

**ESTUDIO DE LAS NECESIDADES METROLÓGICAS EN EL ÁREA  
ELÉCTRICA DEL SECTOR PRODUCTIVO Y REQUERIMIENTOS PARA  
SU SOLUCIÓN EN LA REGIÓN DEL NORORIENTE COLOMBIANO**

**ING. MARÍA EUGENIA PORRAS RUEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA. ÁREA INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA**

**2006**

**ESTUDIO DE LAS NECESIDADES METROLÓGICAS EN EL ÁREA  
ELÉCTRICA DEL SECTOR PRODUCTIVO Y REQUERIMIENTOS PARA  
SU SOLUCIÓN EN LA REGIÓN DEL NORORIENTE COLOMBIANO**

**ING. MARÍA EUGENIA PORRAS RUEDA**

**Trabajo de Investigación presentado para optar al título de  
Magíster en Ingeniería. Área Ingeniería Electrónica**

**Director:**

**MPE. ING. JULIO CÉSAR CHACÓN VELASCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA. ÁREA INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA**

**2006**

## **DEDICATORIA**

A mi padre Gerardo Antonio, que tanta influencia ejerció en mi vida y cuyo recuerdo me motiva.

A mi madre María del Carmen, por constituir uno de los fundamentos de mi vida. Mi gran compañía y guía espiritual.

A Dios por permitirme alcanzar un logro más.

A mis hermanos y demás familiares por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Un agradecimiento muy especial al Doctor Gabriel Ordóñez Plata, Director del Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL), por su gran colaboración y apoyo durante toda la realización de mis estudios de maestría.

Agradezco la colaboración de las Cámaras de Comercio de Bucaramanga, Barrancabermeja, Cúcuta, Ocaña, Pamplona, Valledupar y Aguachica, que suministraron la información de referencia para seleccionar las instituciones a ser encuestadas. Así mismo, a todas aquellas empresas e instituciones, en cada uno de los sectores seleccionados del nororiente colombiano, que atendieron y mostraron su interés en este estudio.

Fue muy valiosa la colaboración del Ingeniero Adolfo León Arenas Landínez, Decano de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, quien suministró la ayuda económica y logística para poder realizar el estudio de investigación metrológica de forma presencial en cada uno de los municipios y departamentos del nororiente colombiano.

Al Ing. Juan Manuel Torres, jefe del laboratorio de Metrología de Centrales Eléctricas de Cúcuta, quien colaboró para la realización de las encuestas en las diferentes empresas e instituciones de Cúcuta.

Al Ph. D. Henry Lamos Díaz y al Ing. Olmedo González, por su gran colaboración y guía en la fase estadística del proyecto.

Al MPE. Ing. Julio César Chacón Velasco, Director y asesor del proyecto, por su tiempo, dedicación y valiosas orientaciones durante el desarrollo del proyecto.

A la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC, que como Centro Nacional de Metrología en Colombia brindó la información y asesoría necesaria, especialmente al Ingeniero Carlos Eduardo Porras Porras, Jefe de la División de Metrología, por toda su colaboración.

De igual manera, fue importante la participación de aquellos estudiantes de la Universidad Industrial de Santander que colaboraron como encuestadores y cada de una de las personas que contribuyeron para que la Investigación fuera posible.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
1.1 METROLOGÍA .....	6
1.2 IMPORTANCIA DE LA METROLOGÍA .....	7
1.3 LABORATORIOS DE METROLOGÍA.....	13
1.4 NORMA NTC-ISO-IEC 17025: “REQUISITOS GENERALES DE COMPETENCIA DE LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN” .....	15
1.5 ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS .....	17
<b>2. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES METROLÓGICAS</b> .....	<b>22</b>
2.1 METODOLOGÍA:LA INVESTIGACIÓN POR ENCUESTA .....	23
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS ....	25
2.2.1 Definición del problema .....	26
2.2.2 Determinación de la población objetivo .....	27
2.2.3 Variables y sus posibles interrelaciones.....	28
2.2.4 Errores máximos de estimación y nivel de confianza .....	29
2.3 SELECCIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	29
2.3.1 Selección de los sujetos concretos.....	29
2.3.2 Procedimiento y tamaño de la muestra .....	33
2.4 CONSTRUCCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL CUESTIONARIO PILOTO .....	36
2.4.1 Construcción del cuestionario que se va a utilizar en el estudio . .....	37
2.4.2 Preparación de los encuestadores .....	39

2.5	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....	39
2.5.1	Elección del método de aplicación .....	40
2.5.2	Administración de la encuesta.....	41
2.6	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	42
2.6.1	Codificación e informatización de los datos.....	42
2.6.2	Presentación y análisis de resultados .....	44
<b>3.</b>	<b>SERVICIOS Y EQUIPOS PATRÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN.....</b>	<b>47</b>
3.1	SERVICIOS DEL LABORATORIO PROPUESTO .....	47
3.1.1	Actividades de medición.....	47
3.1.2	Aseguramiento metrológico.....	50
3.1.3	Varios .....	51
3.2	EQUIPOS PATRÓN PROPUESTO PARA EL LABORATORIO.....	53
<b>4.</b>	<b>DOCUMENTACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA DE CALIDAD DEL LABORATORIO .....</b>	<b>59</b>
4.1	SISTEMA DE CALIDAD .....	59
4.1.1	¿Qué busca un sistema de calidad? .....	60
4.1.2	¿Qué requiere un sistema de calidad?.....	61
4.2	REQUISITOS DEL SISTEMA DE CALIDAD .....	63
4.3	PROCEDIMIENTOS DEL SISTEMA DE CALIDAD.....	65
4.4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	67
<b>5.</b>	<b>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....</b>	<b>72</b>
5.1	Pasos a seguir para el cálculo de los costos estándar .....	72
5.1.1	Determinar el recurso humano que tiene el Laboratorio.....	73
5.1.2	Identificación de los recursos técnicos y locativos.....	74
5.1.3	Identificación de cada uno de los servicios que prestará el LCE de la UIS.....	75

5.1.4	Determinar el costo estándar de materiales directos.....	76
5.1.5	Determinar el tiempo estándar por calibración .....	76
5.1.6	Determinar el costo hora estándar por persona en el Laboratorio.....	78
5.1.7	Porcentajes para el cálculo de prestaciones, Ley 100, parafiscales.....	79
5.1.8	Determinar los costos indirectos de Fabricación (CIF) estándar del Laboratorio.....	82
5.2	PRESUPUESTO ESTIMATIVO EN INFRAESTRUCTURA DEL LABORATORIO...	91
5.3	ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL LCE DE LA UIS .....	95
<b>6.</b>	<b>PROPUESTA LÍNEA DE ESTUDIO EN METROLOGÍA ELÉCTRICA</b>	<b>99</b>
6.1	PLAN DE ESTUDIOS.....	<b>101</b>
6.1.1	Mediciones eléctricas. ....	101
6.1.2	Metrología y normalización.....	103
6.1.3	Incertidumbre en las mediciones.....	105
6.1.4	Seminario: Metrología hoy y su aplicación en el sector productivo .....	106
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>113</b>
	<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>117</b>
	<b>“ENCUESTA ESTUDIO DE LAS NECESIDADES METROLÓGICAS DEL SECTOR PRODUCTIVO EN LA REGIÓN DEL NORORIENTE COLOMBIANO”</b>	
	<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>123</b>
	<b>ANÁLISIS GLOBAL, NORORIENTE COLOMBIANO</b>	

**ANEXO 3 ..... 145**  
**DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DEL LABORATORIO DE**  
**CALIBRACIONES ELÉCTRICAS DE LA UIS**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Población dependiente. ....	33
Figura 2. Porcentaje de encuestas por departamentos. ....	36
Figura 3. Sección para definición de variables. ....	43
Figura 4. Sección para codificación de datos. ....	44
Figura 5. Planta proyectada del Laboratorio .....	92
Figura 6. Diagrama del proyecto.....	97
Figura 7. Departamentos encuestados .....	124
Figura 8. Ciudades y Municipios encuestados.....	124
Figura 9. Códigos CIU encuestados. ....	125
Figura 10. Actividades relacionadas con la Metrología.....	126
Figura 11. Actividades de calibración .....	127
Figura 12. Magnitudes. ....	128
Figura 13. Instrumentos de medición.....	131
Figura 14. Aplicación de los instrumentos de medición. ....	134
Figura 15. Existencia de programa de aseguramiento.....	135
Figura 16. Programas de aseguramiento metrológico. ....	135
Figura 17. Causas de no aseguramiento metrológico.....	136
Figura 18. ¿Tiene instrumentos de medición calibrados?.....	137
Figura 19. Sitios de calibración.....	137
Figura 20. Frecuencia de calibración de instrumentos de medición .....	138
Figura 21. Razones de no calibración.....	139
Figura 22. ¿Tiene personal destinado a labores de Metrología? .....	140
Figura 23. Nivel educativo del personal destinado a labores de Metrología	140
Figura 24. Sistemas de calidad implementados.....	141

Figura 25. Conocimiento del Sistema Internacional de Unidades.....	143
Figura 26. ¿Aplica el SI en sus procesos?.....	143
Figura 27. ¿Conoce laboratorios de metrología acreditados en Colombia? 143	
Figura 28. ¿Sabe que la SIC cuenta con una división de metrología? .....	144
Figura 29. ¿Sabe que servicios presta la división de metrología de la SIC? .....	144

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Doce (12) grupos CIIU seleccionados.....	32
Tabla 2. Población total original. ....	32
Tabla 3. Porcentaje de selección de cada uno de los grupos CIIU pertenecientes a la población total original. ....	34
Tabla 4. Parámetros utilizados en el método de estratificación aleatoria. ....	35
Tabla 5. N poblacionales y <i>n</i> muestrales por cada departamento. ....	35
Tabla 6. N poblacionales y <i>n</i> muestrales por cada actividad económica. ....	36
Tabla 7. Distribución de los encuestadores por sectores.....	41
Tabla 8. Instrumentos de medición que predominan. ....	49
Tabla 9. Magnitudes e instrumentos de medición a calibrar de acuerdo al análisis de resultados. ....	52
Tabla 10. Especificaciones generales del FLUKE 5500A.....	55
Tabla 11. Servicios de calibración que prestará el LCE de la UIS propuesto. .....	56
Tabla 12. Listado Maestro. Documentos que hacen parte del Sistema de Calidad del LCE de la UIS.....	69
Tabla 13. Recursos Humanos del LCE de la UIS. ....	73
Tabla 14. Equipos del Laboratorio.....	74
Tabla 15. Servicios propuestos para el Laboratorio.....	75
Tabla 16. Tiempos estándar del Laboratorio. ....	78
Tabla 17. Porcentajes para el cálculo de prestaciones.....	79
Tabla 18. Cálculo del valor hora estándar por personas en el Laboratorio...	81
Tabla 19. Composición CIF para el Laboratorio.....	82
Tabla 20. Cálculo de la depreciación de equipos del Laboratorio.....	83

Tabla 21. Presupuesto depreciación edificio Laboratorio .....	84
Tabla 22. Presupuesto de gasto de energía anual del Laboratorio .....	84
Tabla 23. Cálculo precio de mano de obra indirecta en el Laboratorio.....	85
Tabla 24. Presupuesto de gasto acueducto.....	86
Tabla 25. Presupuesto gasto seguro equipos Laboratorio.....	86
Tabla 26. Presupuesto de gasto de materiales indirectos y otros.....	87
Tabla 27. Presupuesto horas hombre efectivas directas del laboratorio.....	87
Tabla 28. Presupuesto CIF para el Laboratorio. ....	88
Tabla 29. Ficha de costos estándar del Laboratorio .....	90
Tabla 30. Costo servicio calibración total.....	91
Tabla 31. Presupuesto Estructura arquitectónica del Laboratorio. ....	94
Tabla 32. Ingreso anual estimado que tendría el Laboratorio. (2006-01-12)	96
Tabla 33. Rentabilidad del Laboratorio. ....	97
Tabla 34. Asignaturas del Plan de Estudios propuesto.....	100
Tabla 35. ¿Qué tipo de ensayos? .....	126
Tabla 36. ¿Cuáles señales se monitorean?.....	127
Tabla 37. ¿Qué otras actividades de medición? .....	128
Tabla 38. Otras magnitudes.....	129
Tabla 39. Otros instrumentos de medición. ....	132
Tabla 40. Otras aplicaciones de los instrumentos de medición. ....	134
Tabla 41. Otros programas de aseguramiento metrológico. ....	136
Tabla 42. Otras causas de no aseguramiento metrológico.....	136
Tabla 43. Otras frecuencias de calibración.....	138
Tabla 44. Otras causas de no calibración de instrumentos e medición. ....	139
Tabla 45. Otro nivel educativo destinado a labores de Metrología .....	141
Tabla 46. Otras normas implementadas o en proceso. ....	142

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

CIF	Costos Indirectos de Fabricación.
CIIU	Clasificación Industrial Internacional Unificado.
E <sup>3</sup> T	Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.
FC	Formato de Calidad.
IEC	Comisión Internacional de Electrotecnia.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
LCE	Laboratorio de Calibraciones Eléctricas.
MC	Manual de Calidad.
MD	Materiales Directos.
MOD	Mano de Obra Directa.
NTC	Norma Técnica Colombiana.
PC	Procedimiento de Calidad.

SIC Superintendencia de Industria y Comercio.

ST Estándar.

TIR Tasa Interna de Retorno.

VPN Valor Presente Neto.

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTUDIO DE LAS NECESIDADES METROLÓGICAS EN EL ÁREA ELÉCTRICA DEL SECTOR PRODUCTIVO Y REQUERIMIENTOS PARA SU SOLUCIÓN EN LA REGIÓN DEL NORORIENTE COLOMBIANO.\*

**AUTOR:** Ing. María Eugenia Porras Rueda\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Metrología, Aseguramiento metrológico, calibración, instrumentos de medición, sector productivo, necesidad metrológica.

### DESCRIPCIÓN:

Para el nororiente colombiano es de vital importancia tener un indicador de la forma como la producción, el comercio, la academia y la investigación, están realizando sus mediciones, con el fin de formular estrategias y políticas que le permita tanto a las empresas del sector productivo como a las entidades dedicadas a actividades académicas, optimizar el desempeño de sus funciones, conocer las fortalezas y debilidades respecto a la calibración de instrumentos e implementar los proyectos necesarios para desarrollar sus procesos adecuados al uso de los elementos que introduce la Metrología. En este Trabajo de Investigación de Maestría, basados en la investigación por encuestas, se presenta un análisis del estado actual del sector productivo del nororiente colombiano, respecto al manejo e interpretación de conceptos asociados con la Metrología tales como la calidad, las mediciones, el control de la calidad, la calibración, la acreditación de laboratorios, la trazabilidad, la certificación, etc.

Partiendo del resultado obtenido se establece los lineamientos para su solución desde la Universidad Industrial de Santander con la creación futura de un Laboratorio de Calibraciones Eléctricas, a través de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E<sup>3</sup>T).

Se establece la documentación preliminar del sistema de calidad y un estudio de factibilidad, asimismo, se propone una línea en el plan de estudios de los programas de pregrado ofrecidos en la E<sup>3</sup>T con énfasis en temas relacionados con la Metrología.

\* Trabajo de investigación.

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones.  
Director: Julio César Chacón Velasco, Ingeniero Electricista, MPE.

## ABSTRACT

**TITLE:** STUDY OF NECESSITIES METROLOGICALS IN THE ELECTRICAL AREA OF THE PRODUCTIVE SECTOR AND REQUIREMENTS FOR ITS SOLUTION IN THE REGION OF THE COLOMBIAN NORTH-EAST. \*

**AUTHOR:** María Eugenia Porras Rueda. \*\*

**KEYWORDS:** Metrology, metrological securing, calibration, measuring instruments, productive sector, metrological necessity.

### DESCRIPTION:

For the Colombian north-east it is of vital importance of having an indicator of the form like the production, the commerce, the academy and the investigation, are making its measurements, with the purpose of formulating strategies and policies that allow so much to the companies of the productive sector like a the organizations him dedicated to academic activities, to optimize the performance of its functions, knowing the strengths and weaknesses with respect to the calibration instruments and to implement the projects necessary to develop its suitable processes to the use of the elements that introduces the Metrology. In this Work of Investigation of Masters, based on the investigation by surveys, an analysis of the present state of the productive sector of the Colombian north-east appears, with respect to the handling and interpretation of concepts associated with the Metrology such as the quality, the measurements, the control of the quality, the calibration, the accreditation of Laboratories, the traceability, the certification, etc.

Starting off of the obtained result one settles down the lineaments for its solution from the Industrial University of Santander with the future creation of a Laboratory of Electrical Calibrations, through School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering (E<sup>3</sup>T).

The preliminary documentation of the quality system settles down and a feasibility study, also, sets out a line in the curriculum of the offered programs of Engineerings in the E<sup>3</sup>T with emphasis in subjects related to the Metrology.

\* Work of investigation.

\*\* Faculty of Physicist mechanical Engineerings. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineerings.  
Manager: Julio César Chacón Velasco, Electrical engineer, MPE.

## INTRODUCCIÓN

Diversas razones impulsaron al hombre primitivo a medir los objetos. Cuando se asentó en un lugar de la tierra, se vio forzado a medir la longitud y la anchura de su parcela. Cuando comenzó a comercializar con sus vecinos, necesitó crear un método para fijar el peso, volumen, extensión y valor de las cosas. Cuando se dedicó a la agricultura en forma estable, debió idear un sistema que le permitiera medir el tiempo y prever la época de la siembra y la cosecha. Así surgieron las medidas de longitud, superficie, volumen, peso, valor y tiempo.

La ciencia moderna se basa en la capacidad de medir las magnitudes más variadas. Las medidas empleadas por los hombres de ciencia se aplican también a magnitudes distintas de la longitud, superficie o peso. Para calcular las temperaturas utilizan aparatos llamados termómetros, graduados de acuerdo con la escala Celsius o con la Fahrenheit. Miden la cantidad de lluvia caída con instrumentos llamados pluviómetros, y la presión de la atmósfera con barómetros. Para calcular la velocidad de la luz se sirven del sistema métrico decimal, y establecen que sus rayos marchan aproximadamente a 300 000 kilómetros por segundo; pero han debido idear otras unidades para medir su intensidad y otros complejos factores. Llamam año luz a la unidad básica de los cálculos astronómicos, y bel a la unidad para medir la intensidad del sonido. Para determinar la resistencia de un material, o la velocidad de un vehículo, o los múltiples aspectos del mundo de la electricidad, o el peso de los átomos, también existen sistemas de medición muy perfeccionados.

La descripción de los fenómenos eléctricos y magnéticos por medio de las unidades de los sistemas con tres unidades básicas (centímetro, gramo, segundo o metro, kilogramo, segundo), se logró apenas en el siglo XVII. Existieron sistemas tales como: el Electrostático CGS, el Electromagnético CGS, el Simétrico CGS o Gaussiano. El desarrollo de dichos sistemas tuvo su origen en las observaciones de los efectos alternos entre cargas, corrientes eléctricas e imanes, los cuales se consideran relaciones de fuerza. De la misma forma, fue conocida la dependencia entre intensidad de corriente y campo magnético (ecuaciones de Maxwell), haciendo necesaria una adecuada y cómoda representación.

En el Primer Congreso Internacional de Electricidad (París, 1881), fueron aceptados los primeros nombre de las llamadas Unidades Eléctricas Prácticas Absolutas.

