	CRISTIANA DE LAS ASAMBLEAS DE DIOS
8	DE ORIENTE
9	DE SONSONATE
10	DON BOSCO
11	DR. ANDRES BELLO
12	DR. JOSE MATIAS DELGADO
13	EVANGELICA DE EL SALVADOR
14	FRANCISCO GAVIRIA
15	LEONARDO DA VINCI
16	LUTERANA SALVADOREÑA
17	MODULAR ABIERTA
18	MONS. OSCAR ARNULFO ROMERO
19	NUEVA SAN SALVADOR
20	PANAMERICANA
21	PEDAGOGICA DE EL SALVADOR
22	POLITECNICA DE EL SALVADOR
23	SALVADOREÑA ALBERTO MASFERRER
24	SALVADOREÑA ISAAC NEWTON
25	TECNICA LATINOAMERICANA
26	TECNOLOGICA DE EL SALVADOR

	<b>ESTATAL</b>
27	INSTITUTO DE NIVEL SUPERIOR "ESCUELA MILITAR CAPITAN GENERAL GERARDO BARRIOS"
	<b>PRIVADOS</b>
28	INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA Y ADMINISTRACION DE EMPRESAS
29	DE EDUCACION SUPERIOR EL ESPIRITU SANTO
30	ESCUELA DE COMUNICACIÓN MONICA HERRERA
31	ESCUELA SUPERIOR DE ECONOMIA Y NEGOCIOS
<b>III.</b>	<b>INSTITUCIONES TECNOLOGICAS</b>
<b>A.</b>	<b>ESTATALES</b>
32	INSTITUTO TECNOLOGICO CENTROAMERICANO
33	INSTITUTO TECNOLOGICO DE SONSONATE
34	DE USULUTAN (FUNDAITI)
35	DE CHALATENANGO (AGAPE)
36	ESC. NAC. DE AGRIC. " ROBERTO QUIÑONEZ" (FUNDAGRO)
<b>B.</b>	<b>PRIVADOS</b>
37	INSTITUTO TECNOLOGICO AMERICANO DE EDUCACION SUPERIOR
38	DE OPTOMETRIA
39	ESCUELA TECNICA PARA LA SALUD
40	INST. ESPEC. DE EDUC. SUPERIOR DE PROFESIONALES DE LA SALUD DE EL SALVADOR

#### **INSTITUCIONES TÉCNICAS INDUSTRIALES DE EDUCACIÓN MEDIA\***

1	INSTITUTO NACIONAL ALEJANDRO DE HUMBOLDT
2	INSTITUTO NACIONAL DE JUAYUA
3	CENTRO ESCOLAR FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS
4	INSTITUTO NACIONAL THOMAS JEFFERSON
5	INSTITUTO NACIONAL DE SAN LORENZO
6	INSTITUTO POLITECNICO SONSONATE
7	INSTITUTO NACIONAL GENERAL E INGENIERO JAIME ABDUL GUTIERREZ
8	COLEGIO VICENTE ALBERTO MONICO MASFERRER
9	LICEO METROPOLITANO
10	COMPLEJO EDUCATIVO CATOLICO JUAN XXIII
11	COLEGIO SALARRUE
12	INSTITUTO CIENTIFICO COMERCIAL METAPANECO
13	INSTITUTO NACIONAL JORGE ELISEO AZUCENA ORTEGA
14	CENTRO ESCOLAR GENERAL SALVADOR CASTANEDA CASTRO
15	COLEGIO BAUTISTA LUZ DE ISRAEL APOPA
16	CENTRO ESCOLAR WALTER THILO DEININGER
17	INSTITUTO NACIONAL DE TONACATEPEQUE
18	CENTRO ESCOLAR FE Y ALEGRIA
19	COLEGIO CARLOS PELLICER
20	CENTRO DE ESTUDIOS VOCACIONAL CORONEL FRANCISCO LINARES
21	INSTITUTO CATOLICO PADRE JOSE MARIA VILASECA

22	LICEO MARIANO SAN JUAN BOSCO
23	ISTITUTO DE ALTA TECNOLOGIA DAVID BEN GURION
24	COMPLEJO EDUCATIVO INGENIERO GUILLERMO BORJA NATHAN
25	INSTITUTO NACIONAL DE LA COLONIA CIUDAD OBRERA DE APOPA
26	COLEGIO NUESTRA SEÑORA DEL PERPETUO SOCORRO
27	CENTRO ESCOLAR GENERAL FRANCISCO MENENDEZ
28	COLEGIO CRISTIANO PAN DE VIDA
29	CENTRO ESCOLAR CATOLICO SAN AGUSTIN
30	INSTITUTO NACIONAL DE CIUDAD DELGADO
31	COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LA CONCEPCION
32	COMPLEJO EDUCATIVO DELGADO
33	LICEO AMERICA DE ALAS
34	COLEGIO MIGUEL SERVER
35	NUEVO LICEO CENTROAMERICANO
36	COMPLEJO EDUCATIVO CATOLICO MARIA AUXILIADORA
37	LICEO CRISTIANO REVERENDO JUAN BUENO DE LA COLONIA CORUÑA
38	LICEO LEONARDO AZCUNAGA
39	COLEGIO ALBERT EINSTEIN
40	COMPLEJO EDUCATIVO CATOLICO FRAY MARTIN DE PORRES
41	INSTITUTO SALVADOREÑO DE SUPERACION INTEGRAL ISAAC NEWTON
42	COLEGIO DIVINO SALVADOR
43	LICEO NUESTRA SEÑORA DE LOS ANGELES
44	CENTRO ESCOLAR REPUBLICA DEL ECUADOR
45	LICEO DAVID J GUZMAN
46	COMPLEJO EDUCATIVO ANDRES BELLO
47	LICEO GETSEMANI
48	INSTITUTO NACIONAL TECNICO INDUSTRIAL
49	ACADEMIA MILITAR HEROES DE EL SALVADOR
50	INSTITUTO TECNICO SALVADOREÑO
51	COLEGIO CRISTOBAL COLON
52	COLEGIO CRISTIANO SALVADOREÑO EN HACORE
53	INSTITUTO NACIONAL GENERAL FRANCISCO MENENDEZ
54	LICEO PROFESOR FLAVIO JIMENEZ
55	INSTITUTO POLITECNICO NAZARETH
56	COLEGIO DON BOSCO
57	INSTITUTO TECNICO OBRERO EMPRESARIAL DON BOSCO
58	INSTITUTO TECNICO METROPOLITANO
59	LICEO TECNOLOGICO CANADIENSE
60	INSTITUTO NACIONAL ALBERT CAMUS
61	CENTRO ESCOLAR GENERAL FRANCISCO MORAZAN
62	INSTITUTO NACIONAL DE SOYAPANGO

\* Por ahorro de espacio no se pone el listado completo, si se desea ver el listado completo, consultar pagina electrónica [www.mined.gob.sv](http://www.mined.gob.sv), sección educación media.

## ANEXO D

Determinación de la muestra para la encuesta piloto, por medio del método de muestreo aleatorio simple.

Para obtener el valor de la muestra por el método de muestreo aleatorio simple se utiliza la siguiente ecuación:

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}}$$

Donde  $n$  = tamaño de la muestra

$n'$  = tamaño de la muestra sin ajustar

$N$  = tamaño de la población.

$$n' = \frac{S^2}{V^2}$$

Donde  $S^2$  = varianza de la muestra

$V^2$  = varianza de la población.

$$S^2 = P \times Q$$

Donde  $P$  = probabilidad de éxito de la estimación

$Q$  = probabilidad de fracaso de la estimación

$$V^2 = E^2$$

Donde  $E$  = es el error de muestreo.

Tanto para determinar la muestra de la micro empresa como la de la pequeña empresa se realizaran las consideraciones siguientes:

$$P = 0.5$$

$$Q = 0.5$$

Entonces:

$$V^2 = (0.1)^2 = 0.01$$

$$S^2 = 0.5 \times 0.5 = 0.25$$

$$n' = \frac{0.25}{0.01} = 25$$

### a) Cálculo de n para el sector micro empresa

Del anexo C, cuadro E:

$$N_m = 6314$$

$$n = \frac{25}{1 + \frac{25}{6314}} = 24.90 \approx 25$$

### b) Cálculo de n para el sector pequeña empresa

Del anexo C, cuadro E:

$$N_p = 1027$$

$$n = \frac{25}{1 + \frac{25}{1027}} = 24.41 \approx 25$$

Por lo que el total de la muestra tanto para la pequeña empresa como para la micro empresa es de 25.

