

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



**“DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN METROLÓGICA EN EL  
SALVADOR”**

**PRESENTADO POR:  
LEANDRO ALFREDO ORELLANA ARGUETA  
EDWIN ISRAEL RIVERA**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 2003**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR****RECTORA :****Dra. María Isabel Rodríguez****SECRETARIA GENERAL :****Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela****FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA****DECANO :****Ing. Mario Roberto Nieto Lovo****SECRETARIO :****Ing. Oscar Eduardo Marroquín Hernández****ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA****DIRECTOR :****Ing. Juan Antonio Flores Díaz**

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

**Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:  
Ingeniero Mecánico**

**Título :**  
**“DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN METROLÓGICA EN EL  
SALVADOR”**

**Presentado por :**  
**LEANDRO ALFREDO ORELLANA ARGUETA  
EDWIN ISRAEL RIVERA**

**Trabajo de Graduación aprobado Por:**

**Docente Director :**  
**Ing. M.Sc Leyla Marina Jiménez Monroy**

**San Salvador, diciembre de 2003**

**Trabajo de Graduación Aprobado por:**

**Docente Director:**

**Ing. M.Sc Leyla Marina Jiménez Monroy**

**DEDICATORIA**

- A DIOS por acompañarme siempre y darme las fuerzas para seguir adelante en los momentos difíciles.
- A mi MADRE Martha F. Rivera, por apoyarme y darme el amor que siempre necesito.
- A mi Bebito y Amigos, quienes me ayudan a comprender y dar sentido a las etapas difíciles de la vida.

**Edwin I. Rivera**

- A Dios, por permitirme llegar hasta este momento de mi vida siempre proveer todo aquello que en verdad necesito.
- A mis padres, Alfredo Antonio Orellana Rodríguez y Ana Leticia Argueta de Orellana, porque han estado conmigo toda mi vida y siempre me han apoyado y me han enseñado a nunca dejarme vencer por nada.
- A mi hermano, Carlos Roberto, por ser el mejor amigo que puedo tener desde que te conozco. Espero verte también muy pronto como un profesional.
- A Saraí, por todo su amor y apoyo. Nadie me ha tratado como usted.
- A todos mis amigos, que siempre están cuando se les necesita, para reír o para llorar conmigo.

**Leandro Orellana**

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT y a su Director Ejecutivo, Ing. Carlos Roberto Ochoa, por toda la colaboración y apoyo brindados al desarrollo de este Trabajo de Graduación. Agradecimiento que se hace extensivo a la Ing. Evelyn de Vanegas, Jefe del Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad de dicha institución.
- Al Ing. Miguel Tévez, Director del Laboratorio Nacional de Metrología Legal, por sus valiosas observaciones y colaboración.
- Al Ex Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. José Francisco Zuleta, por toda la colaboración y gestión brindadas para la consecución de los objetivos del presente trabajo.

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento del estado actual de la Metrología en El Salvador es de gran importancia para la industria nacional e internacional, puesto que es la herramienta que permite la validación de los productos dentro de un mercado cada día más absorbido por la globalización. Asimismo, dicho conocimiento permite el establecimiento de nuevos servicios así como también el fortalecimiento de los ya establecidos en áreas estratégicas para el comercio, la salud y la protección ambiental.

En tal sentido, para establecer un Sistema Metrológico Nacional es necesario conocer cuales son las necesidades principales del país. El presente Trabajo de Graduación pretende, en buena manera, proporcionar la base técnica para el establecimiento de un sistema metrológico en el país que permita la trazabilidad nacional e internacional.

El estudio comprende aspectos tales como el desarrollo de la Metrología en El Salvador y la identificación de la oferta y demanda metrológica nacional, cuyo diagnóstico se realizará mediante un censo dirigido a empresas e instituciones que presten y demanden servicios metrológicos, con el fin de identificar sus necesidades y recabar la información con la objetividad que se pretende.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

- Realizar un estudio de antecedentes para el establecimiento y desarrollo de un Sistema Nacional De Metrología Legal.

### **Específicos:**

- Realizar un catastro metrológico de El Salvador, que incluya patrones, instrumentos y equipos existentes en el país, que poseen los organismos metrológicos.
- Realizar un análisis de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del panorama metrológico en El Salvador.



## RESUMEN

El desarrollo del Trabajo de Graduación ha tenido como objetivo principal la realización de un estudio de antecedentes para el establecimiento y desarrollo de un Sistema Nacional de Metrología. Contempla la elaboración de un catastro metroológico de El Salvador, que incluye los patrones e instituciones que ofrecen servicios de Metrología existentes en el país, así como un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas del panorama metroológico nacional.

El trabajo se realizó en tres etapas, la primera consistió en la recopilación de los conceptos básicos sobre Metrología que fueran aplicables según los objetivos y los alcances del Trabajo de Graduación. En la segunda etapa se recolectó información a través de la aplicación de dos encuestas, una preliminar y una específica; para tal fin se elaboró un listado de 214 empresas de diversos sectores productivos del país, las cuales se clasificaron por rubro.

La información procedente de las encuestas se procesó y se utilizó como insumo para elaborar una base de datos, cuya estructura principal consta de tres tablas: Magnitudes, Instituciones y Patrones, relacionadas entre sí de tal forma que se puede acceder a los patrones desde cualquiera de las otras dos tablas. La tercera etapa consistió en la realización de un análisis F. O. D. A. de la Situación Metroológica en El Salvador y la propuesta de algunos puntos importantes.

Del desarrollo de las etapas del Trabajo de Graduación, se obtuvieron las siguientes conclusiones principales:

- Durante el desarrollo del estudio se evidenciaron aspectos de gran influencia, como el desconocimiento generalizado que se tiene en El Salvador de lo que es la Metrología, su importancia y quien regula las actividades metroológicas en el país; el temor y la apatía que existe en las empresas de ofrecer información relacionada con sus procesos productivos, lo cual puede deberse en gran medida a la falta de difusión de información sobre la actividad metroológica en el país.
- Otro factor de influencia en los resultados del estudio lo constituyó el que en El Salvador existen tanto Laboratorios dedicados a la Metrología Legal e industrial (Laboratorio Nacional de Metrología Legal y Laboratorio de Metrología Industrial de la Universidad Don Bosco), como un ente regulador de las actividades metroológicas. Sin embargo, los laboratorios no guardan relaciones entre sí y las metas que persiguen son independientes.
- Un resultado interesante del estudio es la evidencia de actividades de Metrología de Mediciones Químicas en muchas empresas, principalmente en el sector farmacéutico, mientras que la oferta de servicios de Metrología en El Salvador se reduce a seis magnitudes, cubiertas entre los dos laboratorios existentes, las cuales son: masa, volumen, temperatura, presión, longitud y magnitudes eléctricas.

- Los Tratados de Libre Comercio representan una oportunidad para el desarrollo de la Metrología en El Salvador, ya que el sector productivo del país necesitará generar productos y servicios de competencia internacional, lo cual se puede lograr basándose en una estrategia de calidad y no de precio, ya que una estrategia de calidad es sostenible a largo plazo, garantizando la estabilidad de las empresas.

Cabe mencionar que no existe una Ley de Metrología en El Salvador, la cual reforzaría la autoridad y respaldaría las actividades realizadas por CONACYT en lo que respecta a Metrología, en la que se establezcan deberes, derechos y actividades propias de cada participante del Sistema Nacional de Metrología.

## ÍNDICE

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>1</b> | <b>DEFINICIONES CONCEPTUALES .....</b>                                | <b>1</b> |
| 1.1      | Referencias históricas.....   | 1        |
| 1.2      | Marco legal de la Metrología en El Salvador. ....                     | 4        |
| 1.3      | Introducción a la Metrología.....                                     | 6        |
| 1.3.1    | Metrología Legal.....   | 7        |
| 1.3.2    | Metrología Industrial.....  | 9        |
| 1.3.3    | Metrología Científica .....   | 11       |
| 1.4      | Relación calidad-Metrología.....                                      | 12       |
| 1.4.1    | Certificación de un producto o servicio .....                         | 14       |
| 1.5      | Organización Internacional de la Metrología .....                     | 14       |
| 1.6      | Revisión de conceptos.....  | 16       |
| 1.6.1    | Magnitud .....  | 16       |
| 1.6.2    | Magnitud básica .....   | 16       |
| 1.6.3    | Magnitud derivada.....  | 16       |
| 1.6.4    | Dimensión de una magnitud.....  | 17       |
| 1.6.5    | Magnitud sin dimensión o de dimensión uno.....                        | 17       |
| 1.6.6    | Valor de una magnitud .....   | 17       |
| 1.6.6.1  | Valor verdadero de una magnitud .....                                 | 17       |
| 1.6.6.2  | Valor convencionalmente verdadero de una magnitud .....               | 17       |
| 1.6.6.3  | Valor numérico de una magnitud .....                                  | 17       |
| 1.6.6.4  | Escala de valores de referencia de una magnitud o una propiedad ..... | 18       |
| 1.6.7    | Unidad de medida.....   | 18       |
| 1.6.7.1  | Símbolo de una unidad de medida .....                                 | 18       |
| 1.6.7.2  | Sistema de unidades de medida.....                                    | 18       |
| 1.6.7.3  | Sistema coherente de unidades de medición.....                        | 18       |
| 1.6.7.4  | Sistema internacional de unidades, SI.....                            | 18       |
| 1.6.7.5  | Unidad de medida básica.....  | 19       |
| 1.6.7.6  | Unidad de medida derivada.....  | 19       |
| 1.6.7.7  | Unidad de medida derivada coherente .....                             | 20       |
| 1.6.7.8  | Múltiplo de una unidad de medida .....                                | 20       |
| 1.6.7.9  | Submúltiplo de una unidad de medida .....                             | 20       |
| 1.6.8    | Calidad .....   | 20       |
| 1.6.8.1  | Calidad Total.....  | 21       |
| 1.6.8.2  | Certificación de calidad.....   | 22       |
| 1.6.8.3  | Acreditación .....  | 22       |
| 1.6.9    | Normalización .....   | 23       |
| 1.6.9.1  | Norma.....  | 23       |
| 1.6.9.2  | Especificación .....  | 23       |
| 1.6.10   | Metrología .....  | 23       |
| 1.6.11   | Medición.....   | 25       |
| 1.6.11.1 | Mensurando.....   | 25       |
| 1.6.11.2 | Tolerancia .....  | 25       |
| 1.6.11.3 | Error .....   | 25       |
| 1.6.11.4 | Incertidumbre .....   | 26       |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 1.6.12   | Instrumento de medición.....  | 26        |
| 1.6.12.1 | Medida materializada .....  | 26        |
| 1.6.12.2 | Sistema de medición.....  | 26        |
| 1.6.12.3 | Instrumento de medición totalizador .....                                 | 26        |
| 1.6.12.4 | Instrumento de medición integrador .....                                  | 26        |
| 1.6.12.5 | Instrumento de medición analógico .....                                   | 27        |
| 1.6.12.6 | Instrumento de medición digital.....                                      | 27        |
| 1.6.13   | Trazabilidad.....   | 27        |
| 1.6.13.1 | Calibración .....   | 27        |
| 1.6.13.2 | Patrón .....  | 27        |
| 1.6.13.3 | Patrón internacional.....   | 28        |
| 1.6.13.4 | Patrón nacional.....  | 28        |
| 1.6.13.5 | Patrón primario.....  | 28        |
| 1.6.13.6 | Patrón secundario .....   | 28        |
| 1.6.13.7 | Patrón de referencia.....   | 28        |
| 1.6.13.8 | Patrón de trabajo.....  | 28        |
| 1.7      | Magnitudes seleccionadas .....  | 29        |
| 1.8      | Estadística metrológica .....   | 32        |
| 1.8.1    | Censo .....   | 32        |
| 1.8.2    | Muestra .....   | 32        |
| 1.9      | Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)..... | 33        |
| 1.9.1    | La Estrategia DA (Mini-Mini) .....  | 35        |
| 1.9.2    | La Estrategia DO (Mini-Maxi).....   | 36        |
| 1.9.3    | La Estrategia FA (Maxi-Mini) .....  | 36        |
| 1.9.4    | La Estrategia FO (Maxi-Maxi).....   | 37        |
| <b>2</b> | <b>DISEÑO Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>                      | <b>38</b> |
| 2.1      | Selección de las magnitudes a investigar .....                            | 38        |
| 2.2      | Selección de la población para el censo .....                             | 38        |
| 2.2.1    | Criterios de selección .....  | 39        |
| 2.3      | Diseño de encuestas .....   | 42        |
| 2.4      | Encuesta preliminar .....   | 42        |
| 2.5      | Encuesta específica .....   | 43        |
| 2.6      | Recolección de datos.....   | 44        |
| 2.7      | Diseño de la base de datos.....   | 45        |
| <b>3</b> | <b>RESULTADOS.....</b>  | <b>50</b> |
| 3.1      | Patrones identificados .....  | 51        |
| <b>4</b> | <b>ANÁLISIS FODA PARA LA METROLOGÍA EN EL SALVADOR .....</b>              | <b>52</b> |
| 4.1      | Fortalezas .....  | 52        |
| 4.1.1    | Existencia de un Laboratorio Nacional de Metrología Legal .....           | 52        |
| 4.1.2    | Existencia de patrones trazados.....                                      | 54        |
| 4.1.3    | Existencia de actividad metrológica.....                                  | 54        |
| 4.1.4    | Existencia de personal capacitado .....                                   | 55        |
| 4.1.5    | Existencia de laboratorios que prestan servicios de calibración .....     | 55        |
| 4.1.6    | Existencia de un ente regulador .....                                     | 56        |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.2   | Oportunidades .....  | 56 |
| 4.2.1 | Amplio mercado potencial .....   | 56 |
| 4.2.2 | Los Tratados de Libre Comercio .....   | 57 |
| 4.2.3 | Certificación ISO 9001:2000 .....  | 57 |
| 4.2.4 | Desarrollo tecnológico .....   | 58 |
| 4.2.5 | Ley Especial de Metrología.....  | 59 |
| 4.2.6 | Formar parte de los programas del SIM.....   | 59 |
| 4.3   | Debilidades .....  | 60 |
| 4.3.1 | Inexistencia de ley metrológica .....  | 60 |
| 4.3.2 | Desconocimiento generalizado de la importancia y la necesidad de la Metrología ..... | 60 |
| 4.3.3 | Costos elevados de instalación y mantenimiento de laboratorios de Metrología .....   | 61 |
| 4.3.4 | Carencia de programas de difusión e información.....                                 | 62 |
| 4.3.5 | Escasa cobertura de servicios para algunas áreas.....                                | 62 |
| 4.3.6 | No inspira confianza en el cliente .....   | 62 |
| 4.3.7 | Necesidad de un Sistema Metrológico Nacional.....                                    | 63 |
| 4.4   | Amenazas .....   | 63 |
| 4.4.1 | Problemas políticos y económicos en El Salvador.....                                 | 63 |
| 4.4.2 | Beneficios de inversión a largo plazo .....  | 63 |
| 4.5   | Potencialidades .....  | 64 |

## ÍNDICE DE FIGURAS UTILIZADAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1. Divisiones de la Metrología. ....  | 7  |
| Figura 1.2 Esquema de calibraciones. ....  | 10 |
| Figura 1.3. Organización general de la Metrología Legal e Industrial. ....   | 11 |
| Figura 1.4. Países que forman parte del Sistema Interamericano de Metrología. ....                                 | 15 |
| Figura 1.5. Matriz FODA, con sus cuadrantes FO, DO, FA y DA. ....  | 35 |
| Figura 2.1 Empresas clasificadas por rubro. ....   | 41 |
| Figura 2.2 Relaciones entre las tablas de la base de datos. ....   | 46 |
| Figura 2.3 Menú principal de la base de datos ....   | 46 |
| Figura 2.4 Formulario para la visualización de patrones. ....  | 47 |
| Figura 2.5 Formulario para la visualización de instituciones. ....   | 48 |
| Figura 2.6 Formulario de ingreso o modificación de datos. ....   | 48 |
| Figura 2.7 Opciones de impresión. ....   | 49 |
| Figura 3.1 Respuesta de las empresas e instituciones encuestadas. ....   | 50 |
| Figura 4.1 Costos de instalación de un Laboratorio de Metrología en función de la calidad de los patrones<br>..... | 61 |

## ÍNDICE DE TABLAS UTILIZADAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 Sectores industriales y sus magnitudes correspondientes. _____        | 39 |
| Tabla 2.2 Actividad comercial de las empresas que conforman la población. _____ | 40 |
| Tabla 2.3 Clasificación de las empresas por rubro _____                         | 41 |
| Tabla 2.4 Existencia de patrones de trabajo y de referencia. _____              | 43 |
| Tabla 2.5 Información referente a patrones. _____                               | 44 |
| Tabla 3.1. Patrones identificados por magnitud _____                            | 51 |
| Tabla 3.2 Matriz FODA para la Situación Metrológica en El Salvador _____        | 53 |



## 1 DEFINICIONES CONCEPTUALES

### 1.1 Referencias históricas

La historia de la Metrología se desarrolla casi paralela a la historia del hombre. Desde la edad primitiva, el hombre necesitó hacer comparaciones y establecer patrones para hacer sus edificaciones, delimitar sus tierras, para el comercio, etc. Es así como surgen medidas primitivas como el palmo, el pie, el codo, la era, el estadio, el ciclo lunar, el día, etc.

Todas estas medidas se basaban principalmente en partes del cuerpo humano, movimientos de astros, cantidades de algún grano y así sucesivamente. Es evidente que no podían adoptarse estos patrones debido a su inconstancia.

Con la evolución del hombre, también evolucionaron los patrones de medición a formas más confiables; pero entonces, surgió el problema de que en cada región se adoptaban patrones diferentes que los de las demás, dificultando el comercio entre regiones y retrasando el desarrollo de la ciencia.

Fueron los egipcios y los sumerios [1] quienes elaboraron por primera vez patrones de piedra y madera para las magnitudes de medida más utilizadas como la longitud, la masa y el tiempo. El patrón más antiguo de longitud es una regla graduada que data del año 2130 A.C; además de patrones egipcios subdivididos en dedos, palmos, pies y otras unidades.

El tiempo se asociaba con el ordenamiento de las tareas agrícolas diarias y estacionales y con el estudio de los astros. Dos mil años antes de nuestra era, en Egipto y Mesopotamia, el tiempo se medía con relojes, bien de sombra, o bien de agua, en los que se medía el tiempo por el llenado de un recipiente con marcas a un caudal constante.

Durante la Edad Media, hubo un desorden generalizado, producto de las guerras: si un reino era conquistado por otro, le eran impuestas las unidades de medición del conquistador, aunque tampoco dejaba de utilizar sus antiguas unidades.

Posteriormente en Inglaterra se adoptaron patrones establecidos por decreto Real de Isabel I (1588), quien ordenó la construcción de yardas patrones en latón con una longitud de 91.5 cm y una libra de 453 g como patrón de masa. Durante este reinado se definió lo que hoy se conoce como Sistema Inglés de unidades, que utiliza el pie, la libra y el segundo.

En 1664, Huygens pensó en utilizar el período de una oscilación como el estándar de longitud. Sin embargo, el período era afectado por la masa de la cuerda, la posición del centro de masa de la esfera, el aire arrastrado y el desgaste de la cuerda. Estos factores atenuaban el movimiento de vaivén del péndulo y, en consecuencia, este sistema no pudo llevarse a la práctica. [2]

El primer país en definir un sistema decimal de unidades fue Francia, con el impulso de la Revolución Francesa, quien, retomando la sugerencia de Mouton en 1670 [2] definió el metro como la diezmillonésima parte del cuadrante de un meridiano terrestre en 1791. [1] Tomó años de mucho esfuerzo medir con exactitud esta distancia (se inició en 1792 y se terminó en 1798[2]) y construir patrones del primer metro en 1799. También se definió el kilogramo como la masa de un decímetro cúbico de agua a 4°C.

En el año de 1875 se fundó el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), apoyado por Francia y otros dieciséis países. Este organismo es el encargado hasta ahora de actualizar la definición de las unidades primarias y construir patrones de las mismas. De esta iniciativa de países, más adelante nació el Sistema Internacional de Unidades, que actualmente se está adoptando en la mayoría de países como sistema único de unidades.

En 1876, se seleccionó el patrón del metro de un total de 32 barras prototipo [2], fabricadas con una composición de 90% de platino y 10% de iridio para tomar de entre ellas el patrón del metro.

Actualmente, casi todos los países del mundo han adoptado el sistema SI, sin embargo en la práctica aún se utilizan mucho las unidades del Sistema Inglés. Históricamente, todas las poblaciones siempre se han resistido a los cambios en las unidades de medida, aunque el fenómeno de la globalización ayudará a acelerar la adopción del Sistema Internacional de Unidades.