El término “absoluto” fue tomado de la denominación dada por Gauss a las unidades; también él empleó esta expansión para las unidades eléctricas, las cuales fueron reducidas a dimensiones absolutas de la mecánica.

Con el transcurrir del tiempo, se consideró conveniente, para el uso práctico, la realización de patrones, con el fin de materializar las más importantes unidades eléctricas. Esto queda sentado en la Conferencia Internacional para Unidades Eléctricas y Patrones (Londres, 1908), siguiendo el consejo de la Conferencia Chicago de 1893, respecto a los reglamentos o prescripciones de realización de las unidades eléctricas, definidas en 1881.

Esa realización fue llamada Ohm Internacional y Ampere Internacional.

El Ohm Internacional es la resistencia de una columna de mercurio de 106,300 cm de longitud y 14,4521 g de masa por la que a igual sección transversal para una corriente constante a la temperatura de fusión del hielo.

El “ampere internacional” es la intensidad de un flujo de corriente que, al pasar a través de una solución acuosa de nitrato de plata, deposita 1,11800 mg de plata en un segundo.

Debido a que, pasado el tiempo, la determinación absoluta del ampere alcanzó más o menos la misma exactitud que la reproducibilidad del “ampere internacional”, fue nuevamente definido del ampere (A) en la Novena Conferencia General de Pesas y Medidas (1948), considerándolo también como unidad básica.

El ampere es la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores rectilíneos paralelos de longitud infinita, de sección transversal despreciable y separados a una distancia de un metro en el vacío, ejercería entre ellos una fuerza de  $2 \times 10^{-7}$  newton por metro de longitud.

Esta unidad y su definición metrológica, forman parte de las siete unidades básicas: m, kg, s, A, K, mol, cd, de las magnitudes básicas del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Definitivamente el papel de la Metrología se hace realmente relevante cuando el proceso de medición es vital en algún tipo de transacción comercial, en aplicaciones en el campo de la salud, en la producción de medicinas o de alimentos, en la realización de pruebas para construcciones, en la realización de diagnósticos para descubrir la causa de algún problema eléctrico, en la realización de trabajos destinados al alcance del uso racional de la energía, en el monitoreo rutinario de los sistemas electromecánicos, mecánicos y electrónicos, en la verificación de valores de niveles de radiación, en el monitoreo permanente de las diversas magnitudes físicas que intervienen en los procesos de producción, y muy especialmente, en la realización de pruebas de calidad.

En realidad, sin la Metrología, el trabajo de los ingenieros químicos, sanitarios, de alimentos, electricistas, electrónicos, mecánicos o civiles, o el trabajo de los médicos o los científicos en general, sería de características totalmente obsoletas para la dinámica que requieren los procesos actuales. Sin la Metrología, sería imposible verificar la calidad de los productos o de los procesos, definida en la normativa internacional. Dicho de otra manera, la Metrología y la normalización son vitales para el aseguramiento de la calidad.

CAPÍTULO 1

---

**MARCO TEÓRICO**

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Metrología

La Metrología (del griego *μετρον*, medida y *λογος*, tratado) es la ciencia y técnica que tiene por objeto el estudio de los sistemas de pesas y medidas, y la determinación de las magnitudes físicas.

Históricamente esta disciplina ha pasado por diferentes etapas; inicialmente su máxima preocupación y el objeto de su estudio fue el análisis de los sistemas de pesas y medidas antiguos, cuyo conocimiento se observa necesario para la correcta comprensión de los textos antiguos. Ya desde mediados del siglo XVI, sin embargo, el interés por la determinación de la medida del globo terrestre y los trabajos que al efecto se llevaron a cabo por orden de Luis XIV, pusieron de manifiesto la necesidad de un sistema de pesas y medidas universal, proceso que se vio agudizado durante la revolución industrial y culminó con la creación de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas y la construcción de patrones para el metro y el kilogramo en 1872.

Establecidos ya los patrones de las unidades de medida fundamentales por la oficina mencionada, la Metrología se ocupa hoy día, sin olvidar su vertiente histórica, del proceso de medición en sí, es decir, del estudio de los procesos de medición, incluyendo los instrumentos empleados, así como de su

calibración periódica; todo ello con el propósito de servir a los fines tanto industriales como de investigación científica.

## 1.2 Importancia de la Metrología

A través de la historia se comprueba que el progreso de los pueblos siempre estuvo relacionado con su progreso en las mediciones, e inclusive en el mundo industrializado son numerosos los aspectos de la vida que dependen de las medidas. La complejidad creciente de las técnicas modernas va acompañada de continuas demandas de más exactitud<sup>1</sup>, mayor rango y mayor diversidad de patrones<sup>2</sup> en los dominios más variados. El desarrollo y mejora de esos patrones es de importancia, tanto a nivel internacional como nacional, para la ciencia, el comercio y la industria. Las mediciones correctas tienen una importancia fundamental para los gobiernos, para las empresas y para la población en general, ayudando a ordenar y facilitar las transacciones comerciales

La Metrología es la encargada de investigar, experimentar y establecer los patrones de referencia primarios<sup>3</sup> en el ámbito internacional; de mantener los patrones nacionales<sup>4</sup> de los diferentes países o de mantener los instrumentos de referencia utilizados en el ámbito de la industria (cuando éstas poseen su propio Laboratorio de Metrología). De manera que, mediante un proceso

---

<sup>1</sup> EXACTITUD DE MEDICIÓN: El resultado de una medición antes de la corrección del error sistemático. Definición tomada de la norma NTC 2194. Metrología. Vocabulario. Santafé de Bogotá, D. C. Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), 1994. p. 12.

<sup>2</sup> PATRÓN DE MEDICIÓN: Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, determinar, conservar o reproducir una unidad o uno o más valores de una magnitud que sirva como referencia. *Ibíd.* p. 32.

<sup>3</sup> PATRÓN PRIMARIO: Patrón que es designado o ampliamente reconocido como poseedor de las más altas cualidades metrologías, y cuyo valor se acepta sin referencia a otros patrones de la misma longitud. Nota: El concepto de patrón primario es igualmente válido para magnitudes básicas y para magnitudes derivadas. *Ibíd.* p. 33.

<sup>4</sup> PATRÓN NACIONAL DE MEDICIÓN: Patrón reconocido mediante una decisión nacional, utilizable en un país como base para asignar valores a otros patrones de la magnitud que interesa. *Ibíd.* p. 33.

denominado trazabilidad<sup>5</sup>, el último instrumento utilizado en el ámbito industrial está referido al patrón internacional<sup>6</sup>. En consecuencia, si en los diferentes países se siguen similares cadenas de trazabilidad, un medidor utilizado en Colombia para verificar la temperatura de un horno medirá aproximadamente lo mismo que otro medidor utilizado en otro país para medir la misma temperatura; un instrumento utilizado en Japón para medir el diámetro de un eje, medirá aproximadamente lo mismo que otro instrumento utilizado aquí, en nuestro país, para medir el mismo diámetro. Si se adquieren dos instrumentos en diferentes países o en el mismo país pero de diferente procedencia para medir la misma magnitud<sup>7</sup> el resultado debe ser aproximadamente el mismo.

Idealmente, en todo el mundo, los instrumentos utilizados para medir las mismas magnitudes físicas deberían indicar el mismo valor, aunque esto no es posible por razones obvias; de ahí que se utilice la palabra aproximadamente. Con el fin de mantener esa igualdad aproximada los distintos organismos y laboratorios mantienen relación y ponen en práctica la intercomparación de patrones; por otro lado, a nivel de los gobiernos se establecen instituciones que vigilan y regulan las actividades metrológicas en el país (Superintendencia de Industria y Comercio en Colombia) y supervisan su cumplimiento por parte los sectores, entidades o personas responsables.

A menudo las cantidades y las características de un producto son resultado de un contrato entre el cliente (consumidor) y el proveedor (fabricante); las mediciones facilitan este proceso y por ende inciden en la calidad de vida de la población, protegiendo al consumidor, ayudando a preservar el medio ambiente y contribuyendo a usar racionalmente los recursos naturales.

---

<sup>5</sup> TRAZABILIDAD: Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, en virtud de la cual ese resultado se puede relacionar con referencias estipuladas, generalmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones que tengan todas las incertidumbres determinadas. *Ibíd.* p. 34.

<sup>6</sup> PATRÓN INTERNACIONAL DE MEDICIÓN: Patrón reconocido mediante una decisión nacional, utilizable en un país como base para asignar valores a otros patrones de la magnitud que interesa. *Ibíd.* p. 33.

<sup>7</sup> MAGNITUD MENSURABLE: Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que se puede distinguir en forma cualitativa y determinar en forma cuantitativa. *Ibíd.* p. 1.

Las actividades relacionadas con la Metrología dentro de un país son responsabilidad de una o varias instituciones autónomas o gubernamentales y, según sus funciones, se caracteriza como Metrología Científica, Legal e Industrial, dependiendo de su aplicación.

La primera está encargada de la investigación que conduce a la elaboración de patrones sobre bases científicas y promueve su reconocimiento y la equivalencia de éstos a nivel internacional. Las otras dos están relacionadas con la diseminación a nivel nacional de los patrones en el comercio y en la industria. La que se relaciona con las transacciones comerciales se denomina Metrología Legal y busca garantizar, a todo nivel, que el cliente que compra algo reciba la cantidad efectivamente pactada. La otra rama se denomina Metrología Industrial y se relaciona con la industria manufacturera; persigue promover en la industria manufacturera y de servicios la competitividad a través de la permanente mejora de las mediciones que inciden en la calidad.

El proceso de medición, básicamente, consiste en la comparación del valor de una magnitud física con el valor de otra considerada como patrón. Con respecto al patrón primario, disponible en laboratorios internacionales, se le define normalmente como un modelo capaz de mantener una magnitud física, de su propiedad, con valor constante a largo plazo. Esta característica hace que el patrón pueda considerarse como la referencia en función de la cual los demás instrumentos que miden la misma magnitud física han de calibrarse<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> CALIBRACIÓN: Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de magnitudes 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 determinados por medio de los patrones. *Ibíd.* p. 35.

La incertidumbre<sup>9</sup> del patrón es extremadamente pequeña y dentro de la cadena de trazabilidad la incertidumbre del último instrumento de la cadena es bastante más grande. Esto significa que cuando se efectúa una medición siempre se introduce un error<sup>10</sup>, que representa la diferencia entre el resultado de la medición y el valor de referencia, normalmente expresado en tanto por ciento como una fracción del valor de referencia.

El valor del error admisible depende de la aplicación particular, aunque en nuestro medio parece ser algo a lo que no se le da la importancia debida. La mayoría adquiere un instrumento cuando necesita medir alguna magnitud, pero de lo que más se preocupa es que el instrumento a comprar no sea demasiado caro y que funcione el mayor tiempo posible. A veces por ese lado definen su calidad. El error, con el tiempo y el uso, puede incrementarse con respecto al error garantizado por el fabricante. Este error puede también ser mayor si no se presentan las condiciones ambientales y electromagnéticas para las cuales ha sido diseñado, o bien, si el instrumento no se opera o usa adecuadamente.

De lo anterior, queda claro que no basta con tener fe de que el valor indicado por el instrumento de medición estará para siempre dentro del error admisible, es necesario someterlo a un proceso de calibración periódico. Es decir, debe compararse con respecto a otro tomado como referencia confiable, debidamente certificado por un laboratorio acreditado de más alto nivel. Además es muy importante que se tenga claro el concepto de que el instrumento de medición responderá dentro del error garantizado, sólo si:

- se respetan las condiciones ambientales y electromagnéticas de diseño,
- se aplican técnicas correctas de medición,
- se considera el efecto del instrumento sobre el sistema bajo medición,
- se respetan las normas relativas,

---

<sup>9</sup> INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza a la dispersión de los valores que en forma razonable se le podrían atribuir a la magnitud por medir. *Ibíd.* p. 14.

<sup>10</sup> ERROR DE MEDICIÓN. Resultado de una medición menos un valor verdadero de la magnitud por medir. *Ibíd.* p. 15.

- el instrumento se somete a un proceso de calibración recurrente.

Agregado a lo anteriormente explicado, es necesario recalcar que la importancia del mínimo error depende del proceso en el cual está presente la magnitud a medir. Por ejemplo, parece no ser importante medir con un porcentaje de error muy pequeño, en la verificación de la tensión con que funciona un motor; pero en otros casos las cosas deben analizarse de un modo totalmente diferente.

En el proceso de compra-venta de la energía eléctrica, si se supone que una empresa generadora le vende, en promedio en un día, 200 MW, a una empresa distribuidora. Una indicación del instrumento de medición (contador de energía) de 1 % menos de la energía realmente vendida, a un precio determinado del kW/h, representa en el mes una cantidad económica que la empresa generadora no le cobra a la empresa distribuidora. Si el instrumento de medición mide solamente el 0,2 % menos de la cantidad de energía realmente vendida, la pérdida para la empresa generadora será de una cantidad económica menor al mes. Ahora, si se tiene en cuenta que el instrumento de medición en lugar de marcar menos, marca más del valor verdadero<sup>11</sup>, la que pierde es la empresa distribuidora.

No queda duda, pues, del papel altamente importante que juega la Metrología en el desarrollo económico de un país, en su desarrollo tecnológico o científico, o en la salud de sus habitantes cuando aplicada correctamente les permite a los médicos hacer diagnósticos. Y, si lo anteriormente explicado no basta, la Metrología y la normalización son imprescindibles para el aseguramiento de la calidad y, si el país pretende incorporarse a los tratados de libre comercio internacionales, no le queda otro camino que invertir en el desarrollo de tales disciplinas.

---

<sup>11</sup> VALOR VERDADERO DE UNA MAGNITUD: Valor consecuente con la definición de determinada magnitud en particular. *Ibíd.* p. 7.

La Metrología a nivel de país juega un papel único y se relaciona con el gobierno, con las empresas y con la población. A nivel de gobierno, este modelo es esencial para entender el papel de una infraestructura que se requiere instalar y que sirve de apoyo en la elaboración de políticas y regulaciones para la elaboración y fabricación de productos y la prestación de servicios, tanto de origen nacional como de proveniencia extranjera.

Asimismo, el gobierno debe tomar conciencia de que la capacidad para realizar mediciones indica el nivel de desarrollo tecnológico del país en determinados campos, ya sea para la fabricación de productos o la prestación de servicios en diferentes áreas (manufactura, salud, educación, etc.), lo cual incide directamente en la capacidad de competitividad de las empresas. A nivel internacional compiten las empresas, no los gobiernos, y uno de los pilares de la competitividad internacional es la calidad, por lo que conviene insistir y destacar que la Metrología es una condición necesaria para lograr la calidad.

Desde el punto de vista de la población, la Metrología es fundamental para apoyar el control de los productos que se fabrican y su impacto sobre el bienestar de la población. La población permanentemente consume productos nacionales y extranjeros y es la Metrología la llamada a ayudar a determinar que esos productos de consumo respondan a normas o especificaciones sobre salud y seguridad.

Su relación con la población tiene un doble efecto: no solamente ayuda a la creación de nuevos empleos a través de impulsar el desarrollo de las empresas, sino también ayuda a la protección de ésta al velar por el contenido, la calidad y la seguridad de los productos que se consumen y su impacto en el medio ambiente.

A nivel internacional, con la apertura comercial a nivel mundial, la Metrología adquiere mayor importancia frente a la creciente interdependencia entre las

naciones. Cada día los países se ven más involucrados en la firma de convenios, de tratados, bilaterales o regionales, etc. Estos involucran diferentes sectores (industria, comercio, salud, defensa, medio ambiente, etc.) y las empresas se ven confrontadas con esquemas de tipo internacional para su funcionamiento en cuanto a la manufactura, suministro de materiales, comercialización, etc. Adicionalmente los consumidores se guían cada vez más por patrones globales de consumo, de manera que es esencial contar con una infraestructura técnica que funcione como espina dorsal para la coordinación y ordenamiento a nivel global.

### **1.3 Laboratorios de Metrología**

La Metrología es la ciencia de las mediciones. Mediante las mediciones se obtiene información sobre el comportamiento de la materia y lo producido mediante su transformación. Un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medida donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique.

La importancia del laboratorio, sea en investigaciones o a escala industrial y en cualquiera de sus especialidades química, dimensional, eléctrica, biológica, etc. radica en el hecho de que las condiciones ambientales de laboratorio están controladas y normalizadas, de modo que se puede asegurar que no se producen influencias extrañas a las conocidas o previstas, que alteren el resultado del experimento o medición, llamada *controladas* y además, se garantiza que el experimento o medición es reproducible, es decir, cualquier otro laboratorio podría reproducir el proceso y obtener el mismo resultado, llamado *normalización*.

Las condiciones de laboratorio normalizadas que generalmente se tienen en cuenta para su funcionamiento son:

- Temperatura. La temperatura ambiente normalizada es de 20 °C, variando las tolerancias en función del tipo de medición o experimento a realizar. Además, las variaciones de la temperatura (dentro del intervalo de tolerancia) han de ser suaves.
- Humedad. Usualmente conviene que sea la menor posible porque acelera la oxidación de los instrumentos (comúnmente de acero), sin embargo, para lograr la habitabilidad del laboratorio no puede ser menor del 50 %.
- Presión atmosférica. La presión normalizada suele ser en laboratorios industriales ligeramente superior a la atmosférica (25 Pa) para evitar la entrada de aire sucio de las zonas de producción al abrir las puertas de acceso. En el caso de laboratorios con riesgo biológico (manipulación de agentes infecciosos), la situación es la contraria ya que debe evitarse la salida al exterior del aire del laboratorio que puede estar contaminado, por lo que la presión será ligeramente inferior a la atmosférica.
- Red eléctrica. Las variaciones de la tensión de la red deben limitarse cuando se realizan medidas eléctricas que pueden verse alteradas por la variación de la tensión de entrada en los aparatos.
- Polvo: Se controla, por ejemplo, en laboratorios de interferometría ya que la presencia de polvo modifica el comportamiento de la luz al atravesar el aire.
- Vibración y ruido. Al margen de la incomodidad que supone su presencia para investigadores y técnicos de laboratorio, pueden falsear mediciones realizadas por procedimientos mecánicos, es el caso, por ejemplo, de las máquinas de medir por coordenadas.

Los laboratorios de Metrología se clasifican jerárquicamente de acuerdo a la calidad de sus patrones. Aunque las estructuras pueden variar en cada país, por regla general existen tres niveles:

- Laboratorio nacional.  
Es el que posee el patrón nacional primario y los nacionales de transferencia (los empleados realmente para evitar el desgaste del primario).
- Laboratorio intermedio.  
Típicamente son laboratorios de universidades, centros de investigación, y similares.
- Laboratorio industrial.  
En las propias instalaciones de la empresa, para la realización del control de calidad o el ensayo de prototipos.

Las condiciones serán más estrictas cuando el nivel del laboratorio sea más alto.

En cualquiera de los niveles, los laboratorios se pueden clasificar en función de la naturaleza de las mediciones realizadas: Metrología dimensional, Metrología eléctrica, ensayo de materiales, etc.

#### **1.4 Norma NTC-ISO-IEC 17025: “Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración”**

Una de las razones de que las cosas sean consistentes cuando se trata de las mediciones es que los aspectos legales y comerciales de la Metrología

están regulados. Todos los gobiernos, locales, departamentales o nacionales tienen regulaciones o leyes que cubren la práctica del uso y verificación de las pesas y medidas para el comercio y la industria. En Colombia, por ejemplo, la Superintendencia de Industria y Comercio regula el contenido neto en los productos de consumo.