## **ANEXO E**

### **EMPRESAS VISITADAS EN SECTORES COMERCIO E INDUSTRIA SECTOR COMERCIO**

- 1 AGAPE TV CANAL 8
- 2 AMNET TELECOMUNICATION DE EL SALVADOR, LTDA, (AMNETASAL)
- 3 CORPORACION CENTROAMERICANA DE SERVICIOS DE NAVEGACION AEREA, (COCESNA)
- 4 DIGICEL, SA DE CV
- 5 ESTEREO MI CONSENTIDA (San Miguel)
- 6 RADIO AGAPE (Sonsonate)
- 7 RADIO COOL FM
- 8 TELEFONICA MOBILES EL SALVADOR, SA DE CV
- 9 RADIO MONUMENTAL
- 10 RADIO YSKL
- 11 RADIO LUZ FM
- 12 CENTRO DE INVESTIGACION ATOMICA Y NUCLEAR
- 13 HOSPITAL DE ESPECIALIDADES
- 14 HOSPITAL DE MATERNIDAD
- 15 HOSPITAL NACIONAL DE NIÑOS BENJAMIN BLOM
- 16 HOSPITAL NUEVA GUADALUPE
- 17 HOSPITAL ROSALES
- 18 HOSPITAL ZACAMIL
- 19 INSTITUTO NACIONAL DEL CANCR
- 20 SEGURO SOCIAL SAN JACINTO
- 21 COLEGIO DON BOSCO
- 22 INSTITUTO NACIONAL TECNICO INDUSTRIAL
- 23 INSTITUTO TECNICO RICALDONE
- 24 INSTITUTO TECNOLOGICO CENTROAMERICANO, (ITCA)
- 25 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, (UES)
- 26 UNIVERSIDAD DON BOSCO, (UDB)
- 27 COMPAÑIA DE ALUMBRADO ELECTRICO DE SAN SALVADOR, (CAESS)
- 28 EMPRESA ELECTRICA DE ORIENTE, (EEO)
- 29 ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUADUCTOS Y ALCANTARILLADOS

### **SECTOR INDUSTRIA**

- 1 AEROMANTENIMIENTO, SA DE CV, (AEROMAN)
- 2 ALAS DORADAS, SA DE CV
- 3 AVX INDUSTRIAS, PTE. LTDA
- 4 BON APPETIT, SA DE CV
- 5 CAJAS PLEGADISAS, SA DE CV
- 6 CARTONERA CENTROAMERICANA
- 7 CELPAC, SA DE CV
- 8 CETRON DE EL SALVADOR



- 9 CORPORACION INDUSTRIAL CENTROAMERICANA, SA DE CV, (CORINCA)
- 10 EMPRESA TRANSMISORA DE ELECTRICIDAD, (ETESAL)
- 11 HARISA, SA
- 12 IMPLEMENTOS AGRICOLAS CENTROAMERICANOS, SA DE CV, (IMACASA)
- 13 INDUSTRIAS LA CONSTANCIA, SA DE CV
- 14 KIMBERLY CLARK DE CENTRO AMERICA, SA
- 15 PRODUCTOS ALIMENTICIOS DIANA, SA DE CV
- 16 QUALITY GRAINS
- 17 TEXUFIL, SA DE CV
- 18 UNILEVER EL SALVADOR SA.
- 19 CAJAS Y BOLSAS, SA
- 20 AMANCO EL SALVADOR SA
- 21 CAPRI SOPORTE TECNICO A HOSPITALES Y CLINICAS MEDICAS
- 22 CEMENTOS DE EL SALVADOR, SA DE CV, (CESSA)
- 23 CONDUCTORES ELECTRICOS SALVADOREÑOS, SA DE CV
- 24 CORPAK
- 25 DISNA
- 26 EMPAQUES AUTOMATICOS SALVADOREÑOS
- 27 ENERGY INTERNACIONAL
- 28 GALVANIZADORA SALVADOREÑA, SA. DE CV.
- 29 HELADOS RIO SOTO, SA DE CV
- 30 HYSTIK DE CENTROAMEERICA SA DE CV
- 31 IDUSTRIAS METALICAS FERNANDO E IMPORT CENTROAMERICANA, SA DE CV, (INFICA)
- 32 IGSAL
- 33 IMPRESORA LA UNION, SA
- 34 INDUSTRIAS DIVERSAS, SA DE CV
- 35 INDUSTRIAS DURAFLEX, SA DE CV
- 36 INDUSTRIAS SINTETICAS DE CENTRO AMERICA, SA
- 37 INGENIO EL ANGEL
- 38 INGENIO LA MAGDALENA
- 39 KONTAIN
- 40 LACTEOS DEL CORRAL, SA DE CV, (LACTOSA)
- 41 MELHER SA DE SV
- 42 INGENIO LA CABAÑA, SA DE CV
- 43 NEJAPA POWER
- 44 OXGASA DIVISION TECNICA
- 45 PLANTA DE TORREFACCION DE CAFÉ, SA DE CV, (PLANTOSA)
- 46 PLASTICOS UNIVERSAL
- 47 PLASTICOS Y METALES, SA, (PLASTIMET)
- 48 PRODUCTOS ALIMENTICIOS IDEAL, SA DE CV
- 49 REFINERIA PETROLERA DE ACAJUTLA, SA DE CV, (RASA)
- 50 REPROCENTRO
- 51 SABESA, SA DE CV
- 52 SHERWIN WILLIAMS DE CENTRO AMERICA, SA DE CV
- 53 SUN CHEMIAL DE CENTRO AMERICA, SA DE CV
- 54 TALLERES SARTI, SA DE CV
- 55 ROTOFLEX
- 56 INGENIO CENTRAL DE IZALCO
- 57 MERCK DIVISION QUIMICA CLINICA

## ANEXO F

### CALCULO DEL INTERVALO DE CONFIANZA

Para desarrollar el inventario de equipo electrónico, ya que el tipo de muestreo utilizado fue el estratificado, deben tenerse en cuenta las propiedades de los estimadores para obtener la precisión máxima.

Para el cálculo de proporciones e intervalo de confianza para una muestra estratificada se utilizaron las siguientes formulas:

#### Notación:

El subíndice **h** denota el estrato, e **i** la unidad dentro del estrato.

N: Número total de unidades en la población.

$N_h$ : Número total de unidades dentro del estrato.

$n_h$ : Número de unidades en la muestra.

$y_{hi}$ : Valor obtenido para la i-ésima unidad.

L: Número de estratos.

#### Media verdadera:

$$\bar{Y}_h = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} y_{hi}}{N_h}$$

#### Media de la muestra:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{hi}}{n_h}$$

#### Varianza verdadera:

$$S_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} (y_{hi} - \bar{Y}_h)^2}{N_h - 1}$$

Para la media de la población por unidad, la estimación usada en muestreo estratificado es  $X_{st}$  (st significa estratificado), se debe tener claro que la media estratificada es diferente a la media de la muestra, entonces:

**Media estratificada:**

$$X_{st} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h}{N}$$

Donde:  $N=N_1+N_2+N_3+\dots+N_L$

Al obtener la media estratificada los estratos individuales (sub estratos), reciben sus ponderaciones correctas.

Con las varianzas verdaderas de cada uno de los sub estratos se encuentra la varianza estratificada para  $X_{st}$ .

**Varianza estratificada:**

$$S^2(X_{st}) = \frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h}$$

**Tamaño de la clase:**

El tamaño de la clase se encuentra mediante la formula:

$$\tau = N(X_{st})$$

Con el valor de la varianza estratificada y el tamaño de la clase se encuentra el intervalo de confianza para el total de la población:

**Intervalo de confianza (IC):**

$$IC = X_{st} \pm 1.96 \times S(X_{st})$$

Donde:

$$S(X_{st}) = \sqrt{S^2(X_{st})}$$

A continuación se presentan los cuadros de resultados obtenidos para cada uno de los estratos, tanto analógicos como digitales.