Después de la fundación del BIPM, muchos países siguieron la iniciativa de establecer sus propios organismos nacionales de Metrología. Hasta hoy, la mayoría de los países cuentan con sus propios laboratorios de Metrología, donde se conservan los Patrones Nacionales, o bien están afiliados con alguna organización metrológica de mayor rango en algún otro país.

En Centroamérica [3] existen varias Instituciones que desde hace algún tiempo vienen desarrollando trabajos metrológicos, tales como el Instituto Nacional Panameño de Metrología, el cual presta sus servicios a diferentes empresas en el canal de dicho país. En Guatemala existen dos Laboratorios de Metrología Industrial, tres más en Costa Rica y otros tres en Panamá. [3]

Costa Rica posee un buen desarrollo en Metrología, tiene Metrología Legal e industrial en lo que respecta a servicios metrológicos de presión y mediciones dimensionales. [3]

Otros países centroamericanos han obtenido desarrollo metrológico gracias a instituciones internacionales. Es así como en el año de 1995, gracias a un proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNDUD), propuso a los gobiernos de El Salvador y Honduras, la creación de un Laboratorio de Metrología Legal en ambas naciones. Proporcionando además la capacitación del personal técnico que se

desempeñaría inicialmente prestando servicios de Metrología Legal e industrial. Dicho proyecto se aprovechó para hacer una jornada técnica en la que participaron diferentes países del istmo centroamericano.

## **1.2 Marco Legal De La Metrología En El Salvador. [4]**

### **Ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**

Aprobada según Decreto Legislativo N° 287 de fecha 15 de julio de 1992, publicado en el Diario Oficial # 144, Tomo N° 316 del 10 de agosto de 1992 y la modificación del Art. 71, según Decreto Legislativo N° 426 de fecha 4 de enero de 1993, por medio del cual se crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), cuyo objetivo es formular y dirigir la política nacional en materia de desarrollo científico y tecnológico orientada al desarrollo económico y social del país.

### **Reglamento de Metrología**

De conformidad con lo dispuesto en el Artículo 16, I, Ambito Interno, letra (p) y Artículo 73 de la Ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, aprobado según Decreto N° 106 del Organismo Ejecutivo, en el Ramo de Economía, de fecha 25 de octubre de 1996, publicado en el Diario Oficial # 205, Tomo 333 de fecha 31 de octubre de 1996, que en artículos establece el procedimiento para el desarrollo de todas las actividades metrológicas aplicables en el territorio de la República.

### **El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**

Creado como Institución de Derecho Público sin fines de lucro, de carácter autónomo descentralizado, para que sea la autoridad superior en materia de política científica y tecnológica, de conformidad a la ley de la materia. Tiene por objeto formular y dirigir la política nacional en materia de desarrollo científico y tecnológico orientada al desarrollo económico y social del país. Tiene personería jurídica y plena capacidad para ejercer derechos y contraer obligaciones y tiene patrimonio propio. Su domicilio y oficinas principales están en San Salvador y para el cumplimiento de sus fines puede

establecer representaciones u oficinas en otros lugares, siempre que su Junta Directiva lo considere necesario

### **Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad**

Dirigido por un Jefe nombrado por la Junta Directiva del CONACYT, de terna propuesta por el Director Ejecutivo. Es un cargo a tiempo completo. Elabora, adopta y propone a la Junta Directiva, a través del Director Ejecutivo, las normas técnicas nacionales para aprobación del Ejecutivo, a través del Ministro de Economía. Vela por el cumplimiento de las normas técnicas nacionales. Constituye los Comités Técnicos para el estudio, elaboración y modificación de normas técnicas oficiales. Acredita y lleva registro de laboratorios acreditados correspondientes al ejercicio de sus actividades. Prepara y desarrolla programas para promover y difundir la importancia de la normalización, Metrología, verificación y certificación de la calidad. Establece y ejecuta programas para la formación de personal especializado. Da trámites administrativos a las normas adoptadas por el Consejo. Mantiene constante comunicación con entidades del país y de otros países y con instituciones internacionales relacionadas con la normalización, Metrología, verificación y certificación de la calidad. Prepara proyectos de reglamento para extensión de certificación de calidad y para autorización del uso del sello de conformidad con norma, para someterlos a consideración y aprobación de la Junta Directiva. Coordina las actividades de los diferentes Comités Técnicos de Normalización, Metrología, Verificación y Certificación de la calidad.

La Metrología y sus actividades están legisladas en El Salvador por varias leyes y normas dispersas. Por ejemplo, la Ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y su reglamento de Metrología, que establece las funciones del CONACYT y del Laboratorio Nacional de Metrología Legal.

Las atribuciones del Laboratorio de Metrología Legal, funciones del Servicio de Metrología Legal y autoridad del mismo se listan en el Reglamento de Metrología, en los artículos 5,8,9 y10. (Ver anexo 1). Este laboratorio tiene a su cargo la custodia de los Patrones Nacionales y brinda además servicios de calibración en las magnitudes de

masa, volumen y longitud. Recientemente se ha fundado un laboratorio de Metrología Industrial, en la Universidad Don Bosco (UDB), el cual ofrece servicios de Metrología Industrial para las magnitudes de masa, temperatura, presión, longitud y magnitudes eléctricas.

Existen otras leyes y normas dispersas que regulan actividades concernientes a la Metrología , como la Ley de Protección al Consumidor, que hace referencia a la Metrología en su artículo 29 y la Ley General de Electricidad; las normas obligatorias, etc.

### **1.3 Introducción a la Metrología**

La Metrología es la ciencia de las mediciones, e incluye todos los aspectos relacionados con las mismas, tales como:

- a. La forma correcta de efectuar una medición.
- b. La forma correcta de expresar el resultado de una medición.
- c. Los procedimientos para determinar la incertidumbre de una medición.

La Metrología tiene tres ramas que se encargan de estudiar campos diferentes, pero que guardan una estrecha relación entre sí. Estas ramas de la Metrología se pueden ver en el esquema de la figura 1.1:

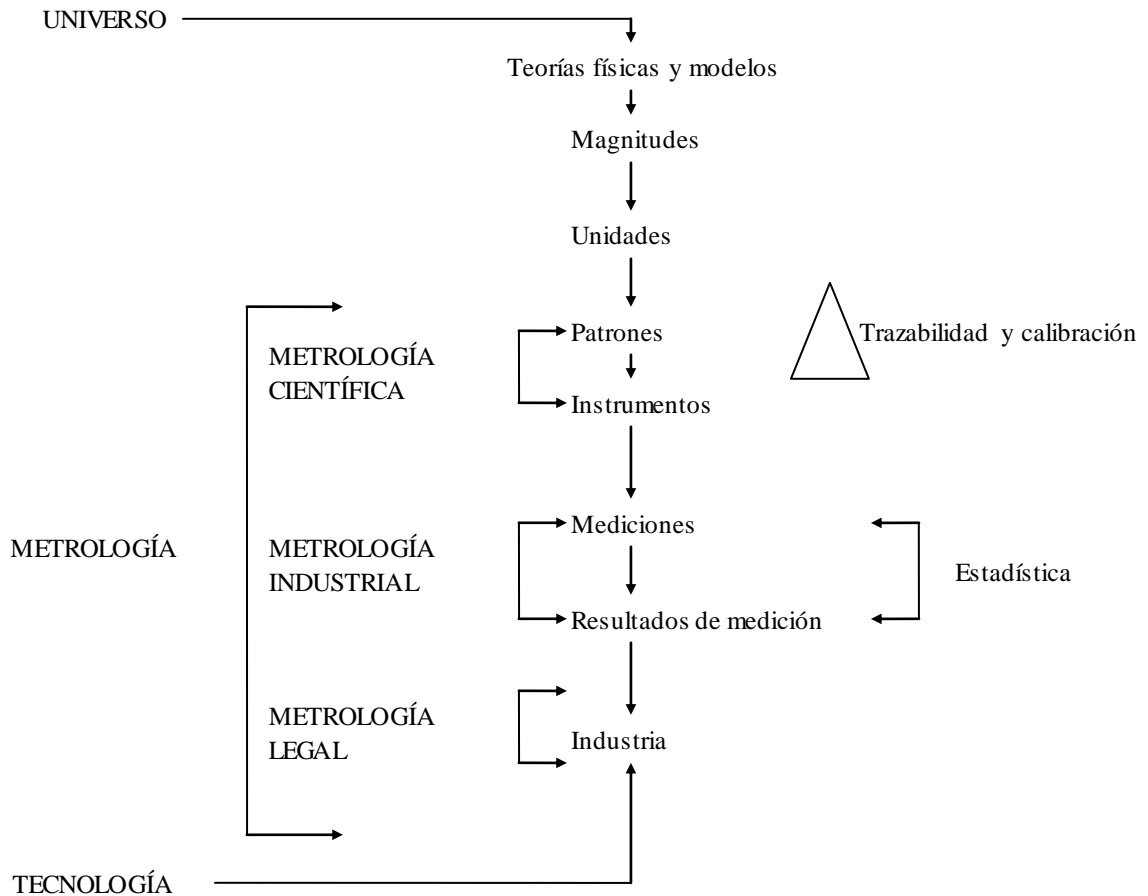


Figura 1.1. Divisiones de la Metrología.

### 1.3.1 *Metrología Legal*

Es la actividad ligada al control y a la verificación de los productos e instrumentos, en cuanto se refiere al cumplimiento de exigencias técnicas y/o jurídicas como pueden ser normas de contenido, masa, volumen, etc.[3]

Es la que regula y controla la actividad metroológica. Sus áreas de responsabilidad son:

- a. Custodiar los Patrones Nacionales de un país y garantizar la permanente trazabilidad a patrones internacionales.

- b. Garantizar los derechos del consumidor. Esto significa utilizar los patrones que estén a su custodia y los instrumentos de medición para aplicar las normas y leyes vigentes en cada país.

La Metrología Legal puede definirse como el control, homologación y verificación periódica de las exigencias técnicas y jurídicas reglamentadas con el objeto de garantizar equidad, seguridad, exactitud y coordinación en las unidades, métodos e instrumentos de medición utilizados en las transacciones comerciales, o que sean relevantes para asegurar la salud o la seguridad de las personas y el cuidado del medio ambiente.[1]

Las actividades que contempla la Metrología Legal pueden clasificarse en tres áreas principales:

- a. Aprobación de modelos de instrumentos de medición y verificación inicial de los mismos.
- b. Verificación obligatoria de instrumentos, tanto en forma periódica como después de reparaciones y modificaciones.
- c. Acreditación de los lugares y procedimientos de aprobación y verificación.

Para aplicar los conocimientos de la Metrología Legal, son necesarios un cuerpo legal o normativo y los medios para controlar su cumplimiento. Una Ley Estatal de Metrología debe incluir por lo menos los siguientes aspectos:

- a. La definición de las unidades de medida a emplearse en el país.
- b. La individualización de las instituciones encargadas de la conservación y diseminación de los Patrones Nacionales.
- c. La individualización de los organismos encargados de efectuar la aprobación y verificación de los instrumentos de medición.
- d. La definición de los mecanismos de acreditación de los referidos organismos.
- e. La definición de los procedimientos legales a seguir en el caso de incumplimiento de lo establecido por la ley.



### ***1.3.2 Metrología Industrial***

Se refiere a la parte de la Metrología que tiene relación con la calibración, comprobación y verificación de los instrumentos de medida y control empleados en los procesos industriales.

Está constituida por los servicios que prestan los laboratorios de Metrología a empresas o instituciones públicas y privadas, en lo referente a calibración y certificación de los instrumentos de medición que utilizan.

Por razones prácticas y económicas, la disseminación de unidades dentro de un país se hace por medio de un sistema general de patrones de referencia y de trabajo mantenido por diferentes organizaciones.

Un patrón de referencia es aquel de más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, del cual se derivan las medidas realizadas en dicho lugar u organización. Los patrones de trabajo son aquellos periódicamente comparados con patrones de referencia (en ocasiones pasando por patrones de transferencia) y se utilizan para calibrar instrumentos de medición. Esto se esquematiza en la figura 1.2.

Las calibraciones de los instrumentos de medición y los materiales de referencia se llevan a cabo en laboratorios llamados laboratorios de calibración. Estos laboratorios a su vez calibran sus patrones con los laboratorios nacionales y éstos, con los patrones internacionales.

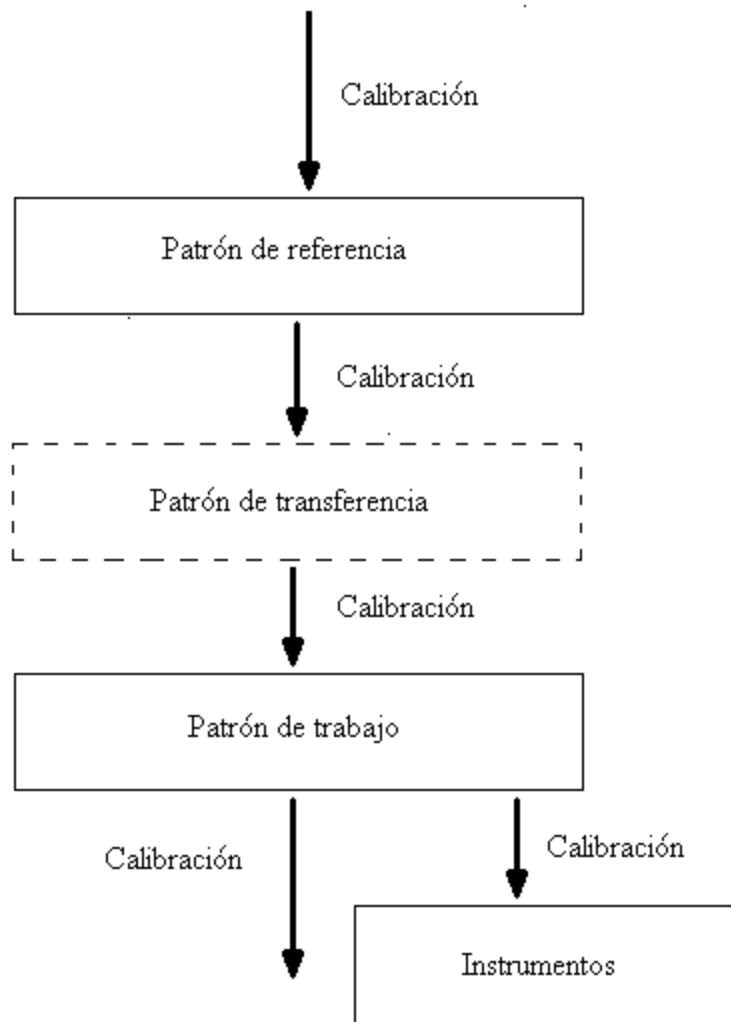


Figura 1.2 Esquema de calibraciones.

Es importante que las intercomparaciones sean efectuadas no sólo con laboratorios de mayor rango, sino también con otros de igual rango, nacional e internacionalmente.

La figura 1.3 muestra en forma general la organización de la Metrología científica e industrial. La forma triangular sugiere el aumento progresivo en el sentido vertical descendente, tanto de las incertidumbres como del número de calibraciones y de la importancia económica de esta actividad.

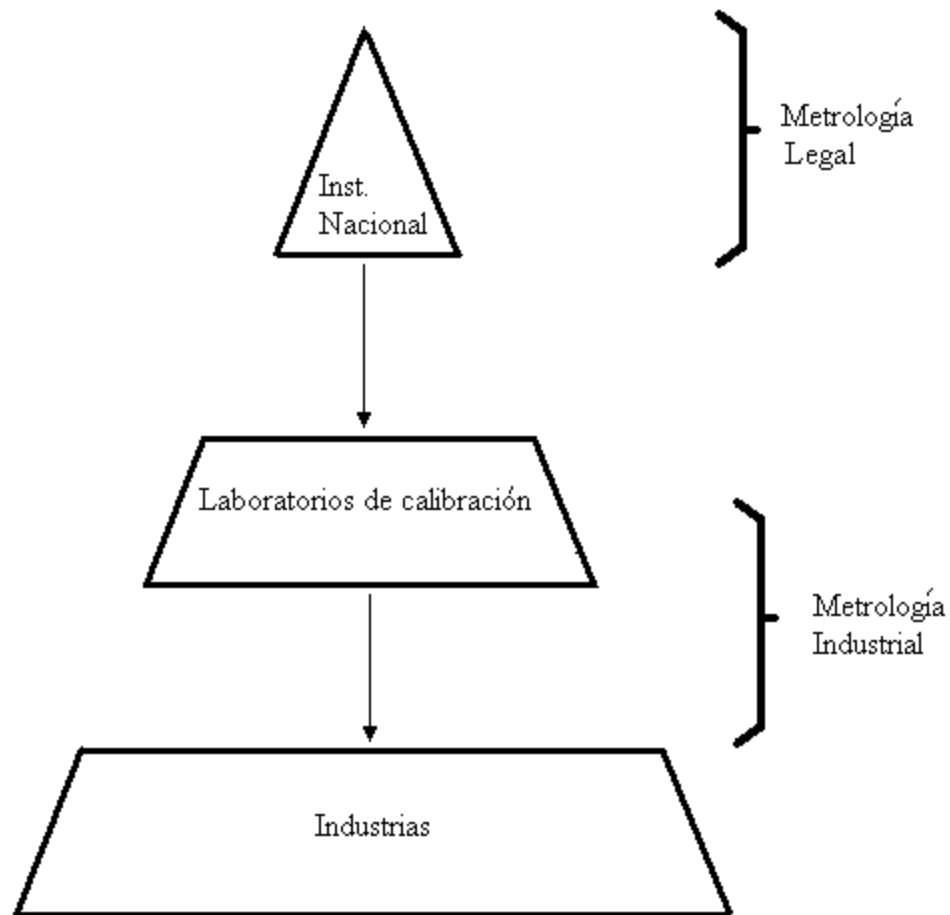


Figura 1.3. Organización general de la Metrología Legal e Industrial.

### ***1.3.3 Metrología Científica***

Es la que se encarga del estudio y actualización de los conceptos y técnicas utilizados en Metrología.

También está relacionada con la calibración, comprobación y verificación de los instrumentos de medida y control empleados en laboratorios de análisis, pruebas y ensayos, así como con la investigación científica aplicada.

La materialización y conservación de los patrones de más alta calidad se realiza en instituciones especializadas, genéricamente llamadas Institutos Nacionales de

Metrología, cuya actividad se orienta al nivel de los primeros eslabones de las cadenas metroológicas.

Estos primeros eslabones son los llamados patrones internacionales y nacionales. Los primeros son reconocidos por un acuerdo internacional y sirven como referencia para la asignación de valores a otros patrones de la respectiva magnitud. Los segundos cumplen la misma función, pero son adoptados por un acuerdo oficial de un país específico.

Los Patrones Nacionales para una magnitud determinada de dos países pueden ser diferentes y eso dar lugar a diferencias en las mediciones y, consecuentemente, inconvenientes en el comercio entre ambos países. Sin embargo, si los Patrones Nacionales de ambos países son trazables a patrones internacionales, se dice entonces que son Patrones Nacionales equivalentes y desaparecen los problemas antes mencionados.

Es importante notar que, el poseer Patrones Nacionales no significa necesariamente poseer un alto rango en la cadena de trazabilidad, ya que cada país elige sus Patrones Nacionales de acuerdo con sus necesidades y capacidad tecnológica y financiera.

Se definen además los patrones primarios y secundarios. Los patrones primarios son aquellos que poseen las más altas cualidades metroológicas y se aceptan sin compararse con ningún otro patrón. Los patrones secundarios son aquellos que surgen al compararse con los patrones primarios.

#### **1.4 Relación calidad-Metrología**

Se iniciará definiendo a la calidad como el conjunto de características de una entidad que le confieren aptitud para satisfacer necesidades específicas o implícitas, según la norma ISO 9000:2000.

La relación entre Metrología y calidad se aprecia mejor al recordar la función de la Metrología Legal, la cual se mencionó en la sección 1.3, principalmente al referirse a la garantía de los derechos del consumidor.

Son el control de calidad y la Metrología Legal (a través del cumplimiento de estándares de calidad y calibración de instrumentos de medición, respectivamente) los que se encargan, por ejemplo, de asegurar que los refrescos enlatados efectivamente contienen 350 mL de líquido y su composición es adecuada para ser consumidos por el ser humano; que un cable de 500 mcm tiene efectivamente un área transversal efectiva igual a la de un círculo de 12.7 mm de diámetro. Y así podrían seguir citándose ejemplos que van desde mediciones que requieren poca exactitud hasta las mediciones micrométricas.