Los reglamentos y las normas metroológicas son los que dictan las clases de medición aplicables, la exactitud de las mediciones y como deben estar documentadas.

Actualmente, para demostrar la competencia técnica de laboratorios de ensayo y calibración, se debe implementar un sistema de gestión de calidad acorde con el modelo de la norma NTC-ISO-IEC 17025.

La norma NTC-ISO-IEC 17025 ha surgido como resultado de una experiencia extensa en la implementación de la Guía ISO/IEC 25 y EN 45001, las cuales reemplaza ahora.

Esta contiene todos los requisitos que los laboratorios de ensayo y calibración tienen que lograr si quieren demostrar que operan un sistema de calidad, son técnicamente competentes, y se encuentran en capacidad de generar resultados válidos técnicamente.

Se recomienda a los organismos de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración emplear esta norma internacional como base para su acreditación. El capítulo cuatro (4) de la norma NTC-ISO-IEC 17025, especifica los requisitos para una gestión confiable. El capítulo cinco (5) de la misma, especifica los requisitos para la competencia técnica del tipo de ensayos y / o calibraciones que el laboratorio realiza.

Por lo general la intensificación en el empleo de sistemas de calidad ha incrementado la necesidad de asegurar que los laboratorios que hacen parte

de organizaciones mayores u ofrecen otros servicios puedan operar en un sistema de calidad que cumpla en forma evidente con la norma NTC-ISO 9001, lo mismo que con la norma NTC-ISO-IEC 17025. Por consiguiente, se ha tenido cautela al incorporar todos aquellos requisitos de la norma NTC-ISO 9001 que resulten pendientes al objeto de los servicios de ensayo y calibración que el sistema de calidad del laboratorio cubre.

Por lo tanto, los laboratorios de ensayo y calibración que cumplen con esta norma también operan en concordancia con la norma NTC-ISO 9001.

La certificación contra la norma NTC-ISO 9001 por si misma no garantiza la competencia del laboratorio de producir datos y resultados técnicamente válidos.

Se facilitará la aceptación de resultados de ensayo y calibración entre países si los laboratorios cumplen con la norma NTC-ISO-IEC 17025 y obtienen acreditación de organismos que han entrado en acuerdos de mutuo reconocimiento con entidades equivalentes en otros países que la emplean.

La utilización de la norma NTC-ISO-IEC 17025, permitirá la cooperación entre los laboratorios y otros organismos que servirá de ayuda en el intercambio de información y experiencia y la armonización de normas y procedimientos.

## **1.5 Acreditación de laboratorios**

En todo el mundo, muchos países confían en un proceso llamado “acreditación de laboratorios”, como una forma independiente de evaluar la competencia técnica de los laboratorios. Los servicios pueden ser auditados y certificados según las normas de gestión de la calidad de la familia ISO 9000. Estas normas son ampliamente usadas en organizaciones que fabrican

y prestan servicios, para evaluar sus sistemas de la calidad para sus productos o servicios. Aunque es efectiva como herramienta para evaluar la gestión, ISO 9000 no evalúa la competencia técnica de un proveedor. Esto significa que la evaluación de un proveedor respecto a normas de la familia ISO 9000 no asegura a los clientes que los resultados de los ensayos y/o calibraciones son exactos y confiables.

La gestión de la calidad para servicios de evaluación de la conformidad (inspección, calibración, ensayo y certificación) requiere ser complementada con la evaluación de la capacidad para emitir resultados confiables (competencia técnica). Es por esto que los laboratorios de Metrología ya sean de calibración o ensayo, buscan la acreditación bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025 “Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración”. Bajo determinadas circunstancias, un organismo acreditado bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025, puede tener una certificación bajo normas de la familia ISO 9000 para su sistema de gestión.

Los clientes que buscan proveedores competentes de ensayos y/o calibraciones, pueden estar seguros de que aquellos organismos que están acreditados bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025, dentro de un alcance de acreditación apropiado para el ensayo o calibración requerido, le proveen mayor confianza.

Cuando se selecciona un proveedor para efectuar los ensayos, inspección, calibración o necesidades de medición, es importante estar seguro que éstos cumplen con sus necesidades de exactitud y confiabilidad en los resultados. La competencia técnica de un servicio depende de un gran número de factores incluyendo:

- Las calificaciones, entrenamiento y experiencia del personal.
- Los equipos adecuados, debidamente calibrados y mantenidos.

- Procedimientos de aseguramiento de la calidad y control de la calidad adecuados.
- Apropriadas técnicas de muestreo.
- Procedimientos válidos de ensayo, calibración e inspección.
- Exactitud en los registros y en la información de datos.
- Apropriadas condiciones ambientales.

Aunque un proveedor pueda asegurarle que cumple los requisitos mencionados, o se intente evaluar de alguna manera el servicio por sus propios medios, ninguna de estas dos vías proveerá la confianza de que se ha seleccionado servicios técnicamente competentes.

Actualmente muchos consumidores o proveedores tienen dudas respecto a cuál es la mejor forma en que un laboratorio puede asegurar confianza en los resultados que emite y esta respuesta se consigue mediante la norma NTC-ISO-IEC 17025.

Debido a la importancia que este montaje trae, se hace necesario elaborar las condiciones necesarias para asegurar un nivel de confianza y organización para el buen desarrollo de este proyecto. Es ahí donde se desarrolla la documentación del sistema de calidad, con el cual se traza las directrices de calidad, y funcionamiento en general, enmarcando las pautas de funcionamiento, los procedimientos a seguir y buscando que por medio de éste, se ingrese dentro de parámetros internacionales necesarios para conseguir una acreditación que permita el prestar servicios tanto internos como externos, y cumplir los requisitos que este compromiso conlleva ante la Superintendencia de Industria y Comercio.

Dentro de cualquier sistema de calidad que se quiera implementar y documentar, es indispensable la realización de procedimientos, instructivos y

registros del ensayo o calibración a realizar, que aseguren el cumplimiento de cada uno de los requisitos exigidos por la norma NTC-ISO-IEC 17025, permitiendo visualizar el sistema de calidad existente.

La estructura jerárquica de la documentación que conforma un sistema de calidad es establecida de acuerdo al alcance del laboratorio, teniendo siempre presente la documentación de forma apropiada y detallada de todas las actividades realizadas por el laboratorio dentro y fuera de éste. Un sistema de calidad satisfactorio se logrará, documentando sólo las actividades ya implementadas y realizadas por el laboratorio, de lo contrario se correrá el riesgo de caer en no conformidades que repercutirán en una futura acreditación.

**CAPÍTULO 2**

---

**ESTUDIO DE LAS NECESIDADES  
METROLÓGICAS**

## **2. ESTUDIO DE LAS NECESIDADES METROLÓGICAS**

Para el nororiente colombiano es de vital importancia tener un indicador del estado de la forma como los procesos asociados con la producción, el comercio e incluso la academia y la investigación están realizando sus mediciones para formular las estrategias y las políticas que le permitan a las empresas del sector productivo un óptimo desempeño de sus funciones; a su vez, es una oportunidad para conocer las fortalezas y debilidades con respecto a la calibración de los instrumentos, con el fin de implementar los proyectos necesarios para el desarrollo de sus procesos desde el punto de vista metrológico.

Es evidente que una buena formación se obtiene a partir de una buena interacción con los sectores productivos y esta realidad le impone a las instituciones universitarias una reflexión con el objeto de adecuarlas a las exigencias de los nuevos tiempos, particularmente con respecto del compromiso Universidad-Sector Productivo y Universidad-Investigación que corresponde a la concepción de universidad no solamente comprometida con la formación de profesionales altamente capacitados, sino también con el desarrollo del país y como motor de este desarrollo.

Este estudio tiene como propósito ser un insumo a favor de esta reflexión de tal manera que se logren concretar en el nuevo plan de desarrollo estrategias y programas que lleven a la Universidad Industrial de Santander

por caminos que le permitan un mayor y mejor impacto en la comunidad a través de propuestas y soluciones que redunden en el mejoramiento de la calidad de vida. Precisamente con este trabajo de investigación, se busca establecer los lineamientos necesarios para la creación de un laboratorio de Metrología en la universidad, el cual contribuiría al desarrollo de todos los sectores de la industria, el comercio y la investigación en la medida en que aportaría la ciencia de la Metrología para garantizar que todas las mediciones se efectúen de acuerdo a las técnicas normalizadas actualmente.

Este es un primer paso que permitirá determinar el estado actual, para proyectar acciones a seguir en el mediano y largo plazo con el fin de promover el desarrollo y consolidación de la Metrología en nuestro país, partiendo desde la universidad con la futura creación del laboratorio de Metrología para la región nororiental.

Un sistema de Metrología con una buena infraestructura metrológica puede ser de gran ayuda a la industria al hacer accesible el servicio de calibración o verificación, el cual involucra los patrones y materiales de referencia, con la confianza de que este servicio cumple con las normas y reglamentos internacionales y por ende puede contribuir a que las empresas compitan en el ya naciente comercio globalizado.

## **2.1 Metodología: La investigación por encuesta**

La investigación por encuestas consiste en establecer reglas que permitan acceder de forma científica a lo que las personas opinan<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> LEÓN O. y MONTERO I. Diseño de investigaciones. Introducción a la lógica de la investigación en Psicología y Educación. Madrid. Editorial McGraw-Hill, 1993.

Con esta metodología se presentan preguntas a un conjunto de individuos, que son representativos del grupo de referencia que para nuestro caso es el nororiente colombiano, para conocer sus actitudes con respecto al tema o temas objeto del estudio.

Para recabar la información pertinente de un grupo más o menos numeroso de personas, una forma de proceder puede ser entrevistar a todos y cada uno de los componentes del grupo que se desea estudiar. Sin embargo, resulta obvio que cuando las poblaciones que se quieren estudiar tienen un tamaño medio o grande, obtener información de cada uno de los miembros del grupo resulta inviable, tanto por los costos que conlleva un estudio de tales características, como por el tiempo que requiere recabar una cantidad tan importante de información. Por ello, se entrevista a un subgrupo representativo del colectivo que sea el objetivo de este estudio. Es decir, se extrae la información de una parte de ese grupo, lo que se denomina una muestra, y tales resultados son extrapolados al resto de la población.

En un planteamiento de investigación de este tipo es conveniente tener presente que la utilización de muestras no supone un procedimiento menos adecuado que si se encuestara a la población total. Existen varias razones que hacen preferible un estudio sobre una muestra en lugar de tomar toda la población:

- Encuestar al total de la población puede resultar del todo inviable por razones de esfuerzo y de costos.
- El estudio de una muestra es más rápido que si se intentara realizar para toda la población.
- El estudio exhaustivo de una población puede acumular muchos más errores que si se toma sólo una muestra.

Se puede decir entonces, que la utilización de una muestra frente a la población total es adecuada en relación a la razón costo-beneficio.

Los estudios de encuestas tienen una amplia aceptación como forma de proporcionar datos estadísticos en un amplio rango de temas, tanto de investigación como para objetivos políticos y administrativos. Esta amplitud de aplicaciones es una de las grandes ventajas de esta metodología<sup>13</sup>.

Los temas de estudio que se pueden aplicar mediante encuestas son muy variados: estudios sobre grupos y organizaciones, cultura y socialización, estructura social, población y familia, medio ambiente, economía y trabajo, política, problemas y servicios sociales, etc. Como se desprende de lo dicho, este procedimiento de investigación es utilizado por una amplia gama de investigadores, de diferentes ramas del saber.

Una encuesta es una investigación. Como tal, requiere seguir los pasos que se exigen en toda investigación. No obstante, algunos aspectos caracterizan en concreto a la investigación por encuestas. Dentro del el procedimiento específico de este tipo de investigación, se realizaron las etapas que a continuación se explicarán.

## **2.2 Formulación del problema y planteamiento de los objetivos**

Esta fase es común a cualquier investigación, ya que no sería posible recoger datos si no se ha procedido previamente a especificar el problema que se desea estudiar. En esta fase se determinó la población objetivo, se definieron las variables y sus posibles interrelaciones y se fijaron los errores máximos de estimación y el nivel de confianza.

---

<sup>13</sup> ATO M. Investigación en Ciencias del Comportamiento. Barcelona. Editorial PPU. 1991

### 2.2.1 Definición del problema

Al inicio de esta investigación, se realizó un cuestionamiento de la misma, buscando la existencia de un verdadero problema, el cual proporcionó las pautas principales para el desarrollo de la investigación, siendo el objetivo principal su solución.

Las primeras preguntas planteadas fueron: ¿Es necesaria la Metrología? ¿Para quiénes? ¿Por qué?

La Metrología es básica para garantizar la corrección y la equidad en las relaciones comerciales y para asegurar la salud y el bienestar de los miembros de la sociedad.

Todos los elementos de la sociedad se benefician con la existencia y funcionamiento de un sistema de metrología, las personas en su calidad tanto de consumidores como de empresarios, y el gobierno con la globalización económica actual.

La Metrología ejerce su acción a través de asegurar el acceso a patrones adecuados para las unidades de base, verificar que los instrumentos utilizados en el comercio y los procedimientos de medición en uso sean correctos, y comprobar resultados de mediciones cuando esté en juego el interés público. Estas acciones pueden ser ejecutadas directamente por una entidad de Metrología, que para Colombia es la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC, o ser parcialmente delegadas dentro de un sistema nacional de Metrología y acreditación, que es lo que se pretende en la Universidad Industrial de Santander, con la creación del Laboratorio de Metrología.

La búsqueda del interés público en todo lo relacionado con los instrumentos de medición y el uso de patrones nacionales e internacionales, requiere de una base metrológica.

La Metrología vincula al usuario y al proveedor para salvaguardar los intereses de ambos. Una Metrología bien aplicada promueve beneficios económicos y sociales. Por ejemplo:

- Permite evitar pagos injustificados por parte de los consumidores por los miles de toneladas anuales de productos que no reciben cuando las básculas no cumplen los requisitos legales o los productos preempacados no llevan la cantidad correcta, cuando las bombas expendedoras de combustibles están fuera de las tolerancias permitidas, los contadores de consumo de energía no marcan correctamente, cuando los taxímetros no funcionan adecuadamente, cuando los relojes no registran correctamente el tiempo en los estacionamientos públicos, etc.
- Ayuda a evitar prácticas y competencia desleales, fortaleciendo el principio de competitividad y fomentando la ética en todo tipo de transacciones.
- Evita tensiones sociales al ayudar a que toda persona obtenga protección efectiva de sus intereses y derechos en las relaciones de los particulares entre sí y de éstos con el gobierno.
- Incita al empresario a cumplir con disposiciones de fabricación o de servicios, etc.

#### 2.2.2 Determinación de la población objetivo

El objetivo primordial de la investigación es establecer aquellas necesidades metrológicas que posee actualmente la población colombiana, enfocándonos principalmente en la región del nororiente colombiano.

Siendo la Metrología una ciencia que incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones, tiene múltiples manifestaciones, y

como tal sus implicaciones sociales, económicas y legales son variadas; por tanto era necesario enfocar el estudio hacia un sector específico de nuestro país, que permitiera un desarrollo de la misma, reactivando la industria en nuestra región.

Asimismo, teniendo en cuenta la ubicación de la Universidad Industrial de Santander en el departamento de Santander, se evaluaron departamentos vecinos, donde verdaderamente existieran necesidades metrológicas, siendo estratégicos para el servicio que brindaría la UIS en el área de la calibración de equipos.

Precisamente por lo anterior, y con el propósito de reactivar la industria en estas regiones, se seleccionó el sector productivo de los departamentos de Cesar, Norte de Santander y Santander, mas comúnmente conocidos como el sector del nororiente colombiano, determinándose la población objetivo.

### 2.2.3 Variables y sus posibles interrelaciones

La definición de las variables y sus posibles interrelaciones, se ve fielmente plasmado en los objetivos específicos establecidos.

Algunas de las variables que se definieron en el estudio fueron:

- Tipos de mediciones
- Magnitudes
- Instrumentos de medición y aplicación de los mismos
- Calibración de instrumentos
- Sistema de calidad
- Aseguramiento metrológico
- Personal
- Aplicación del Sistema Internacional de Unidades
- Existencia de laboratorios acreditados

- Conocimiento que se tiene de la SIC, entre otras.

Partiendo de la definición de estas variables, se busca establecer los servicios que podría prestar la universidad en esta región de Colombia, si se implementara un laboratorio de Metrología.

#### 2.2.4 Errores máximos de estimación y nivel de confianza

Los errores máximos de estimación que se aceptan y el nivel de confianza con el que se trabajó, se definieron en el momento de seleccionar el tipo de muestreo estadístico que se utilizará.

Se asignó una probabilidad de 50 % a cada uno de dos posibles eventos  $p$  y  $q$ , es decir, la pertinencia ( $p$ ) o no-pertinencia ( $q$ ) de la Metrología en cada institución a encuestar. Se fijó un  $\pm 2$  % de error del muestreo y  $Z = 1,96$  como el parámetro que determina un nivel de confianza del 95 % para una distribución normal.

En el ítem 2.3 “SELECCIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA” se da una explicación detallada de los errores máximos y el nivel de confianza.

### **2.3 Selección y tamaño de la muestra**

Constituye una de las fases más importantes del estudio, ya que supone tanto especificar los procedimientos que se van a seguir para seleccionar a los sujetos concretos que formarán la muestra, como calcular el tamaño de la muestra en función de los objetivos.

#### 2.3.1 Selección de los sujetos concretos

Después de determinar la población objetivo, específicamente sector productivo, se inició la etapa de recopilación de información necesaria para el estudio de cobertura metrológica en la región del nororiente colombiano.

Primero se solicitó ante las diferentes Cámaras de Comercio del nororiente colombiano, concretamente Bucaramanga, Barrancabermeja, Cúcuta, Ocaña, Pamplona, Valledupar y Aguachica, información referente a las empresas inscritas, donde se señala dirección, teléfonos de contacto, y actividad económica.

Las empresas inscritas están en el rango de fecha de 2000 a 2004, clasificadas de acuerdo a diferentes actividades económicas según el Código Industrial Internacional Unificado -CIIU-.

Según las Cámaras de Comercio existen diecisiete (17) grandes grupos CIIU. El **Código CIIU** es la **Clasificación Industrial Internacional Uniforme** que tiene como propósito agrupar todas las actividades económicas similares por categorías. Para el caso de las Cámara de Comercio, están conformadas por una letra y 6 dígitos numéricos, permitiendo que todos los empresarios puedan clasificarse dentro de actividades muy específicas que facilitan el manejo de información para el análisis estadístico y económico empresarial. La significación de las letras de estos grandes grupos son las siguientes:

- A:** Agricultura, ganadería, caza y silvicultura.
- B:** Pesca, producción de peces en criaderos y granjas piscícolas; actividades de servicios relacionadas con la pesca.
- C:** Explotación de minas y canteras.
- D:** Industrias manufactureras.
- E:** Suministro de electricidad, gas y agua.
- F:** Construcción.
- G:** Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos.

- H:** Hoteles, restaurantes, bares y similares.
- I:** Transporte, almacenamiento y comunicaciones.
- J:** Intermediación financiera.
- K:** Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler.
- L:** Administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria.
- M:** Educación.
- N:** Servicios sociales y de salud.
- O:** Otras actividades de servicios comunitarios, sociales y personales.
- P:** Hogares privados con servicios domésticos.
- Q:** Organizaciones y órganos extraterritoriales.