**Cuadro F: Resultado obtenido para equipo analógico en el sector servicio.**

	COMUNICACIONES					ELECTRICIDAD					EDUCACION					AGUA					SALUD					N	yh	Sh^2	Xst	tao	IC
	tdpm	Yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	Nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh						
Voltímetro dc	16	1.45	5.67	103	11	0	0	0	15	2	94	15.67	3.07	55	6	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	97	9	271	0.41	33.34	3.77	1022.26	156.38
Voltímetro ac	16	1.45	5.67	103	11	0	0	0	15	2	86	14.33	3.86	55	6	0	0	0	1	1	3	0.33	0.50	97	9	271	0.39	28.08	3.58	970.48	165.06
Amperímetro dc	48	4.36	2.05	103	11	0	0	0	15	2	69	11.50	1.90	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.43	25.80	3.99	1082	100.38
Amperímetro ac	8	0.73	2.82	103	11	0	0	0	15	2	67	11.17	2.17	55	6	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	97	9	271	0.28	16.71	2.58	699.85	116.09
Capacímetros	4	0.36	0.25	103	11	0	0	0	15	2	4	0.67	1.46	55	6	0	0	0	1	1	2	0.22	0.19	97	9	271	0.04	0.13	0.35	95.68	63.79
Ohmetros	16	1.45	1.47	103	11	0	0	0	15	2	57	9.50	4.30	55	6	15	15	0	1	1	4	0.44	0.27	97	9	271	0.34	13.64	2.70	730.43	115.19
Multímetros	26	2.36	0.86	103	11	0	0	0	15	2	150	25.00	2.00	55	6	15	15	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.70	85.68	6.03	1633.5	79.26
Medidores de energía monofásico	3	0.27	0.82	103	11	0	0	0	15	2	16	2.67	1.07	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.07	0.97	0.64	174.76	67.43
Medidores de energía trifásico	3	0.27	0.27	103	11	0	0	0	15	2	3	0.50	0.30	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.02	0.07	0.21	55.59	37.57
Megger de tierra	5	0.45	0.27	103	11	0	0	0	15	2	12	2.00	2.80	55	6	0	0	0	1	1	2	0.22	0.19	97	9	271	0.07	0.63	0.66	178.37	80.26
Vatímetros	15	1.36	1.35	103	11	0	0	0	15	2	41	6.83	0.57	55	6	5	5	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.23	7.05	1.92	521.29	73.89
Osciloscopio	5	0.45	0.67	103	11	0	0	0	15	2	76	12.67	3.07	55	6	5	5	0	1	1	1	0.11	0.11	97	9	271	0.32	21.38	2.80	759.26	88.98
Frecuencímetro	0	0.00	0.00	103	11	0	0	0	15	2	17	2.83	1.77	55	6	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	97	9	271	0.07	1.07	0.61	166.61	58.73
Analizadores de energía	0	0.00	0.00	103	11	0	0	0	15	2	0	0.00	0.00	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0	0	0.00	0	0
Termómetro	23	2.09	2.09	103	11	0	0	0	15	2	6	1.00	1.60	55	6	0	0	0	1	1	4	0.44	0.53	97	9	271	0.12	2.12	1.16	313.47	107.7
Fuentes de voltaje dc	26	2.36	1.25	103	11	0	0	0	15	2	109	18.17	0.97	55	6	0	0	0	1	1	11	1.22	0.94	97	9	271	0.54	46.38	5.02	1361.2	96.23
Fuentes de voltaje ac	5	0.45	1.07	103	11	0	0	0	15	2	68	11.33	1.47	55	6	0	0	0	1	1	3	0.33	0.25	97	9	271	0.28	17.10	2.59	702.48	83.60
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	0	0.00	0.00	103	11	0	0	0	15	2	0	0.00	0.00	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0	0	0	0	0
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0.00	0.00	103	11	0	0	0	15	2	0	0.00	0.00	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0	0	0	0	0
Medidor de relación de vueltas de transformación trifásico	0	0.00	0.00	103	11	0	0	0	15	2	0	0.00	0.00	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0	0	0	0	0

**Cuadro G: Resultado obtenido para equipo digital en el sector servicio.**

	COMUNICACIONES					ELECTRICIDAD					EDUCACION					AGUA					SALUD					N	yh	Sh^2	Xst	tao	IC
	tdpm	Yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh						
Voltímetro dc	18	1.64	3.65	103	11	0	0	0	15	2	57	9.50	7.50	55	6	30	30	0	1	1	8	0.89	3.36	97	9	271	0.42	2.98	2.98	807.27	193.09
Voltímetro ac	18	1.64	0.37	103	11	40	20	0	15	2	76	12.67	1.50	55	6	30	30	0	1	1	11	1.22	0.42	97	9	271	0.65	4.85	4.85	1313.77	73.00
Amperímetro dc	50	4.55	0.04	103	11	0	0	0	15	2	70	11.67	0.30	55	6	30	30	0	1	1	8	0.89	0.05	97	9	271	0.58	4.52	4.52	1226.07	28.81
Amperímetro ac	10	0.91	4.09	103	11	40	20	0	15	2	41	6.83	6.16	55	6	30	30	0	1	1	12	1.33	4.00	97	9	271	0.49	3.43	3.43	928.80	196.82
Capacímetros	8	0.73	0.22	103	11	0	0	0	15	2	14	2.33	0.57	55	6	0	0	0	1	1	2	0.22	0.19	97	9	271	0.09	0.83	0.83	224.80	49.04
Ohmetros	24	2.18	5.26	103	11	10	5	0	15	2	33	5.50	1.90	55	6	0	0	0	1	1	6	0.67	2.75	97	9	271	0.27	2.46	2.46	666.89	175.23
Multímetros	78	7.09	7.09	103	11	0	0	0	15	2	208	34.67	20.66	55	6	20	20	0	1	1	27	3.00	5.75	97	9	271	1.23	10.88	10.88	2948.03	282.95
Medidores de energía monofásico	6	0.55	1.47	103	11	188	94	0	15	2	1	0.17	1.17	55	6	5	5	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.74	5.46	5.46	1480.35	82.93
Medidores de energía trifásico	6	0.55	1.47	103	11	188	94	0	15	2	1	0.17	1.17	55	6	5	5	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.74	5.46	5.46	1480.35	82.97
Megger de tierra	2	0.18	0.16	103	11	6	3	0	15	2	3	0.50	0.70	55	6	10	10	0	1	1	1	0.11	0.11	97	9	271	0.08	0.41	0.41	112.01	46.37
Vatímetros	10	0.91	0.09	103	11	0	0	0	15	2	6	1.00	0.40	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.06	0.55	0.55	148.64	31.43
Osciloscopio	6	0.55	0.27	103	11	0	0	0	15	2	107	17.83	30.56	55	6	0	0	0	1	1	9	1.00	2.75	97	9	271	0.45	4.18	4.18	1134.02	252.28
Frecuencímetro	15	1.36	0.85	103	11	0	0	0	15	2	106	17.67	29.46	55	6	5	5	0	1	1	3	0.33	0.25	97	9	271	0.48	4.24	4.24	1149.45	233.60
Analizadores de energía	12	1.09	5.89	103	11	165	83	0	15	2	2	0.33	0.26	55	6	5	5	0	1	1	2	0.22	0.19	97	9	271	0.69	5.15	5.15	1394.8	143.70
Termómetro	114	10.36	5.65	103	11	0	0	0	15	2	12	2.00	2.00	55	6	0	0	0	1	1	6	0.67	1.25	97	9	271	0.49	4.58	4.58	1242.12	163.41
Fuentes de voltaje dc	6	0.55	0.27	103	11	0	0	0	15	2	104	17.33	3.06	55	6	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	97	9	271	0.41	3.76	3.76	1020.29	81.08
Fuentes de voltaje ac	1	0.09	0.09	103	11	0	0	0	15	2	75	12.50	3.50	55	6	0	0	0	1	1	1	0.11	0.11	97	9	271	0.28	2.61	2.61	707.64	82.09
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	0	0.00	0.00	103	11	5	3	0	15	2	0	0.00	0.00	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.02	0.14	0.138	37.50	0.00
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0.00	0.00	103	11	2	1	0	15	2	0	0.00	0.00	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.01	0.06	0.055	15	0.00
Medidor de relación de vueltas de transformación trifásico	0	0.00	0.00	103	11	1	1	0	15	2	0	0.00	0.00	55	6	0	0	0	1	1	0	0.00	0.00	97	9	271	0.03	0.028	0.028		0

**Cuadro H: Resultado obtenido para equipo analógico en el sector industria.**

	GRAN EMPRESA					MEDIANA EMPRESA										
	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	N	yh	Sh^2	Xst	tao	IC
Voltímetro dc	40	1.05	2.43	358	38	117	6.16	5.95	184	19	542	0.29	28.09	2.79	1509.89	254.30
Voltímetro ac	75	1.97	0.94	358	38	147	7.74	0.64	184	19	542	0.41	50.00	3.93	2130.16	121.72
Amperímetro dc	23	0.61	0.94	358	38	74	3.89	0.87	184	19	542	0.18	11.04	1.72	933.32	127.39
Amperím. ac	62	1.63	5.48	358	38	81	4.26	5.54	184	19	542	0.26	19.09	2.52	1368.53	312.23
Capacímetros	3	0.08	0.07	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542		0.02	0.05	28.26	29.41
Ohmetros	10	0.26	0.3	358	38	9	0.47	0.48	184	19	542	0.04	0.33	0.33	181.37	80.13
Multímetros	22	0.58	0.57	358	38	100	5.26	2.98	184	19	542	0.23	19.28	2.17	1175.68	157.78
Medidores de energía monofásico	103	2.71	0.81	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542	0.19	19.54	1.79	970.37	96.60
Medidores de energía trifásico	103	2.71	0.81	358	38	8	0.42	0.37	184	19	542	0.20	19.64	1.93	1047.84	107.62
Megger de tierra	7	0.18	0.15	358	38	6	0.32	0.22	184	19	542	0.02	0.16	0.23	124.05	55.98
Vatímetros	12	0.32	0.22	358	38	1	0.05	0.05	184	19	542	0.02	0.27	0.23	122.74	53.55
Osciloscopio	3	0.08	0.07	358	38	5	0.26	0.20	184	19	542	0.01	0.06	0.14	76.68	45.66
Frecuencímetro	40	1.05	1.67	358	38	1	0.05	0.05	184	19	542	0.08	2.95	0.71	386.53	140.17
Analizadores de energía	0	0	0	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542	0.00	0.00	0.00	0	0.00
Termómetro	477	12.6	46.1	358	38	35	1.84	4.41	184	19	542	0.94	421.0 5	8.92	4832.79	749.29
Fuentes de voltaje dc	15	0.39	0.41	358	38	7	0.37	0.45	184	19	542	0.04	0.50	0.39	209.11	86.50
Fuentes de voltaje ac	4	0.11	0.1	358	38	9	0.47	0.26	184	19	542	0.02	0.18	0.23	124.84	52.30
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	5	0.13	0.12	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542	0.01	0.05	0.09	47.11	36.86
Medidor de rln. de vueltas de transformación monofásico	0	0	0	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542	0.00	0.00	0	0	0.00
Medidor de rln de vueltas de transformación trifásico	0	0	0	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542	0.00	0.00	0	0	0