La calidad se relaciona con la Metrología así: para que un producto o servicio sea aceptable según las normas de calidad, debe cumplir ciertos requisitos que son representados por el resultado de diversas mediciones; la confianza en estas mediciones descansa en la buena calibración de los instrumentos con los que se realizan; finalmente la correcta calibración de los instrumentos depende de una buena contrastación con patrones confiables, lo que corresponde a la Metrología. Para esto, deberá certificarse la calidad en las empresas o instituciones que deseen cumplir con las normas internacionales.

Las Normas ISO 9001:2000 establecen, en su cláusula 7.6, que “La organización debe determinar el seguimiento y la medición a realizar, y los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos determinados. Cuando sea necesario asegurarse de la validez de los resultados, el equipo debe: ...Calibrarse o verificarse a intervalos especificados o antes de su utilización, comparado con patrones de medición trazables o patrones de medición nacionales o internacionales...”.

### ***1.4.1 Certificación de un producto o servicio***

La certificación de un producto o servicio es otorgada por la institución designada por cada país para dicho fin. En materia de Metrología, los encargados de emitir estas certificaciones son los Laboratorios Nacionales de Metrología Legal, los cuales a su vez deben ser certificados regularmente por alguna institución internacional de mayor rango.

## **1.5 Organización Internacional de la Metrología**

La organización de la Metrología consiste en un conjunto de organizaciones, patrones y actividades de calibración (vertical y horizontal) que trascienden las fronteras de los países.

Los sistemas de Metrología difieren considerablemente de país a país, pero los principios generales que orientan su operación son básicamente los mismos.

El Bureau Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) [5], con sede en Sèvres (París), es el encargado de la coordinación internacional en el campo de los patrones físicos primarios, organizando comparaciones internacionales de diversos Patrones Nacionales primarios. El BIPM funciona bajo la supervisión del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM), y éste a su vez, bajo el control de la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM).

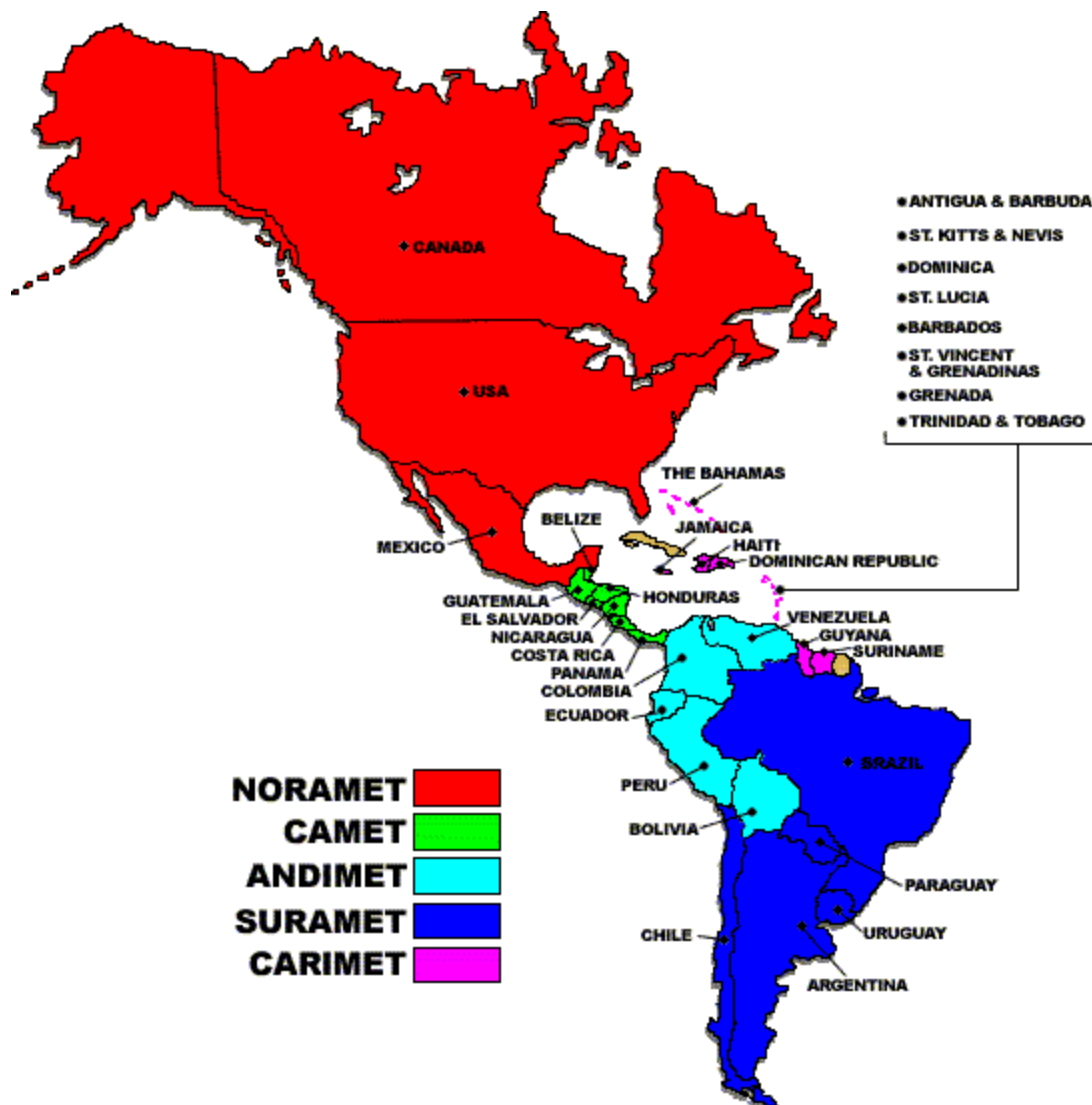


Figura 1.4. Países que forman parte del Sistema Interamericano de Metrología.<sup>1</sup>

El BIPM se ve asistido por los Comités Consultivos en diversos campos físicos. Estos Comités estudian y formulan las recomendaciones referentes a los patrones en todo el mundo.

En el campo de los patrones primarios existe una cooperación internacional que, en el caso de Europa del Oeste, ha conducido a la creación del EUROMET (colaboración europea de patrones de medida).

<sup>1</sup> Tomado de [www.sim.org](http://www.sim.org)

La Comunidad Europea también apoya el desarrollo de patrones, materiales de referencia, métodos de análisis y de medida, etc., a través de su programa BCR (Bureau Communitaire de Reference).

En América, la organización encargada de coordinar lo relativo a Metrología es el Sistema Interamericano de Metrología, cuyos integrantes se pueden apreciar en la figura 1.4.

## **1.6 Revisión de conceptos**

El desarrollo del presente trabajo de graduación requiere el conocimiento y comprensión de una serie de conceptos básicos que se enmarcan dentro de la Metrología misma como ciencia; facilitando la comprensión en las etapas siguientes del presente.

### ***1.6.1 Magnitud***

Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente. El término magnitud puede referirse a una magnitud en sentido general como: longitud, masa, tiempo, etc. o en sentido específico como: la longitud de una varilla, la longitud de un hilo conductor, etc. a demás, las magnitudes de la misma naturaleza pueden clasificarse en categorías de magnitudes, por ejemplo trabajo, calor, energía. [5]

### ***1.6.2 Magnitud básica***

Cualquiera de las magnitudes que, en un sistema de magnitudes son convencionalmente aceptadas como independientes unas de otras, por ejemplo: longitud, masa, tiempo.

### ***1.6.3 Magnitud derivada***

Magnitud definida, en un sistema de magnitudes, como función de magnitudes básicas de este sistema, por ejemplo: la velocidad, definida como el cociente entre la longitud y el tiempo.



#### ***1.6.4 Dimensión de una magnitud***

En el álgebra dimensional y en un sistema de magnitudes determinado, expresión que representa una magnitud como el producto de potencias de factores (llamados dimensiones) que corresponden a las magnitudes básicas de este sistema, por ejemplo: la dimensión de la fuerza es LMT<sup>-2</sup>.

#### ***1.6.5 Magnitud sin dimensión o de dimensión uno***

Magnitud cuya expresión dimensional, en un sistema dado, tiene todos los exponentes nulos, por ejemplo: el número de Mach, el coeficiente de rozamiento, etc.

#### ***1.6.6 Valor de una magnitud***

Expresión cuantitativa de una magnitud bajo la forma del producto de un número y de una unidad de medida apropiada, por ejemplo: 15 kg.

##### ***1.6.6.1 Valor verdadero de una magnitud***

Valor que se obtendría por medición si la magnitud pudiera ser completamente definida y si se pudieran eliminar todas las imperfecciones de la medición.

##### ***1.6.6.2 Valor convencionalmente verdadero de una magnitud***

Valor considerado lo suficientemente próximo al correspondiente valor verdadero, como para poderle sustituir con un propósito determinado.

##### ***1.6.6.3 Valor numérico de una magnitud***

El número en el valor de una magnitud.

#### *1.6.6.4 Escala de valores de referencia de una magnitud o una propiedad*

Conjunto ordenado de valores definidos convencionalmente y utilizados como referencia para clasificar las muestras de esta magnitud o propiedad.

#### *1.6.7 Unidad de medida*

Magnitud determinada, adoptada por convenio, utilizada para expresar el valor de magnitudes de la misma naturaleza bajo la forma del producto de un valor numérico y de la unidad.

##### *1.6.7.1 Símbolo de una unidad de medida*

Signo adoptado por convenio para designar una unidad de medida. Por ejemplo el símbolo de metro es m.

##### *1.6.7.2 Sistema de unidades de medida*

Conjunto de unidades establecido para un sistema de magnitudes dado, este comprende un conjunto de unidades básicas y de unidades derivadas determinadas por sus ecuaciones de definición y factores de proporcionalidad, por ejemplo: El Sistema Internacional de Unidades SI.

##### *1.6.7.3 Sistema coherente de unidades de medición*

Sistema de unidades constituido por un conjunto de unidades básicas y de unidades derivadas coherentes.

##### *1.6.7.4 Sistema internacional de unidades, SI*

Sistema adoptado en 1960 por la XI Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM), consta actualmente de 7 magnitudes básicas. Las primeras tres (longitud, masa, tiempo) son las magnitudes básicas de la mecánica.

La cuarta (corriente eléctrica) se necesita en la teoría electromagnética. La quinta (temperatura termodinámica) aparece en la termodinámica. La sexta (cantidad de sustancia) se requiere en los análisis químicos cuantitativos. Finalmente la séptima (intensidad luminosa) se necesita para medir la intensidad luminosa detectada por el ojo humano.

Las correspondientes unidades básicas y sus respectivos símbolos son:

1. Metro (m), unidad de longitud.
2. Kilogramo (kg), unidad de masa.
3. Segundo (s), unidad de tiempo.
4. Ampere (A), unidad de intensidad de corriente eléctrica.
5. Kelvin (K), unidad de temperatura termodinámica.
6. Mol (mol), unidad de cantidad de sustancia.
7. Candela (cd), unidad de intensidad luminosa.

El sistema SI es coherente, pues todas sus unidades derivadas se expresan como el producto de potencias enteras, positivas o negativas, de las unidades básicas, con una función de factor proporcionalidad igual a uno. [1]

#### *1.6.7.5 Unidad de medida básica*

Una de las unidades de un conjunto que, en un sistema de unidades se admite por convenio como independiente de las otras. En general un conjunto de unidades básicas corresponde a un conjunto de magnitudes básicas. [5]

#### *1.6.7.6 Unidad de medida derivada*

En un sistema de unidades, unidad definida en función de las unidades básicas de este sistema.

#### *1.6.7.7 Unidad de medida derivada coherente*

Unidad de medida derivada que se expresa en función de unidades básicas por una fórmula en la que el factor de proporcionalidad es uno.

#### *1.6.7.8 Múltiplo de una unidad de medida*

Unidad de medida mayor que una dada y formada a partir de ella, según escalonamientos convenidos, por ejemplo: uno de los múltiplos decimales del metro es el kilómetro.

#### *1.6.7.9 Submúltiplo de una unidad de medida*

Unidad de medida menor que la dada y formada a partir de ella, según escalonamientos convenidos, por ejemplo: uno de los submúltiplos decimales del metro es el milímetro.

### ***1.6.8 Calidad***

Es el conjunto de características de una entidad que le confieren aptitud para satisfacer necesidades específicas o implícitas (tomada de las normas ISO 9000).

La palabra ‘entidad’ se refiere no solo al producto material de un proceso productivo, sino también a programas computacionales, materiales procesados y servicios. La palabra ‘necesidades’ se refiere al conjunto de especificaciones cuantificables o descriptivas de las características de la entidad.

El mejoramiento de la calidad dentro de una empresa puede representar costos de cierta importancia pero, éstos se verán compensados con los beneficios obtenidos: mayor eficiencia, mayor productividad, mejor control de procesos, disminución de costos de operación, mayor confianza para el cliente y, como resultado de todo ello, mayor competitividad. [1]

### *1.6.8.1 Calidad Total*

Se considera a la Calidad Total como una filosofía de gestión orientada al liderazgo, a la excelencia y a la mejora continua de la efectividad operacional de la empresa, buscando entregar a sus clientes productos o servicios de valor siempre creciente. De acuerdo con este esquema el motor principal de la calidad de una empresa son sus clientes.

En consecuencia, es necesario estar siempre alerta a las señales del mercado y a las cambiantes necesidades de los clientes para aumentar la participación en el primero y para satisfacer y retener a los segundos.

Otro aspecto de la Calidad Total es el mejoramiento continuo en todas las operaciones de la organización a través de: la motivación continua de los empleados para aportar ideas, la adecuada planificación y gestión del personal, el involucramiento de este con la gestión de la empresa; la educación, entrenamiento y capacitación de los empleados, etc.

La Calidad Total está orientada a los resultados, lo cual significa construir y aplicar índices relativos a:

- a. Los clientes: satisfacción, retención, tiempo de respuesta, quejas y otras señales adversas, etc.
- b. El mercado: participación, beneficios, posicionamiento respecto a la competencia, etc.
- c. La calidad de los servicios y productos.
- d. La productividad y las medidas de efectividad: tiempos de entrega, reducción de pérdidas, conservación de energía, etc.
- e. El recurso humano: entrenamiento, satisfacción de los empleados, seguridad en el trabajo, rotación del personal, reducción del ausentismo laboral, etc.
- f. El desempeño de los proveedores y la sociedad en general: cuidado del medioambiente, salud y seguridad de la población.

### *1.6.8.2 Certificación de calidad*

Es el conjunto de acciones planificadas y sistemáticas destinadas a confirmar, mediante evidencias objetivas, que la entidad en cuestión es aceptable bajo criterios bien definidos. [1]

La certificación de calidad incluye cuatro elementos centrales:

- a. Una clara definición de lo que entrega el proveedor y lo que requiere el cliente (normas).
- b. Confianza en el producto (certificación del producto).
- c. Confianza en el sistema de gestión del proveedor (certificación de su sistema de calidad).
- d. Confianza en los documentos y datos sobre la base de los cuales se toman las decisiones (acreditación de los organismos de certificación).

Es importante destacar que la certificación de la calidad se aplica a dos categorías de entidades bien diferenciadas. Una de estas categorías contempla productos (físicos, programas computacionales, materiales procesados y servicios). La otra categoría se aplica principalmente a modelos de sistemas de gestión de la calidad, como el propuesto por la norma ISO 9001:2000.

### *1.6.8.3 Acreditación*

La acreditación consiste en la verificación formal de que una agencia certificadora posee las estructuras, los medios y el profesionalismo necesario para desempeñar las tareas que le competen en conformidad a los requisitos y pautas que aparecen en guías y normas desarrolladas precisamente con tal propósito. [1]

La acreditación permite una mejor definición de las actividades civiles y penales en al caso de fallas o accidentes.

### ***1.6.9 Normalización***

Es la actividad que fija las bases para el presente y el futuro, con el propósito de establecer un orden para el beneficio y concurso de todos los interesados. Es el proceso de elaboración y aplicación de normas; son herramientas de organización y dirección.

La Asociación Estadounidense Para Pruebas de Materiales (ASTM por sus siglas en inglés) define la normalización como el proceso para formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados. [2]

#### ***1.6.9.1 Norma***

Es la misma solución que se adopta para resolver un problema repetitivo, es una referencia respecto a la cual se juzgará un producto o una función, y en esencia el resultado de una elección colectiva y razonada. [2]

#### ***1.6.9.2 Especificación***

Una especificación es una exigencia o requisito que debe cumplir un producto, un proceso o un servicio. [2]

### ***1.6.10 Metrología***

La Metrología es la ciencia básica que se encarga de las mediciones y que sirve de base para el desarrollo de las demás. La Metrología esta constituida por diversos niveles de precisión siendo el más alto el patrón de medida (refiérase a la figura 1.3), el cual, es requisito previo para dominar las modernas tecnologías. En cada nivel de utilización y para cada magnitud, existe una variedad de instrumentos y sistemas de medida que disminuyen en número a medida que se asciende en la precisión del nivel.

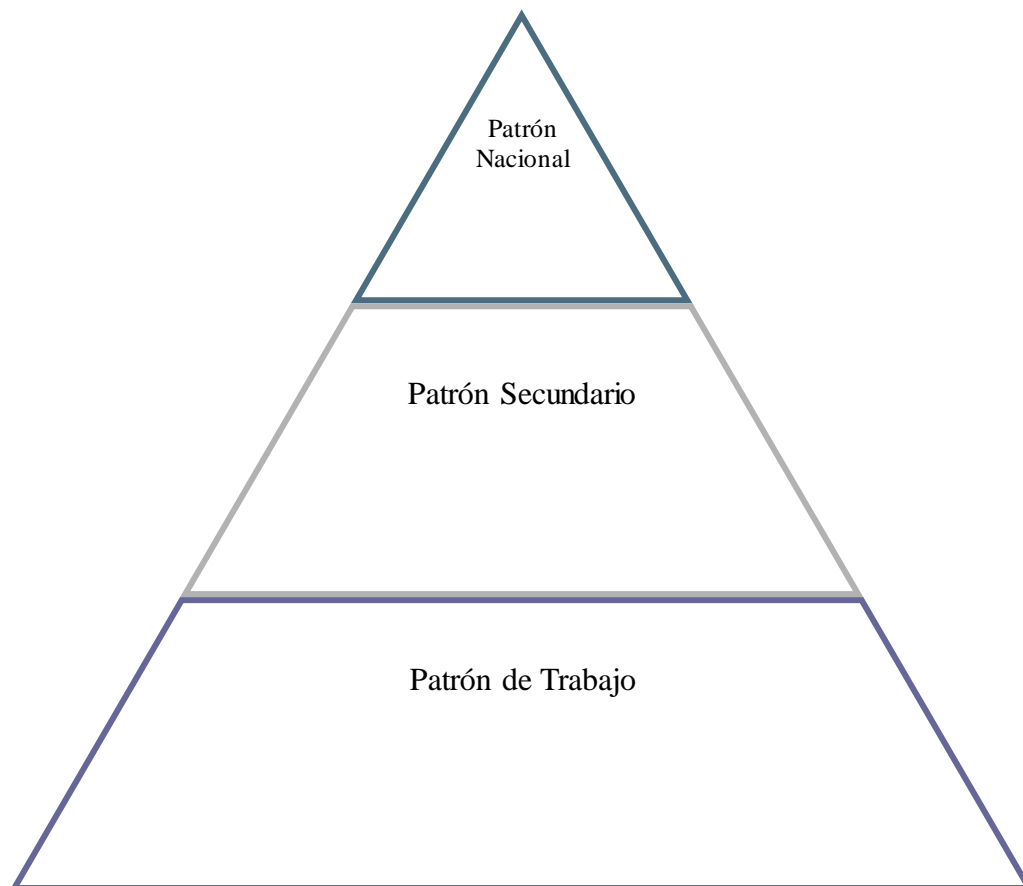


Figura 1.5. Niveles de precisión

De esta forma, existe una pirámide cuya base está formada por los instrumentos usuales de medida y cuyo vértice corresponde al patrón más preciso para una determinada magnitud. Dicho patrón es, en cada país el patrón nacional correspondiente a esa determinada magnitud.

Los niveles de la pirámide antes mencionada no son estáticos sino que existe una permanente conexión entre ellos de forma que cada instrumento de un determinado nivel es periódicamente comparado con el del nivel inmediatamente superior hasta quedar todos referidos al vértice o patrón nacional. Dichas comparaciones respecto al nivel superior se denominan calibraciones del elemento de nivel inferior, y el hecho de que



todos los niveles se hallen referidos documentalmente al nivel primario se denomina trazabilidad.