Esta información fue enviada en medio magnético formato Excel, siendo el siguiente, el número total de empresas inscritas de cada uno de los departamentos:

SANTANDER: 39 438.

NORTE DE SANTANDER: 20 924.

CESAR: 3 018.

Para un total de 63 380 empresas inscritas en las Cámaras de Comercio del nororiente colombiano.

Teniendo en cuenta que la cantidad de empresas inscritas es muy numerosa, se dio paso a establecer la muestra total de población a la que se realizará la encuesta, es decir la determinación del tipo de empresa a estudiar.

Con los listados proporcionados por las Cámaras de Comercio, se clasificaron las diferentes empresas, procediéndose luego a la generación del listado base para la recolección de la información de campo. Las empresas seleccionadas cumplirán con varias características importantes para la

recopilación de la información, es decir, algún tipo de relación directa o indirecta con la Metrología en su actividad industrial.

Respecto a este criterio, fueron seleccionados doce (12) grupos CIIU como población total, de real interés para el estudio. A continuación, la tabla 1, especifica las actividades económicas elegidas.

**Tabla 1.** Doce (12) grupos CIIU seleccionados.

CIUU	ACTIVIDAD ECONÓMICA
A	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura
C	Explotación de minas y canteras
D	Industrias manufactureras
E	Suministros de electricidad, gas y agua
F	Construcción
G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos
H	Hoteles, restaurantes, bares y similares
I	Transporte, almacenamiento y comunicaciones
J	Intermediación financiera
K	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler
M	Educación
N	Servicios sociales y de salud

Finalmente, de la selección anterior se obtuvo como resultado, 55 767 empresas a estudio en el nororiente colombiano, que se llamará la población total original.

En la tabla 2 se especifica el número total (NT) para cada uno de los departamentos.

**Tabla 2.** Población total original.

DEPARTAMENTO	NT
CESAR	1 966
NORTE DE SANTANDER	18 276
SANTANDER	35 525
<b>TOTAL</b>	<b>55 767</b>

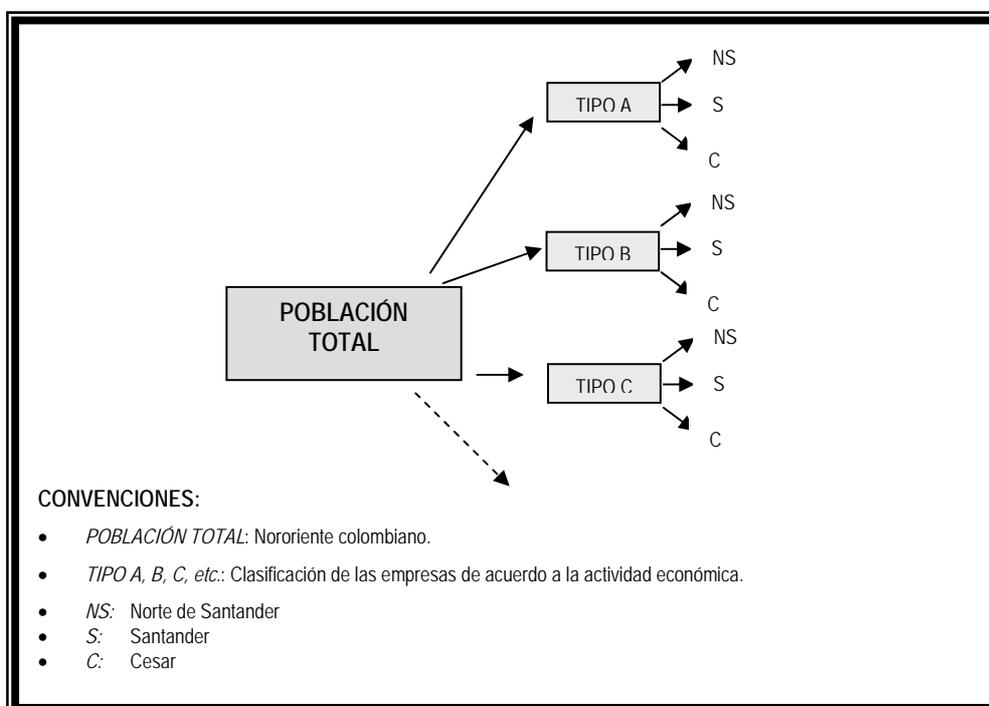
### 2.3.2 Procedimiento y tamaño de la muestra

El estudio se realizó enfocándolo a población dependiente, donde la población total se estratifica por cada código CIIU o actividad económica seleccionada, es decir, en doce (12) estratos.

Posteriormente, se realiza una subdivisión de acuerdo a los departamentos del nororiente colombiano: Cesar, Norte de Santander y Santander.

La figura 1 muestra el proceso de estratificación.

**Figura 1.** Población dependiente.



Lo anterior lleva a lo que comúnmente se conoce en estadística como el *método de muestreo aleatorio estratificado*. A continuación, se describe éste método.

A cada uno de los estratos o código CIIU pertenecientes a la población total original, se le asignó un criterio de selección porcentual, respecto al tamaño de la población y a la posible aplicación metrológica de la misma. Es decir

que a mayor aplicación metrológica, mayor es su porcentaje de selección, como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Porcentaje de selección de cada uno de los grupos CIU pertenecientes a la población total original.

CIU	A	C	D	E	F	G	H	I	J	K	M	N
% SELECCIÓN	40	40	100	100	100	40	20	40	10	20	50	100

Si la población del estrato con código CIU A (Agricultura, ganadería, caza y silvicultura), tiene 777 empresas inscritas, se tomará el 40 % de su población total.

Con lo anterior, la población total definida es de 27 139 empresas a estudio (N = 27 139).

Como el tamaño de la población base o total es infinita (N > 100), el tamaño *n* de la muestra se obtiene a partir de la ecuación 1.

$$n = \frac{Z^2 pq}{E^2}$$

**Ecuación 1.** “*n*” muestral

Donde  $p = q = 0,5$  y  $E = 0,04$  indica un  $\pm 4\%$  de error del muestreo y  $Z = 1,96$  es el parámetro que determina un nivel de confianza del 95 % para una distribución normal. Ver tabla 4 con los parámetros utilizados y la *n* muestral obtenida.

**Tabla 4.** Parámetros utilizados en el método de estratificación aleatoria.

PARÁMETROS	
N	27 139
P	0,5
Q	0,5
ERROR	0,04
Z	1,96
CONFIANZA	95 %
<b><i>n</i></b>	<b>600</b>

La muestra total, compuesta de las muestras seleccionadas por sector económico, es entonces una muestra aleatoria estratificada; garantizándose una muestra total representativa de todos los sectores.

Finalmente la *n* muestral o el número total de encuestas fue de **seiscientas (600)** empresas. A continuación en la tabla 5 y 6, se presenta para cada departamento las N poblacionales y las *n* muestrales, adicionalmente en la figura 2, se presenta el porcentaje de encuestas que se realizaron.

**Tabla 5.** N poblacionales y *n* muestrales por cada departamento.

DEPARTAMENTO	N	<i>n</i>
CESAR	1 966	23
NORTE DE SANTANDER	18 276	193
SANTANDER	35 525	384
TOTAL	<b>55 767</b>	<b>600</b>

**Tabla 6.** N poblacionales y n muestrales por cada actividad económica.

N	CIUU	ACTIVIDAD ECONÓMICA	n
777	A	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	16
242	C	Explotación de minas y canteras	2
7 731	D	Industrias manufactureras	112
233	E	Suministros de electricidad, gas y agua	100
2 384	F	Construcción	56
28 874	G	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres domésticos	186
4 480	H	Hoteles, restaurantes, bares y similares	9
2 732	I	Transporte, almacenamiento y comunicaciones	24
1 350	J	Intermediación financiera	3
4 940	K	Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	25
547	M	Educación	6
1 445	N	Servicios sociales y de salud	61
<b>55 735</b>			<b>600</b>

**Figura 2.** Porcentaje de encuestas por departamentos.



#### 2.4 Construcción y administración del cuestionario piloto

Todo trabajo de encuesta supone la realización previa de un estudio piloto, que cubre diversos objetivos, dentro de los cuales se destacan: establecer el cuestionario definitivo que se va a utilizar en el estudio original y preparar a los encuestadores, familiarizándolos con el trabajo a realizar.

#### 2.4.1 Construcción del cuestionario que se va a utilizar en el estudio

Después de investigar previamente e identificar y establecer el medio o método más viable para el propósito del estudio, se decidió que la recopilación de información se efectuará mediante la aplicación de una encuesta.

Siguiendo punto a punto los objetivos específicos trazados al inicio del estudio, y con el fin de alcanzar el objetivo principal, se da inicio a la construcción del cuestionario necesario para la realización de la encuesta teniendo en cuenta los principales aspectos que asocian la Metrología con el sector productivo, de acuerdo a las diferentes actividades económicas clasificadas.

La encuesta desarrollada consta de once (11) preguntas distribuidas en secciones que abarcan tres aspectos básicos:

- **Actividades de medición.** La primera sección consta de cuatro (4) preguntas, las cuales pretenden identificar las actividades de medición que realiza el sector productivo:
  - ✓ Pregunta 1. Tipos de mediciones relacionadas con la Metrología.
  - ✓ Pregunta 2. Magnitudes en las que realiza o debe realizar mediciones.
  - ✓ Pregunta 3. Instrumentos de medición y cantidad de los mismos.
  - ✓ Pregunta 4. Rangos y aplicación de los instrumentos de medición.
  
- **Aseguramiento metrológico.** Igualmente la segunda sección consta de cuatro (4) preguntas. El objetivo es identificar la aplicación y el conocimiento que tiene el sector productivo en lo relacionado con un programa de aseguramiento metrológico:
  - ✓ Pregunta 5. Programa de aseguramiento metrológico.

- ✓ Pregunta 6. Instrumentos de medición calibrados. Dónde y con qué frecuencia.
  - ✓ Pregunta 7. Personal destinado a labores de Metrología.
  - ✓ Pregunta 8. Sistema de calidad implementado.
- **Varios.** La tercera y última sección, consta de tres (3) preguntas. El objetivo es indagar acerca del conocimiento que tiene el sector productivo de varios aspectos importantes a nivel metrológico. Estos fueron:
    - ✓ Pregunta 9. Conocimiento y aplicación del Sistema Internacional de Unidades.
    - ✓ Pregunta 10. Laboratorios de Metrología acreditados en Colombia.
    - ✓ Pregunta 11. División de Metrología de la SIC.

Como toda estructura de encuesta lo exige, se realizó una hoja de presentación, la cual incluye:

- Introducción a modo de bienvenida.
- Objetivo de la encuesta.
- Alcance.
- Recomendaciones para su diligenciamiento y entrega.
- Nota de confidencialidad respecto a la información dada por las empresas.

Al respaldo de la misma, se incluyeron algunas definiciones claves para su diligenciamiento y finalmente unas instrucciones para la correcta solución del cuestionario.

Inicialmente el cuestionario fue revisado por diferentes docentes de la universidad, con el fin de aportar al resultado final aspectos que permitieran alcanzar el objetivo propuesto. Posteriormente se realizaron encuestas piloto en el departamento de Cesar, más exactamente en la ciudad de Valledupar.

El criterio de selección estuvo asociado a que proporcionalmente era la ciudad con menor número de encuestas a realizar. Esto permitió de forma rápida conocer si se cumplía o no el objetivo de la encuesta.

El Anexo 1 presenta el formato final de la encuesta titulada “ENCUESTA ESTUDIO DE LAS NECESIDADES METROLÓGICAS DEL SECTOR PRODUCTIVO EN LA REGIÓN DEL NORORIENTE COLOMBIANO”, utilizada durante el proceso de recopilación de información.

#### 2.4.2 Preparación de los encuestadores

Además de una buena estructura y elaboración del cuestionario, para garantizar los resultados, se requiere un grupo selecto de encuestadores previamente capacitados.

Para tal fin y gracias a la colaboración del Ingeniero Adolfo León Arenas Landínez, Decano de la Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, se realizó una convocatoria a todos aquellos estudiantes de la UIS residentes en los departamentos a encuestar, interesados en participar de la investigación metrológica como encuestadores.

De esta convocatoria, se seleccionó al grupo de estudiantes que cumplía con los requisitos estipulados, los cuales fueron capacitados tanto en conceptos básicos de Metrología como en la realización de la encuesta.

Las encuestas en Cúcuta, Ocaña y Aguachica fueron realizadas gracias a la colaboración del Ing. Juan Manuel Torres, Jefe de Laboratorio de Centrales Eléctricas de Norte de Santander, quien seleccionó y coordinó al personal en capacidad de efectuar las encuestas en estas ciudades.

### **2.5 Organización del trabajo de campo**

En esta fase se incluyó la construcción del cuestionario definitivo y su administración.

#### 2.5.1 Elección del método de aplicación

Con la construcción del cuestionario definitivo (ver Anexo 1. Formato de encuesta realizada al sector productivo del nororiente colombiano), se pudo dar paso a la administración del mismo. Pero, para lograrlo, fue necesaria una evaluación previa respecto al método de aplicación de la encuesta.

Existen muchos métodos para aplicar una encuesta, entre los más destacados se encuentran: los telefónicos, correo puerta a puerta, correo electrónico o de manera presencial.

Su elección depende de la veracidad que se busque en las respuestas, así como también de los recursos con que se cuente (personal o económico).

Dada la importancia del estudio, con muchos aspectos y múltiples manifestaciones e implicaciones, y teniendo en cuenta que llevar a cabo un diagnóstico de una realidad tan compleja, no es una tarea fácil, se consideró primordial la aplicación del método presencial.

Esta metodología permite la interacción directa encuestador-encuestado que posibilita aclaraciones en el diligenciamiento de las encuestas; de esta manera se garantizan respuestas claras y fijas, acorde con lo estipulado en el cuestionario.

Cabe mencionar que en muchos estudios, este método puede resultar improcedente por la dimensión y demanda de recursos, por esto, fue muy importante que la selección del tamaño de la muestra estuviera muy ligada con los recursos económicos disponibles, sin perjudicar el resultado de la misma.

Dentro de los recursos utilizados para hacer efectiva la aplicación del método se destacan:

- Los encuestadores y su capacitación.
- El pago de los desplazamientos a las respectivas instituciones y/o empresas.
- El pago de los encuestadores
- Papelería, impresiones, etc.

### 2.5.2 Administración de la encuesta

En el método de aplicación presencial, la administración de la encuesta se efectúa mediante los encuestadores.

Es muy importante que el encuestador, además de estar capacitado y preparado, conozca el sector al cual se remite, con el fin de agilizar el proceso de aplicación.

Precisamente, el requisito primordial durante el proceso de selección en la universidad, fue ser residentes de los lugares a encuestar.

Teniendo claro el método a seguir y los encuestadores seleccionados, se realizó el proceso de repartición de los cuestionarios a cada uno de ellos, distribuidos de acuerdo a la tabla 7.

**Tabla 7.** Distribución de los encuestadores por sectores.

DEPARTAMENTO	LUGAR	No. DE ENCUESTADORES
Norte Santander	Cúcuta	Uno (1)
	Ocaña	Uno (1)
	Pamplona	Uno (1)
	Toledo	
	Los Patios	Uno (1)
	Villa del Rosario	
Santander	Barrancabermeja	Dos (2)
	Cimitarra	
	San Vicente de Chucurí	Cuatro (4)
	Bucaramanga	

	Floridablanca	
	Girón	
	Lebrija	
	Piedecuesta	Uno (1)
	Sabana de Torres	Uno (1)
	San Gil	Uno (1)
	Socorro	
Cesar	Valledupar	Uno (1)
	Aguachica	Uno (1)
	<b>TOTAL</b>	<b>Quince (15)</b>

## 2.6 Análisis y presentación de resultados

Un paso previo en el análisis de los resultados es la codificación e informatización de los datos. Una adecuada planificación de la codificación de las respuestas eliminará errores en la investigación. El análisis de los datos busca dar respuesta a las preguntas planteadas.

### 2.6.1 Codificación e informatización de los datos

Después de diligenciar las seiscientas (600) encuestas, se dio paso a una de las tareas más delicadas del proceso, la codificación de los datos.

Para la codificación y análisis de datos, se utilizó el software SPSS, el cual permitió planillar los datos e identificar cada una de las variables.

El **SPSS** (*Statistical Package for the Social Sciences*) es un programa estadístico informático muy usado en las ciencias sociales y empresas de investigación de mercado.

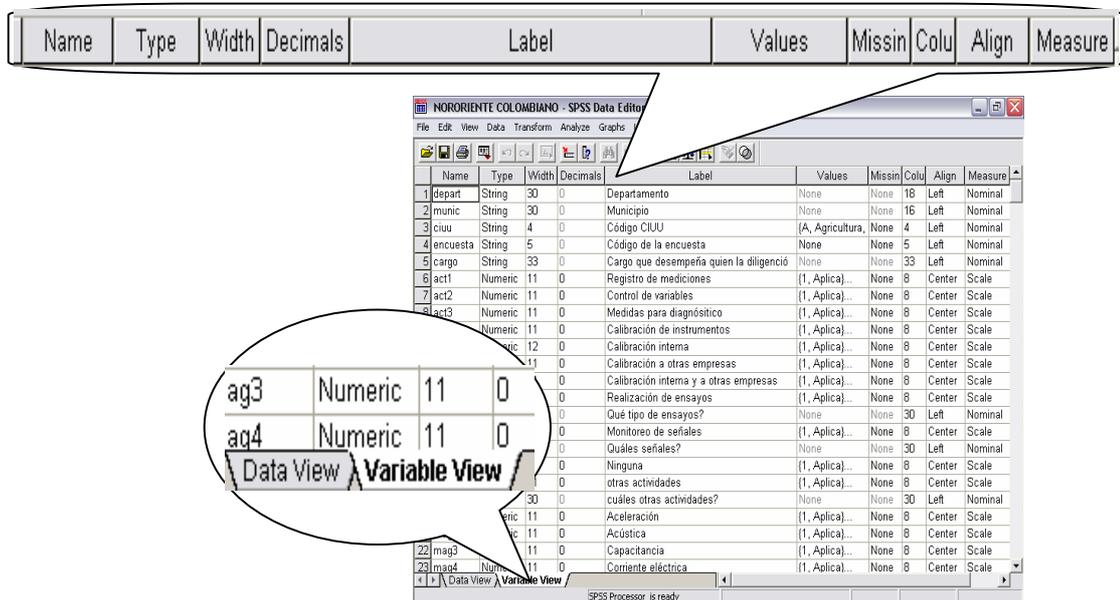
Originalmente SPSS era el acrónimo de "Statistical Package for the Social Sciences". En la actualidad la sigla designa tanto el programa como la empresa que lo produce.

El software posee dos secciones o páginas, una para la codificación de los datos y otra para establecer las características de cada una de las variables, optimizando el proceso de codificación.