**Cuadro I: Resultado obtenido para equipo digital en el sector industria.**

	GRAN EMPRESA					MEDIANA EMPRESA										
	tdpm	yh	Si^2	Nh	nh	tdpm	Yh	Si^2	Nh	nh	N	yh	Sh^2	Xst	tao	IC
Voltímetro dc	145	3.82	15.78	358	38	52	2.74	17.64	184	19	542	0.36	43.60	3.45	1869.63	539.48
Voltímetro ac	143	3.76	16.51	358	38	64	3.37	19.24	184	19	542	0.38	45.08	3.63	1967.00	556.15
Amperímetro dc	53	1.39	12.30	358	38	60	3.16	10.25	184	19	542	0.21	11.76	1.99	1080.37	453.17
Amperímetro ac	126	3.32	12.87	358	38	67	3.53	12.71	184	19	542	0.36	37.39	3.39	1835.89	476.51
Capacímetros	37	0.97	1.22	358	38	5	0.26	0.20	184	19	542	0.08	2.56	0.73	397.00	123.92
Ohmetros	48	1.26	1.11	358	38	7	0.37	0.47	184	19	542	0.10	4.33	0.96	520.00	125.46
Multímetros	133	3.5	17.3	358	38	216	11.37	20.36	184	19	542	0.64	118.11	6.17	3344.79	570.75
Medidores de energía monofásico	42	1.11	1.50	358	38	18	0.95	1.61	184	19	542	0.11	3.84	1.05	570.00	165.09
Medidores de energía trifásico	116	3.05	4.38	358	38	76	4.00	2.67	184	19	542	0.35	35.30	3.37	1828.84	258.93
Megger de tierra	7	0.18	0.21	358	38	14	0.74	0.65	184	19	542	0.04	0.45	0.37	201.53	80.14
Vatímetros	22	0.58	0.57	358	38	8	0.42	0.26	184	19	542	0.06	1.01	0.53	284.74	90.54
Osciloscopio	5	0.13	0.12	358	38	10	0.53	0.26	184	19	542	0.03	0.23	0.27	143.95	54.64
Frecuencímetro	62	1.63	1.32	358	38	19	1.00	1.22	184	19	542	0.15	7.73	1.42	768.11	150.92
Analizadores de energía	48	1.26	1.40	358	38	18	0.95	1.16	184	19	542	0.12	4.83	1.16	626.53	152.76
Termómetro	147	3.87	8.87	358	38	411	21.63	4.46	184	19	542	1.03	350.06	9.90	5365.11	360.76
Fuentes de voltaje dc	32	0.84	1.92	358	38	76	4.00	3.67	184	19	542	0.20	12.49	1.91	1037.47	211.67
Fuentes de voltaje ac	8	0.21	0.39	358	38	53	2.79	1.73	184	19	542	0.11	5.29	1.09	588.63	123.03
Medidor de resistencia dieléctrica de aceite	0	0	0	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Medidor de relación de vueltas de transformación monofásico	0	0	0	358	38	6	0.32	0.20	184	19	542	0.01	0.07	0.1	58.105	35.04
Medidor de relación de vueltas de transformación trifásico	0	0	0	358	38	0	0.00	0.00	184	19	542	0.00	0.00	0	0	0

## ANEXO G

Encuesta para la recolección de datos de los laboratorios.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

*La siguiente encuesta esta orientada a determinar los servicios ofrecidos por el laboratorio en el área de Metrología Eléctrica.*

Nombre de Laboratorio: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_

Encargado: \_\_\_\_\_

Persona que proporciona los datos: \_\_\_\_\_

### **A continuación se le solicita información concerniente a su laboratorio**

1. ¿En que áreas de la metrologia presta sus servicios el laboratorio?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Para el área de calibración ¿Cuál es la formación académica del personal del laboratorio?

	Cantidad
PROFESIONALES	<input type="checkbox"/> _____
TECNICOS	<input type="checkbox"/> _____
BACHILLERES	<input type="checkbox"/> _____
OTROS	<input type="checkbox"/> _____

3. ¿Cuánto tiempo de operación tiene el laboratorio? \_\_\_\_\_

4. ¿Qué normas acreditan al laboratorio?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



5. ¿Cuál es la trazabilidad del laboratorio? \_\_\_\_\_

6. ¿Cuáles son las condiciones ambientales que se controlan en el laboratorio?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Las siguientes preguntas están orientadas al área de metrología eléctrica**

7. ¿En el área de metrología eléctrica que tipo de servicios son los que se prestan?

- |                            |                          |    |                          |    |
|----------------------------|--------------------------|----|--------------------------|----|
| Calibración de Voltaje     | <input type="checkbox"/> | DC | <input type="checkbox"/> | AC |
| Calibración de Corriente   | <input type="checkbox"/> | DC | <input type="checkbox"/> | AC |
| Calibración de Potencia    | <input type="checkbox"/> | DC | <input type="checkbox"/> | AC |
| Calibración de Resistencia | <input type="checkbox"/> |    |                          |    |
| Calibración de Tiempo      | <input type="checkbox"/> |    |                          |    |
| Calibración de Frecuencia  | <input type="checkbox"/> |    |                          |    |
| Calibración de Temperatura | <input type="checkbox"/> |    |                          |    |

Otros: \_\_\_\_\_

8. ¿Cuál es la mínima relación de incerteza entre el equipo a calibrar y el que actúa como patrón? \_\_\_\_\_

9. ¿Qué normas se utilizan en los protocolos (procesos) de calibración, para respaldar un certificado de calibración otorgado por el laboratorio?  
\_\_\_\_\_

10. ¿A que tipo de equipo genérico de instrumentación de prueba se les da servicio de calibración en el laboratorio?

- |                                   |                          |            |                          |           |
|-----------------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|-----------|
| Voltímetro dc                     | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Voltímetro ac                     | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Amperímetro dc                    | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Amperímetro ac                    | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Ohmetros                          | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Multímetros                       | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Medidores de energía              | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Vatímetros                        | <input type="checkbox"/> | Analógicos | <input type="checkbox"/> | Digitales |
| Fuentes de voltaje                | <input type="checkbox"/> | AC         | <input type="checkbox"/> | DC        |
| Fuentes de Corriente              | <input type="checkbox"/> | AC         | <input type="checkbox"/> | DC        |
| Osciloscopio                      | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |
| Frecuencímetro                    | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |
| Cronómetros                       | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |
| Termómetro                        | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |
| Barómetros                        | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |
| Medidores de Resistencia a tierra | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |
| Capacímetros                      | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |
| Tenazas amperimétricas            | <input type="checkbox"/> |            |                          |           |

Otros: \_\_\_\_\_

11. Siempre en el área de calibración ¿Bajo qué rangos se opera, según los patrones disponibles?

<b>Rangos de operación</b>			
<b>Magnitud</b>			
Voltaje	_____	DC	_____ AC
Corriente	_____	DC	_____ AC
Potencia	_____	DC	_____ AC
Resistencia	_____		
Tiempo	_____		
Frecuencia	_____		
Temperatura	_____		

12. ¿Con qué porcentaje de incerteza y error trabajan sus patrones?

<b>Magnitud</b>	<b>Incerteza</b>		<b>Error</b>
Voltaje	_____	DC	_____ AC
Corriente	_____	DC	_____ AC
Potencia	_____	DC	_____ AC
Resistencia	_____		
Tiempo	_____		
Frecuencia	_____		
Temperatura	_____		

13. ¿Cuál es el tiempo de expiración de una certificación de calibración otorgado por su laboratorio? \_\_\_\_\_

14. ¿Qué tipo de equipo (modelo y marca) para calibración se encuentra disponible?

- Voltaje dc \_\_\_\_\_
- Voltaje dc \_\_\_\_\_
- Corriente dc \_\_\_\_\_
- Corriente ac \_\_\_\_\_
- Resistencia \_\_\_\_\_
- Tiempo \_\_\_\_\_
- Frecuencia \_\_\_\_\_
- Temperatura \_\_\_\_\_
- Potencia \_\_\_\_\_
- Otros \_\_\_\_\_

**A continuación se le solicita información valiosa que puede anexarla a la encuesta**

15. Proporcionar un formato de certificación de calibración de equipo (opcional)

16. Proporcionar un folleto publicitario (brochure)

# ANEXO H

Certificado de calibración otorgado por el laboratorio de calibración de AEROMAN.