Todos los vértices de cada magnitud (Patrones Nacionales) se comparan a su vez periódicamente con un patrón internacional convencionalmente aceptado, consistente bien en una materialización, bien en una realización práctica recomendada de una determinada unidad correspondiente a una de las magnitudes fundamentales correspondiente al Sistema Internacional de Unidades (SI). [5]

### ***1.6.11 Medición***

Es el conjunto de operaciones que tiene por finalidad determinar el valor de una magnitud particular, denominada mensurando, por comparación entre dicha magnitud y la unidad correspondiente. El valor es una expresión cuantitativa del mensurando, generalmente en forma de un número, llamado valor numérico, multiplicado por la correspondiente unidad. [1]

#### ***1.6.11.1 Mensurando***

Magnitud particular sujeta a medición, por ejemplo la presión de vapor en una muestra de agua a 20 °C. [6]

#### ***1.6.11.2 Tolerancia***

Es el intervalo de aceptabilidad dentro del cual el valor de una medición es aceptable. [1]

#### ***1.6.11.3 Error***

Es la diferencia entre el resultado de la medición y el valor real del mensurando.

#### *1.6.11.4 Incertidumbre*

Parámetro que caracteriza el intervalo dentro del cual se cree que, con gran seguridad, que se encuentra el valor verdadero.

#### *1.6.12 Instrumento de medición*

Conjunto completo de instrumentos de medición y otros equipos destinados a ejecutar mediciones específicas. [6]

##### *1.6.12.1 Medida materializada*

Dispositivo destinado a reproducir o proporcionar, de una manera permanente durante su utilización, uno o varios valores conocidos de una magnitud dada.

##### *1.6.12.2 Sistema de medición*

Conjunto completo de instrumentos de medición y otros equipos destinados a ejecutar mediciones específicas.

##### *1.6.12.3 Instrumento de medición totalizador*

Instrumento de medición que determina el valor de un mensurando por adición de los valores parciales de este mensurando obtenidos simultáneamente o consecutivamente de una o varias fuentes.

##### *1.6.12.4 Instrumento de medición integrador*

Instrumento de medición que determina el valor de un mensurando integrando una magnitud en función de otra. Por ejemplo: medidor de energía eléctrica.

#### *1.6.12.5 Instrumento de medición analógico*

Instrumento de medición en el cual la señal de salida o su indicación (visualización) es función continua del mensurando.

#### *1.6.12.6 Instrumento de medición digital*

Instrumento de medición que proporciona una señal de salida o una indicación (visualización) en forma digital.

### ***1.6.13 Trazabilidad***

Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, tal que puede relacionarse con referencias establecidas, generalmente Patrones Nacionales o internacionales, a través de una cadena interrumpida de comparaciones, todas ellas con incertidumbres determinadas.

#### *1.6.13.1 Calibración*

Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medición o por un sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud materializados por patrones.

#### *1.6.13.2 Patrón*

Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, materializar, conservar o reproducir una unidad o uno o varios valores de una magnitud para que sirva de referencia.

#### *1.6.13.3 Patrón internacional*

Patrón reconocido por un acuerdo internacional para servir internacionalmente como referencia para la asignación de los valores a otros patrones de la magnitud considerada.

#### *1.6.13.4 Patrón nacional*

Patrón reconocido por una decisión nacional, en un país, para servir como referencia para la asignación de los valores a otros patrones de la magnitud considerada.

#### *1.6.13.5 Patrón primario*

Patrón que es designado o ampliamente reconocido como poseedor de las más altas cualidades metroológicas y cuyo valor se acepta sin referirse a otros patrones de la misma magnitud.

#### *1.6.13.6 Patrón secundario*

Patrón cuyo valor se establece por comparación con un patrón primario de la misma magnitud.

#### *1.6.13.7 Patrón de referencia*

Patrón en general de la más alta calidad metroológica disponible en un lugar dado o en una organización determinada, del cual se derivan las medidas obtenidas en dicho lugar.

#### *1.6.13.8 Patrón de trabajo*

Patrón que se utiliza corrientemente para calibrar o verificar medidas materializadas, instrumentos de medición o materiales de referencia.

## 1.7 Magnitudes Seleccionadas

Las magnitudes seleccionadas son las identificadas previamente por CONACYT como prioritarias<sup>2</sup>, las cuales se definen a continuación:

- a) **Masa.** La masa es la cantidad de materia contenida en un volumen determinado. El kilogramo es la unidad de masa (cuyo símbolo es kg); es igual a la masa del prototipo internacional del kilogramo. [7]
- b) **Volumen (unidad derivada).** Un metro cúbico ( $m^3$ ) es el volumen de un cubo de un metro de lado. [5]
- c) **Temperatura.** La temperatura es una medida de la intensidad de calor (el cual es una forma de energía) [8]. La unidad básica de la temperatura termodinámica es el Kelvin (cuyo símbolo es K), que se define como la fracción  $1/273,16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. [7]
- d) **Longitud.** La unidad de longitud es el metro (cuyo símbolo es m) que se define como la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío durante un intervalo de tiempo de  $1/299792\ 458$  de segundo.
- e) **Presión.** Un pascal es la presión uniforme que, actuando sobre una superficie plana de un metro cuadrado ejerce perpendicularmente a esta superficie una fuerza total de un newton. [5]
- f) **Magnitudes Eléctricas.** En algunos materiales conocidos como conductores, existen cargas eléctricas libres que se pueden mover, tal el caso de los electrones libres en los metales y los iones en las soluciones salinas. En estos materiales, en presencia de un campo eléctrico se produce un flujo estable de carga en la dirección del campo tal flujo constituye la corriente eléctrica.

---

<sup>2</sup> CONACYT, METROLOGÍA, Programa de verificación de equipos de medida establecidos -(ver [anexo 2](#))

En electricidad se dan tres elementos básicos relacionados entre si por la ley de ohm:

$$V = I \times R$$

Donde:

I = corriente eléctrica.

R = resistencia eléctrica

V = tensión eléctrica.

- g) Corriente eléctrica.** El ampere o amperio (símbolo A) es la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores-rectilíneos, paralelos, de longitud infinita, de sección circular despreciable, colocados a 1 metro de distancia entre si en el vacío-, produciría entre estos conductores una fuerza igual a  $2 \times 10^{-7}$  newton por metro de longitud.
- h) Tensión eléctrica.** El volt o voltio (símbolo V) es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un hilo conductor que transporta una corriente de intensidad constante de 1 ampere cuando la potencia disipada entre estos dos puntos es igual a 1 watt. [5]
- i) Resistencia eléctrica.** El ohm u ohmio (símbolo  $\Omega$ ) es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 volt aplicada entre estos dos puntos produce, en dicho conductor, una corriente de intensidad de 1 ampere, cuando no hay fuerza electromotriz en el conductor.
- j) Potencia eléctrica.** Es el producto de una intensidad de corriente y una tensión eléctrica.
- k) Radiaciones (rayos x).** La radiación ionizante puede dividirse en dos tipos. El primero de ellos está formado por las ondas electromagnéticas correspondientes a las zonas de frecuencia más elevada del espectro. La radiación

electromagnética es una onda compuesta de un campo eléctrico y un campo magnético, cada uno de ellos situado en un plano ortogonal al otro, y ambos ortogonales a la dirección de propagación de la onda. Se llama longitud de onda a la longitud de una oscilación completa, y frecuencia, al número de oscilaciones por segundo. Las ondas electromagnéticas viajan por el vacío a la velocidad de  $2.99792 \cdot 10^8$  m/s, lo que se conoce como velocidad de la luz, y que se representa por **c**. [9]

La relación entre la velocidad de la luz, **c**, la longitud de onda  $\lambda$ , y la frecuencia,  $\mu$  es: -

$$c = \lambda * \mu$$

Los Rayos X fueron descubiertos en 1895 por Roentgen, y fueron el primer ejemplo conocido de radiación ionizante de naturaleza electromagnética. La clave del descubrimiento fue el tubo de Crooke, una ampolla de vidrio en la que se había hecho un fuerte vacío. En un extremo, un electrodo formaba el cátodo. En el otro extremo, una gruesa pieza de cobre formaba el ánodo. Cuando se aplicaba a los electrodos un elevado voltaje, los electrones saltaban del ánodo hacia el cátodo de cobre. La interacción entre los electrones negativos, y los núcleos de los átomos, cargados positivamente, producía desviaciones en los electrones, y por tanto, cambios en la energía de estos, que era emitida en forma de radiaciones electromagnéticas de corta longitud de onda que podían atravesar las sustancias e impresionar placas fotográficas protegidas, radiaciones a las que Roentgen llamó Rayos X. En general, en los tubos de rayos X actuales, se emplea tungsteno como cátodo, y se ha conseguido una modulación muy fina de la energía de las radiaciones emitidas, y por tanto, de su penetración, a fin de conseguir imágenes más definidas.

## **1.8 Estadística Metrológica**

Para conocer con certeza la situación metrológica de El Salvador es necesario recolectar información de la población, debido a que no existe una investigación previa que permita identificar las características metrológicas de nuestro país.

Para llevar a cabo lo anterior, deben conocerse ciertas características esenciales, como la existencia de la demanda en servicios metrológicos, conocimiento de los sectores productivos, de la existencia de laboratorios de Metrología en El Salvador, áreas de mayor demanda metrológica, etc.

Se deben entonces definir los conceptos básicos que nos permitan la identificación de las características antes mencionadas.

### **1.8.1 Censo**

Actividad mediante la cual se obtienen las características o valor que toma cada uno de los individuos de una población, por cuya razón se puede conocer perfectamente la distribución de dichas variables, en este caso no existe mayor problema de inferencia estadística. [6]

### **1.8.2 Muestra**

Parte de la población o elementos a un subconjunto de la población, la cual se pretende que sea representativa y que nos proporcione la información interesante de la población.

El análisis de algunas poblaciones de naturaleza económica y demográfica (como en este caso) exige partir de censos que pueden constituir la base de diseños muestrales más eficientes y, a su vez, estos censos se pueden actualizar en el momento y tiempo que interese utilizando muestreos apropiados.



### 1.9 Análisis De Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA)

El análisis FODA es una herramienta que permite conformar un cuadro de la situación actual de una empresa u organización, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico que permita, en función de ello, tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados.

El término FODA es una sigla conformada por las primeras letras de las palabras Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (en inglés SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). De entre estas cuatro variables, tanto fortalezas como debilidades son internas de la organización, por lo que es posible actuar directamente sobre ellas. En cambio las oportunidades y las amenazas son externas, por lo que en general resulta muy difícil poder modificarlas.

**Fortalezas** son las capacidades especiales con que cuenta la organización, y por las que cuenta con una posición privilegiada frente a la competencia: recursos que se controlan, capacidades y habilidades que se poseen, actividades que se desarrollan positivamente, etc.

**Oportunidades** son aquellos factores que resultan positivos, favorables, explotables, que se deben descubrir en el entorno en el que actúa la empresa u organización, y que permiten obtener ventajas competitivas.

**Debilidades** son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia: recursos de los que se carece, habilidades que no se poseen, actividades que no se desarrollan positivamente, etc.

**Amenazas** son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a afectar incluso contra la permanencia de la organización.

Se tiene un objetivo: convertir los datos del universo (según se percibe) en información, procesada y lista para la toma de decisiones (estratégicas en este caso). En términos de sistemas, se tiene un conjunto inicial de datos (universo a analizar), un proceso (análisis FODA) y un producto, que es la información para la toma de decisiones (el informe FODA que resulta del análisis FODA).

Para hacer un análisis FODA se debe tener la capacidad de distinguir en un sistema:

- Lo relevante de lo irrelevante
- Lo externo de lo interno
- Lo bueno de lo malo

El FODA ayudará a analizar un sistema siempre y cuando se puedan responder tres preguntas:

- Lo que se analiza, ¿es relevante?
- ¿Está fuera o dentro del sistema?
- ¿Es bueno o malo para el sistema?

Filtrados los datos, resta clasificarlos. Se puede construir una matriz con dos dimensiones (dentro/fuera, bueno/malo):

|          |               |             |
|----------|---------------|-------------|
|          | Positivas     | Negativas   |
| Exterior | Oportunidades | Amenazas    |
| Interior | Fortalezas    | Debilidades |

Así, la intersección de "bueno" y "exterior" es una oportunidad, mientras que las cuestiones "positivas" del "interior" de nuestra empresa u organización son una fortaleza y así sucesivamente.

Al cruzar los cuatro factores anteriores y establecer el grado de relación que tiene cada uno con los demás, se obtiene una matriz llamada "matriz FODA" (ver **Figura 1.6**).

El análisis de cada cuadrante de esta matriz permite a la empresa o institución elegir las estrategias más convenientes para mejorar su situación.

|   |  | <b>LA MATRIZ FODA</b>  |   |
|---|--|--|---|
|   |  | <b>Lista de Fortalezas</b>   | <b>Lista de Debilidades</b>   |
| <b>FACTORES INTERNOS</b>                                  |  | F1 .<br>F2.<br>...<br>Fn.  | D1 .<br>D2.<br>...<br>Dr.   |
| <b>FACTORES EXTERNOS</b>                                  |  |  |   |
| <b>Lista de Oportunidades</b><br>O1.<br>O2.<br>...<br>Op. |  | <b>FO (Maxi-Maxi)</b><br><i>Estrategia para maximizar tanto las F como las O.</i><br><br>1. XXXXXXXXXXXXXXXX<br>(O1, O2, F1, F3 ...)                   | <b>DO (Mini-Maxi)</b><br><i>Estrategia para minimizar las D y maximizar las O.</i><br><br>1. XXXXXXXXXXXXXXXX<br>(O1, O2, D1, D3, ...)    |
| <b>Lista de Amenazas</b><br>A1.<br>A2.<br>...<br>Aq.      |  | <b>FA (Maxi-Mini)</b><br><i>Estrategia para maximizar las fortalezas y minimizar las amenazas.</i><br><br>1. XXXXXXXXXXXXXXXX<br>(F1, F3, A2, A3, ...) | <b>DA (Mini-Mini)</b><br><i>Estrategia para minimizar tanto las A como las D.</i><br><br>1. XXXXXXXXXXXXXXXX<br>(D1, D3, A1, A2, A3, ...) |

Figura 1.5. Matriz FODA, con sus cuadrantes FO, DO, FA y DA.

La Matriz FODA indica cuatro estrategias alterativas conceptualmente distintas. En la práctica, algunas de las estrategias se traslapan o pueden ser llevadas a cabo de manera concurrente y de manera concertada. Las cuatro estrategias son descritas a continuación. [10]

### **1.9.1 La Estrategia DA (Mini-Mini)**

En general, el objetivo de la estrategia DA (Debilidades -vs.- Amenazas), es el de minimizar tanto las debilidades como las amenazas. Una institución que estuviera enfrentada sólo con amenazas externas y con debilidades internas, pudiera encontrarse

en una situación totalmente precaria. De hecho, tal institución tendría que luchar por su supervivencia o llegar hasta su liquidación. Pero existen otras alternativas; por ejemplo, esa institución podría reducir sus operaciones buscando ya sea sobreponerse a sus debilidades o esperar tiempos mejores, cuando desaparezcan esas amenazas (a menudo esas son falsas esperanzas). Sin embargo, cualquiera que sea la estrategia seleccionada, la posición DA se deberá siempre tratar de evitar.

### ***1.9.2 La Estrategia DO (Mini-Maxi)***

La segunda estrategia, DO (Debilidades -vs.- Oportunidades), intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades. Una institución podría identificar oportunidades en el medio ambiente externo pero tener debilidades organizacionales que le eviten aprovechar las ventajas del mercado. Por ejemplo, una fábrica podría tener la oportunidad de una gran demanda de su producto, pero su capacidad instalada del equipo necesario para la producción podría ser insuficiente. Una estrategia posible sería obtener mayor presupuesto para adquirir esa capacidad necesaria. Es claro que otra estrategia sería el no hacer absolutamente nada y dejar pasar la oportunidad y que la aproveche la competencia.

### ***1.9.3 La Estrategia FA (Maxi-Mini)***

Esta estrategia FA (fortalezas -vs.- Amenazas) se basa en las fortalezas de la institución que pueden copar con las amenazas del medio ambiente externo. Su objetivo es maximizar las primeras mientras se minimizan las segundas. Esto, sin embargo, no significa necesariamente que una institución fuerte tenga que dedicarse a buscar amenazas en el medio ambiente externo para enfrentarlas. Por lo contrario, las fortalezas de una institución deben ser usadas con mucho cuidado y discreción.

#### ***1.9.4 La Estrategia FO (Maxi-Maxi)***

Toda empresa u organización debe procurar la situación donde pueda maximizar tanto sus fortalezas como sus oportunidades, es decir aplicar siempre la estrategia FO (fortalezas -vs.- Oportunidades). Tales instituciones podrían echar mano de sus fortalezas, utilizando recursos para aprovechar la oportunidad del mercado para sus productos y servicios. Las instituciones exitosas, aun si ellas han tenido que usar de manera temporal alguna de las tres estrategias antes mencionadas, siempre harán lo posible por llegar a la situación donde pueda trabajar a partir de las fortalezas para aprovechar las oportunidades. Si tienen debilidades, esas instituciones lucharán para sobreponerlas y convertirlas en fortalezas. Si encaran amenazas, ellas las coparán para poder enfocarse en las oportunidades.

## **2 DISEÑO Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

La metodología definida para el diseño de la investigación, esta constituida por cinco etapas:

- a. Selección de las magnitudes a investigar.
- b. Selección de la población para el censo
- c. Diseño de las encuestas
- d. Recolección de datos
- e. Diseño de la base de datos

### **2.1 Selección de las magnitudes a investigar**

Las magnitudes evaluadas en el desarrollo del estudio metrológico nacional fueron definidas previamente en la sección 1.7.

El diseño de la investigación se basó en la selección del censo, debido a que se pretende hacer un inventario de los patrones, equipos e instituciones existentes en el país. Se aplicó la técnica de la encuesta, la cual fue realizada por medio de un cuestionario de preguntas cuantitativas y cualitativas, estructurada en dos partes, una preliminar y una específica.

### **2.2 Selección de la población para el censo**

Con el fin de obtener la mayor cantidad de información relativa a empresas, lograr una mayor cobertura y agilizar el proceso de selección, se acudió a diferentes asociaciones como ANEP (Asociación Nacional de la Empresa Privada), ASI (Asociación Salvadoreña de Industriales), CAMAGRO (Cámara Agrícola y Agropecuaria de El Salvador) y la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador.

De las asociaciones antes mencionadas, se solicitaron los listados de las empresas e instituciones miembros, para realizar una selección y obtener así la población a censar.

Asimismo, se incluyó la base de datos más reciente con que cuenta CONACYT en lo referente a la existencia de patrones en las magnitudes seleccionadas, así como la Ley de Metrología que rige la actividad metrológica en el país.

### 2.2.1 Criterios de selección

Los criterios para seleccionar las empresas a encuestar fueron los siguientes:

- La actividad comercial o giro de la empresa debía estar entre las categorías listadas en la tabla 2.1.
- El mercado de ventas de las empresas debía ser no sólo nacional, debía tener al menos mercado centroamericano. Esto con el propósito de encuestar aquellas empresas que se preocuparan un poco más por cumplir con estándares de calidad para la exportación.