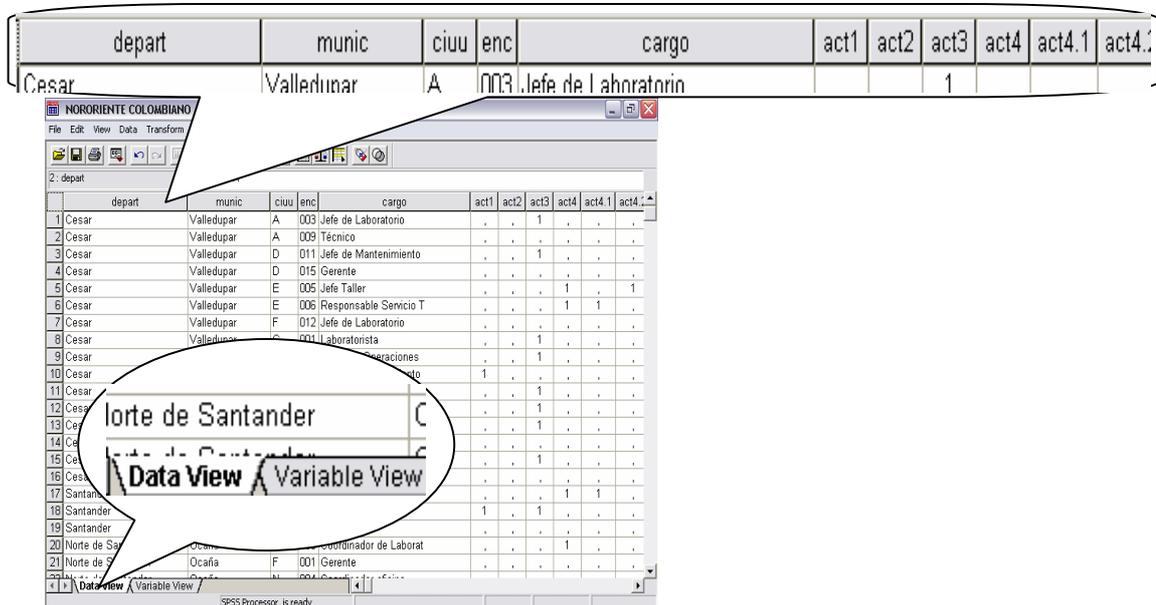
En la figura 3, se visualiza la sección o página de variables. Allí se define: nombre, tipo, ancho de columna, número de decimales, significado, valor, entre otros.

En la figura 4, se visualiza la sección de datos. Esta sección posee una serie de columnas, que después de establecidos los nombres de las variables, permite proceder a la codificación de los datos.

**Figura 3.** Sección para definición de variables.



**Figura 4.** Sección para codificación de datos.



En la prueba piloto realizada en Valledupar se realizó una planificación previa, la cual permitió verificar y realizar las correcciones necesarias hasta establecer el procedimiento de codificación final, utilizado en la totalidad de las encuestas.

#### 2.6.2 Presentación y análisis de resultados

La información obtenida de este estudio es valiosa, ya que permite alcanzar una visión global del estado de la Metrología en el sector productivo del nororiente colombiano.

Asimismo, permite descubrir tendencias acerca de la necesidad de servicios metrológicos acordes a cada sector y tipo de actividad económica.

El análisis se presenta descriptivamente en el Anexo 2, en el mismo orden de las preguntas de la encuesta. Las respuestas a las preguntas de selección múltiple se presentan en diagramas de barras, mientras que las respuestas a

las preguntas de una sola opción se presentan en diagramas de torta. Las respuestas a las preguntas abiertas se presentan a manera de listados.

**CAPÍTULO 3**

---

**SERVICIOS Y EQUIPOS PATRÓN DEL  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

### **3. SERVICIOS Y EQUIPOS PATRÓN DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de necesidades metrológicas (descrito en el capítulo 2), se inicia la etapa de selección de servicios que permitirá la elección final de los equipos patrón del laboratorio de Metrología para la Universidad Industrial de Santander.

#### **3.1 Servicios del Laboratorio propuesto**

La selección inicial de servicios que prestará el laboratorio propuesto, se basó en la discusión de resultados obtenido a partir del estudio realizado.

##### **3.1.1 Actividades de medición**

3.1.1.1        **Actividades de las empresas relacionadas con la Metrología.**  
De acuerdo a cada uno de los sectores económicos encuestados, las actividades que predominaron fueron las siguientes:

Registro de mediciones:	25,28 %
Control de variables:	23,12 %
Medidas para diagnóstico:	17,31 %
Calibración de instrumentos:	14,81 %

Es decir que predominan en su orden registro de mediciones, control de variables, medidas para diagnóstico y calibración de instrumentos.

De las empresas que realizan calibración de instrumentos, el 73,53 % manifestó que efectuaban calibración interna. El alto porcentaje de calibraciones de sus instrumentos realizadas por las mismas empresas, indica un gran potencial metrológico en el sector a nivel de servicios de calibración, pero, igualmente se podría estar confundiendo el término calibración con ajuste o mantenimiento de sus propios instrumentos.

3.1.1.2 Magnitudes en las que realiza mediciones. Las magnitudes más relevantes en los procesos de producción de cada uno de los sectores fueron:

Corriente eléctrica:	27,36 %
Tensión eléctrica:	16,25 %
Resistencia eléctrica:	19,03 %
Energía / Potencia eléctrica:	11,53 %
Intensidad luminosa:	8,61 %

Es decir que predominan en su orden la corriente eléctrica, la tensión y la resistencia eléctrica, lo cual permite iniciar el proceso de selección de servicios que prestará el laboratorio en la UIS.

3.1.1.3 Instrumentos de medición. Se estipuló tanto el tipo de instrumentos de medición predominantes en las empresas, como la cantidad de ellos. A continuación en la tabla 8 se presentan los resultados.

**Tabla 8.** Instrumentos de medición que predominan.

<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>No. DE EMPRESAS QUE MANIFIESTA TENER EL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN (%)</b>	<b>No. DE INSTRUMENTO DE MEDICIÓN EXISTENTES (%)</b>
Multímetro	17,50 %	14,34 %
Pinza amperimétrica	15,79 %	12,67 %
Ampermetro – voltmetro	14,69 %	13,90 %

Otros instrumentos de medición que predominan en cantidad son en su orden, resistencias con el 11,45 % y medidores de energía con el 9,90 %.

Los resultados evidencian la correspondencia entre el tipo de instrumento predominante en cantidad y las magnitudes más comunes manifestadas en el numeral 3.1.1.2.

Los instrumentos de medición que predominan en las empresas y la cantidad de los mismos, reflejan la demanda de servicios que podría prestar el laboratorio en la Universidad Industrial de Santander.

3.1.1.4 Aplicación de los instrumentos de medición. Las aplicaciones predominantes son:

Registro y/o control de variables en proceso: 68,49 %

Otro: 21,01 %

Uso en laboratorio como patrón de medición: 5,88 %

Los sectores económicos utilizan principalmente los instrumentos para medidas de registro y/o control de variables en proceso.

Vale la pena resaltar que para este tipo de aplicación es indispensable calibrar previamente los instrumentos para garantizar la medición, lo que evidencia la necesidad metrológica.

### 3.1.2 Aseguramiento metrológico

3.1.2.1 Programas de aseguramiento metrológico. Las empresas manifestaron tener en cuenta este aspecto (44,83 %), aunque el 18,5 % no sabe o no responde.

Dentro de las actividades que se realizan para lograrlo, se da a las actividades de calibración de instrumentos una gran aplicación con el 42,31 %, seguido de implementación de sistemas de calidad con el 32,42 %.

En los sectores económicos, la causa que sobresale para la justificación de no tener programas de aseguramiento metrológico (más de la mitad de las empresas encuestadas no tienen algún programa de aseguramiento metrológico), es el desconocimiento de la existencia de este tipo de programa (64,35 %).

3.1.2.2 Calibración de instrumentos de medición. La mayoría de los sectores encuestados afirma tener instrumentos de medición calibrados en un porcentaje de 57,67 %. Sin embargo, esto no implica necesariamente que todos sus instrumentos estén realmente calibrados, pues el concepto de calibración de instrumentos no se encuentra claramente definido en las empresas encuestadas.

En todos los sectores predomina la calibración de los instrumentos de medición en la misma empresa (47,78 %); y la principal razón para no calibrar los instrumentos de medición es el desconocimiento (63,04 %).

3.1.2.3 Personal destinado a labores de metrología. En el 38,33 % de las empresas se manifestó tener personal destinado a labores de Metrología y en el 18,5 % de los casos no se sabe o no se responde a la pregunta.

Dentro del personal dedicado a labores de Metrología se tiene el siguiente nivel de formación:

Técnico o tecnólogo:	40,03 %
Sin título:	26,63 %
Ingenieros:	14,86 %
Instrumentista:	5,80 %

Es decir que predominan los técnicos o tecnólogos. Se destaca el alto porcentaje de personal sin título.

3.1.2.4 Sistemas de calidad implementados. El 67,94 % de los sectores manifestaron que no tienen implementado o en proceso algún sistema de calidad.

En segundo lugar predomina la implementación de sistemas de calidad bajo la norma ISO 9000 con el 22,18 %, demostrando la necesidad de soporte metrológico en todo el sector productivo para los procesos de certificación.

### 3.1.3 Varios

3.1.3.1 Conocimiento del Sistema Internacional de Unidades, SI. El 59,5% declara que conoce le Sistema Internacional de Unidades y el 18,33 % no sabe o no responde al respecto.

De aquellos que declaran conocer el SI, se tiene que el 59,78 % lo aplica en sus procesos y el 27,93 % parcialmente.

3.1.3.2 Conocimiento de laboratorios de Metrología acreditados en Colombia. Un alto porcentaje del nororiente colombiano manifestó que no conoce laboratorios de Metrología acreditados en Colombia, con el 62,67 % de respuestas. El 18,33 % no sabe o no responde al respecto.

3.1.3.3 Conocimiento de la División de Metrología de la SIC. Sólo el 25,33 % de las empresas encuestadas manifestó saber que la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) cuenta con una División de Metrología.

De aquellas empresas que conocen la División de Metrología de la SIC, únicamente el 11,67 % manifestó saber cuáles servicios presta. Aunque el porcentaje de empresas que no saben o no responden es mucho mayor a los que manifiestan conocer sus servicios con el 74,66 %.

De acuerdo al análisis de resultados realizado anteriormente, se observa la necesidad de implementar un laboratorio que preste entre otros servicios de calibración a las siguientes magnitudes e instrumentos, Tabla 9.

**Tabla 9.** Magnitudes e instrumentos de medición a calibrar de acuerdo al análisis de resultados.

MAGNITUD	TIPO DE INSTRUMENTO A CALIBRAR
Corriente AC	Ampermetros analógicos y digitales
Corriente AC	Pinzas amperimétricas usadas como puntas de prueba
Corriente AC	Pinzas amperimétricas usadas para medición directa
Tensión AC	Voltmetros analógicos y digitales
Corriente DC	Ampermetros analógicos y digitales
Corriente DC	Pinzas amperimétricas usadas como puntas de prueba
Corriente DC	Pinzas amperimétricas usadas para medición directa

Tensión DC	Voltmetros analógicos y digitales
Resistencia Eléctrica	Óhmetros analógicos y digitales

Se propone la creación de un LABORATORIO DE CALIBRACIONES ELÉCTRICAS (LCE) en la Universidad Industrial de Santander.

### **3.2 Equipos patrón propuesto para el Laboratorio**

La elección de equipos patrón a utilizar se basa normalmente en las especificaciones suministradas por el fabricante y en la necesidad del laboratorio que se va a implementar. Las especificaciones son una descripción del comportamiento del instrumento en términos cuantificables y se aplican a todos los instrumentos que tienen la misma denominación. Las especificaciones se basan en datos estadísticos del comportamiento de instrumentos sobre la base de grandes muestras, describiendo la conducta del grupo y no la de un instrumento.

Las especificaciones deben ser:

- Completas para poder determinar las aplicaciones del instrumento con anterioridad.
- Fáciles de interpretar y usar
- Además deben indicar los efectos del medio ambiente.

Los servicios que prestará el Laboratorio de Calibraciones Eléctricas propuesto, de acuerdo a la tabla 9, permitió direccionar el proceso de selección del equipo patrón a utilizar.

Se inició consultado con laboratorios acreditados y con la Superintendencia de Industria y Comercio, acerca de los equipos patrones utilizados en sus procedimientos de calibración.

Posteriormente y de acuerdo a las especificaciones de fabricante, se seleccionó un equipo patrón multifuncional que permitiera realizar todas las calibraciones propuestas mediante un solo equipo.

El FLUKE 5500A Multi-Product Calibrator es un equipo patrón que permite calibrar magnitud de corriente AC/DC, tensión AC/DC, resistencia eléctrica, capacitancia, frecuencia eléctrica, ángulo de fase, potencia DC/AC, temperatura, etc.

El 5500A es un producto que cubre una amplia gama representativa de calibraciones eléctricas que incluye: multímetros, pinzas amperimétricas, termómetros, temperatura con termopar y RTD, entre otros.

Algunas características que ofrece el FLUKE 5500A son:

- Flexibilidad. Es un equipo patrón para calibrar diversos instrumentos de medición. Puede calibrar multímetros digitales y analógicos, termómetros (termopar y RTD), pinzas amperimétricas, etc. Es decir que en una compra, el 5500A resuelve las necesidades con un solo equipo patrón.
- Conformidad con estándares de calidad. Referenciado a estándares del control de calidad tales como la norma ISO 17025, se satisfacen los requisitos del control de datos y de documentación.

Mediante el Microsoft Windows opcional 5500/CAL se simplifica la documentación de los procedimientos y se garantiza la trazabilidad según los requisitos de las normas ISO 9000 e ISO 17025 y de otros estándares de calidad similares. Permite una calibración rápida y eficiente de una amplia variedad de instrumentos de medición.

Con un 5500A, una computadora y un 5500/CAL, el procedimiento completo de calibración del Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la Universidad Industrial de Santander puede ser automatizado. Asimismo

ser utilizado para algunas necesidades específicas, o como base para crear nuevos procedimientos.

- Certificado de calibración y respaldo del fabricante. Incluye manuales del equipo y el certificado de calibración. Los instrumentos de marca FLUKE cuentan con respaldo y calibración previa trazable. Asimismo, el FLUKE 5500A se podrá calibrar en Colombia, en la Superintendencia de Industria y Comercio.

Las especificaciones generales del equipo patrón multifuncional se describen en la tabla 10.

**Tabla 10.** Especificaciones generales del FLUKE 5500A

ESPECIFICACIONES GENERALES	
Tiempo de calentamiento	Dos veces el tiempo desde el último calentado, a un máximo de 30 minutos
Tiempo de estabilización	Menos de 5 segundos para todas las funciones y gamas excepto para algunas aplicaciones.
Interfaces Estándares	IEEE-488 (GPIB), RS-232, 5725A (sólo 5500A)
Temperatura de funcionamiento	<b>Funcionamiento</b> 0 °C a 50 °C <b>Calibración:</b> (tcal): 15 °C a 35 °C <b>Almacenamiento:</b> - 20 °C a 70 °C
Coefficiente de Temperatura	El coeficiente de la temperatura exterior para el $\pm$ tcal 5 °C es el 10 % de la especificación en 90 días (o de un año, como aplicable) por °C
Humedad Relativa	<b>Funcionamiento:</b> < 80 % a 30 °C, < 70 % a 40 °C, < 40 % a 50 °C <b>Almacenamiento</b> < 95 %, no condensado
Altitud	<b>Funcionamiento</b> 3,050 m (10,000 ft) máxima <b>No funcionamiento</b> 12,200 m (40,000 ft) máxima
Seguridad	Se diseñó conforme a la IEC 1010-1 (1992-1); ANSI/ISA-S82.01-1994; CAN/CSA-C22.2 No. 1010.1-92
EMC	Se diseñó conforme a la parte 15 de las reglas de la FCC
Tensión de operación	Tensión de línea (seleccionable): 100 V, 120 V, 220 V, 240 V Frecuencia: 47 Hz a 63 Hz Variación de Tensión de línea: $\pm$ 10 % sobre la línea ajuste de la tensión

Consumo de Energía	300 VA
Dimensiones	<i>Altura:</i> 17,8 cm (7 in), incremento estándar del estante, más 1,5 cm (0.6 in) para los pies en el fondo de la unidad <i>Anchura:</i> 43,2 cm (17 in), anchura estándar del estante <i>Profundidad:</i> 47,3 cm (18,6 in) total
Peso (sin accesorios)	20 kg (44 lbs.)
Definición Absoluta de la Incertidumbre	Las especificaciones de la incertidumbre de medición del 5500A incluyen estabilidad, regulación del coeficiente de la temperatura, la trazabilidad de los estándares externos usados para la calibración, entre otras características a tener en cuenta.
Intervalo de Confianza	> 99 %

Finalmente y de acuerdo a los servicios propuestos inicialmente y al equipo patrón elegido, se proponen los servicios de calibración que podrá prestar el Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la UIS. Ver la Tabla 11.

**Tabla 11.** Servicios de calibración que prestará el LCE de la UIS propuesto.

	<b>MAGNITUD</b>	<b>TIPO DE INSTRUMENTO A CALIBRAR</b>
<b>1</b>	Corriente AC	Ampermetros analógicos y digitales
<b>2</b>	Corriente AC	Pinzas amperimétricas usadas como puntas de prueba
<b>3</b>	Corriente AC	Pinzas amperimétricas usadas para medición directa
<b>4</b>	Tensión AC	Voltmetros analógicos y digitales
<b>5</b>	Corriente DC	Ampermetros analógicos y digitales
<b>6</b>	Corriente DC	Pinzas amperimétricas usadas como puntas de prueba
<b>7</b>	Corriente DC	Pinzas amperimétricas usadas para medición directa
<b>8</b>	Tensión DC	Voltmetros analógicos y digitales
<b>9</b>	Resistencia Eléctrica	Óhmetros analógicos y digitales
<b>10</b>	Capacitancia	Medidor de capacitancia
<b>11</b>	Frecuencia Eléctrica	Frecuencímetros
<b>12</b>	Ángulo de fase	Cosenofímetros monofásicos
<b>13</b>	Potencia DC	Wattmetros analógicos y digitales
<b>14</b>	Potencia AC	Wattmetros
<b>15</b>	Ángulo de fase	Medidor de fase
<b>16</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo E
<b>17</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo J
<b>18</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo K
<b>19</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo S
<b>20</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo B
<b>21</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo L

<b>22</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo C
<b>23</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo N
<b>24</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo R
<b>25</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo T
<b>26</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con termopar tipo U
<b>27</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 100 ( $\alpha=385$ )
<b>28</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 100 ( $\alpha=3926$ )
<b>29</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 100 ( $\alpha=3919$ )
<b>30</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 200 ( $\alpha=385$ )
<b>31</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 500 ( $\alpha=385$ )
<b>32</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 1000 ( $\alpha=385$ )
<b>33</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo PtNi 120 ( $\alpha=385$ )
<b>34</b>	Temperatura	Medidores de temperatura con RTD Tipo Cu 10 ( $\alpha=427$ )

**CAPÍTULO 4**

---

**DOCUMENTACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA  
DE CALIDAD DEL LABORATORIO**

#### **4. DOCUMENTACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA DE CALIDAD DEL LABORATORIO**

Para la acreditación de todo laboratorio de calibración y/o ensayo se deberá desarrollar e implantar un sistema de la calidad con el fin de cumplir los objetivos establecidos por la organización en su política de la calidad. En un sistema de calidad, cada elemento o requisito varía en importancia según el tipo de actividad y de producto. Para realizar la máxima eficacia y satisfacer las expectativas del cliente, es esencial que el sistema de la calidad se adapte al tipo de calidad y al producto que se ofrece.