## CERTIFICATE OF CALIBRATION

CERTIFICATE No. 2004 - 19 / 749

<b>OWNER</b>	TACA - TOOL ROOM
<b>PART NUMBER</b>	FLUKE 87
<b>SERIAL NUMBER</b>	68510028
<b>MANUFACTURER</b>	FLUKE
<b>DESCRIPTION</b>	MULTIMETER
<b>CALIBRATION DATE</b>	AUG 23, 2004
<b>CALIBRATION DUE DATE</b>	FEB 22, 2005

<b>REPAIRABLE ORDER No.</b>	2004 - 6781	<b>TEMPERATURE</b>	21 °C
<b>CONDITION AS RECEIVED</b>	IN TOLERANCE	<b>HUMIDITY</b>	48 %
<b>CONDITION AS RETURNED</b>	IN TOLERANCE	<b>PROCEDURE</b>	QA - 238/96

\_\_\_\_\_  
CALIBRATED BY

\_\_\_\_\_  
CERTIFIED BY

### REFERENCE STANDARDS USED

PART NUMBER	SERIAL NUMBER	DESCRIPTION	CAL DATE	DUE DATE
5500A3	8330002	FLUKE CALIBRATOR	JAN. - 08 / 2004	JAN. - 08 / 2005

AEROMAN certifies that this instrument was calibrated, and meets its published specifications. Aeroman further certifies that the standards against which this instrument was calibrated are on record and that all calibration measurements are traceable to the NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY to the extent allowed by the bureau's calibration facility.

AEROMAN calibration system complies with the requirements of ISO 10012.

FOR DATA INFORMATION SEE: QA-258/97-HS-F, QA-259/97-HS-F, QA-260/97-HS-F, QA-261/97-HS-F, QA-262/97-HS-F W.O. 2004 - 19 / 749 T/C 2004 - 71065 (DOCUMENTS ATTACHED)

QA-224/96-HS-F  
REVISION: 5 / May 12, 2003

EL SALVADOR INTERNATIONAL AIRPORT  
TEL: (503) 366 7450  
FAX: (503) 339 9627

Hoja de datos de los amperios D.C. en la calibración de un Multímetro.



WORK ORDER No. 2004 - 19 / 749  
 TASK CARD No. 2004 - 71065  
 REPAIR ORDER No. 2004 - 6781

**MULTIMETER CALIBRATION DATA SHEET FOR AMPERAGE D.C.**

PART NUMBER:	FLUKE - 87	RANGE:	0,01 $\mu$ A - 20 A	CALIBRATOR P/N:	5500A/3
SERIAL NUMBER:	68510028	TYPE:	DIGITAL MULTIMETER	CALIBRATOR S/N:	8330002
MANUFACTURER:	FLUKE	MIN. SCALE:	0,01 $\mu$ A	PROCEDURES:	QA-238/96

U.U.C. RANGE	TEST POINT	X1	X2	X3	X4	X5	xi	TYPE A u(xi)A	TYPE B u(xi)B	uc	k = 2 U
40 mA	35 mA	34.96	34.96	34.96	34.96	34.96	34.960	0.000	0.005	0.005	0.010
400 mA	350 mA	349.6	349.6	349.6	349.6	349.6	349.60	0.000	0.049	0.049	0.098
400 $\mu$ A	350 $\mu$ A	350	350	350	350	350	350.00	0.000	0.053	0.053	0.106
4000 $\mu$ A	3500 $\mu$ A	3497	3497	3497	3497	3497	3497.00	0.000	0.49	0.490	0.980
10 A	1.99999 A	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99	0.000	0.0029	0.003	0.0058
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TEMPERATURE 21 °C	HUMIDITY 48 %	REFERENCES: 87 TRUE RMS MULTIMETER USERS MANUAL	APPEARANCE & PERFORMANCE OK
----------------------	------------------	--	--------------------------------

REMARKS:  
IN TOLERANCE ACCORDING TO MANUFACTURER SPECIFICATION

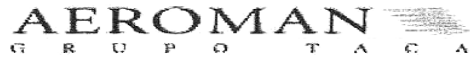
CALIBRATED BY: CARLOS R. DOMINGUEZ.

CALIBRATION DATE : 23-Aug-2004

CERTIFIED BY:

QA-261/97-HS-F  
 Revision 02  
 May 12 / 2003

Hoja de datos de voltaje D.C. en la calibración de un multímetro.



WORK ORDER No. 2004 - 19 / 749  
 TASK CARD No. 2004 - 71065  
 REPAIR ORDER No. 2004 - 6781

**MULTIMETER CALIBRATION DATA SHEET FOR VOLTAGE D.C.**

PART NUMBER:	FLUKE - 87	RANGE:	0,01 mV - 1 000 V	CALIBRATOR P/N:	5500A/3
SERIAL NUMBER:	68510028	TYPE:	DIGITAL MULTIMETER	CALIBRATOR S/N:	8330002
MANUFACTURER	FLUKE	MIN. SCALE	0,01 mV	PROCEDURES:	QA-238/96

U.U.C. RANGE	TEST POINT	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	x <sub>i</sub>	TYPE A u(x <sub>i</sub> )A	TYPE B u(x <sub>i</sub> )B	u <sub>c</sub>	k = 2 U
4 V	+ 3.5 V	3.498	3.498	3.498	3.498	3.498	3.498	0.000	0.0003	0.000	0.001
40 V	+ 35 V	34.98	34.98	34.98	34.98	34.98	34.980	0.000	0.003	0.003	0.006
40 V	- 35 V	-34.97	-34.97	-34.97	-34.97	-34.97	-34.970	0.000	0.003	0.003	0.006
400 V	+ 350 V	349.8	349.8	349.8	349.8	349.8	349.800	0.000	0.03	0.030	0.060
1 000 V	+ 1 000 V	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.000	0.000	0.29	0.290	0.580
400 mV	+ 350 mV	349.7	349.7	349.7	349.7	349.7	349.700	0.000	0.010	0.030	0.060
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TEMPERATURE 21 °C	HUMIDITY 48 %	REFERENCES: 87 TRUE RMS MULTIMETER USERS MANUAL	APPEARANCE & PERFORMANCE OK
----------------------	------------------	--	--------------------------------

REMARKS: MIN MAX FUNTIONAL TEST: TEST POINT +2.828DC =MAX: +2.828VDC, MIN: +2.828 VDC,TEST POINT: -2.828VDC = MAX: -2.824 VDC, MIN: -2.828VDC.  
 IN TOLERANCE ACCORDING MANUFACTURER SPECIFICATION

CALIBRATED BY: CARLOS R. DOMINGUEZ

CALIBRATION DATE :

23-Aug-2004

CERTIFIED BY:

QA-259/97-HS-F  
 Revision 02  
 May 12 / 2003

## Hoja de datos de resistencia en la calibración de un multímetro



WORK ORDER No.	2004 - 19 / 749
TASK CARD No.	2004 - 71065
REPAIR ORDER No.	2004 - 6781

### MULTIMETER CALIBRATION DATA SHEET FOR RESISTANCE

PART NUMBER: FLUKE - 87	RANGE: 0,01 $\Omega$ - 40 M $\Omega$	CALIBRATOR P/N: 5500A/3
SERIAL NUMBER: 68510028	TYPE: DIGITAL MULTIMETER	CALIBRATOR S/N: 8330002
MANUFACTURER: FLUKE	MIN. SCALE 0,01 $\Omega$	PROCEDURES: QA-238/96

U.U.C. RANGE	TEST POINT	X1	X2	X3	X4	X5	xi	TYPE A u(xi)A	TYPE B u(xi)B	uc	k = 2 U
400 $\Omega$	100 $\Omega$	100.1	100.1	100.1	100.1	100.1	100.10	0.000	0.03	0.038	0.075
4 k $\Omega$	1 k $\Omega$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.000	0.0003	0.0003	0.001
40 k $\Omega$	10 k $\Omega$	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.000	0.003	0.003	0.006
400 k $\Omega$	100 k $\Omega$	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.90	0.000	0.03	0.030	0.060
4 M $\Omega$	1 M $\Omega$	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.000	0.0003	0.0003	0.001
40 M $\Omega$	10 M $\Omega$	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.000	0.003	0.004	0.008
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TEMPERATURE 21 °C	HUMIDITY 48 %	REFERENCES: 87 TRUE RMS MULTIMETER USERS MANUAL	APPEARANCE & PERFORMANCE OK
----------------------	------------------	--	--------------------------------

REMARKS: IN TOLERANCE ACCORDING TO MANUFACTURER SPECIFICATION

CALIBRATED BY: CARLOS R. DOMINGUEZ.

CALIBRATION DATE : 23-Aug-2004

CERTIFIED BY:

**QA-262/97-HS-F**  
Revision 02  
May 12 / 2003

Certificado de calibración otorgado por el laboratorio de metrología de la UDB.