Tabla 2.1 Sectores industriales y sus magnitudes correspondientes.

| <b>Magnitud</b> | <b>Principal sector usuario</b>  |
|-----------------|--|
| Temperatura     | Industria química y de alimentos, aplicaciones clínicas y farmacológicas, Control ambiental de laboratorios.   |
| Masa            | Empresas manufactureras, agroindustria y alimentos, elaboración y manipulación de productos químicos, actividades inherentes a la protección del consumidor respecto al contenido neto que adquiere. |
| Presión         | Calderas, equipos hidráulicos, tuberías y equipos de seguridad para el transporte de gases y líquidos.   |
| Volumen         | Industria química y farmacéutica.  |
| Longitud        | Industria manufacturera.   |
| Eléctricas      | Telecomunicaciones, telefonía móvil y fija, generación y distribución de servicios eléctricos.   |
| Flujo           | Alimentos, combustibles.   |

De acuerdo con los criterios de la tabla 2.1, las empresas seleccionadas según la actividad comercial que realizan y que forman parte de la población a censar se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Actividad comercial de las empresas que conforman la población.

| <b>Actividad comercial de la empresa</b>                                    | <b>Cantidad</b> |
|---|-----------------|
| Hierro  | 1.40%           |
| Reparación y mantenimiento de aeronaves                                     | 0.47%           |
| Distribución y comercialización de energía eléctrica                        | 2.34%           |
| Producción de alimentos   | 30.37%          |
| Elaboración de químicos, plaguicidas, medicamentos y alimento para animales | 23.83%          |
| Industria del metal   | 7.48%           |
| Fabricación de utensilios   | 4.21%           |
| Fabricación de materiales de construcción                                   | 3.74%           |
| Avicultura  | 0.47%           |
| Fabricación de plásticos  | 1.87%           |
| Fabricación de utensilios de papel, cartón y plástico                       | 6.54%           |
| Fabricación de refrigeradores, congeladores y hornos                        | 0.93%           |
| Fabricación de conductores eléctricos                                       | 0.47%           |
| Servicios de telecomunicaciones   | 2.34%           |
| Producción de cosméticos  | 1.40%           |
| Destilerías   | 2.80%           |
| Fabricación de bebidas gaseosas   | 0.93%           |
| Ingenios  | 1.87%           |
| Agua purificada   | 0.93%           |
| Producción de cerveza   | 0.47%           |
| Fabricación de lubricantes  | 0.47%           |
| Producción de gas   | 0.93%           |
| Fabricación de pinturas   | 1.87%           |
| Refinerías de petróleo  | 0.47%           |
| Universidades y laboratorios de Metrología                                  | 1.40%           |
| Total   | 100%            |



El total de empresas seleccionadas es de 214, que representa el 100% de la población. La tabla 2.3 y la figura 2.1 muestran los porcentajes por rubros, de acuerdo con los criterios listados en la tabla 2.1:

Tabla 2.3 Clasificación de las empresas por rubro

| Rubro                         | %    |
|-------------------------------|------|
| Industria Química             | 30%  |
| Manufactura                   | 29%  |
| Alimentos                     | 34%  |
| Servicios Públicos            | 5%   |
| Instituciones y Universidades | 1%   |
| Total                         | 100% |

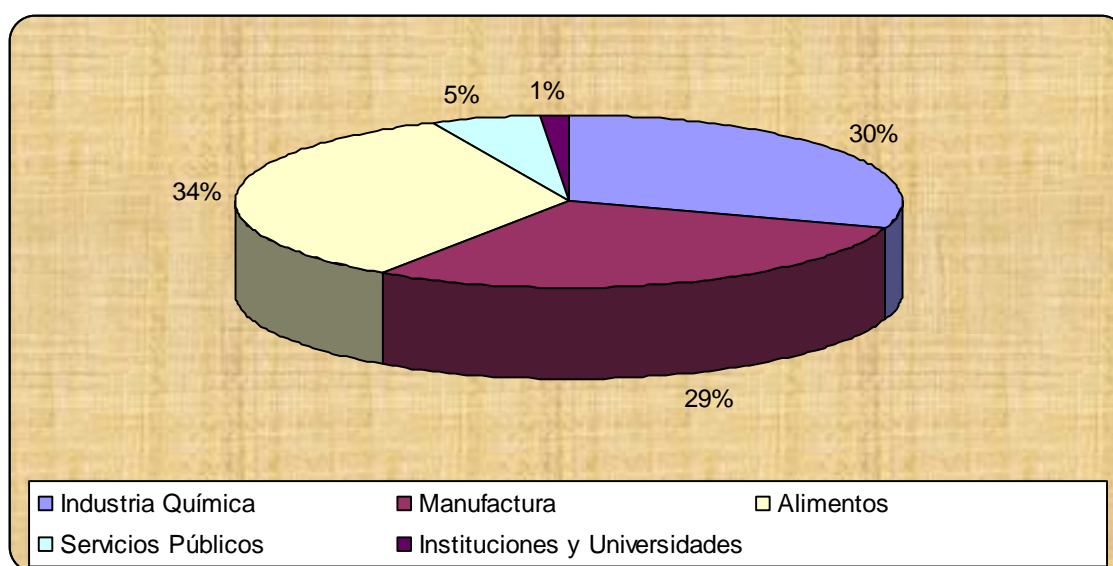


Figura 2.1 Empresas clasificadas por rubro.

### 2.3 Diseño de encuestas

El diseño de la encuesta se estructura en dos etapas: una encuesta preliminar o de sondeo y una encuesta específica por cada magnitud. El diseño de las encuestas se explica a continuación.

### 2.4 Encuesta preliminar

Su objetivo es investigar la existencia de patrones, tanto de trabajo como de referencia (ver secciones 1.6.12.7 y 1.6.12.8), para las magnitudes analizadas. También contempla la recolección de información de la empresa o institución, y de la persona que responde la encuesta o la encargada de calibrar los equipos, con el propósito de dirigirle posteriormente la encuesta específica. La información solicitada se muestra a continuación:

- Datos de la institución

NOMBRE: \_\_\_\_\_

LABORATORIO: \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

TELÉFONO: \_\_\_\_\_

Indique los servicios de calibración que presta: \_\_\_\_\_

- Datos de la persona que contesta la encuesta

NOMBRE: \_\_\_\_\_

CARGO: \_\_\_\_\_

TELÉFONO: \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_.

La segunda parte identifica la existencia de los patrones de trabajo y de referencia para las magnitudes seleccionadas, su cantidad y si éstos son calibrados o si existe trazabilidad. Esto se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.4 Existencia de patrones de trabajo y de referencia.

| MAGNITUDES            | Existencia de patrones |          |               |          | Calibración de patrones |               |
|-----------------------|------------------------|----------|---------------|----------|-------------------------|---------------|
|                       | De trabajo             | Cantidad | De referencia | Cantidad | De trabajo              | De referencia |
| Longitud              |                        |          |               |          |                         |               |
| Masa                  |                        |          |               |          |                         |               |
| Volumen               |                        |          |               |          |                         |               |
| Temperatura           |                        |          |               |          |                         |               |
| Presión               |                        |          |               |          |                         |               |
| Magnitudes eléctricas |                        |          |               |          |                         |               |
| Flujo de agua         |                        |          |               |          |                         |               |
| Radiaciones (rayos x) |                        |          |               |          |                         |               |
| Impulsos telefónicos  |                        |          |               |          |                         |               |

La existencia de patrones determinada mediante la aplicación de la encuesta preliminar servirá para estimar el número de encuestas específicas por cada magnitud a enviar a las empresas en una segunda etapa.

## 2.5 Encuesta específica

Su objetivo es el de investigar la cantidad de patrones y equipos de calibración, sus características y frecuencia de calibración, además de la institución que calibra los equipos. Esta encuesta recolecta la información para la caracterización de los patrones, datos metrologicos que proporcionen una idea del nivel tecnológico y trazabilidad de los mismos así como las condiciones de almacenamiento de los equipos que poseen la empresa encuestada. La información incluida se muestra en la tabla 2.6.

Tabla 2.5 Información referente a patrones.

|                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Caracterización del equipo       | Magnitud                        |
|                                  | Nombre del equipo               |
|                                  | Marca                           |
|                                  | Tipo                            |
|                                  | Exactitud                       |
|                                  | Resolución                      |
|                                  | Estado: bueno(B),<br>regular(R) |
|                                  | Rango de operación              |
| Datos Metroológicos              | Fecha de adquisición            |
|                                  | Fecha de puesta en<br>operación |
|                                  | Frecuencia de calibración       |
|                                  | Institución que calibra         |
|                                  | Utiliza equipos auxiliares      |
| Condiciones de<br>almacenamiento | Temperatura                     |
|                                  | Humedad                         |
|                                  | Otros                           |

## 2.6 Recolección de datos

Los medios de recolección de datos empleados en el desarrollo de la investigación fueron el envío de fax, llamadas telefónicas, correo electrónico y visitas personales.

El contacto inicial con la población a encuestarse hizo mediante llamadas telefónicas, así como el envío por fax de la encuesta preliminar a las 214 empresas seleccionadas. Ante la escasez de respuesta el proceso se repitió una vez más

adicionando al envío por fax, el medio electrónico. Finalmente, se realizaron visitas a las empresas que respondieron a la encuesta preliminar.

La investigación comprendió, además de investigar sobre la existencia de patrones, la percepción de las personas, para lo cual se recolectaron comentarios y opiniones de las personas entrevistadas sobre la situación y condiciones de la Metrología en El Salvador. Las funciones desempeñadas por las personas entrevistadas se enmarcan en las áreas de Control de Calidad, Mantenimiento o Metrología en las empresas encuestadas.

## **2.7 Diseño de la base de datos**

El diseño se realizó con el manejador de bases de datos Microsoft Access, por las ventajas que ofrece, como la facilidad para el manejo de tablas y creación de un ambiente que permita la visualización de la información en una forma rápida y fácil de utilizar por cualquier usuario; además de ser el manejador de datos más común, pues es el que se incluye en Microsoft Office, software que se emplea en la mayoría de empresas y que se utiliza también en el CONACYT.

La base de datos consta de tres tablas relacionadas entre sí cuyos campos son los mismos campos incluidos en la encuesta específica, además de las magnitudes investigadas. Una tabla para magnitudes, una para empresas o instituciones y una para caracterización de patrones. La relación entre las tablas se muestra en la figura 2.2.

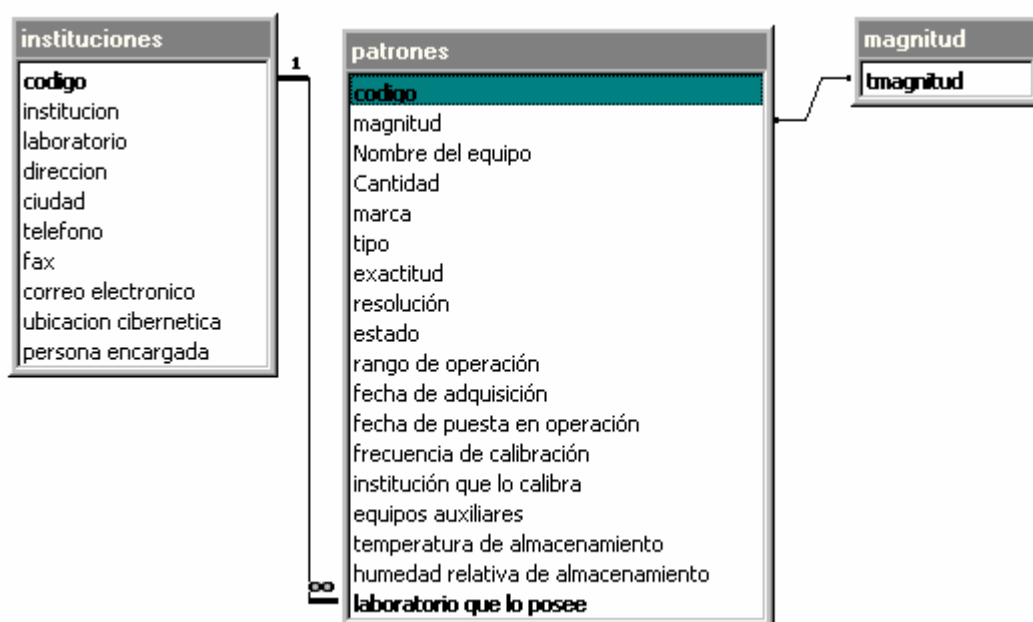


Figura 2.2 Relaciones entre las tablas de la base de datos.

Se crearon cuatro formularios que permiten la visualización y modificación de la información para que el usuario interactúe con la misma de forma muy versátil. El formulario principal, que se aprecia en la figura 2.3 es desde donde se puede acceder a los demás.



Figura 2.3 Menú principal de la base de datos

Los formularios para mostrar patrones e instituciones se muestran en las figuras 2.4 y 2.5, respectivamente. Estos formularios están bloqueados contra escritura para que no se pueda alterar la información que muestran.

**PATRONES**

Magnitud

INFORMACIÓN GENERAL DE PATRONES

|                           |                          |                               |                                      |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| CÓDIGO                    | E1                       | INSTITUCIÓN                   | Universidad Don Bosco                |
| MAGNITUD                  | Eléctrico                | LABORATORIO                   | Laboratorio de Metrología Industrial |
| EQUIPO                    | Calibrador Multiproducto | CIUDAD                        | Soyapango                            |
| CANTIDAD                  | 1                        |                               |                                      |
| MARCA                     | Fluke                    |                               |                                      |
| TIPO                      | -                        |                               |                                      |
| EXACTITUD                 | -                        |                               |                                      |
| RESOLUCIÓN                | -                        |                               |                                      |
| INTERVALO                 | mV - kV, mA - 20A        |                               |                                      |
| FECHA DE ADQUISICIÓN      | 02/06/2000               | EQUIPOS AUXILIARES            | no                                   |
| PUESTA EN OPERACIÓN       | 07/2000                  | TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO | 21°C                                 |
| FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN | Anual                    | HUMEDAD RELATIVA              | 50%                                  |
| INSTITUCIÓN QUE CALIBRA   | Fluke Co. USA            |                               |                                      |

IMPRIMIR REGRESAR

Registro: 1 de 3

Figura 2.4 Formulario para la visualización de patrones.

| INSTITUCIONES                         |                       |                                      |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| CÓDIGO                                | INSTITUCIÓN           | LABORATORIO                          |
| LAB1                                  | Universidad Don Bosco | Laboratorio de Metrología Industrial |
| DIRECCIÓN                             |                       |                                      |
| Calle a Plan del Pino, Cantón Venecia |                       |                                      |
| CIUDAD                                | TELÉFONO              | FAX                                  |
| Soyapango                             | 251-5072              | 291-0038                             |
| CORREO ELECTRÓNICO                    |                       | ENCARGADO                            |
|                                       |                       | Ing. Javier Mejía                    |

Registro: 1 de 10

Figura 2.5 Formulario para la visualización de instituciones.

El formulario que permite la modificación de datos y el ingreso de nuevos registros es el formulario de edición, que se muestra en la figura 2.6.

| EDICIÓN   |   |
|---|---|
| EDITAR INSTITUCIONES                                      | EDITAR PATRONES   |
| <b>CÓDIGO</b> : LAB1                                      | <b>CÓDIGO</b> : 13T   |
| <b>INSTITUCIÓN</b> : Universidad Don Bosco                | <b>MAGNITUD</b> : Temperatura                                   |
| <b>LABORATORIO</b> : Laboratorio de Metrología Industrial | <b>EQUIPO</b> : Termómetro de líquido en vidrio a columna de Hg |
| <b>DIRECCIÓN</b> : Calle a Plan del Pino, Cantón Venecia  | <b>CANTIDAD</b> : 1   |
| <b>CIUDAD</b> : Soyapango                                 | <b>MARCA</b> : WWR Scientific Inc. No 61010-41                  |
| <b>TELÉFONO</b> : 251-5072                                | <b>TIPO</b> : .   |
| <b>FAX</b> : 291-0038                                     | <b>EXACTITUD</b> : .  |
| <b>E-MAIL</b> : .   | <b>RESOLUCIÓN</b> : 1°C   |
| <b>UBICACIÓN CIBERNÉTICA</b> : .                          | <b>ESTADO</b> : Bueno   |
| <b>ENCARGADO</b> : Ing. Javier Mejía                      | <b>INTERVALO</b> : -20 - 150°C                                  |
| Registro: 1 de 10   | <b>FECHA DE ADQUISICIÓN</b> : .                                 |
| <input type="button" value="ACEPTAR"/>                    | <b>PUESTA EN OPERACIÓN</b> : .                                  |
| <input type="button" value="REGRESAR"/>                   | <b>FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN</b> : .                            |
|   | <b>INSTITUCIÓN QUE CALIBRA</b> : .                              |
|   | <b>EQUIPOS AUXILIARES</b> : .                                   |
|   | <b>TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO</b> : .                        |
|   | <b>HUMEDAD RELATIVA</b> : .                                     |
|   | <b>LABORATORIO QUE POSEE</b> : LABS                             |
|   | Registro: 1 de 68   |

Figura 2.6 Formulario de ingreso o modificación de datos.



Además de estos formularios, también se cuenta con un formulario que presenta las opciones de impresión. Es posible imprimir un solo registro, todos los de una magnitud en particular o todos los registros existentes en la base de datos. El menú de impresión se muestra en la figura 2.7.

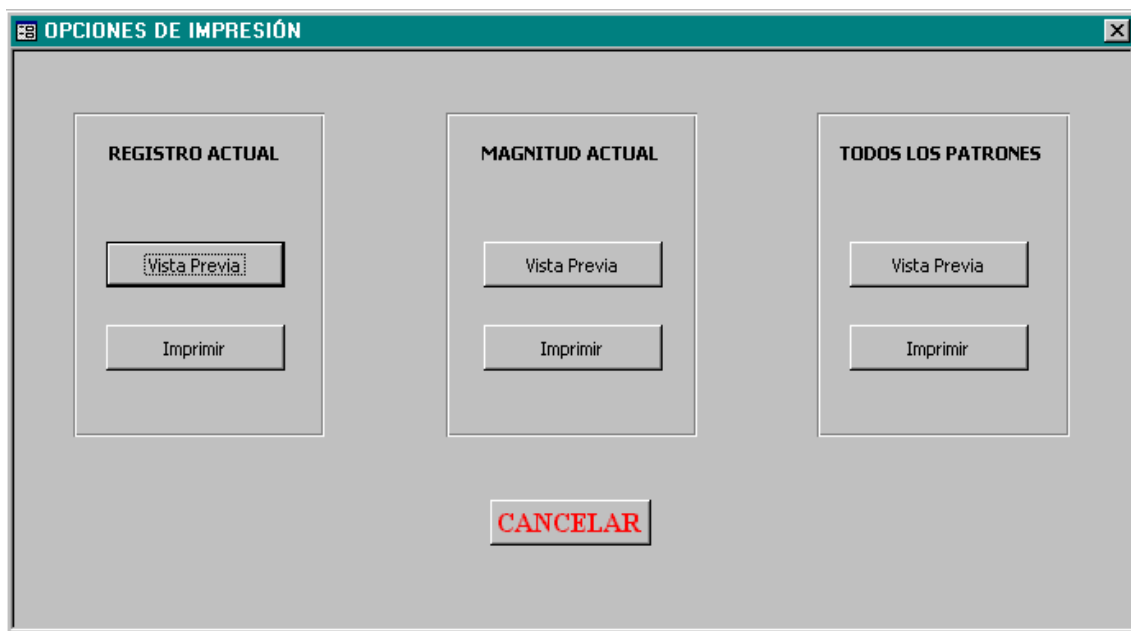


Figura 2.7 Opciones de impresión.

El manual para el manejo de la base de datos se muestra en el anexo 3.

### 3 RESULTADOS

De una población de 214 empresas (ver anexo 4) que representan el 100% de la población madre, 6 de estas que representan el 3% de la población responden la encuesta preliminar, y 3 que representa 1.5% de la población responden la encuesta específica.

Esta cifra es alarmante porque muestra la falta de interés por parte de las empresas o la falta misma de conocimiento sobre lo que es la Metrología y la importancia que esta representa para el desarrollo de El Salvador en materia de industria y tecnología.

La figura 2.8 muestra la falta de respuesta, apatía y desconocimiento de la Metrología en El Salvador.

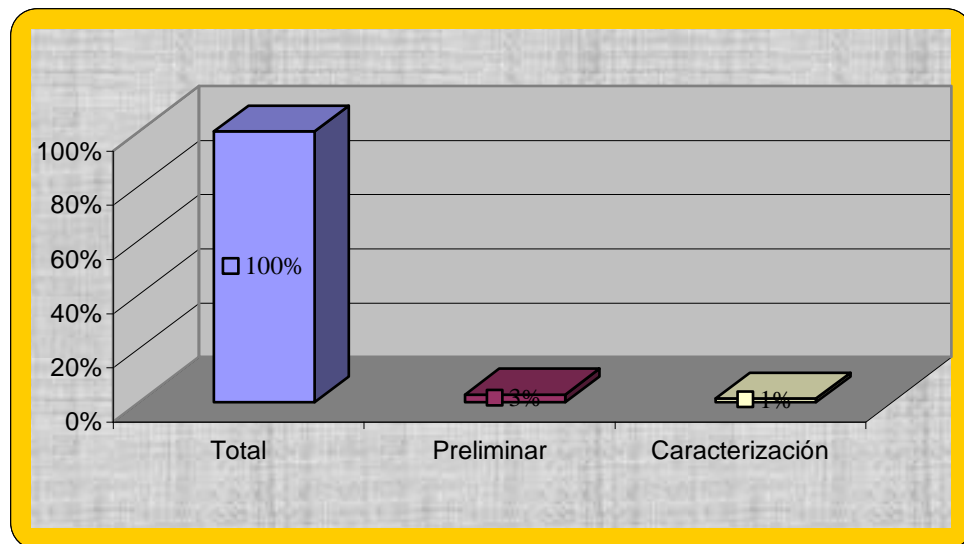


Figura 3.1 Respuesta de las empresas e instituciones encuestadas.