Para la acreditación del laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la Universidad Industrial de Santander ante la SIC, es requisito indispensable montar el sistema de calidad del laboratorio de Metrología bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025 “Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración”, la cual da las directrices nacionales e internacionales que conllevan a un sistema de calidad de un laboratorio de Metrología.

##### **4.1 Sistema de calidad**

El sistema de la calidad es diseñado para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, a la vez que sirve para proteger los intereses del Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la UIS. Un sistema de calidad bien

estructurado, es un valioso recurso de gestión para la optimización y control de la calidad, en relación con consideraciones, de costo, riesgo y beneficio.

Todo enfoque de implementación debe basarse en procesos, tales como:

- Planificar
- Hacer
- Verificar
- Actuar

#### 4.1.1 ¿Qué busca un sistema de calidad?

Un sistema de calidad permite el crecimiento organizacional de manera integral y armónica, buscando siempre la satisfacción del cliente. Mediante el sistema de calidad se busca:

- Documentar lo que se hace. Mirar que lo realizado a diario se encuentre documentado.
- Asegurar que la calidad del producto o servicio que se presta sea la misma independientemente de los factores involucrados dentro del proceso.
- El cliente como objetivo. Las organizaciones dependen de sus clientes y por lo tanto deben entender las necesidades presentes y futuras de los mismos, reunir y cubrir los requerimientos del cliente y esforzarse por exceder sus expectativas.
- Demostrar la competencia técnica del personal del laboratorio.
- Alcanzar una acreditación y/o formar parte de Acuerdos de Reconocimiento Mutuo, MRA.

#### 4.1.2 ¿Qué requiere un sistema de calidad?

Un sistema de calidad empresarial requiere la determinación sistemática de todos los procesos que se desarrollan en la organización, así como la identificación de todos los problemas que se presentan en las interfaces entre el personal y los campos de aplicación. El montaje de un sistema de calidad requiere:

- a) Identificar las metas que se quieren lograr. Eficiencia, satisfacción del cliente, mejorar interacción dentro de la organización, incrementar confianza, etc.
- b) Identificar lo que esperan los demás de la organización. Usuarios, empleados, directivas, entre otros.
- c) Estudiar y conocer ampliamente la norma NTC-ISO-IEC 17025
- d) Aplicar la norma NTC-ISO-IEC 17025. Decidir si se busca una acreditación o el sistema de administración de la calidad está dirigido hacia un acuerdo de reconocimiento mutuo.
- e) Obtener información complementaria que ayude al desarrollo del Sistema de Calidad; consultar normas como las ISO 9000: sistemas de gestión de la calidad, y en fin, todas aquellas que se crean relacionadas.
- f) Establecer la posición actual, determinar las distancias entre el sistema de calidad que se tiene y los requisitos de la norma NTC-ISO-IEC 17025. Para este diagnóstico se puede utilizar una auto-evaluación o una evaluación de organización externa.

- g) Desarrollar un plan para cerrar las distancias halladas entre el sistema de calidad existente y los requisitos de la norma NTC-ISO-IEC 17025.
- h) Identificar las acciones que se necesitan para cerrar las distancias, asignar los recursos para realizar estas acciones, asignar responsabilidades y establecer un calendario para completar las acciones necesitadas.
- i) Llevar a cabo el plan de actividades: Proceder a aplicar las acciones identificadas.
- j) Realizar la evaluación interna periódica – auditoría.
- k) Se necesita demostrar competencia técnica. Se puede necesitar o desear mostrar conformidad (certificación / registro) para varios propósitos, por ejemplo:
  - ✓ Requisitos contractuales.
  - ✓ Razones de mercado o preferencia del cliente.
  - ✓ Requerimientos regulatorios.
  - ✓ Administración de riesgos.
  - ✓ Para establecer una meta clara de calidad (motivación).
- l) Experimentar una revisión independiente (externa). Buscar un organismo o cuerpo de acreditación que cumpla los requisitos para realizar una revisión de conformidad del sistema de la administración de la calidad con respecto a los requisitos de la norma NTC-ISO-IEC 17025.
- m) Continuar mejorando. Revisar la eficacia y conveniencia del sistema de la administración de la calidad y seguir mejorando el espiral de calidad.

## **4.2 Requisitos del Sistema de Calidad**

En todo el mundo, muchos países confían en un proceso llamado “acreditación de laboratorios”, como una forma independiente de evaluar la competencia técnica de los laboratorios. Los servicios pueden ser auditados y certificados según las normas de gestión de la calidad de la familia ISO 9000. Estas normas son ampliamente usadas en organizaciones que fabrican y prestan servicios, para evaluar sus sistemas de la calidad para sus productos o servicios. Aunque es efectiva como herramienta para evaluar la gestión, la norma ISO 9000 no evalúa la competencia técnica de un proveedor. Esto significa que la evaluación de un proveedor respecto a normas de la familia ISO 9000 no asegura a los clientes que los resultados de los ensayos y/o calibraciones son exactos y confiables.

Pese a su difusión y aplicación en todos los países, la norma ISO 9000 no provee esta seguridad precisamente por su carácter genérico. La gestión de la calidad para servicios de evaluación de la conformidad (inspección, calibración, ensayo y certificación) requiere ser complementada con la evaluación de la capacidad para emitir resultados confiables (competencia técnica).

Bajo determinadas circunstancias, un organismo acreditado bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025, puede tener una certificación bajo normas de la familia ISO 9000 para su sistema de gestión.

Los clientes que buscan proveedores competentes de ensayos y/o calibraciones, pueden estar seguros de que aquellos organismos que están acreditados bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025, dentro de un alcance de acreditación apropiado para el ensayo o calibración requerido, le proveen mayor confianza.

Cuando se selecciona un proveedor para efectuar los ensayos, inspección, calibración o necesidades de medición, es importante estar seguro que éstos cumplen con sus necesidades de exactitud y confiabilidad en los resultados. La competencia técnica de un servicio depende de un gran número de factores incluyendo:

- Las calificaciones, entrenamiento y experiencia del personal.
- Los equipos adecuados, debidamente calibrados y mantenidos.
- Procedimientos de aseguramiento de la calidad y control de la calidad adecuados.
- Apropriadas técnicas de muestreo.
- Procedimientos válidos de ensayo, calibración e inspección.
- Exactitud en los registros y en la información de datos.
- Apropriadas condiciones ambientales.

Aunque un proveedor pueda asegurarle que cumple los requisitos mencionados, o se intente evaluar de alguna manera el servicio por sus propios medios, ninguna de estas dos vías proveerá la confianza de que se han seleccionado servicios técnicamente competentes.

Para lograr la documentación del sistema de calidad para el futuro proceso de acreditación ante la SIC del Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la UIS bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025, fue necesario la realización del Manual de Calidad, con el fin de conocer cada uno de los ítemes que exigía la norma, permitiendo establecer las necesidades de implementación y documentación (procedimientos, instructivos y registros) que debe tener.

La norma NTC-ISO-IEC 17025, consta de dos grandes partes: requisitos de la gestión administrativa y requerimientos técnicos.

En el Anexo 3, se presenta la documentación referente a los requisitos de la gestión administrativa y técnica, siguiendo cada numeral correspondiente a la norma, con aplicación y enfoque a nivel del Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la UIS.

Cada uno de los procedimientos, instructivos y formatos documentados para el LCE, exigidos por la norma NTC-ISO-IEC 17025, son debidamente codificados e identificados por el sistema.

### **4.3 Procedimientos del Sistema de Calidad**

Dentro de cualquier sistema de calidad que se quiera implementar y documentar, es indispensable la realización de procedimientos, instructivos y registros que aseguren el cumplimiento de cada uno de los requisitos exigidos por la norma NTC-ISO-IEC 17025, permitiendo visualizar el sistema de calidad existente.

La estructura jerárquica de la documentación que conforma un sistema de calidad es establecida de acuerdo al alcance del laboratorio, teniendo siempre presente la documentación de forma apropiada y detallada de todas las actividades realizadas por el laboratorio dentro y fuera de éste. Un sistema de calidad satisfactorio se logrará, documentando sólo las actividades ya implementadas y realizadas por el laboratorio, de lo contrario se correrá el riesgo de caer en no conformidades que repercutirán en una futura acreditación.

El Manual de Calidad encabeza la estructura jerárquica de la documentación, describiendo todos los elementos del sistema de calidad implantados. Éste debe mantenerse actualizado por un miembro responsable del laboratorio,

designado por la dirección del mismo con el fin de asegurar su eficacia permanente y, en caso necesario, iniciar las acciones correctivas del caso. El Manual de Calidad debe contener como mínimo:

- Una declaración que exprese la política de la calidad.
- La estructura de la organización del laboratorio (organigrama).
- Las actividades funcionales y operacionales relativas a la calidad, de manera que cada persona afectada conozca la extensión y límites de su responsabilidad.
- Los procedimientos de aseguramiento de calidad específicos.
- Según el caso, una referencia a los procedimientos de aseguramiento de calidad específicos de cada calibración o medición.
- Las disposiciones adecuadas relativas a información sobre seguimiento de las calibraciones y mediciones y sobre acciones correctivas cuando se detecten anomalías en el curso de las calibraciones o las mediciones.
- Un procedimiento para el tratamiento de las reclamaciones o no conformidades.

Para su realización es muy importante el cumplimiento de la norma NTC-ISO-IEC 17025, sin indicar que se deba seguir estrictamente la numeración ya estipulada por la norma. La realización y diseño del Manual de Calidad depende del alcance de cada laboratorio, pero teniendo siempre presente el cumplimiento de la norma.

Adicionalmente se referencia cada uno de los procedimientos, instructivos y registros necesarios, mediante una codificación estipulada por el laboratorio, que permite su organización y control, cumpliendo las especificaciones dadas por la norma. Una forma clave de identificar cada uno de los procedimientos, instructivos y registros que requiere el laboratorio para lograr un sistema de calidad eficaz, simplemente se toma como guía cada uno de los “debe”

especificados por la norma NTC-ISO-IEC 17025. De ésta forma se asegura la realización de los procedimientos indispensables para garantizar su óptimo cumplimiento.

Los procedimientos, permiten dar una descripción a nivel general de cada una de las actividades necesarias para el cumplimiento del sistema. Dentro de los procedimientos se puede referenciar los instructivos y registros relacionados con la actividad.

Los instructivos, dan una explicación más detallada y concisa del procedimiento a seguir. Por esto en la mayoría de los casos reciben el mismo nombre del procedimiento, pero mediante la codificación estipulada se hace la diferenciación entre las jerarquías de documentación existentes.

Los registros, dependiendo de la necesidad establecida en el correspondiente procedimiento, se realizan para establecer un seguimiento y control de las actividades realizadas. El laboratorio debe archivar todos los registros debidamente diligenciados, manteniendo el control de las características particulares, que permiten responder a posibles disposiciones futuras.

#### **4.4 Especificaciones técnicas**

Siguiendo con los requisitos de la norma NTC-ISO-IEC 17025, se continuará, dando inicio al capítulo más importante y enfático de la misma. De acuerdo a la numeración por la cual se rige la norma, el primer capítulo se refiere a los requisitos administrativos llamados “requisitos de gestión”, indispensables para un buen control del sistema de calidad que se quiere implantar y el

segundo capítulo, el cual se explicará y mencionará a continuación, llamado “requisitos técnicos”.

La competencia técnica se refiere a las actividades realizadas por el laboratorio, tales como:

- Factores humanos
- Instalaciones y condiciones ambientales
- Métodos de ensayo y/o calibración y validación de métodos
- Equipos
- Trazabilidad de la medición
- Muestreo
- Manejo de los elementos de ensayo y/o calibración

Para la documentación del sistema de calidad bajo ésta norma, se necesita previo conocimiento sobre diferentes aspectos tanto teóricos como prácticos que interfieran en el desarrollo normal del sistema de calidad deseado.

Teniendo en cuenta que el sistema de calidad a documentar es de aplicación para un laboratorio de Metrología, se hace necesario e indispensable tener un conocimiento previo acerca de éste campo. La Metrología abarca muchos campos de aplicabilidad, siendo importante como primer paso, el conocimiento de su vocabulario.

Para mantener un sistema de calidad conforme a la normatividad existente, es importante el estudio de otras normas que resulten necesarias para su documentación. La norma NTC-ISO 2194 “Metrología Vocabulario”, permite un conocimiento más específico sobre el vocabulario internacional de Metrología, que facilita la documentación e implementación del sistema de calidad del laboratorio. Esta norma hace parte del conjunto de normas sobre

Metrología y tiene los conceptos necesarios para la realización de procedimientos de calibración.

A continuación en la Tabla 12 se especifican los documentos, procedimientos y formatos realizados y necesarios para el sistema de Calidad del Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la Universidad Industrial de Santander.

**Tabla 12.** Listado Maestro. Documentos que hacen parte del Sistema de Calidad del LCE de la UIS

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>
<b>MC-LCE-UIS-01</b>	Manual de calidad
<b>Resolución</b>	Resolución: Creación del LCE de la UIS
<b>DC-LCE-UIS-01</b>	Código de ética y cumplimiento profesional
<b>PC-LCE-UIS-01</b>	Manual de funciones
FC-LCE-UIS-01-01	Declaración del personal
FC-LCE-UIS-01-02	Organigrama Interno
FC-LCE-UIS-01-03	Autorizaciones pertinentes
<b>PC-LCE-UIS-02</b>	Protección información confidencial de clientes
<b>PC-LCE-UIS-03</b>	Elaboración y control de documentos
FC-LCE-UIS-03-01	Listado maestro
FC-LCE-UIS-03-02	Registro Distribución de documentos
FC-LCE-UIS-03-03	Registro Autorización de modificaciones
<b>PC-LCE-UIS-04</b>	Revisión de solicitudes, ofertas y contratos para calibración
FC-LCE-UIS-04-01	Registro solicitudes, ofertas y/o contratos para calibración
<b>PC-LCE-UIS-05</b>	Selección y compra de servicios y suministros empleados para las calibraciones
FC-LCE-UIS-05-01	Registro inspección y/o verificación de suministros comprados
FC-LCE-UIS-05-02	Registro evaluación de proveedores
FC-LCE-UIS-05-03	Registro listado de proveedores aprobados
<b>PC-LCE-UIS-06</b>	Ingreso de personal externo al laboratorio
FC-LCE-UIS-06-01	Registro ingreso de personal externo al laboratorio
<b>PC-LCE-UIS-07</b>	Quejas y reclamos
FC-LCE-UIS-07-01	Registro quejas y reclamos
<b>PC-LCE-UIS-08</b>	Procedimientos de calibración
FC-LCE-UIS-08-01	Registro servicios de calibración
<b>PC-LCE-UIS-09</b>	Control de trabajo no conforme
<b>PC-LCE-UIS-10</b>	Acciones correctivas y preventivas
FC-LCE-UIS-10-01	Plan acciones correctivas y preventivas
FC-LCE-UIS-10-02	Seguimiento de acciones correctivas y preventivas
FC-LCE-UIS-10-03	Registro acciones correctivas y/o preventivas
<b>PC-LCE-UIS-11</b>	Auditorías internas

FC-LCE-UIS-11-01	Asistencia reunión de apertura y cierre de auditoría
FC-LCE-UIS-11-02	Plan de auditorías internas
FC-LCE-UIS-11-03	Hallazgos de la auditoría
FC-LCE-UIS-11-04	Programa de auditorías internas
<b>PC-LCE-UIS-12</b>	Revisiones por la Alta dirección
FC-LCE-UIS-12-01	Programa de revisiones por la Alta dirección
FC-LCE-UIS-12-02	Hallazgos de las revisiones por la Alta dirección
FC-LCE-UIS-12-03	Asistencia reunión de revisiones por la Alta Dirección
<b>PC-LCE-UIS-13</b>	Equipos del laboratorio
FC-LCE-UIS-13-01	Registro plan de calibración y/o mantenimiento de equipos del laboratorio
FC-LCE-UIS-13-02	Hoja de vida de equipos del laboratorio
<b>PC-LCE-UIS-14</b>	Identificación de necesidades de capacitación y/o entrenamiento
FC-LCE-UIS-14-01	Registro identificación de necesidades de capacitación y/o entrenamiento
FC-LCE-UIS-14-02	Registro programa de capacitación y/o entrenamiento
FC-LCE-UIS-14-03	Registro asistencia a capacitación y/ entrenamiento
FC-LCE-UIS-14-04	Registro inscripción a capacitación y/o entrenamiento
<b>PC-LCE-UIS-15</b>	Instalaciones y condiciones ambientales
FC-LCE-UIS-15-01	Registro condiciones ambientales
<b>PC-LCE-UIS-16</b>	Instrumentos de medición a ser calibrados por el laboratorio
FC-LCE-UIS-16-01	Registro ingreso de instrumentos de medición a ser calibrados
FC-LCE-UIS-16-02	Certificado de calibración
FC-LCE-UIS-16-03	Informe de calibración
FC-LCE-UIS-16-04	Registro consulta al cliente para instrucciones adicionales
<b>PC-LCE-UIS-17</b>	Cálculo de la incertidumbre de medición

**CAPÍTULO 5**

---

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

## **5. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

La metodología que se presenta para el cálculo de costos en un Laboratorio está basada en la teoría general de los costos normalizados, también conocidos bajo el nombre de costos planeados, costos predeterminados, costos programados o costos específicos.

Los costos normalizados son estimaciones científicamente elaboradas, objetivos fijados por la gerencia y funcionan como controles para confrontar los resultados reales de la operación del Laboratorio.

La aplicación de este sistema permite controlar efectivamente la producción, fijar políticas de precios, asegurar la calidad del servicio e identificar con anticipación los posibles problemas en la prestación del mismo. Además permite la elaboración de presupuesto y proyecciones de los costos en función de cualquier unidad de tiempo de una forma ágil y eficiente, así como el cálculo de las variaciones de costos por elemento, con lo cual es fácil identificar desviaciones en los mismos y en consecuencia efectuar los ajustes del caso en el laboratorio.

En principio se identificará y explicará una por una todas las variables que intervienen en el cálculo de los costos normalizados para tener claridad respecto al procedimiento utilizado.

### **5.1 Pasos a seguir para el cálculo de los costos normalizados**

A continuación se presenta paso a paso cada una de las variables necesarias y requeridas para determinar los costos normalizados del LCE de la UIS.

#### 5.1.1 Determinar el recurso humano que tiene el Laboratorio.

En primer lugar se identificó el recurso humano con que contaría el LCE de la UIS. Para ello se dividió el mismo en: mano de obra directa y mano de obra indirecta. La mano de obra directa se refiere al personal del Laboratorio que interviene directamente en la ejecución de la calibración. Inversamente, la mano de obra indirecta se refiere al personal que no interviene en la ejecución de la calibración pero que presta servicios necesarios para el funcionamiento del Laboratorio.

Además se determinó con qué tipo de contrato se vincularían cada uno de los miembros del Laboratorio, es decir, si es contrato a término indefinido (vinculación con el LCE de la UIS) o temporal (contrato de servicios con terceros).

En la tabla 13 se estipula el recurso humano necesario y el tipo de contrato respectivamente.