**LABORATORIO DE METROLOGIA INDUSTRIAL**

***Certificado de Calibración***

*CERTIFICATE OF CALIBRATION*

---

<b>Nombre del cliente:</b> <i>Customer's name</i>	
<b>Dirección:</b> <i>Address</i>	
<b>No. de Certificado:</b> <i>Certificate number</i>	<b>06JD-MP062</b>
<b>Fecha de Calibración:</b> <i>Calibration date</i>	2004-07-05
<b>Fecha de Recalibración recomendada:</b> <i>Recommended recalibration date</i>	2005-07
<b>Instrumento / magnitud:</b> <i>Instrument</i>	Calibrador de presión / presión
<b>Marca:</b> <i>Manufacturer</i>	AMETEK Jofra Instrument
<b>Modelo:</b> <i>Model/Type</i>	TPEP PPC 350 Bar Intervalo de 0 – 350 bar
<b>No. de serie:</b> <i>Serial number</i>	016.08-03-952710 PP628-03
<b>Resultado de Calibración:</b> <i>Calibration result</i>	Ver hojas anexas
<b>Incertidumbre:</b> <i>Uncertainty</i>	Ver hojas anexas
<b>Factor de Cobertura:</b> <i>Coverage Factor</i>	2
<b>Nivel de Confianza:</b> <i>Confidence level</i>	2 $\sigma$
<b>Condiciones Ambientales de Medición:</b> <i>Environmental conditions of measurement</i>	21°C y 54% Humedad Relativa
<b>Procedimiento utilizado:</b> <i>Procedure</i>	Método ME-003 del CEM, por comparación con patrón de referencia

---

Calibró:  
Calibrated by

Aprobó:  
Approved by

Fecha de emisión:  
Issued

21 de Julio de 2004

**Ing. Jorge G. Duque**  
Laboratorio de Presión

**Ing. Francisco Javier Mejía**  
Jefe de Laboratorios de Metrología y Materiales

**Resultados de la calibración:**

El calibrador de presión marca Ametek Jofra Instrument, con número de serie 016.08-03-952710 e identificación PP628-03 y 0.01bar de resolución, se calibró, según se describe a continuación: Generando y midiendo las diferentes magnitudes, en escalas y puntos definidos, dados en las columnas de "Referencia" e "Intervalo" de las siguientes Tablas. Dichos valores fueron generados por Balanza de peso muerto marca DH-Budenberg modelo 580HX y pistón 562G, número de serie 26802, Certificado 26CN-MB132, la calibración es trazable a los laboratorios del DKD de Alemania.

**NOTA:**

1. La puesta a cero se llevó a cabo con la tecla cero, en su pantalla.

Tabla I. Resultados de la calibración				
Intervalo	Valor de Referencia $V_R$	Resultado de Medición $V_M$	Error $V_M - V_R$	Incertidumbre expandida al 95% de confianza
Presión Hidráulica 0-350 bar	0 bar	-0.01 bar	-0.01	$\pm 0.01$
	25.0 bar	24.89 bar	-0.11	$\pm 0.01$
	50.0 bar	49.58 bar	-0.42	$\pm 0.02$
	80.0 bar	79.74 bar	-0.26	$\pm 0.01$
	100.0 bar	99.68 bar	-0.32	$\pm 0.01$
	120.0 bar	119.61 bar	-0.39	$\pm 0.01$
	150.0 bar	149.53 bar	-0.47	$\pm 0.01$
	180.0 bar	179.44 bar	-0.56	$\pm 0.01$
	200.0 bar	199.39 bar	-0.61	$\pm 0.01$
	230.0 bar	229.31 bar	-0.69	$\pm 0.01$
	250.0 bar	249.24 bar	-0.76	$\pm 0.01$
	280.0 bar	279.16 bar	-0.84	$\pm 0.01$
	300.0 bar	299.10 bar	-0.90	$\pm 0.01$
	330.0 bar	329.00 bar	-1.01	$\pm 0.01$
350.0 bar	348.92 bar	-1.08	$\pm 0.01$	

Calibró:  
Calibrated by

Aprobó:  
Approved by

Fecha de emisión:  
Issued

21 de Julio de 2004

**Ing. Jorge G. Duque**  
Laboratorio de Presión

**Ing. Francisco Javier Mejía**  
Jefe de Laboratorios de Metrología y Materiales



La incertidumbre expandida está basada en las recomendaciones del Buró Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) y es igual a:

$$K u_c = 2 \sqrt{\sum_i u_i^2 + \sum_j u_j^2(x_j)} = U_{\text{Expandida}}$$

Donde  $u_i$  es la incertidumbre Tipo A basada en la desviación estándar de un gran número de mediciones, y  $u(x_j)$  es la incertidumbre tipo B para cada componente conocido, cuantificada por una desviación estándar. El factor de cobertura 2, utilizado por el Laboratorio de Metrología es consistente con la práctica internacional.

El presente certificado sólo ampara las mediciones reportadas en el momento y condiciones en que se realizó esta calibración. El Laboratorio de Metrología no otorga ninguna característica diferente al instrumento, de las descritas en este documento. Es responsabilidad del usuario el recalibrar el instrumento en intervalos apropiados.

No se permite la reproducción total o parcial de este documento, sin la autorización expresa al autor

Calibró:  
Calibrated by

Aprobó:  
Approved by

Fecha de emisión:  
Issued

21 de Julio de 2004

**Ing. Jorge G. Duque**  
Laboratorio de Presión

**Ing. Francisco Javier Mejía**  
Jefe de Laboratorios de Metrología y Materiales

3 de 3

## ANEXO I

### **Proceso de acreditación:**

Para que un laboratorio obtenga la acreditación que otorga el CONACYT se deben de realizar los siguientes pasos:

1. Solicitud de Acreditación
2. Pago del servicio.
3. Revisión de la documentación
4. Evaluación in situ
5. Concesión de la acreditación
6. Seguimiento y reevaluación del proceso de acreditación

### **1. Solicitud de la acreditación**

El laboratorio que desee iniciar el proceso de acreditación deberá llenar la **“solicitud de acreditación”**, la cual puede ser solicitada a la unidad de acreditación del CONACYT. (El formato de esta se muestra en el anexo K).

De acuerdo con el reglamento de acreditación de laboratorios, el propietario del laboratorio o su representante legalmente autorizado para tal efecto, deberá firmar la solicitud, en la cual deben especificarse los siguientes requisitos:

- El alcance de la acreditación deseada.
- El conocimiento exacto de la forma en que funciona el sistema de acreditación.
- La aceptación de cumplir con el procedimiento de acreditación.
- La aceptación de pagar los gastos que se generen en la evaluación, independientemente del resultado de esta.
- La aceptación de la vigilancia subsiguiente si se concede la acreditación.

El CONACYT por medio de la unidad de acreditación está en la obligación de proporcionar orientación adecuada al laboratorio que lo solicite. El laboratorio puede solicitar visitas técnicas y preevaluaciones, los cuales, son procedimientos de carácter voluntario y no tienen ninguna incidencia en la evaluación de acreditación.

Los objetivos de cada procedimiento se describen a continuación:

**Las visitas técnicas** tienen por objeto informar sobre las etapas del proceso de acreditación de tal forma que estas se desarrollen con la mayor eficacia posible.

**Las preevaluaciones** tienen como objetivo analizar el sistema de la calidad, la documentación respectiva y su grado de cumplimiento.

## **2. Pago del servicio**

Antes de iniciar el proceso de acreditación el laboratorio que solicita el servicio deberá cancelar la cuota establecida por el CONACYT para el trámite de acreditación. Al momento de cancelar la cuota, el solicitante debe entregar la documentación solicitada por el CONACYT, la cual consiste en:

- 1) Datos generales del laboratorio solicitante, tales como:
  - i) Nombre y dirección del laboratorio
  - ii) Naturaleza jurídica
  - iii) Recursos humanos
  - iv) Otros que se estimen convenientes
- 2) Información relativa al laboratorio solicitante, tal como:
  - i) Función principal
  - ii) Si es o no parte de otra empresa
  - iii) Ubicación física
- 3) Listado de ensayos y/o calibraciones para los que se solicita la acreditación.
- 4) Nombre de las personas designadas como responsables de la validez técnica de los informes de los ensayos y/o calibraciones.
- 5) Descripción de la organización interna y del sistema de calidad utilizado por el laboratorio que garantiza de los servicios a prestar. Se incluye en esta descripción:
  - i) La política de calidad
  - ii) Tabla del contenido del manual de calidad
  - iii) Reproducibilidad y exactitud de los resultados
  - iv) Programas de calibración de los patrones

- v) Listado de equipo utilizado
- vi) Otros similares

### **3. Revisión de la documentación**

En esta etapa se evidencia la adecuación de la documentación del laboratorio a los requisitos de acreditación establecidos por el CONACYT. Entre los documentos a revisar están:

- a. Manual de la calidad
- b. Manual de procedimientos analíticos
- c. Fotocopias de las referencias
- d. Cuestionario de evaluación preliminar

La documentación estará en función del número de ensayos y/o calibraciones que el laboratorio desee acreditar.