### 3.1 Patrones identificados

La aplicación de la encuesta dio como resultado la identificación de 58 patrones en diferentes magnitudes. Esto se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Patrones identificados por magnitud

| <b>Magnitud</b>       | <b>Cantidad</b> |
|-----------------------|-----------------|
| Masa                  | 10              |
| Longitud              | 3               |
| Temperatura           | 15              |
| Presión               | 4               |
| Volumen               | 23              |
| Magnitudes eléctricas | 3               |
| Medidores de flujo    | 0               |
| Radiaciones           | 0               |
| Impulsos telefónicos  | 0               |

Para obtener una información más específica, ver el anexo 5, donde se muestra la lista con la información de patrones en cada magnitud.

## **4 ANÁLISIS FODA PARA LA METROLOGÍA EN EL SALVADOR**

El análisis FODA que se realizó para la situación metrológica de El Salvador ha sido un análisis por función sustantiva (se han identificado las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para la actividad metrológica del país).

La matriz FODA formada por los factores identificados se muestra en la figura 3.1. El diseño de las estrategias correspondientes y la puesta en marcha de las mismas deberá ser realizado por la entidad competente designada por el Gobierno de El Salvador.

Para realizar el análisis se han considerado las diferentes opiniones, comentarios y otros argumentos expuestos durante las entrevistas personales y telefónicas con personal de las áreas de Control de Calidad, Metrología y/o Mantenimiento de las diferentes organizaciones seleccionadas para aplicar la encuesta. A continuación se exponen las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas identificadas durante la realización de la investigación.

### **4.1 Fortalezas**

#### ***4.1.1 Existencia de un Laboratorio Nacional de Metrología Legal***

El Salvador cuenta con un Laboratorio Nacional de Metrología Legal. La existencia de un laboratorio de este tipo significa que El Salvador ha designado Patrones Nacionales Oficiales para las magnitudes: masa, longitud, temperatura, y volumen, lo cual es un indicador de la capacidad metrológica nacional.

El Laboratorio Nacional de Metrología Legal CONACYT-UES ofrece servicios de Metrología Legal e Industrial. La necesidad de actividades referentes al campo de acción de la Metrología Legal es el origen de este laboratorio, constituyéndose en Custodio de los Patrones Nacionales.

El Laboratorio Nacional de Metrología Legal ofrece también servicios de Metrología Industrial para satisfacer la demanda de servicios. A futuro, la Metrología

Industrial debería cubrirse también por iniciativa privada de las empresas que conforman el sector productivo de El Salvador.

Tabla 4.1 Matriz FODA para la Situación Metroológica en El Salvador

|  |   | FORTALEZAS  | DEBILIDADES  |
|--|---|---|--|
| <b>FACTORES INTERNOS</b>               |   | Existencia de un Laboratorio Nacional de Metrología Legal       | Inexistencia de ley metroológica   |
|  |   | Existencia de patrones trazados                                 | Desconocimiento generalizado de la importancia y la necesidad de la Metrología       |
|  |   | Existencia de personal capacitado                               | Los costos de instalación y mantenimiento de laboratorios de Metrología son elevados |
|  |   | Existencia de actividad metroológica                            | Carencia de programas de difusión e información                                      |
|  |   | Existencia de laboratorios que prestan servicios de calibración | Cobertura de servicios escasa para algunas áreas                                     |
|  |   | Existencia de un ente regulador                                 | No inspira confianza en el cliente   |
|  |   |   | Necesidad de un Sistema Metroológico Nacional  |
| <b>FACTORES EXTERNOS</b>               |   |   |  |
|  | <b>OPORTUNIDADES</b>                            | Estrategia  | Estrategia   |
|  | Amplio mercado potencial                        |   |  |
|  | Los Tratados de Libre Comercio                  |   |  |
|  | Certificación ISO 9001:2000                     |   |  |
| Desarrollo tecnológico                 |   |   |  |
| Ley de Metrología                      |   |   |  |
| Formar parte de los programas del SIM. |   |   |  |
| <b>AMENAZAS</b>                        | Problemas políticos y económicos en El Salvador | Estrategia  | Estrategia   |
|  | Beneficios de inversión a largo plazo           |   |  |

#### ***4.1.2 Existencia de patrones trazados***

El censo metrológico realizado muestra que algunos de los laboratorios e instituciones tienen trazabilidad con aquellos de mayor calidad metrológica. Esta cadena continua de comparaciones permite conocer la incertidumbre de la medida o lectura obtenida en un lugar específico y ayuda al control de distintas variables medibles dentro de un determinado proceso productivo.

En El Salvador se poseen patrones trazados internacionalmente para las magnitudes de temperatura, longitud, magnitudes eléctricas, volumen, masa y presión, lo que significa que las empresas que demandan servicios de calibración en estas magnitudes no necesitan acudir a laboratorios de otros países para contratar dichos servicios, reduciendo los costos para calibrar sus equipos.

#### ***4.1.3 Existencia de actividad metrológica***

El hecho de que existan tanto un laboratorio de Metrología Legal como laboratorios industriales, que ofrezcan servicios de calibración y posean patrones trazados (lo que incide positivamente en la calidad de los productos y servicios que prestan las empresas), es un indicador que confirma la existencia de actividad metrológica en El Salvador.

Los dos laboratorios principales que ofrecen estos servicios son: El Laboratorio Nacional de Metrología Legal CONACYT – UES, fundado por iniciativa del Gobierno de El Salvador aprovechando financiamiento por parte del SIM; y el Instituto de Metrología Industrial de la Universidad Don Bosco, establecido con fondos de dicha institución educativa con una visión de empresa de servicios.

Además de estos dos laboratorios, existen laboratorios internos en algunas empresas, que buscan reducir tiempo y costos de calibración de sus equipos por medio de poseer patrones propios para las magnitudes consideradas críticas en los procesos que realizan.

#### ***4.1.4 Existencia de personal capacitado***

El personal técnico operativo y administrativo con el que cuentan los laboratorios identificados, posee los conocimientos técnicos, capacidades y habilidades necesarias para prestar servicios de calibración para el área nacional e internacional, en lo que respecta a las actividades de la Metrología Legal e Industrial. Esto es posible por la capacitación constante que recibe el personal, tanto dentro como fuera del país.

Además, tanto la Universidad Don Bosco como el Laboratorio Nacional de Metrología Legal CONACYT-UES ofrecen cursos de capacitación en esta área.

#### ***4.1.5 Existencia de laboratorios que prestan servicios de calibración***

Además del Laboratorio Nacional de Metrología Legal (que brinda servicios de calibración para todas las magnitudes de las que posee patrones), el Instituto de Metrología Industrial de la Universidad Don Bosco ofrece sus servicios de calibración para las magnitudes de masa, presión, temperatura, magnitudes eléctricas y longitud, con un amplio rango de medición en sus equipos.

También se encuentran las empresas como F. A. Dalton, que ofrece servicios de calibración para masa, en un rango que va desde miligramos hasta toneladas.

La investigación de campo demuestra que algunas empresas tanto del sector productivo, como de servicios cuentan con patrones propios de trabajo en las áreas de masa y temperatura. Esto permite y estimula la trazabilidad con los laboratorios de mayor jerarquía e intercomparación con laboratorios del mismo nivel, dando lugar a un mejor control metrológico nacional y mayor calidad en los productos y servicios para con los consumidores.

Ciertos sectores productivos presentan mayor demanda de calibración en algunas áreas específicas. De acuerdo con la investigación, éstas son masa, temperatura,

volumen y presión. Esto se debe a la naturaleza propia del proceso productivo y el tipo de los servicios que prestan las empresas.

Existe interés por parte de las empresas, tanto oferentes como demandantes de servicios metrológicos, en el desarrollo de la Metrología en El Salvador y en la difusión de su importancia y la creación de una Red Metroológica Nacional.

#### ***4.1.6 Existencia de un ente regulador***

En El Salvador existe un organismo designado para controlar las actividades concernientes a la Metrología, este es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través de su departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad y su Laboratorio Nacional de Metrología Legal.

El CONACYT ha sido creado por iniciativa del Gobierno de El Salvador para ser el ente estatal que formule la política nacional en materia de desarrollo científico y tecnológico (ver sección 1.2) y para velar, en colaboración con otros organismos como la Dirección de Protección al Consumidor, por los derechos de la ciudadanía en todo aquello relacionado con su delegación.

## **4.2 Oportunidades**

### ***4.2.1 Amplio mercado potencial***

En El Salvador se encuentran muchas empresas que demandan servicios de calibración en diversas magnitudes, principalmente masa (en el sector comercial y de exportación - importación), temperatura (en el sector salud y manufactura), presión y volumen (en el sector comercial y manufactura).

Además, existe todo un mercado amplio sin cubrir por los laboratorios del país en lo que respecta a la Metrología Química (pH, sustancias patrones, calor, principalmente en empresas del sector farmacéutico, beneficios de café e ingenios azucareros).



El mercado potencial lo conforman todas las empresas que no están demandando servicios de calibración en la actualidad, debido principalmente a que no existe mayor exigencia de control y cumplimiento de regulaciones y requerimientos legales en sus procesos. Sin embargo, con los Tratados de Libre Comercio y la globalización se exigirá que las empresas normalicen sus procesos para poder competir, pues de lo contrario corren el riesgo de desaparecer.

#### ***4.2.2 Los Tratados de Libre Comercio***

Los Tratados de Libre Comercio entre El Salvador y otros países, principalmente Estados Unidos, representan una oportunidad para fundar más laboratorios de Metrología, reforzar los ya existentes y conformar el Sistema Metrológico Nacional.

El establecimiento de un Sistema Metrológico Nacional proporcionará el soporte técnico que necesitan los procesos productivos de las empresas del país para constituirse como un competidor emergente en los mercados regional y mundial.

Estos tratados aumentarán la demanda de productos y servicios de calidad, afectando positivamente a todo lo que implique mediciones y control dentro de su proceso de fabricación.

Sin embargo, aunque estos tratados permiten y ayudan al desarrollo metrológico nacional, también afectan a aquellas empresas que no están preparadas para competir contra otras que brinden productos y servicios de mayor calidad y menor costo como resultado de la certificación que poseen bajo las normas que actualmente el mercado mundial exige. La certificación de dichas normas involucra una inversión que a veces las empresas no están en capacidad de cubrir, esto las pone en desventaja frente a la competencia y podría incluso hacerlas desaparecer.

#### ***4.2.3 Certificación ISO 9001:2000***

Para todas las empresas que busquen certificarse bajo las normas ISO 9001:2000, se vuelve una exigencia el control de sus procesos a través de la trazabilidad y la

calibración de sus equipos. Según la cláusula 7.6 de la norma; se exige calibración y trazabilidad si las mediciones efectuadas influyen de algún modo en la calidad del proceso o producto o si constituye un requerimiento del cliente.

Esto aumenta la demanda de servicios metrológicos y permite un desarrollo sostenible de los laboratorios mismos; como también fomenta la estructuración de una Red Metrológica Nacional para hacer frente a las exigencias internacionales, propiciando así el desarrollo nacional.

Además de la familia de normas ISO 9000, se encuentran también las normas ISO 14000, referente al medio ambiente, que involucra a la Metrología si la medición de algún parámetro influye de alguna manera en el medio ambiente.

También se encuentra la Norma ISO 17025, para la acreditación de laboratorios de ensayos y calibración, que exige la periódica calibración de los equipos utilizados en dichos laboratorios.

#### ***4.2.4 Desarrollo tecnológico***

La tecnología y/o equipos con los que cuentan los laboratorios metrológicos principales muestran estar acordes con las necesidades nacionales de demanda en la actualidad, pero las exigencias internacionales que presentan los actuales Tratados de Libre Comercio con países con mayor grado de desarrollo, demandarán un mayor nivel de tecnología y permitirán el florecimiento en esta área, si se establecen y hacen cumplir los mecanismos legales exigidos a las empresas en sus procesos productivos.

Lo anterior permitirá mejorar la precisión de las mediciones en los procesos y reducir costos al evitar pérdidas innecesarias, como por ejemplo, desperdicio, retrabajo, reproceso y desecho de materiales, así como también reducción en la cantidad de productos no conformes a las especificaciones y requerimientos de los clientes.

Esto posibilitará obtener productos terminados de mayor calidad y competencia nacional e internacional, mejorando la imagen de los productos fabricados en El Salvador ante el mercado internacional.

#### ***4.2.5 Ley Especial de Metrología***

La creación de una Ley Especial de Metrología y su difusión en conjunto con la exigencia del cumplimiento de la misma, serían una herramienta que ayudaría mucho a la comprensión de la necesidad y la importancia de la Metrología en El Salvador por parte de las empresas. Además, acabaría con los problemas sobre a que ley referirse en aquellos casos que competen a la Metrología.

Una ley de este tipo proporcionaría el soporte legal necesario para exigir un buen control de los procesos productivos e involucraría al Estado directamente y con mayor autoridad en la regulación de las actividades metrológicas.

#### ***4.2.6 Formar parte de los programas del SIM.***

El Salvador forma parte del Sistema Interamericano de Metrología (SIM), por lo que pueden retomarse programas de financiamiento de esta organización para la instalación de nuevos laboratorios de Metrología o mejorar los ya existentes en términos de instalaciones y publicidad para darse a conocer en el ámbito nacional e internacional. También se pueden aprovechar los programas para la capacitación constante del personal y actualización continua de técnicas y equipos de calibración.

El formar parte de este sistema facilitaría la cooperación entre los laboratorios de los demás países que también son miembros del SIM, para realizar intercomparaciones, visitas técnicas, etc.

También puede promoverse al país como el regulador de las actividades metrológicas a nivel de la región centroamericana, debido al nivel tecnológico que se posee en materia de Metrología.

## **4.3 Debilidades**

### ***4.3.1 Inexistencia de ley metrológica***

Los temas concernientes a la Metrología en El Salvador son regulados por diferentes leyes dispersas, algunas de las cuales se han mencionado anteriormente. Este hecho puede producir problemas, en algunas ocasiones, a la hora de determinar a cual de estas leyes compete algún tema en especial, lo que retarda los procedimientos legales necesarios.

Con un soporte legal de este tipo, el CONACYT tendría mayor autoridad para exigir y controlar las actividades metrológicas y promover la certificación de normas de calidad, además de agilizar los procesos legales que involucren a la Metrología, ya que existiría una ley única a la cual referirse.

### ***4.3.2 Desconocimiento generalizado de la importancia y la necesidad de la Metrología***

En El Salvador no se tiene un conocimiento por parte del sector productivo (y de la población en general) de lo que es la Metrología, su importancia y la necesidad de la misma para hacer confiables las mediciones que se realizan.

No se tienen programas de sensibilización al respecto de este tema. Es aquí por donde debe comenzarse, promoviendo el tema de la Metrología y como afecta a los procesos productivos la falta de trazabilidad de las mediciones que se involucran en los mismos y en la prestación de los servicios básicos.

La importancia de la Metrología radica, entre otros aspectos, en que obliga a mantener equipos de medición en optimas condiciones, este hecho incide directamente en el proceso productivo y en el producto o servicio mismo de una empresa; permitiendo mejoras en la calidad de los mismos y, por consiguiente, un mayor desarrollo y menor costo de las actividades productivas dentro de la sociedad.

### 4.3.3 Costos elevados de instalación y mantenimiento de laboratorios de Metrología

Los costos de instalar un laboratorio de Metrología son muy elevados, debido a las condiciones ambientales y el espacio físico que se requiere para el almacenamiento y operación de los patrones.

Asimismo, requieren gran inversión en la compra de patrones y en la capacitación del personal; que involucra actualización de conocimientos y nuevas técnicas en los procesos de calibración de equipos, etc.

Además, los costos de mantenimiento de un laboratorio de estas características tecnológicas son altos por la naturaleza de los instrumentos que posee. Asimismo, la calibración de los patrones con una institución de mayor jerarquía es también un proceso que involucra un alto costo, puesto que algunos equipos requieren ser llevados al extranjero para ser comparados con patrones internacionales al menos una vez por año. Se puede apreciar en la figura 4.1 que la curva de costos de instalación de un laboratorio de Metrología va en aumento a medida que son de mayor calidad los patrones con los que contará.

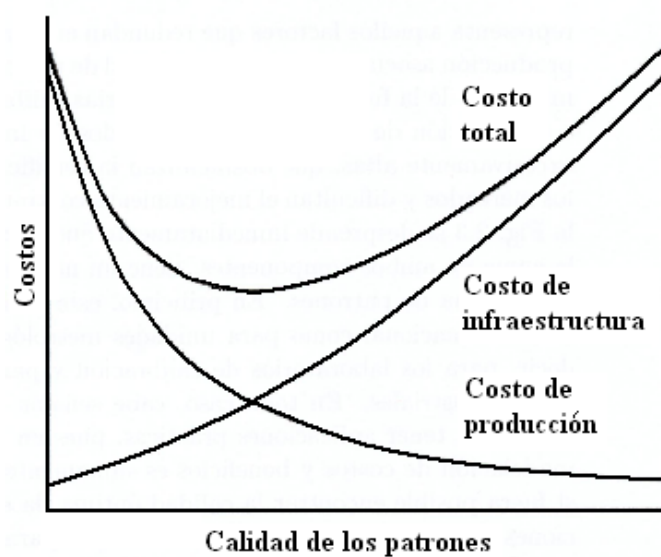


Figura 4.1 Costos de instalación de un Laboratorio de Metrología en función de la calidad de los patrones [2].

#### ***4.3.4 Carencia de programas de difusión e información***

Aunada al desconocimiento de la importancia y la necesidad de la Metrología, se encuentra la ausencia de programas de difusión de estos temas en El Salvador.

Estos programas son herramientas para que las empresas que constituyen los diversos sectores productivos, tengan el conocimiento de lo que es la Metrología, la relación estrecha existente con la calidad, así como también para que las empresas que necesiten calibrar sus equipos de medición conozcan a que empresa, institución o laboratorio solicitar los servicios metrológicos.

#### ***4.3.5 Escasa cobertura de servicios para algunas áreas***

La oferta de servicios metrológicos en el área de impulsos telefónicos y radiaciones (aplicadas en el sector salud) resulta ser, de acuerdo con la investigación realizada, inexistente en el mercado nacional.

Las empresas e instituciones que hacen uso de equipos para medir estas magnitudes recurren a laboratorios y empresas extranjeras para su calibración. Normalmente, quien calibra es el fabricante o el distribuidor regional de los equipos.

La investigación reveló la demanda de servicios en el área de Metrología Química. Existen actividades de Mediciones Químicas, pero los laboratorios industriales establecidos no están cubriendo la demanda de estos servicios.

#### ***4.3.6 No inspira confianza en el cliente***

Debido a la poca (o nula) publicidad que se realiza por parte de los laboratorios de Metrología, muchos clientes potenciales pueden dudar de la calidad de los servicios o de la existencia de los mismos dentro del país, ya que no los conocen.

Los laboratorios deben mejorar su imagen, a través de la acreditación para que sus clientes tengan confianza en los servicios que prestan.

#### ***4.3.7 Necesidad de un Sistema Metrológico Nacional***

El Salvador no tiene un Sistema Metrológico Nacional establecido, los únicos dos Laboratorios de Metrología que hay en el país no tienen relaciones entre ellos y persiguen metas por separado en vez de hacer un esfuerzo conjunto.

La importancia de la estructuración de la Red Metrológica Nacional como parte del Sistema es que al aumentar la calidad de los servicios metrológicos ofertados, incrementando la confianza de los clientes y fomentando el desarrollo metrológico a través de un control de las mediciones realizadas por las empresas dentro de sus procesos de producción, las empresas estarán en capacidad de ofrecer productos o servicios de mayor calidad y con mejor aptitud para la competencia internacional.

### **4.4 Amenazas**

#### ***4.4.1 Problemas políticos y económicos en El Salvador***

La situación política y económica actual de El Salvador impide que se le tome la debida importancia al tema de la Metrología, los beneficios y desarrollos que ésta propone para nuestra sociedad. Dicha situación política y económica enfoca los recursos para ser utilizados casi por completo en salud, educación y seguridad.

#### ***4.4.2 Beneficios de inversión a largo plazo***

Desde un punto de vista económico, es riesgoso invertir en un Laboratorio de Metrología, ya que la recuperación de la inversión se efectúa a largo plazo, mientras las empresas esperan una recuperación de la inversión a corto plazo.