**Tabla 13.** Recursos Humanos del LCE de la UIS.

LCE de la UIS	Ingeniero		Tecnólogo 1		Tecnólogo 2	
	LCE UIS	Temporal	LCE UIS	Temporal	LCE UIS	Temporal
Número de personas	1		1		1	

De acuerdo a la tabla 13, el LCE de la UIS necesitará de mínimo tres (3) personas, un (1) ingeniero y dos (2) tecnólogos, todos vinculados al LCE de la UIS directamente. Uno de los tecnólogos realizará las labores de secretaria y/o recepcionista cuando sea necesario.

### 5.1.2 Identificación de los recursos técnicos y locativos

Se describen los equipos necesarios en el Laboratorio para realizar las calibraciones, con su respectivo costo, además de las instalaciones locativas, especificando las áreas utilizadas. Ver tabla 14.

**Tabla 14.** Equipos del Laboratorio

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Valor Unitario (\$COL)	Valor Total (\$COL)
5500A	Multi-Product Calibrator incluye cable de alimentación AC, certificado de calibración NITS y manual de instrucciones. Marca: FLUKE	1	36 518 021 (\$16 081 US)	36 518 021 (\$16 081 US)
5500A/LEADS	Test lead set para calibración en temperatura Marca: Fluke	1	1 950 686 (\$859 US)	1 950 686 (\$859 US)
SET	Set de puntas para diferentes clases de mediciones. Marca: POMONA	1	1 816 704 (\$800 US)	1 816 704 (\$800 US)
5500A/COIL	50 Turn Current Coil. Marca: FLUKE Este accesorio es requerido para calibrar pinzas amperimétricas	1	2 032 437 (\$895 US)	2 032 437 (\$895 US)
MET/CAL	Software metrológico para la automatización de procesos. Marca : FLUKE	1	24 773 030 (\$10 909 US)	24 773 030 (\$10 909 US)
VALOR TOTAL FCA MIAMI				67 090 878 (\$29 544 US)
Valor de Fletes y Seguros a Miami				3 354 089 (\$1 477US)
TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL	Termohigrómetro digital. . Rango mínimo de 0 °C a 50 °C ; 5% al 95% HR. Resolución : 0,1 °C ; 0,1% HR r. Exactitud=± 0,5 °C ; ± 3%  ESPECIFICACIÓN: <b>Marca Lufft</b> C-200 Ref.: 5120.00 con sonda PT 100 ref.: 3120,52	1	600 000	600 000
Subtotal				71 044 967
IVA (16 %)				11 367 194
<b>VALOR TOTAL OFERTA</b>				<b>82 412 161</b>

- Oferta presentada por la empresa **Sistemas e Instrumentación S.A. (S.E.I. S.A.)**, 2006-01-06. Distribuidores autorizados en Colombia de la **marca Fluke**. DÓLAR: \$ 2 270,88 COL (2006-01-16).  
NOTA: La capacitación se programa para un máximo de tres (3) personas, por un tiempo de tres (3) días. El costo aproximado de traslado y alojamiento si es fuera de Bogotá es de \$ 1 500 US.
- Oferta presentada por la empresa **VANSOLIX** (2006-01-18). Distribuidor de la **marca Lufft**.

### 5.1.3 Identificación de cada uno de los servicios que prestará el LCE de la UIS.

Tener claro cuáles son las actividades que se llevarán a cabo en el Laboratorio, con el fin de saber por qué se va a cobrar en cada caso. Estas actividades pueden ser las mostradas en la tabla 15.

**Tabla 15.** Servicios propuestos para el Laboratorio.

ACTIVIDAD	
1.	Ampermetros analógicos y digitales
2.	Pinzas amperimétricas usadas como puntas de prueba
3.	Pinzas amperimétricas usadas para medición directa
4.	Voltmetros analógicos y digitales
5.	Ampermetros analógicos y digitales
6.	Ohmetros analógicos y digitales
7.	Medidor de capacitancia
8.	Frecuencímetros
9.	Cosenofímetros monofásicos
10.	Wattmetros analógicos y digitales
11.	Medidor de fase
12.	Medidores de temperatura con termopar tipo E
13.	Medidores de temperatura con termopar tipo J
14.	Medidores de temperatura con termopar tipo K
15.	Medidores de temperatura con termopar tipo S
16.	Medidores de temperatura con termopar tipo B
17.	Medidores de temperatura con termopar tipo L
18.	Medidores de temperatura con termopar tipo C
19.	Medidores de temperatura con termopar tipo N
20.	Medidores de temperatura con termopar tipo R
21.	Medidores de temperatura con termopar tipo T
22.	Medidores de temperatura con termopar tipo U
23.	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 100 ( $\alpha=385$ )
24.	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 100 ( $\alpha=3926$ )
25.	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 100 ( $\alpha=3919$ )
26.	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 200 ( $\alpha=385$ )
27.	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 500 ( $\alpha=385$ )
28.	Medidores de temperatura con RTD Tipo Pt 1000 ( $\alpha=385$ )
29.	Medidores de temperatura con RTD

	Tipo PtNi 120 ( $\alpha=385$ )
30.	Medidores de temperatura con RTD Tipo Cu 10 ( $\alpha=427$ )

#### 5.1.4 Determinación del costo normalizado de materiales directos

Para cada laboratorio es necesario determinar cuáles son los materiales que se utilizan directamente en la ejecución de una calibración. Para cuantificar el consumo estándar de materiales directos para las calibraciones, se debe realizar un seguimiento de cada una de ellas, identificando los consumos unitarios de cada material en la calibración específica.

Por lo general un laboratorio de calibraciones eléctricas no incorpora materiales directos dentro de su operación, es posible que utilice cables, papel para impresión o normas técnicas, pero su costo es muy reducido y por lo tanto es mejor llevarlos a costos indirectos de fabricación.

#### 5.1.5 Determinación el tiempo normalizado por calibración (por realización de cada calibración)

Se realizó un estudio de tiempos aproximados y movimientos en el LCE. La técnica a utilizar puede ser la de muestreo del trabajo, que permite identificar el tiempo consumido en una determinada actividad u operación, utilizando muestreos aleatorios en diferentes periodos del día y considerando personas diferentes en la realización de la prueba.

Los datos respecto a tiempos aproximados de cada una de las calibraciones propuestas, fueron facilitados por el Laboratorio de Corriente Continua de la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC. Ver tabla 16.

Para calibración de **instrumentos analógicos** se puede pensar que el tiempo de medición por rango es de aproximadamente treinta (30) minutos por rango. Sabiendo que un instrumento analógico tiene en promedio cinco

(5) rangos, más el tiempo de precalentamiento del patrón de una (1) hora, se tiene un promedio de tres (3) horas treinta (30) minutos prácticos.

Esto aplica para: ampermetros, pinzas, voltmetros, óhmetros y wattmetros analógicos.

Para calibración de **instrumentos digitales** el tiempo de medición es de aproximadamente ocho (8) minutos por rango, más el tiempo de precalentamiento del patrón de una (1) hora.

En este caso un *multímetro* o *pinzas multimétricas* pueden tener unos veinticinco (25) rangos en promedio, obteniéndose un tiempo práctico de cuatro (4) horas veinte (20) minutos.

Para *pinzas amperimétricas*, *wattmetros* y *óhmetros digitales* tienen en promedio cinco (5) rangos para un total de una (1) hora cuarenta (40) minutos.

Mientras que *ampermetros* y *voltmetros digitales* en general sólo son de un (1) rango, esto implica un tiempo de una (1) hora ocho (8) minutos.

Un *medidor de capacitancia* logra tener en promedio cinco (5) rangos que pueden incluirse en multímetros con esta función o independientes en los cuales la cantidad de rangos será de seis (6) en promedio, esto da una (1) hora treinta (30) minutos.

Los *frecuencímetros* tienen una calibración de unas dos (2) horas, más la prueba de estabilidad a un (1) día y una (1) hora con medición automática, esto da unas veintisiete (27) horas netas de medición.

En cuanto a los *cosenofímetros monofásicos* es de aproximadamente unas dos (2) horas.

Para los *medidores de temperatura con termopar y RTD* es de aproximadamente unos treinta (30) minutos por punto, este tiempo puede variar si se calibra a temperaturas muy diferentes y si el medio de calibración demora mucho en llegar al valor nominal.

A continuación, en la tabla 16, se estipulan los tiempos normalizados totales en horas/calibración para cada uno de los instrumentos de medición propuestos en el servicio.

**Tabla 16.** Tiempos estándar del Laboratorio.

	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	TIEMPO ESTÁNDAR (HORAS/CALIBRACIÓN)
1.	Ampermetros analógicos	3,30
2.	Pinzas amperimétricas analógicas	3,30
3.	Voltmetros analógicos	3,30
4.	Óhmetros analógicos	3,30
5.	Wattmetros analógicos	3,30
6.	Multímetro digital	4,20
7.	Pinzas amperimétricas digitales	1,40
8.	Wattmetros digitales	1,40
9.	Óhmetros digitales	1,40
10.	Ampermetros digitales	1,08
11.	Voltmetros digitales	1,08
12.	Medidor de capacitancia	1,30
13.	Frecuencímetros	27,00
14.	Cosenofímetros monofásicos	2,00
15.	Medidores de temperatura con termopar	0,30
16.	Medidores de temperatura con RTD	0,30

5.1.6 Determinar el costo hora normalizado por persona en el Laboratorio.

Para determinar el valor de la hora normalizado se calcula el devengado del personal considerado como mano de obra directa, incluyendo todos los conceptos que para el laboratorio constituyen el devengado básico. A partir de este valor se realiza el cálculo de los costos correspondientes a prestaciones legales y extralegales, pensión, salud y riesgos por actividad empresarial (Ley 100) y cargas y parafiscales (Sena, Caja de Compensación,

ICBF). Se debe diferenciar el valor de los costos por prestaciones legales y extralegales, dependiendo si la mano de obra directa está clasificada dentro de los parámetros marcados por la Ley 50 de 1990, o bien si su prestaciones están regidas por la legislación anterior a la mencionada ley.

5.1.7 Porcentajes para el cálculo de prestaciones, Ley 100, parafiscales  
El Laboratorio debe conocer qué porcentajes del devengado básico mensual corresponde a cada uno de los siguientes ítems para cada uno de sus empleados, de acuerdo con su tipo de contratación. Ver tabla 17.

**Tabla 17.** Porcentajes para el cálculo de prestaciones

CONCEPTO	LEGISLACIÓN ACTUAL (%)
<b>PRESTACIONES LEGALES</b>	
Cesantías	8,33 %
Primas Servicios	8,33 %
Vacaciones	4,17 %
Interés Cesantías	0,12 %
Dotaciones	0 %
<b>PRESTACIONES EXTRALEGALES</b>	
Prima de Vacaciones	0 %
Prima Extralegal	0 %
Aportes al Fondo de empleados	0 %
<b>LEY 100</b>	
Salud	12 %
Pensión	15 %
ARP (Riesgos Profesionales)	0,522 %
<b>APORTES PARAFISCALES</b>	
Caja de Compensación	4 %
ICBF	3 %
Sena	2 %

La base para calcular los valores correspondientes a los rubros estipulados en la ley, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y el Sena es el devengado neto sin subsidio de transporte.

A continuación se aplica los porcentajes definidos y resumidos para el laboratorio en la tabla 18 al devengado neto, obteniendo así primero un devengado ajustado mensual y segundo uno anual.

Se procede luego a calcular el valor de la hora estándar por persona, utilizando la ecuación 2.

$$\text{Valor Hora Individual} = \text{Devengado Ajustado Anual} / 366 \text{ días} / 8 \text{ horas}$$

**(a)**

$$\text{Valor Hora Laboratorio} = \text{Devengado Ajustado Anual Lab.} / 366 \text{ días} / (8 \text{ horas} \times \text{No. de personas}).$$

**(b)**

**Ecuación 2. (a)** Valor hora individual y **(b)** Valor hora laboratorio.

Todo el procedimiento anterior y los resultados obtenidos pueden resumirse en la tabla 18.

**Tabla 18.** Cálculo del valor hora estándar por personas en el Laboratorio.

PROFESIÓN	DEVANGADO MENSUAL						PRESTACIONES LAGALES					LEY 100			APORTES PARAFISCALES		
	Salario Mensual	Auxilio Refrigerio	Prima Antigüedad	Bonificación	Viáticos	Total devengado mensual	Cesantías	Prima Servicios	Vacaciones	Interés Cesantías	Dotación	Salud	Pensión	ARP	Caja de Compensación	ICBF	SENA
<b>%</b>		0 %	0 %	0 %	0 %		8,33 %	8,33 %	4,17 %	0,12 %	0 %	12 %	15 %	0,522 %	4 %	3%	2%
Tecnólogo 1	763 000	0	0	0	0	763 000	63 558	63 558	31 817	916	0	91 560	114 450	3 983	30 520	22 890	15 260
Tecnólogo 2	763 000	0	0	0	0	763 000	63 558	63 558	31 817	916	0	91 560	114 450	3 983	30 520	22 890	15 260

PROFESIÓN	DEVENGADO AJUSTADO MENSUAL	DEVENGADO AJUSTADO ANUAL	VALOR HORA MANO DE OBRA DIRECTA
Tecnólogo 1	\$ 1 201 511	\$ 14 418 136	\$ 4 924
Tecnólogo 2	\$ 1 201 511	\$ 14 418 136	\$ 4 924
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2 403 023</b>	<b>\$ 28 836 273</b>	<b>\$ 4 924</b>

5.1.8 Determinar los costos indirectos de Fabricación (CIF) normalizados del laboratorio.

Para obtener los Costos Indirectos de Fabricación normalizados unitario por calibración, de acuerdo con la actividad desarrollada en el laboratorio, se calcula en primer lugar, el presupuesto de Costos Indirectos de Fabricación (CIF) del laboratorio y en segundo lugar, se obtiene el presupuesto de horas hombre directa, base para generar tasas de aplicación que al ser multiplicadas con los tiempos normalizados por calibración, permitan obtener los Costos Indirectos de Fabricación normalizados para cada actividad específica.

#### 5.1.8.1 Presupuesto de costos indirectos de fabricación

En primer lugar se debe identificar el conjunto de conceptos que conforman los costos indirectos, para luego presupuestar cada uno de dichos conceptos:

a) Definición de las Bases Presupuestales por Concepto de Costos Indirectos de Fabricación. En la tabla 19, se describen las bases presupuestales que pueden servir como base técnica para elaborar el presupuesto de los costos directos de fabricación.

**Tabla 19.** Composición CIF para el Laboratorio

<b>CONCEPTO CIF</b>	<b>BASE PRESUPUESTAL</b>
Depreciación Equipos	Costo histórico método de depreciación línea recta.
Depreciación Edificios	Costo histórico área ocupada Laboratorio
Mano de Obra indirecta	Cálculo del devengado ajustado con prestaciones, ley 100, cargas parafiscales
Energía	Consumo de kW hora de los equipos
Acueducto	Consumo de metros cúbicos/persona
Seguro	Costo histórico equipos del Laboratorio
Teléfono	Presupuesto que tenga el Laboratorio
Fletes	Tarifa establecida por envío de muestras
Mantenimiento de Equipos	Presupuesto que tenga el Laboratorio
Asesoría técnica	Presupuesto que tenga el Laboratorio
Papelería	Presupuesto que tenga el Laboratorio
Aseo y Cafetería	Presupuesto que tenga el Laboratorio
Manejo Ecológicos de	Presupuesto que tenga el Laboratorio

desechos	
Materiales Indirectos	Presupuesto que tenga el Laboratorio

- b) Depreciación de equipos utilizados en el laboratorio. Para calcular la depreciación anual de los equipos se hace uso del inventario realizado en la tabla 14 y del valor que costaría **hoy** (2006-01-16) adquirir el equipo; si el Laboratorio no tiene definida una forma de realizar esta depreciación, se sugiere seguir el método de la línea recta, de la siguiente manera:

Si un equipo tiene vida útil de cinco (5) años, se puede decir que sufre una depreciación anual del 20 %. Por tanto ésta se calculará como el 20 % del costo anual del equipo. En la tabla 20, se especifica el cálculo de la depreciación de equipos del Laboratorio.

**Tabla 20.** Cálculo de la depreciación de equipos del Laboratorio.

EQUIPOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$ COL)	VALOR TOTAL (\$ COL)	% DEPRECIACIÓN ANUAL	VALOR DEPRECIACIÓN ANUAL (\$ COL)
FLUKE 5500A	1	124 077 067 (\$ 54 638 US)	124 077 067 (\$ 54 638 US)	20 %	24 815 413
Termohigrómetro	1	696 000	696 000	10 %	69 600
<b>VALOR TOTAL</b>					<b>24 885 013</b>

- c) Depreciación de edificio. En primer lugar se debe determinar el área de las instalaciones donde funcionará el Laboratorio y determinar el valor comercial de las mismas. Una vez obtenido este valor se aplica la técnica de depreciación línea recta. Por lo general, la depreciación de las edificaciones se hace a 20 años. Ver tabla 21.

**Tabla 21.** Presupuesto depreciación edificio Laboratorio

CONCEPTO	LABORATORIO
Valor comercial (miles)	31 536 000
Área metros cuadrados	54
Costo/m <sup>2</sup> (\$COL/m <sup>2</sup> )	584 000
Depreciación presupuestada (\$COL/año)	<b>1 576 800</b>

- d) Presupuesto de mano de obra indirecta. Para calcular la mano de obra indirecta, se utiliza una metodología similar a la empleada para calcular el costo ajustado de la mano de obra directa, es decir partiendo del devengado de cada uno de los oficios, se aplican los porcentajes correspondientes a la carga prestacional legal y extralegal, vigente en la empresa, a la Ley 100 y a las cargas para fiscales. Como resultado se obtiene el valor presupuestado de mano de obra indirecta. (Ver tabla 23).
- e) Presupuesto del consumo y valor del gasto de energía. El costo presupuestado del gasto de energía se puede obtener de la siguiente manera para los equipos que permanecen energizados durante las horas de funcionamiento del laboratorio; en primer lugar se realiza una medición por equipos, obteniendo los kW que se consume en la realización de cada prueba. En segundo lugar se hace una valoración de los consumos utilizando las tarifas de costos de energía presupuestadas para esta vigencia por la empresa de energía de la región. (Ver tabla 22).

**Tabla 22.** Presupuesto de gasto de energía anual del Laboratorio

EQUIPO	kW	HORAS DÍA	DÍAS AÑO	kW/h año	Precio kW/h (\$ COL)	PRESUPUESTO ENERGÍA AÑO (\$ COL)
FLUKE 5500A	0,23	8	275	506	272,37	137 819
Termohigrómetro	0	8	275	0	272,37	0
<b>TOTAL</b>						<b>137 819</b>

Proyectando un incremento del 18 % en el costo de la energía, el presupuesto sería de \$ 162 626.

**Tabla 23.** Cálculo precio de mano de obra indirecta en el Laboratorio.

PROFESIÓN	DEVANGADO MENSUAL					PRESTACIONES LEGALES					LEY 100			APORTES PARAFISCALES			
	Salario Mensual	Auxilio Refrigerio	Prima Antigüedad	Bonificación	Viáticos	Total devengado mensual	Cesantías	Prima Servicios	Vacaciones	Interés Cesantías	Dotación	Salud	Pensión	ARP	Caja de Compensación	ICBF	SENA
%		0 %	0 %	0 %	0 %		8,33 %	8,33 %	4,17 %	0,12 %	0 %	12 %	15 %	0,522 %	4 %	3 %	2 %
Ingeniero	1 049 125	0	0	0	0	1 049 125	87 392	87 392	43 749	1 259	0	125 895	157 369	5 476	41 965	31 474	20 983

PROFESIÓN	DEVENGADO AJUSTADO MENSUAL	DEVENGADO AJUSTADO ANUAL
Ingeniero	\$ 1 652 078	\$ 19 824 937

- f) Presupuesto de gastos de acueducto. Para calcular el presupuesto de gasto de acueducto se puede consultar la información que la empresa de acueducto de la región tenga sobre el consumo de metros cúbicos de agua por persona en un área industrial o de oficina, según sea la ubicación del laboratorio. En algunos casos en las facturas de servicio se puede encontrar esta información (ver tabla 24).