### **4. Evaluación In Situ**

Una vez realizada la revisión de documentación, la Unidad de acreditación del CONACYT designa a las personas que serán las encargadas de realizar la evaluación. Es importante mencionar que previo a la selección de los evaluadores el CONACYT debe enviar al laboratorio un presupuesto de los gastos establecidos para el grupo de evaluadores, además, el laboratorio debe conocer de primera mano, los nombres de los evaluadores y la fecha de la evaluación In Situ. El equipo evaluador verifica la capacidad técnica del laboratorio para realizar las actividades declaradas en la solicitud y luego suministra al CONACYT un informe completo con toda la información relevante referida a la capacidad del laboratorio para cumplir los requisitos de acreditación. Posteriormente el CONACYT hará del conocimiento del laboratorio solicitante, un informe completo sobre el resultado de la evaluación.

### **5. Concesión de la acreditación.**

El dictamen técnico de los evaluadores es enviado a la junta directiva del CONACYT, a través del jefe del departamento de acreditación, quien emitirá una

resolución aprobando o denegando la acreditación del laboratorio. La resolución favorable a la acreditación se constituye en la autorización de que dispondrá el laboratorio para la realización de sus actividades en forma oficial. Esta autorización debe ser renovada cada año, siempre y cuando haya incumplimiento a las disposiciones del reglamento de acreditación de laboratorios del CONACYT.

## **6. Seguimiento y reevaluación del proceso de acreditación**

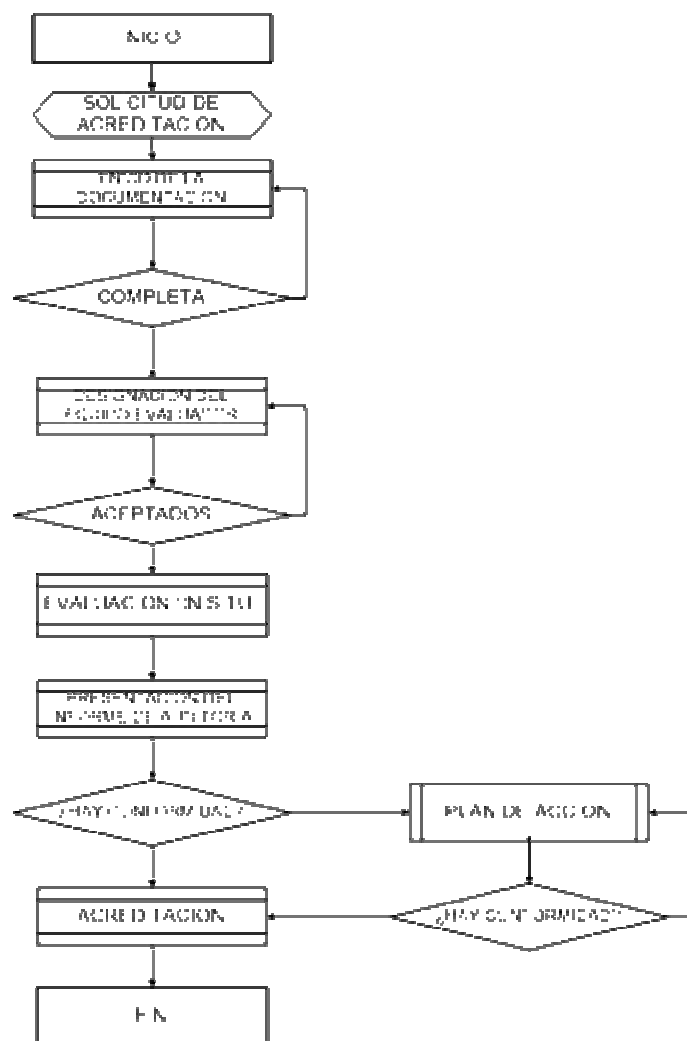
Una vez, el laboratorio ha sido acreditado, se realizan evaluaciones periódicas para asegurar el cumplimiento de los requisitos de acreditación. En general el laboratorio estará autorizado a hacer referencia a su acreditación solamente en los informes relacionados con las calibraciones para los que se otorgó la acreditación. Si un laboratorio desea extender la acreditación para actividades adicionales, puede hacerlo llenando la solicitud de acreditación y presentando la documentación asociada con dichas actividades.

## **7. Interrupción del proceso de acreditación.**

El CONACYT puede suspender o cancelar la acreditación de un laboratorio, previa audiencia de los afectados en los siguientes casos:

- Cuando el laboratorio al ser requerido, no proporcione en forma oportuna y completa los informes respecto a su funcionamiento y operación.
- Por suspender sin causa justificada sus actividades, por un periodo que exceda los treinta días.
- Por impedir u obstaculizar las funciones de vigilancia o auditoría que el CONACYT autorice realizar en base al reglamento de acreditación.
- Por errores comprobados en los resultados de los análisis, entre otras cosas.

En la figura siguiente se puede observar el procedimiento de acreditación en forma de flujograma.



Flujograma del procedimiento de acreditación de laboratorios.

### Requisitos generales para la competencia de laboratorios de prueba y calibración.

El contenido de la norma ISO/IEC 17025 es:

1. Alcances.
2. Normas de referencia.
3. Términos y definiciones.
4. Requerimientos de gestión.
5. Requerimientos técnicos.

## **1. Alcances:**

Los alcances deben especificar los lineamientos para la competencia aplicable a toda organización que realiza ensayos y/o calibraciones (o ambas). El laboratorio deberá definir el alcance para el que desea ser acreditado. En dicho alcance el laboratorio declara las calibraciones o ensayos para los que se considera competente.

El alcance se definirá con referencia a:

### **La relación con la actividad:**

#### ➤ **En ensayos:**

A los productos o materiales sometidos a ensayos, y a las características o cualidades técnicas medibles.

#### ➤ **En calibraciones:**

A la magnitud a medir, al campo de medida, a los objetos a calibrar y a la capacidad óptima de medida en cada campo de medida.

### **La relación con los métodos:**

➤ Los laboratorios deberán realizar los *ensayos* de acuerdo con métodos o especificaciones normalizadas vigentes.

➤ Los laboratorios que efectúen *calibraciones* deberán realizar éstas de acuerdo con procedimientos escritos.

Para ambos casos (ensayos o calibraciones), se aceptarán igualmente otros métodos o procedimientos internos documentados que hayan sido validados.

### **La relación con los laboratorios:**

Cada acreditación estará referida a una unidad técnica. Se entenderá por "unidad técnica" a un conjunto de medios técnicos y humanos perfectamente definido y adscrito a los fines propios de la acreditación solicitada.

## **2. Normas de referencia:**

Son todas las marchas de análisis certificadas que se toman como base para realizar diferentes estudios en el laboratorio, por ejemplo ASTM, IEC, ANSI, IEEE, etc.

### **3. Términos y definiciones.**

Deben definirse todos los términos y definiciones propios de los ensayos y/o calibración que no son del manejo en el vocabulario común.

### **4. Requerimientos de Gestión:**

Describen los requisitos de gestión del sistema de calidad de un laboratorio similares a los de la norma ISO 9001:1994, adaptados a un laboratorio de ensayos y calibración. Estos requisitos son:

- Organización
- Sistema de la Calidad
- Control de documentos
- Revisión de pedidos, ofertas y contratos
- Subcontratación de ensayos y de calibración
- Adquisición de servicios y de suministros
- Servicios al cliente
- Quejas
- Control de las no conformidades en el trabajo de prueba y/o calibración
- Acciones correctivas
- Acciones preventivas
- Control de Registros
- Auditorias internas
- Revisiones administrativas.

### **5. Requerimientos técnicos:**

Describe requisitos técnicos del sistema de calidad de un laboratorio de ensayos y/o calibración. Estos requisitos son:

- Generalidades
- Personal



- Instalaciones y condiciones ambientales
- Pruebas y métodos de calibración y validación de métodos
- Equipos
- Trazabilidad de las mediciones
- Muestreo
- Manejo de muestras para ensayo y calibración
- Aseguramiento de la calidad de los resultados de prueba y calibración
- Informe de los resultados

A continuación se presenta un breve resumen de cada uno de los requisitos de gestión y de los requisitos técnicos, basado en la norma ISO/IEC 17025.