Como se ha mencionado anteriormente, el alto costo de inversión se debe al elevado costo de los equipos patrones, mantenimiento de los mismos, etc. En El Salvador, a pesar de que existe un gran mercado potencial, no hay una difusión adecuada de las actividades inherentes a la Metrología que permitan establecer una conveniente cartera de clientes en un corto tiempo.

Sin embargo, todo es función del cumplimiento de las políticas económicas que demandan la calidad de productos y servicios así como del empeño y la sensibilización sobre los diversos sectores productivos del país para fomentar la demanda de los servicios y lograr en el menor tiempo posible, la recuperación de la inversión.

#### **4.5 Potencialidades**

- Desarrollo tecnológico como resultado de los Tratados de Libre Comercio que demandan productos de alta calidad.
- Certificación ISO 9000, que brinda la capacidad de obtener productos y servicios de mayor calidad susceptibles de competir a nivel nacional e internacional.
- Difusión de la importancia y necesidad de la Metrología:
  - ✓ Mejor control de los procesos de producción.
  - ✓ Exportación de productos con características de competir internacionalmente.
  - ✓ Certificación, que brinda la oportunidad a las empresas de respaldar la calidad de sus productos.
  - ✓ Acceso a mejores tecnologías con la adquisición de patrones y equipos de tecnología más avanzada.
  - ✓ Mayor complejidad de procesos al contar con la tecnología necesaria.
  - ✓ Aumentar capacidad investigativa en el área, como resultado de contar con el soporte técnico y tecnológico que proporcionan las nuevas tecnologías.
- Impacto del aseguramiento metrológico en los costos de las empresas:
  - ✓ Reducción de costos por reproceso, retrabajo, desperdicios, desechos.
  - ✓ Aumentar el desarrollo exportador, con productos y servicios aptos para competir internacionalmente.
- Posibilidad de nuevos negocios.
- Generación de confianza en las mediciones.
- Mejorar la imagen del país con un mayor desarrollo de la metrología.



## CONCLUSIONES

- Se percibió un desconocimiento en las diferentes empresas del sector productivo del país, en lo referente a la Metrología y su campo de acción; así como también en lo referente, al rol de CONACYT como ente regulador de las actividades metrológicas en El Salvador.
- La escasa respuesta que se obtuvo por parte de las empresas refleja el temor de las mismas a proporcionar información. Dicho temor puede atribuirse a diversas razones, entre las cuales puede citarse el miedo a inspecciones por parte de las autoridades. También se evidenció la apatía de algunas empresas a proporcionar información sobre el control de procesos aun cuando es solicitada por autoridades competentes.
- Durante la investigación se identificó la existencia de actividades referentes al área de Metrología Química, especialmente en mediciones de pH, emisiones de gas, viscosidad y sustancias patrones, por lo que se percibe la necesidad de crear una infraestructura que satisfaga las necesidades de este sector.
- Este estudio establece la base para realizar otros más profundos que permitan el establecimiento de un Sistema Nacional de Metrología que oriente y regule el desarrollo de las actividades metrológicas, definiendo los roles y funciones de cada uno de sus intervinientes: oferta, demanda, regulación y vigilancia.
- La investigación evidenció que no se poseen patrones a nivel nacional para la medición de magnitudes utilizadas en los servicios de telefonía, radiaciones y medidores de flujo, por lo que se requiere que se inicien acciones inmediatas para garantizar principalmente la protección del consumidor.

## PROPUESTAS

- Se deben impulsar programas de sensibilización y difusión sobre el tema de Metrología, a fin de minimizar el desconocimiento generalizado en El Salvador de la misma como ciencia y como herramienta importante en el control de la calidad de los procesos productivos y los servicios, así como también en lo relativo a la protección del consumidor.
- Es necesario elaborar un Proyecto de Ley Especial de Metrología, que establezca los derechos y obligaciones de los participantes de las actividades metrológicas y que evite las ambigüedades que pudieran ocasionar las leyes existentes cuando se refieran a un mismo tema.
- El establecimiento de un Sistema Metrológico Nacional así como el establecimiento de nuevos laboratorios de Metrología y/o la ampliación de servicios en los ya existentes, posibilitaran obtener la certificación a una mayor cantidad de empresas e instituciones. De igual manera, se aplica a la adopción de normas y a respaldar la confiabilidad de los procesos productivos ante los Tratados de Libre Comercio y la competencia nacional e internacional. (superación de barreras no arancelarias) Asimismo, el Sistema Metrológico Nacional facilitará la interacción entre sus participantes coadyuvando esfuerzos para la consecución de metas comunes entre los mismos. Lo anterior justifica que este tema se desarrolle posteriormente con mayor profundidad.
- Deben realizarse estudios que determinen el nivel de actividad en el área de Metrología Química y se identifique la demanda y oferta de servicios de la misma, en la búsqueda del establecimiento de una estructura que de soporte al área.
- Como complemento a los resultados del estudio, se hace necesario evaluar el impacto de la implantación de programas de aseguramiento metrológico en los

distintos procesos productivos del país, a fin de analizar la eficiencia de los procesos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. LIRA, IGNACIO. Una Sana Medida, Metrología y Calidad Industrial, Dolmen Ediciones, Octubre 1997.
2. GONZÁLES, CARLOS. Metrología, Segunda Edición, McGraw Hill 1998.
3. VIDES, ERNESTO NAPOLEÓN  
Estudio de Factibilidad Técnica y Económica para La Creación de un Laboratorio de Instrumentación e Informática para La Escuela de Ingeniería Mecánica. FIA-UES  
Año.
4. [www.conacyt.gob.sv](http://www.conacyt.gob.sv)
5. DEL MAR, MARIA. Introducción a la Metrología, San Andrés Redondo, Agosto de 1993.
6. Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología.
7. HASARIC OSCAR. Metrología para No Metrólogo.
8. WHITTEN W, KENNETH, y TRAVIS E. RAYMOND. Química General, Segunda Edición en Español.
9. [www.uninet.edu](http://www.uninet.edu)

## **ANEXOS**

Para efectos del presente Reglamento se denominará al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología como "CONACYT" al Departamento de Normalización, Metrología y Certificación de la Calidad "El Departamento", al Comité Técnico de Metrología como "El Comité" al Laboratorio Nacional de Metrología Legal como "El Laboratorio" y a la Ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología como "La Ley".

#### De la Competencia

Art. 2.- CONACYT velará por que en el territorio de la República se cumplan todas las disposiciones legales relacionadas con metrología

#### Del Laboratorio Nacional de Metrología Legal

Art. 3.- Créase el Laboratorio Nacional de Metrología Legal, para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley sobre el control metrológico, la contrastación o atención, calibración, verificación y certificación de la calidad CONACYT proporcionará, a través de su Laboratorio servicios metrológicos prioritariamente en metrología legal, y en metrología industrial, en las magnitudes para las cuales se disponga de los patrones y equipos de medición requeridos.

#### De la Organización

Art. 4.- CONACYT dispondrá de la organización interna que garantice la mayor eficiencia del servicio metrológico, considerando el desarrollo científico y tecnológico, industrial y comercial, debiendo asegurar la disponibilidad del personal técnico asignado al área de metrología y al Laboratorio. El personal contratado deberá reunir las condiciones de idoneidad requeridas para garantizar la calidad de los servicios metrológicos.

El Jefe del Laboratorio desarrollará sus funciones y actividades en la sede de éste, ubicado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador. Las actividades del Laboratorio estarán enmarcadas dentro de las prioridades establecidas por la Junta Directiva del CONACYT, a través del Departamento.

Se integrarán al Laboratorio, los metrólogos que se consideren necesarios conforme al crecimiento de la demanda de servicios, quienes podrán ser contratados por la Universidad de El Salvador o por el CONACYT, en base a lo establecido en el Convenio de Cooperación entre la Universidad de El Salvador y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología suscrito entre ambas instituciones para la administración y funcionamiento del Laboratorio.

De las atribuciones del Laboratorio

Art. 5.- El Laboratorio Nacional de Metrología Legal tendrá las siguientes atribuciones:

- a) Contrastar todos los instrumentos de medición utilizados en el comercio, la industria, en la prestación de servicios públicos, peritajes judiciales y otros que determine el Consejo;

- b) Contrastar todos los instrumentos de medición importados o fabricados en el país, previa su distribución y venta;

- c) Contrastar y calibrar los instrumentos, máquinas y equipos de los laboratorios acreditados por CONACYT, y otros que así lo soliciten;

- d) Contrastar previamente los instrumentos de medición fabricados en el país y que sean destinados a la exportación;

- e) Aprobar los modelos de instrumentos de medición de las diferentes magnitudes;

- f) Aprobar, verificar y calibrar los medidores de agua, energía eléctrica, impulsos telefónicos, bombas dispensadoras de combustibles;

- g) Calibrar los diferentes tipos de sensores de temperatura tales como termómetros utilizados en los diferentes centros de salud, oficiales y privados y los usados en la industria, tal es el caso de los termopares y otros;

- h) Calibrar las básculas rodantes y permanentes, utilizadas por el comercio y a industria;

- i) Prestar el servicio de metrología legal a que alude el Art. 8 de este Reglamento.

#### Del Comité Técnico de Metrología

Art. 6.- Para garantizar la efectividad de los esfuerzos del CONACYT en el cumplimiento de sus responsabilidades metrológicas, se constituirá el Comité Técnico de Metrología, de acuerdo al procedimiento establecido en la Ley y en el Reglamento de los Comités Técnicos de Normalización. Dicho Comité será coordinado por el Jefe del Departamento o la persona que éste designe y deberá integrarse con representantes de la industria, del comercio, del sector académico universitario y del sector consumidor, quienes deberán reunir los siguientes requisitos:

- a) Reconocida capacidad técnica y profesional
- b) Experiencia comprobable de trabajos en el área de metrología ;
- c) Reconocida integridad y honorabilidad en su desempeño profesional;

Los miembros propietarios y suplentes de este Comité serán designados por los sectores participantes, y ratificados por la Junta Directiva de CONACYT, de entre las listas que presenten dichos sectores. Los miembros propietarios y suplentes durarán en sus funciones un periodo de dos años, pudiendo ser reelectos para uno similar.

De las atribuciones del Comité Técnico de Metrología.

Art. 7.- El Comité Técnico de Metrología estudiará las normas requeridas para establecer el sistema metrológico y tendrá además de las atribuciones establecidas en la Ley y en el



Reglamento de los Comités Técnicos de Normalización, las siguientes:

- a) Coordinar con la Dirección General de Protección al Consumidor la verificación del contenido neto en masa o volumen de productos previamente envasados;
- b) Velar por que en todo el territorio nacional se aplique el Sistema Legal de Unidades de Medida, basado en el Sistema Internacional de Unidades, (SI);
- c) Vigilar en forma permanente el uso obligatorio de las Unidades del Sistema Legal de Unidades de Medida, en todas las disposiciones y actuaciones oficiales, operaciones comerciales e industriales, documentos públicos y privados, publicidad y propaganda cuando se mencionen magnitudes físicas;
- d) Coordinar el desarrollo de proyectos de metrificación por sectores, orientados al cambio gradual al Sistema Legal de Unidades de Medida.
- e) Coordinar con el Ministerio de Educación, la enseñanza del Sistema Legal de Unidades de Medida en todos los niveles de educación en el país;
- f) mantener comunicación permanente con instituciones nacionales, regionales e internacionales que desarrollan actividades relacionadas;
- g) adaptar o adoptar las normas metroológicas necesarias para el establecimiento del Sistema Legal de Unidades de Medida;
- h) Propiciar el desarrollo de campañas educativas en todo el territorio nacional, sobre el uso de las Unidades del Sistema Legal;
- i) propiciar la participación de técnicos nacionales en eventos internacionales relacionados con las actividades metroológicas.

#### Del Servicio de Metrología Legal

Art. 8.- Para dar cumplimiento a la Ley en lo concerniente a Metrología Legal, se establecerá el Servicio de Metrología Legal el cual será proporcionado a través del Laboratorio y las empresas o instituciones acreditadas por el CONACYT, que desarrollen actividades metroológicas, según lo dispuesto en la Ley.

El servicio de Metrología Legal será coordinado por el Jefe del Laboratorio Nacional de Metrología Legal.

Art. 9.- El servicio de Metrología Legal se encargará de:

- a) Garantizar la existencia de entidades dedicadas a efectuar los controles metroológicos establecidos en la Ley,
- b) Asegurar el mantenimiento y la conservación de los patrones nacionales, así como su trazabilidad.

- c) Promover la enseñanza de la Metrología Legal y asegurar la formación de personal en el área de Metrología.
  - d) Propiciar la participación de técnicos nacionales en eventos de capacitación relacionados con la Metrología Legal.
  - e) Elaborar la propuesta de Tabla de Errores Máximos Tolerables para la aferición y calibración, y presentarla a la Junta Directiva del CONACYT.
  - f) Colaborar con el Comité Técnico de Metrología, cuando sea solicitado por éste.
- Autoridad del servicio de Metrología Legal.

Art. 10.- Toda dependencia pública, autónoma, persona natural o jurídica que utilice o mantenga instrumentos de medición para transacciones comprendidas en las letras que siguen, estarán sujetos al control metroológico que de dichos instrumentos se realice. Dichas transacciones serán las siguientes:

- a) Operaciones de carácter comercial,
- b) Facturación y/o valorización de servicios y trabajos,
- c) Peritajes judiciales,
- d) Pruebas, ensayos y mediciones médicas,
- e) Otras determinadas por CONACYT, de acuerdo a las necesidades imperantes del momento.

El personal técnico, debidamente acreditado por el CONACYT, gozará de libre acceso a los instrumentos de medición en el sitio y las condiciones de su utilización, para realizar los controles metroológicos pertinentes a fin de determinar si cumplen con las características metroológicas necesarias para su utilización.

El resultado de los controles efectuados sobre los instrumentos de medición serán entregados mediante certificados, los cuales tendrán validez legal.

Los resultados serán comunicados a la Dirección General de Protección al Consumidor, para que proceda, según el caso, de acuerdo al Título III de la Ley.

Sistema de tarifas del servicio metroológico.

Art. 11 Los servicios metroológicos prestados por el Laboratorio Nacional de Metrología Legal, se cobrarán de acuerdo a una tarifa determinada según el tipo de servicio prestado, y será autorizada por el Ministerio de Economía por medio de Acuerdo Ejecutivo.

## ANEXO 2

DEPARTAMENTO DE NORMALIZACIÓN, METROLOGÍA Y CERTIFICACIÓN DE LA CALIDAD

### METROLOGÍA

| META   | ACTIVIDAD                         | RESPON-<br>SABLE              | CALENDARIZACIÓN        |     |     |     |                                | INDICADOR |  |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------|-----------|--|
|  |                                   |                               | CORTO PLAZO<br>(1 AÑO) |     |     |     | MEDIANO<br>PLAZO<br>(1-3 AÑOS) |           | LARGO<br>PLAZO<br>(1-5 AÑOS)                               |
|  |                                   |                               | 1 T                    | 2 T | 3 T | 4 T |                                |           |  |
| <b>VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN</b>  |                                   |                               |                        |     |     |     |                                |           |  |
| Implementar un sistema de verificación de equipos de medición en las áreas de:<br>1. Servicios públicos<br>Artículo 62 | Medidores de agua                 | Ing. Miguel Tévez             |                        |     |     |     | X                              |           | Programas de verificación de equipo de medida establecidos |
|  | Medidores de energía              | Ing. Mario Alberto Mongue     |                        |     | X   |     |                                |           |  |
|  | Medidores de impulsos telefónicos | Ing. Douglas Brito            |                        |     |     |     |                                | X         |  |
|  | Termómetros clínicos              | Ing. <del>Jorge</del> Medrano |                        |     | X   |     |                                |           |  |
| 2. Salud y seguridad   | Tensiómetros                      |                               |                        |     |     |     |                                |           |  |
|  | Aparatos de Rayos X               |                               |                        |     | X   |     |                                |           |  |
| 3. Medio Ambiente  | Emisión vehicular de gases        |                               |                        |     |     |     | X                              |           |  |
|  | Balanzas                          |                               |                        | X   |     |     |                                |           |  |
| 4. Transacciones comerciales   | Dosificadores de masa y/o volumen |                               |                        |     |     |     | X                              |           |  |
|  |                                   |                               |                        |     |     |     |                                |           |  |

*ESTRATEGIA:* Certificación de contenido neto en productos preenvasados



## ANEXO 2



San Salvador, 17 de julio de 2003

Estimado Sr(a)  
Gerente

Reciba un cordial y atento saludo deseándoles mucho éxito en sus gestiones, ocasión en la cual le informo que CONACYT esta realizando un censo de las necesidades de calibración del sector productivo y de los laboratorios de calibración de equipos de medición existentes en el país, para conformar la Red Metrológica Nacional.

Para llevar a cabo dicho proyecto se requiere conocer las necesidades del sector empresarial en cuanto a las necesidades de mediciones para certificar la calidad de sus productos, procesos y servicios.

Para desarrollar esta actividad le solicitamos llenar el cuestionario adjunto. Los técnicos designados para desarrollar esta actividad son los Sres: **Leandro Alfredo Orellana Argueta** y **Edwin Israel Rivera** quienes les visitaran próximamente para ayudarlo a llenar y complementar la información solicitada.

Al finalizar el estudio les estaremos convocando para dar a conocer los resultados de dicha investigación.

Agradeciéndole su amable atención

Ing. Carlos Roberto Ochoa  
Director Ejecutivo



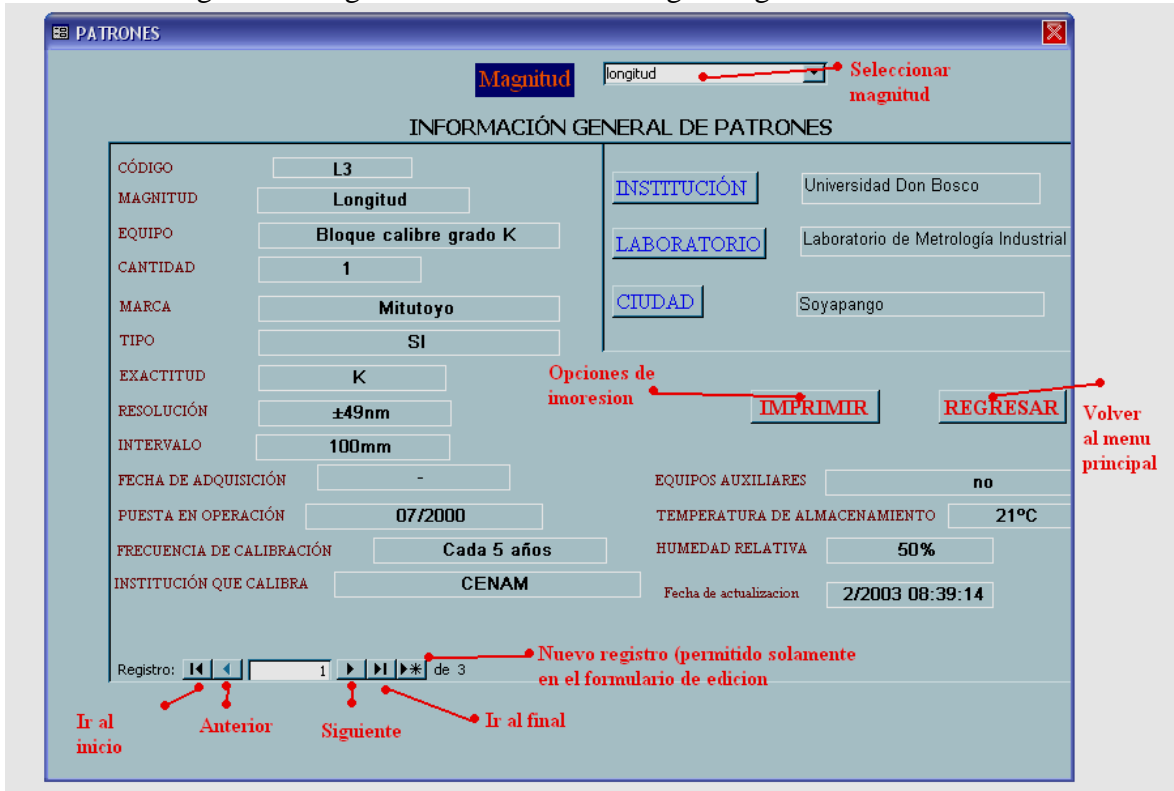
**ANEXO 3**

**MANUAL DE USO DE LA BASE DE DATOS EN MICROSOFT ACCESS**

Menú principal

| BOTÓN             | FUNCIÓN                                      |
|-------------------|--|
| Ver instituciones | Mostrar información de instituciones         |
| Ver patrones      | Mostrar información de patrones              |
| Editar patrones   | Agregar registros o modificar los existentes |
| Salir             | Salir de MS Access                           |

El uso del navegador de registros se muestra en la figura siguiente:



El navegador funciona igual en los formularios de patrones e instituciones.