### **Descripción general de los requisitos de la norma ISO-17025**

#### **✓ Requerimientos de Gestión:**

- **Organización:**

Tiene que contemplar al menos:

- Identidad legal
- imparcialidad integridad independencia
- responsable de calidad directo de dirección
- estructura organizativa y de gestión

Dentro de la estructura tiene que contemplar al menos:

- relación de labor con cualquier otra organización de las que depende.
- descripción general del laboratorio y sus campos de actividad
- descripción de líneas de comunicación, niveles jerárquicos, relaciones entre todo el personal y las direcciones.
- identificación de firmas autorizadas
- Sistema de la Calidad

- Definición de la documentación
- Manual de la calidad
- Política y objetivos del sistema de la calidad

### **¿Que es un manual de calidad?**

*Es el documento que enuncia la política de la calidad y que describe el sistema de la calidad de una organización.*

El manual de la calidad es un documento escrito que contiene:

- política de la calidad
- objetivos de la calidad
- responsabilidades, autoridades e interrelaciones
- procedimientos
- instrucciones
- disposiciones para la gestión

Diferentes tipos de Manuales de calidad:

- i. Para la corporación
- ii. Para toda la organización
- iii. Por funciones, por sectores o por departamentos

Diferentes objetivos para la redacción del Manual de calidad:

- i. interés interno para mejorar las comunicaciones
- ii. interés externo para dar una imagen a sus clientes
- iii. interés externo de carácter obligatorio (acreditación, certificación, etc.)

- **Control de documentos**

- Especificar la clase de documentos que deben ser controlados.
- Elaborar una lista maestra u otro documento para evitar el uso de documentos obsoletos o invalidados.
- Los documentos deben identificarse con elementos específicos.
- Elaborar procedimientos para explicar como se hacen y controlan los cambios en documentos conservados en sistemas computarizados.

- **Revisión de pedidos, ofertas y contratos**

- Contar con procedimientos para revisión de solicitudes, ofertas y contratos.
- Resolver cualquier diferencia entre la solicitud y el contrato antes de iniciar el trabajo.
- Conservar registros de las revisiones, incluyendo cualquier tipo de cambio.
- **Subcontratación de ensayos y/o de calibración**
  - Tener un registro o base de datos de subcontratistas competentes.
  - Contar con las consideraciones necesarias para llevar a cabo la subcontratación de servicios.
- **Adquisición de servicios y de suministros**
  - Establecer una política y procedimientos para la selección de adquisición de servicios y suministros.
  - Conservar un registro de la evaluación de proveedores.
  
- **Servicios al cliente**
  - Establecer áreas adecuadas para el recibimiento y la atención de los clientes.
  - Establecer políticas para aclarar las solicitudes de los clientes.
- **Quejas**
  - Política y procedimientos para atención de quejas.
  - Conservar registros de todas las quejas recibidas.
  - Establecer un control de las resoluciones.
- **Control de las no conformidades en el trabajo de prueba y/o calibración**
  - El establecimiento de una política de tratamiento a las no conformidades con procedimientos o requisitos establecidos por el cliente.

- Llevar a cabo procedimientos de acción correctiva al detectar posible recurrencia de no conformidades.
- **Acciones correctivas**
  - Política, procedimiento y designación de responsabilidades para implantar acciones correctivas.
  - Crear un procedimiento para la investigación de las causas.
  - Aplicar auditorías internas.
- **Acciones preventivas**
  - Crear un procedimiento para identificar las fuentes potenciales de no conformidades técnicas o administrativas.
  - Elaborar procedimientos con aplicación de controles para asegurar la efectividad.
- **Control de Registros**
  - Procedimiento para identificación, archivo, almacenamiento y acceso a los registros técnicos y administrativos y para respaldo electrónico.
  - Requisitos específicos para control de registros técnicos.
  - Seguridad y confidencialidad
  - Requisitos específicos para corregir errores durante registros.
- **Auditorías internas**
  - Se debe establecer un programa y procedimiento para las auditorías, las cuales deben ser periódicas.
  - Registro de las situaciones encontradas.
  - Registro y verificación de las acciones correctivas aplicadas como seguimiento de la auditoría.
- **Revisiones administrativas.**
  - Establecer un programa de revisión del sistema y de las actividades de ensayo y/o calibración.

✓ **Requerimientos técnicos:**

- **Generalidades**

- Deducir los factores que determinan el desarrollo de las actividades del laboratorio.
- Tomar en cuenta los factores para desarrollar métodos y procedimientos relacionados con la competencia del laboratorio.
- Establecer política y procedimiento para identificar las necesidades de capacitación.
- Autorizar personal específico para tipos especiales de actividades.

- **Personal**

- Competencia técnica y personal calificado
- Metas de entrenamiento
- Plan de capacitación
- Responsabilidades fijadas , autorizaciones

- **Instalaciones y condiciones ambientales**

- Áreas definidas y controladas
- Condiciones ambientales registradas, para que no afecten la calidad de los servicios.

- **Pruebas y métodos de calibración y validación de métodos**

- Desarrollar plan de actividades que incluyan los procedimientos de ensayo y/o calibración.
- Desarrollar un manual de instrucciones para uso y operación de equipo.
- Aplicar métodos publicados en normas, textos, o publicaciones científicas (según las especificaciones del fabricante).
- Si el método a utilizar no esta normalizado, debe acordarse su uso con el cliente.
- Validar métodos no normalizados, desarrollados por el laboratorio.
- Tener un procedimiento definido para el cálculo de incertidumbre.

**Validación:** *Demostración formal de que un sistema realiza lo que se supone que debe hacer y continua haciéndolo.*

Algunos objetivos de la validación son:

- Evaluar la coherencia entre la información analítica generada y las necesidades informativas.
  - Evaluar la calidad y constancia de la calidad de la información generada.
  - Caracterizar procesos de medición y herramientas analíticas.
  - Facilitar procesos de registro y evaluaciones para reconocimientos de competencia.
  - Definir trazabilidad e incertidumbre.
- **Equipos**
    - definir un registro o ficha de equipo y de su software (si lo requiere).
    - Tener un determinado plan de calibración.
    - Elaborar un procedimiento para proteger el equipo de desajustes que puedan invalidar los resultados.
- **Trazabilidad de las mediciones**
    - Los patrones de calibración deben tener trazabilidad a las unidades de medición del sistema internacional de unidades (SI).
    - Definir los requisitos específicos cuando las calibraciones no pueden ser hechas con magnitudes del SI.
    - Todos los patrones deben ser verificados (no calibrados) periódicamente, para conservar la confianza en el estado de calibración.
- **Muestreo**
    - Siempre que sea razonable, utilizar planes de muestreo basados en métodos estadísticos apropiados.
    - Registrar cualquier desviación que el cliente solicite.
    - Definir los requisitos específicos para los registros durante el muestreo.

- **Manejo de muestras para ensayo y calibración**
  - Elaborar procedimientos para el manejo, identificación y almacenamiento de los elementos de ensayo y/o calibración durante todo el proceso.
  - Sistemática de circulación de muestras en el laboratorio.
- **Aseguramiento de la calidad de los resultados de prueba y calibración**
  - Procedimientos para supervisar la validez de los ensayos y calibraciones.
  - Archivo de materiales de referencia (manuales, libros, investigaciones, software, etc.)
  - Planear ensayos de aptitud
  - Elaborar gráficos de control
- **Informe de los resultados**
  - Desarrollar un tipo de informe en el cual se incluyan:
    - i. Formato definido
    - ii. Elementos mínimos que debe contener
    - iii. Tratamiento de modificaciones o enmiendas.

## ANEXO J

### Formato de solicitud de acreditación



**FSC 7.9.0.1 SOLICITUD DE ACREDITACIÓN DE UN LABORATORIO DE ENSAYO  
CONACYT ISO/IEC 17025**

- Este documento deberá completarse al momento de solicitar el servicio de acreditación
- Esta solicitud debe ser llenada en su totalidad adjuntando el alcance de acreditación solicitado y copia de los métodos de referencia.
- Si necesita aclaración alguna sobre la información solicitada no dude en consultar con el técnico de acreditación del departamento de Normalización, Metrología y Control de Calidad del CONACYT.

Nombre de la Razón Social de la que forma Parte el laboratorio:

NIT :

Nombre del Representante Legal:

Cargo:

D.U.I.:

SOLICITA A CONACYT:

- Ser evaluado para su acreditación en los ensayos indicados en el formato "alcance de la acreditación que se adjunta"

DECLARA:

- Conocer el reglamento de acreditación del CONACYT los derechos y deberes de los laboratorios auditados.
- Que los datos declarados en esta solicitud son verdaderos.

SE COMPROMETE:

- Cumplir con los criterios de acreditación establecidos por CONACYT.
- Respetar el procedimiento de acreditación establecido por CONACYT.

En, \_\_\_\_\_ el \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

-----  
Firma y Sello

A complementar por CONACYT

Expediente N°:

Área de acreditación:

Fecha de Ingreso:

Sector:

Publico

Privado

Auditor Líder:----- Auditor técnico / experto:-----  
-----  
-----



**ALCANCE DE ACREDITACIÓN**

Laboratorio (A)

Dirección:

Tel:

Fax:

Email

Solicita la acreditación al **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**, conforme a los criterios establecidos en la norma NSR ISO/IEC 17025 y el reglamento de acreditación de laboratorios de ensayos y análisis del CONACYT, para la realización de los siguientes ensayos:

Responsable signatario de la validez técnica de los certificados de ensayo: (B)

<b>PRODUCTO / MATERIAL A ENSAYAR(MATRIZ) (C)</b>	<b>ENSAYO (D)</b>	<b>MÉTODO DE ENSAYO (E)</b>