**Opciones de Impresión.**

Las opciones permiten imprimir desde un solo registro hasta todos los registros de la tabla correspondiente (patrones o instituciones). Es posible también la impresión de todos los registros de una magnitud en particular.

La opción de “Vista Preliminar” muestra la forma en que se imprimirán los registros seleccionados.

**ANEXO 4****Listado de empresas encuestadas**

ACEROS DE CENTROAMERICA  
ACOPASEMCA -ASOC.COOP.PROD.A GROPEC.EL CASTAÑO R.L.  
AEROMANTENIMIENTO SA  
AES CLESA Y CIA, S. EN C. DE C. V.  
AGAVE, S.A. - SAN MIGUEL  
AGRICOLA INDUSTRIAL SALVADORENA, SA  
AGROQUIMICAS INDUSTRIALES SA DE CV  
ALMACENADORA ESPECIALIZADA DE ALIMENTOS SA DE CV  
ALUMINIO DE CENTROAMERICA SA DE CV  
ALUMINIO DE EL SALVADOR SA  
ALUMINIOS CENTROAMERICANOS SA DE CV  
AMANCO EL SALVADOR SA  
AMIGOS DEL MAR SA  
ARROCERA SAN FRANCISCO SA DE CV  
ASEQUIMAG, S.A. DE C.V.  
ATESA, S.A. DE C.V.  
ATLACATL HORNOS INDUSTRIALES  
AVIAL GROUP, S.A. DE C.V.  
AVICOLA SALVADORENA SA DE CV  
AVINDUSTRIAS SA DE CV  
BAJOS, S.A. DE C.V.  
BAJOS, S.A. DE C.V.  
BAYER SA  
BEMISAL SA DE CV  
BILLCA SA DE CV  
BIMBO DE EL SALVADOR SA DE CV  
BLOCALSA FABRICA DE BLOQUES DE CONCRETO  
BOILLAT SCHONENBERG, CARLOS ARMANDO  
CABOGAR SA DE CV  
CAFE ALTAMIRA, S.A. DE C.V.  
CAFE ALTAMIRA, S.A. DE C.V.  
CAJAS Y BOLSAS SA  
CARNES Y EMBUTIDOS SA DE CV, CORPORACION ORCA  
CAST-PRODUCTS, S.A DE C.V  
CEMENTO DE EL SALVADOR SA DE CV  
CETRON DE EL SALVADOR  
CODIPA SA DE CV  
COFFEE AND FRUIT CO  
COMERCIAL EXPORTADORA, S.A. DE C.V. - COEX  
COMERCIO Y BIENES SA DE CV  
COMPANIA AZUCARERA SALVADORENA SA DE CV  
COMPANIA DE ALUMBRADO ELECTRICO DE EL SALVADOR SA  
DE CV  
COMPANIA DE TELECOMUNICACIONES DE EL SALVADOR SA  
DE CV  
COMPANIA QUIMICA INDUSTRIAL SA DE CV  
COMPAÑIA ELECTRICA CUCUMACAYAN, S.A. DE C.V.  
COMUNICACIONES POR SATELITE, S.A. DE C.V.  
CONDUCTORES ELECTRICOS SALVADORENOS SA DE CV

CONFITERIA AMERICANA SA DE CV  
CONOS Y PAJILLAS SOL SA DE CV  
COOPERATIVA LA MAJADA DE R.L. SOC.COOP.CAFETA.DESN  
COOPERATIVA LA MAJADA DE R.L. SOC.COOP.CAFETA.DESN  
CORPORACION INDUSTRIAL CENTROAMERICANA SA DE CV  
CROMADORA SALVADORENA SA DE CV  
CTE TELECOM SA DE CV  
CURTIS INDUSTRIAL SA DE CV  
DEL MONTE DE CENTROAMERICA SA DE CV  
DELICIA SA DE CV  
DERIVADOS DE MAIZ DE EL SALVADOR SA DE CV  
DESARROLLOS INDUSTRIALES CENTROAMERICANO, S.A. DE  
C.V.  
DESTILERIA LA CENTRAL SA DE CV  
DESTILERIA SALVADORENA SA DE CV  
DETERGENTES Y DERIVADOS, S.A. DE C.V.  
DISTRIBUIDORA CUSCATLAN SA DE CV  
DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELECTRICA DEL SUR SA DE CV  
DYMEL, S.A. DE C.V.  
EL PASO TECHNOLOGY EL SALVADOR, S.A. DE C.V.  
ELECE, S.A. DE C.V.  
ELECTRODEPOSITOS DE CENTROAMERICA  
EMBOTELLADORA LA CASCADA SA  
EMBOTELLADORA SALVADORENA SA  
EMPACADORA BUENAMESA SA DE CV  
EMPRESA ADOC SA  
EMPRESA ELECTRICA DE ORIENTE SA DE CV  
EMPRESAS INDUSTRIALES SAN BENITO SA DE CV  
ENVASADORA DIVERSIFICADA SA DE CV  
ESCALON GOMEZ, GERARDO  
ESCALON GOMEZ, GERARDO  
ESPECIALIDADES INDUSTRIALES SA  
ESTABLECIMIENTOS ANCALMO SA DE CV  
ESTRUCTURAS METALICAS TONY  
EUROMAYA TECNOLOGIAS SA DE CV  
EXCELERGY SA DE CV  
FABRICA ALUMINIO VIDRIO, S.A. - FAVISA DE C.V.  
FABRICA DE ACEITES Y GRASAS EL DORADO SA DE CV  
FALMAR SA DE CV  
FERSON SA DE CV  
FERTICA EL SALVADOR SA  
FILAMENTOS Y PERFILES SA  
GALVANIZADORA INDUSTRIAL SALVADORENA SA DE CV  
GAMMA LABORATORIOS SA DE CV  
GENESIS PARTNERSHIP COMPANY, S.A. DE C.V.  
GRIFFITH PANAMA, S.A.(SUCURSAL EL SALVADOR)  
GRUPO PAILL, S.A. DE C.V.  
GRUPO RAYO SA DE CV  
GRUPO SOLAIRE  
H. DE SOLA, S.A. DE C.V.  
HANDAL Y SOBRINOS

HARISA SA  
HELADOS RIO SOTO DE EL SALVADOR SA DE CV  
HENKEL DE EL SALVADOR SA DE CV  
HERNANDEZ HERMANOS SA DE CV  
HERNANDEZ HNOS.,S.A. DE C.V.-PROD.ALIMENT.LA UNICA  
HERRAMIENTAS CENTROAMERICANAS, S.A. - HECASA -  
HERRERA MOLINA Y CIA SA DE CV  
ICONOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS CREATIVOS  
IMPLEMENTOS AGRICOLAS CENTROAMERICANOS SA DE CV  
INDUSTRIAL CRISTAL DE CENTROAMERICA SA DE CV  
INDUSTRIAL PLASTICAS SA DE CV  
INDUSTRIAL QUIMICA SALVADOREÑA, S.A. DE C.V.  
INDUSTRIAS AGRICOLAS SAN FRANCISCO SA DE CV  
INDUSTRIAS BENDEK, S.A. DE C.V.  
INDUSTRIAS COMERCIALES DE CENTROAMERICA SA DE CV  
INDUSTRIAS METALICAS - INDUMETAL  
INDUSTRIAS METALICAS MARENCO SA  
INDUSTRIAS QUIMICAS SA DE CV  
INDUSTRIAS Y DESTILERIA MUNECO SA DE CV  
INGENIO CHANMICO, S.A.  
INGENIO CHAPARRASTIQUE, S.A  
INGENIO LA CABANA SA DE CV  
INTERNATIONAL PAPER DE EL SALVADOR SA  
INVERSIONES VIDA SA DE CV  
J. HILL Y CIA.  
KIMBERLY CLARK DE CENTROAMERICA SA  
KOSMOQUIMICA S.A. DE C.V.  
LA CONSTANCIA SA DE CV  
LA FABRIL DE ACEITES SA DE CV  
LA SULTANA SA DE CV  
LABORATORIO COMBISA  
LABORATORIO D.B., S.A. DE C.V.  
LABORATORIOS ARGUELLO, S.A. DE C.V.  
LABORATORIOS ARSAL SA DE CV  
LABORATORIOS BIOLOGICOS VETERINARIOS SA DE CV  
LABORATORIOS CAPITOL -MARIO A.SANTOS  
LABORATORIOS CAROSA SA DE CV  
LABORATORIOS CAROSA, S.A. DE C.V.  
LABORATORIOS IFASAL, S.A. DE C.V.  
LABORATORIOS LOPEZ SA DE CV  
LABORATORIOS SUIZOS SA DE CV  
LABORATORIOS TERAPEUTICOS MEDICINALES SA DE CV  
LABORATORIOS VIJOSA SA DE CV  
LABORATORIOS WOHLER SA DE CV  
LABORATORIOS Y DROGUERIA LAINEZ SA DE CV  
LACTEOS FINOS DE CENTROAMERICA SA DE CV  
LARIN E HIJOS, Y CO.  
LICORES DE CENTROAMERICA SA DE CV  
LIDO SA DE CV  
LIZA SA DE CV  
LOPEZ MAGANA SA DE CV

LUBRICANTES TEXACO SA  
LUCENT TECHNOLOGIES EL SALVADOR, S.A. DE C.V.  
LUIS TORRES Y CIA  
MACROA, S.A. DE C.V.  
MANUFACTURING TOOL COMPANY  
MARINA INDUSTRIAL SA DE CV  
MATRICERIA INDUSTRIAL ROXY SA DE CV  
MC CORMICK DE CENTROAMERICA SA DE CV  
MEDIKEM SA DE CV  
MELHER SA DE CV  
MESSER DE EL SALVADOR SA DE CV  
METALURGICA SARTI SA DE CV  
MOLINOS DE EL SALVADOR SA  
MONOLIT DE EL SALVADOR SA DE CV  
MULTIPLAST SA DE CV  
NESTLE DE EL SALVADOR  
NUTRIFICACION PLANIFICADA, S.A. DE C.V.  
OMNIPLASTIC SA DE CV  
OPERACIONES QUIMICAS, S.A. DE C.V.  
PAJARITO, S.A. DE C.V.  
PAMON, S.A DE C.V.  
PINSAL SA DE CV  
PINTURAS COMEX  
PLANTA DE TORREFACCION DE CAFÉ, S.A. DE C.V.  
PLASTICOS SALVADORENOS SA DE CV  
PLASTICOS Y METALES SA  
POLANCO GIRON, JOSE MANUEL  
POLIETILENO Y FLEXOGRAFIA SA DE CV  
POLIMEROS DE EL SALVADOR SA DE CV  
PREFASA SA DE CV  
PROCESADORA DE ACERO DE EL SALVADOR (PROACES)  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS BOCADELI SA DE CV  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS DIANA SA DE CV  
PRODUCTOS ALIMENTICIOS SELLO DE ORO SA DE CV  
PRODUCTOS BARRITA  
PRODUCTOS CARNICOS SA DE CV  
PROMOTORA MULTIPLE SA DE CV  
QUIMICAS CONSOLIDADAS, S.A.  
QUIMICAS INDUSTRIALES DE CENTROAMERICA SA DE CV  
REFINERIA PETROLERA ACAJUTLA SA DE CV  
REHMANN INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.  
ROBERTONI SA DE CV  
RUA SA DE CV  
SALONES DE BELLEZA Y EQUIPOS DE EL SALVADOR SA DE CV  
SAVONA SA DE CV  
SERVICIOS AGROPECUARIOS EL AMIGO  
SERVIFOOD SA DE CV  
SHERWIN WILLIAMS DE CENTROAMERICA SA DE CV  
SIGMA SA  
SMITHKLINE BEECHAM EL SALVADOR, S.A. DE C.V.  
SOL TRUJILLO, ERNESTO ARTURO, ING.

SOL TRUJILLO, ERNESTO ARTURO, ING.  
SUMA INDUSTRIAL SA DE CV  
SUN CHEMICAL DE CENTROAMERICA SA DE CV  
TABACALERA DE EL SALVADOR  
TACOPLAST SA DE CV  
TALLERES DE CENTROAMERICA, S.A. DE C.V.  
TELEMOVIL DE EL SALVADOR SA  
TEXTILES SALVADORENOS SA DE CV  
TINTAS EL SALVADOR SA DE CV  
TOROGOZ SA DE CV  
TROPIGAS DE EL SALVADOR SA DE CV  
TUBOS Y PERFILES PLASTICOS SA DE CV  
UNILEVER DE CENTRO AMERICA, S.A.  
WESTERN PETROLEUM IMPORTERS INC  
WOLSCH, S.A. DE C.V.

**ANEXO 5**

Listado de laboratorios según código asignado para la base de datos.

| <b>CÓDIGO</b> | <b>LABORATORIO</b>                            |
|---------------|---|
| LAB1          | Universidad Don Bosco                         |
| LAB2          | Laboratorio Nacional de Metrología Legal      |
| LAB3          | SABESA  |
| LAB4          | Lácteos del Corral de C. V.                   |
| LAB5          | Sun Chemical de Centroamérica                 |
| LAB6          | Cetron de El Salvador                         |
| LAB7          | Gamma Laboratorios                            |
| LAB8          | ELECE S. A. de C. V,                          |
| LAB9          | Universidad Centroamericana José Simeón Cañas |

Listado de patrones identificados en las diferentes magnitudes investigadas.



## Listado de patrones

### *magnitud* *Eléctrico*

**laboratorio que lo posee** LAB1

| Nombre del equip        | marca           | rango de operació | frecuencia de calibración |
|-------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| Calibrador Multiproduct | Fluke           | mV - kV, mA - 20A | Anual                     |
| Multímetro de precisión | Hewlett Packard | -                 | Anual                     |

**laboratorio que lo posee** LAB9

| Nombre del equip      | marca | rango de operació | frecuencia de calibración |
|-----------------------|-------|-------------------|---------------------------|
| Conductímetro con cel | YSI   | 1 - 100000µmhos   | -                         |

### *magnitud* *Longitud*

**laboratorio que lo posee** LAB1

| Nombre del equip       | marca    | rango de operació | frecuencia de calibración |
|------------------------|----------|-------------------|---------------------------|
| Bloque calibre G0      | Mitutoyo | 100mm             | Anual                     |
| Bloque calibre grado K | Mitutoyo | 100mm             | Cada 5 años               |
| Bloque rectangular     | Mitutoyo | -                 | Anual                     |

### *magnitud* *masa*

**laboratorio que lo posee** LAB1

| Nombre del equip      | marca     | rango de operació | frecuencia de calibración |
|-----------------------|-----------|-------------------|---------------------------|
| Masa E2 de 5kg        | Sartorium | -                 | Anual                     |
| Masa E2 de 10kg       | Sartorium | -                 | Anual                     |
| Juego de masas OIML F | Sartorium | 1mg - 5kg         | Anual                     |
| Masas F1 de 5 y 10kg  | Sartorium | -                 | Anual-                    |
| Juego de masas E2     | Sartorium | 1mg - 5kg         | Anual                     |
| Masa M1               | Sartorium | 1mg - 5Kg         | Anual                     |
| Masas de 5 y 10kg     | Sartorium | -                 | Anual                     |

**laboratorio que lo posee** LAB9

| Nombre del equip          | marca               | rango de operació | frecuencia de calibración |
|---------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|
| Balanza analítica electró | AND A&D Co. Limited | 0 - 180g          | -                         |
| Balanza electrónica analí | Sartorius           | 0 - 230g          | -                         |
| Balanza analítica digital | Sartorius Basic     | 0 - 100g          | -                         |

### *magnitud* *presión*

| laboratorio que lo posee |       | LAB1              |                           |  |
|--------------------------|-------|-------------------|---------------------------|--|
| Nombre del equip         | marca | rango de operació | frecuencia de calibración |  |
| Nanovacuómetro           | Wika  | 0 - -1bar         | Anual                     |  |
| Manómetro patrón hidrá   | Wika  | 0 - 100bar        | Anual                     |  |
| Manómetro patrón hidrá   | Wika  | 0 - 1000bar       | Anual                     |  |

| laboratorio que lo posee |       | LAB9              |                           |  |
|--------------------------|-------|-------------------|---------------------------|--|
| Nombre del equip         | marca | rango de operació | frecuencia de calibración |  |
| Bomba de vacío           | CSA   | 0 - 760mmHg       | -                         |  |

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| <i>magnitud</i> | <i>Temperatura</i> |
|-----------------|--------------------|

| laboratorio que lo posee   |                 | LAB1              |                           |  |
|----------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|--|
| Nombre del equip           | marca           | rango de operació | frecuencia de calibración |  |
| Horno portátil             | Hart Scientific | 0 - 1100°C        | Anual                     |  |
| Supertermómetro            | Hart Scientific | -                 | Anual                     |  |
| Juego de termómetros       | -               | -10°C - 400°C     | -                         |  |
| Punto triple del agua (pat | Hart Scientific | 0.01°C            | -                         |  |
| Termocupla                 | Hart Scientific | -20°C - 1100°C    | Anual                     |  |
| Termómetro de resistenci   | Hart Scientific | 0°C - 1100°C      | Anual                     |  |
| Termómetro patrón de re    | Hart Scientific | 0°C - 1100°C      | Cada 5 años               |  |

| laboratorio que lo posee |             | LAB3              |                           |  |
|--------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|--|
| Nombre del equip         | marca       | rango de operació | frecuencia de calibración |  |
| Termómetro               | Hanna Inst. | -50, 150°C        | Anual                     |  |

| laboratorio que lo posee |                        | LAB9                    |                           |  |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Nombre del equip         | marca                  | rango de operació       | frecuencia de calibración |  |
| Termómetro de líquido e  | UCA - USA, Serie 5658  | -1 - 201°C              | -                         |  |
| Medidor de temperatura   | Control Company        | -10°C - 50°C, 25% - 95% | -                         |  |
| Termómetro               | Fisherbrand            | -20 - 150°C             | -                         |  |
| Termómetro de líquido e  | Fisherbrand by ERTCO,  | -20 - 150°C             | -                         |  |
| Termómetro de líquido e  | VWR Scientific Inc. No | -20 - 150°C             | -                         |  |
| Termómetro               | H-V                    | -10 - 150°C             | -                         |  |
| Girómetro termómetro di  | VWR Scientific         | -10 - 50°C, 25% - 95%h  | -                         |  |

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| <i>magnitud</i> | <i>volumen</i> |
|-----------------|----------------|

| laboratorio que lo posee |       | LAB9              |                           |  |
|--------------------------|-------|-------------------|---------------------------|--|
| Nombre del equip         | marca | rango de operació | frecuencia de calibración |  |

|                           |               |                |   |
|---------------------------|---------------|----------------|---|
| Micropipeta volumétrica   | Eppendorf     | 0 - 50µL       | - |
| Pipeta volumétrica        | Pyrex/Corning | 0 - 50mL       | - |
| Pipeta graduada           | Pyrex/Corning | 0 - 25mL       | - |
| Pipeta volumétrica        | Pyrex/Corning | 0 - 2mL        | - |
| Pipeta volumétrica        | Pyrex/Corning | 0 - 3mL        | - |
| Micropipeta volumétrica   | Eppendorf     | 0 - 5mL        | - |
| Pipeta volumétrica        | Pyrex/Corning | 0 - 5mL        | - |
| Pipeta volumétrica        | Pyrex         | 0 - 50mL       | - |
| Pipeta volumétrica        | Pyrex         | 0 - 25mL       | - |
| Micropipeta volumétrica   | Eppendorf     | 0 - 100µL      | - |
| Cono imhoff               | Nalgene       | 0 - 1000mL     | - |
| Pipeta volumétrica        | Pyrex/Corning | 0 - 10mL       | - |
| Volumétrico               | Marienfeld    | 0 - 50mL       | - |
| Volumétrico               | Marienfeld    | 0 - 100mL      | - |
| Volumétrico               | Kimax         | 0 - 100mL      | - |
| Volumétrico               | Kimax         | 0 - 200mL      | - |
| Volumétrico               | Kimax         | 0 - 250mL      | - |
| Volumétrico               | Kimax         | 0 - 500mL      | - |
| Volumétrico               | Marienfeld    | 0 - 1000mL     | - |
| Micropipeta               | -             | 0 - 1000µL     | - |
| Micropipeta               | Eppendorf     | 500µL - 5000µL | - |
| Pipeta volumétrica        | Superior      | 0 - 25mL       | - |
| Bureta con llave de teflo | Pyrex/Corning | 0 - 25mL       | - |