**Tabla 24.** Presupuesto de gasto acueducto.

CONCEPTO	LABORATORIO
Consumo personas m <sup>3</sup>	2,6
Número de personas	3
Consumo laboratorio m <sup>3</sup> /mes	7,8
Consumo laboratorio m <sup>3</sup> /año	93,6
Tarifa empresa energía (\$/m <sup>3</sup> )	762
<b>Presupuesto acueducto (\$ COL)</b>	<b>71 323</b>

Proyectando un incremento del 18 % en el costo del acueducto, el presupuesto sería de \$ 84 161.

- g) Presupuesto del gasto de seguro. La prima de seguro de los equipos es muy específica para cada laboratorio, según los contratos que hayan firmado al respecto. (Ver tabla 25).

**Tabla 25.** Presupuesto gasto seguro equipos Laboratorio

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$ COL)	VALOR TOTAL (\$ COL)	PRIMA SEGURO	VALOR SEGURO (\$ COL)
FLUKE 5500A	1	124 077 067 (\$ 54 638 US)	124 077 067 (\$ 54 638 US)	0,0022	272 970
Termohigrómetro	1	696 000	696 000	0,0022	1 531
<b>TOTAL</b>					<b>274 501</b>

h) Materiales indirectos. El laboratorio debe identificar los tipos de materiales indirectos que se requieren para efectuar las pruebas, al igual que el consumo de cada uno de ellos (ver tabla 26).

**Tabla 26.** Presupuesto de gasto de materiales indirectos y otros.

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNIDAD (\$ COL)	CONSUMO AÑO	VALOR TOTAL CONSUMO AÑO (\$ COL)
Norma NTC-ISO-IEC 17025	Unidad	34 000	1	34 000
Norma NTC-ISO 2194	Unidad	34 000	1	34 000
Norma NTC 1000	Unidad	27 000	1	27 000
GTC 51	Unidad	107 000	1	107 000
GTC 115	Unidad	27 000	1	27 000
UNE-EN 60051-9	Unidad	116 790	1	116 790
<b>VALOR TOTAL</b>				<b>345 790</b>

#### 5.1.9.2 Presupuesto horas hombre efectivas directas

Tomando como referencia los días hábiles del año y el número de horas día laborada en el laboratorio, es decir el número de horas que en el día se emplean específicamente en la realización de las calibraciones, se obtiene el número total de horas efectivas por el laboratorio en el año. Esta información será la base de aplicación para obtener la tasa de aplicación de los CIF en el laboratorio (ver tabla 27).

**Tabla 27.** Presupuesto horas hombre efectivas directas del laboratorio.

OPERARIO	HORAS DÍA EFECTICAS	DÍAS LABORALES AÑO	HORAS AÑO
Ingeniero	8	246	1968
Tecnólogo 1	8	246	1968
Tecnólogo 2	8	246	1968
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>738</b>	<b>5904</b>

A continuación en la tabla 28 se presenta el presupuesto de costos indirectos de fabricación (CIF) para el laboratorio.

**Tabla 28.** Presupuesto CIF para el Laboratorio.

CONCEPTO CIF	BASE PRESUPUESTAL (\$ COL)
Depreciación Equipos	24 885 013
Depreciación Edificios	1 576 800
Seguro Equipos	274 501
Mano de obra indirecta	19 824 937
Energía	162 626
Acueducto	84 161
Materiales Indirectos y otros	345 790
Teléfono	150 000
Fletes	100 000
Mantenimiento de equipos	4 000 000
Calibración equipos	2 126 000
Asesoría Técnica	10 000 000
Aseo y Cafetería	100 000
Papelería	500 000
<b>TOTAL</b>	<b>64 129 828</b>

### 5.1.9.3 Tasa de aplicación de los CIF

Este ítem hace referencia a la forma en que se ha de incorporar los CIF al Costo Total del Servicio. Se obtiene dividiendo el presupuesto CIF del año con el presupuesto de horas hombre efectivas directas (ecuación 3).

$$TasadeAplicaciónLaboratorio = \frac{ValorPresupuestoCIFLaboratorio}{PresupuestodeHorasHombreEfectivasDirectas}$$

**Ecuación 3.** Tasa Aplicación de los CIF

El valor del presupuesto CIF del laboratorio, se encuentra al sumar todos los conceptos CIF estipulados en la tabla 19, con el valor de los equipos y el valor del edificio. Se puede sumar el valor de los equipos si éstos tienen precio similar. En el caso de equipos que tengan un precio muy diferente al resto, es conveniente que se trabajen por separado, es decir, que se halle una tasa de aplicación para cada uno de ellos.

La tasa de aplicación de los CIF para el laboratorio de calibraciones eléctricas de la Universidad Industrial de Santander es la presentada en la ecuación 4.

$$TasadeAplicación(LCE) : \frac{64129828}{5904} = 10862$$

**Ecuación 4.** Tasa de Aplicación para el LCE de la UIS.

#### 5.1.10 Fichas de costos normalizados

Las fichas de costos por servicio para un laboratorio se obtienen de la siguiente manera:

- *Costo normalizado de materiales directos:* se halla al multiplicar la cantidad de materiales por calibración por el precio.
- *Costo normalizado unitario de mano de obra directa:* se halla multiplicando el tiempo estándar por actividad con el valor de la hora del laboratorio.
- *Costo unitario del CIF normalizado:* se obtiene al multiplicar el tiempo estándar por actividad por la tasa de aplicación respectiva del laboratorio.
- *Costo normalizado unitario por prueba:* se obtiene al sumar el costo normalizado unitario de material directo, el costo unitario de mano de obra directa y el costo unitario de CIF normalizado.

Si al obtener el costo normalizado unitario de prueba (ver tabla 29), el encargado del laboratorio considera que este precio no se encuentra dentro de los límites esperados, se debe revisar cuidadosamente el presupuesto de los costos indirectos de fabricación, que es el aspecto donde más estimativos se hacen y por tanto donde más causa de error se puede presentar.

**Tabla 29.** Ficha de costos normalizado del laboratorio

NOMBRE CALIBRACIÓN	M.O.D.			CIF			COSTO ST UNIT CALIBRACIÓN (\$ COL)
	TIEMPO S.T./HORAS CALIBRACIÓN	VALOR HORA (\$ COL)	COSTO UNIT S.T. CALIBRACIÓN (\$ COL)	TIEMPO S.T./HORAS CALIBRACIÓN	TASA DE APLICACIÓN	COSTO UNIT CIF ST CALIBRACIÓN (\$ COL)	
Ampermetros Analógico	3,30	4 924	16 249	3,30	10 862	\$ 35.845	<b>52 094</b>
Pinzas amperimétricas analógicas	3,30	4 924	16 249	3,30	10 862	\$ 35.845	<b>52 094</b>
Voltmetros analógicos	3,30	4 924	16 249	3,30	10 862	\$ 35.845	<b>52 094</b>
Óhmetros analógicos	3,30	4 924	16 249	3,30	10 862	\$ 35.845	<b>52 094</b>
Wattmetros analógicos	3,30	4 924	16 249	3,30	10 862	\$ 35.845	<b>52 094</b>
Multímetro digital	4,20	4 924	20 681	4,20	10 862	\$ 45.620	<b>66 301</b>
Pinzas amperimétricas digitales	1,40	4 924	6 893	1,40	10 862	\$ 15.207	<b>22 100</b>
Wattmetros digitales	1,40	4 924	6 893	1,40	10 862	\$ 15.207	<b>22 100</b>
Óhmetros digitales	1,40	4 924	6 893	1,40	10 862	\$ 15.207	<b>22 100</b>
Ampermetros digitales	1,08	4 924	5 318	1,08	10 862	\$ 11.731	<b>17 049</b>
Voltmetros digitales	1,08	4 924	5 318	1,08	10 862	\$ 11.731	<b>17 049</b>
Medidor de capacitancia	1,30	4 924	6 401	1,30	10 862	\$ 14.121	<b>20 522</b>
Frecuencímetros	27,00	4 924	132 948	27,00	10 862	\$ 293.274	<b>426 222</b>
Cosenofímetros monofásicos	2,00	4 924	9 848	2,00	10 862	\$ 21.724	<b>31 572</b>
Medidores de temperatura con termopar	0,30	4 924	1 477	0,30	10 862	\$ 3.259	<b>4 736</b>
Medidores de temperatura con RTD	0,30	4 924	1 477	0,30	10 862	\$ 3.259	<b>4 736</b>

Convenciones:

**M.O.D.** : Mano de Obra Directa

**S. T.** : Normalizado

**C. I. F.** : Costos Indirectos de Fabricación

**Tabla 30.** Costo servicio calibración total.

<b>NOMBRE CALIBRACIÓN</b>	<b>COSTO ST UNIT CALIBRACIÓN (\$ COL)</b>	<b>COSTO TOTAL MÁS IVA (16%) (\$ COL)</b>	<b>FACTOR DE INCREMENTO DEL 18%</b>	<b>COSTO TOTAL (\$ COL)</b>
Ampermetros Analógico	52 094	<b>60 429</b>	10 877	<b>\$ 71 306</b>
Pinzas amperimétricas analógicas	52 094	<b>60 429</b>	10 877	<b>\$ 71 306</b>
Voltmetros analógicos	52 094	<b>60 429</b>	10 877	<b>\$ 71 306</b>
Óhmetros analógicos	52 094	<b>60 429</b>	10 877	<b>\$ 71 306</b>
Wattmetros analógicos	52 094	<b>60 429</b>	10 877	<b>\$ 71 306</b>
Multímetro digital	66 301	<b>76 909</b>	13 844	<b>\$ 90 753</b>
Pinzas amperimétricas digitales	22 100	<b>25 636</b>	4 614	<b>\$ 30 247</b>
Wattmetros digitales	22 100	<b>25 636</b>	4 614	<b>\$ 30 247</b>
Óhmetros digitales	22 100	<b>25 636</b>	4 614	<b>\$ 30 247</b>
Ampermetros digitales	17 049	<b>19 776</b>	3 559	<b>\$ 23 335</b>
Voltmetros digitales	17 049	<b>19 776</b>	3 559	<b>\$ 23 335</b>
Medidor de capacitancia	20 522	<b>23 806</b>	4 285	<b>\$ 28 091</b>
Frecuencímetros	426 222	<b>494 418</b>	7 995	<b>\$ 583 413</b>
Cosenofímetros monofásicos	31 572	<b>36 624</b>	6 592	<b>\$ 43 216</b>
Medidores de temperatura con termopar	4 736	<b>5 493</b>	988	<b>\$ 6 483</b>
Medidores de temperatura con RTD	4 736	<b>5 493</b>	988	<b>\$ 6 483</b>

## **5.2 Presupuesto estimativo en infraestructura del Laboratorio**

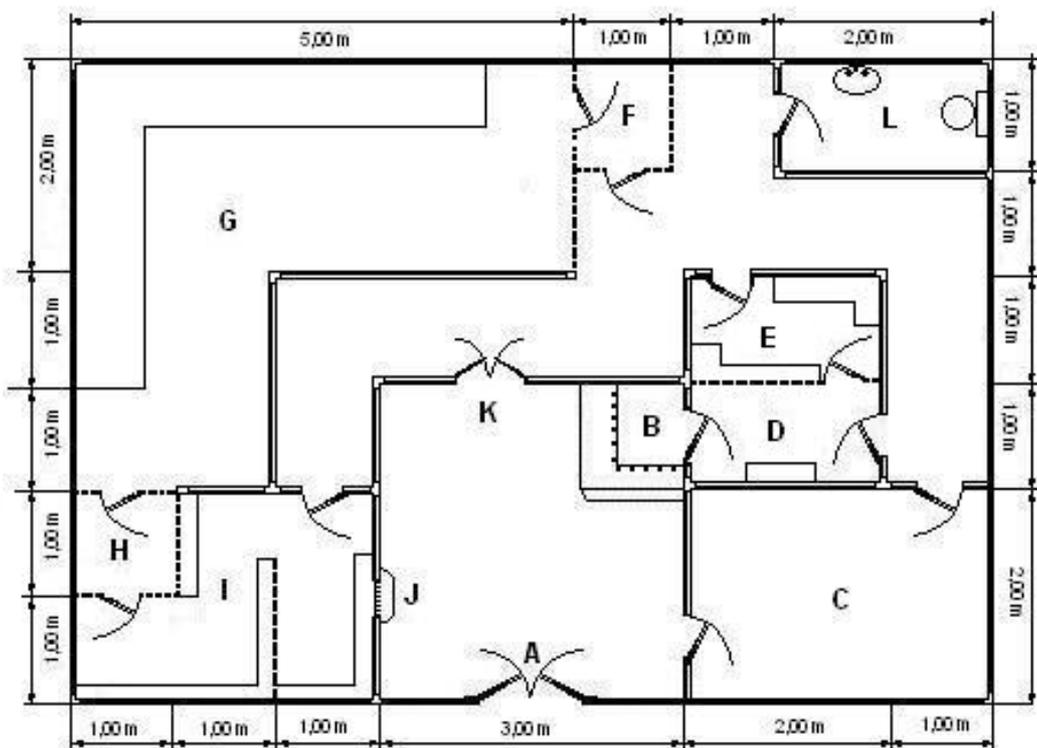
Buscando lograr áreas que permitan cumplir con los requerimientos funcionales que surgen del proceso de calidad que se debe implementar bajo la norma NTC-ISO-IEC 17025 y las normas técnicas requeridas y condiciones para calibración, se propone una infraestructura para el laboratorio. La estructura arquitectónica respeta cada una de las áreas, siendo delimitadas para evitar contaminación cruzada que pueda afectar el normal funcionamiento del mismo.

Se plantea que las instalaciones del laboratorio estarán en un lote de terreno junto con el laboratorio en él construido; con un área total de cincuenta y cuatro metros cuadrados (54 m<sup>2</sup>).

Una sola planta, pisos en granito pulido (para evitar polvo), instalaciones de energía y acueducto. Mide por el NORTE, nueve metros (9 m); por el ORIENTE, seis metros (6 m); por el SUR, nueve metros (9 m) y por el OCCIDENTE, seis metros (6 m).

En la figura 5 se presenta la propuesta arquitectónica para implementar el laboratorio.

**Figura 5.** Planta proyectada del Laboratorio



**CONVENCIONES:**

- Divisiones en vidrio
- ==== Pared en Ladrillo

*Todas las puertas son en vidrio, excepto las áreas A y L.*

**ÀREA TOTAL:** 54 m<sup>2</sup> (9 m x 6 m)

- A.** Entrada principal al Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la UIS.
- B.** Recepción de equipos y atención al público.
- C.** Oficina del Director de Laboratorio.
- D.** Almacenamiento y codificación de los equipos.
- E.** Almacenamiento de equipos ya codificados y listos para calibrar.
- F.** Área de estabilización ambiental No. 1.
- G.** Área de calibración.
- H.** Área de estabilización ambiental No. 2.
- I.** Área de almacenamiento de equipos ya calibrados.
- J.** Entrega de equipos calibrados a los clientes.
- K.** Entrada y salida para sólo personal que labore en el LCE de la UIS.  
(Acceso restringido).
- L.** Baño.

Se muestra en la tabla 31, el presupuesto estimativo de la inversión necesaria requerida para la implantación del Sistema de Competencia del Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la Universidad Industrial de Santander.

**Tabla 31.** Presupuesto Estructura arquitectónica del Laboratorio.

**PRESUPUESTO INFRAESTRUCTURA (2006-01-24)**

PROCEDIMIENTO	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	V/r UNITARIO (\$ COL)	V/r TOTAL (\$ COL)
Mampostería	Ladrillos H10	Un	1700	\$ 560	\$ 952.000
	Cemento	Bulto	22	\$ 13.000	\$ 286.000
	Arena	m <sup>3</sup>	6,6	\$ 20.000	\$ 132.000
	Mano de obra	m	130,2	\$ 3.600	\$ 468.720
Friso	Cemento	Bulto	30	\$ 13.000	\$ 390.000
	Arena	m <sup>3</sup>	10	\$ 20.000	\$ 200.000
	Mano de obra	m	246	\$ 3.500	\$ 861.000
Enchape baño muro	Cerámica	m <sup>2</sup>	13	\$ 15.000	\$ 195.000
	Pegacor	kilo	50	\$ 760	\$ 38.000
	Cemento blanco	kilo	3	\$ 1.200	\$ 3.600
Piso baño	Cerámica	m <sup>2</sup>	2	\$ 17.000	\$ 34.000
	Pegacor	kilo	8	\$ 760	\$ 6.080
	Cemento blanco	kilo	1	\$ 1.200	\$ 1.200
	Mano de obra	m <sup>2</sup>	15	\$ 5.000	\$ 75.000
Inodoro y lavamanos		Un	1	\$ 187.000	\$ 187.000
Concreto piso	Cemento	Bulto	27	\$ 13.000	\$ 351.000
	Arena	m <sup>3</sup>	8	\$ 20.000	\$ 160.000
	Triturado	m <sup>3</sup>	4	\$ 38.000	\$ 152.000
	Mano de obra	m <sup>2</sup>	54	\$ 4.000	\$ 216.000
Piso	Granito pulido y mano de obra	m <sup>2</sup>	54	\$ 43.000	\$ 2.322.000
Guardaescoba y mediacaña	Granito pulido y mano de obra	mm	57	\$ 30.000	\$ 1.710.000
Estuco		m <sup>2</sup>	213	\$ 3.700	\$ 788.100
Pintura	Mano de obra	m <sup>2</sup>	213	\$ 3.900	\$ 830.700
	Pintura	Galón	5	\$ 36.000	\$ 180.000
Puerta y divisiones en Vidrio (con instalación)	Puertas en tubular de 2 m x 1m, con vidrio en 5 mm. Chapa pomo de 205 m x 100 m, con fijo.	Un	4	\$ 750.000	\$ 3.000.000
	Cuerpos fijos en U de 2 m x 1 m, con vidrio de 5 mm y pisavidrio.	Un	3	\$ 300.000	\$ 900.000
	Fijo de 100 m x 190 m, con vidrio en 5 mm. Chapa pomo.	Un	1	\$ 240.000	\$ 240.000
	Puerta de tubular 2 m x 1 m con vidrio en 5 mm. Chapa pomo.	Un	7	\$ 650.000	\$ 4.550.000
	Puerta 2 m x 1 m con vidrio de 5 mm Samblastado.	Un	1	\$ 690.000	\$ 690.000
Puertas en madera	Madera	Un	2	\$ 150.000	\$ 300.000
Aire acondicionado	Equipo	Un	1	\$ 1.150.000	\$ 1.150.000
	Instalación	Un	1	\$ 500.000	\$ 500.000
	Tubería			\$ 120.000	\$ 120.000
	IVA 16 %			\$ 283.200	\$ 283.200
Instalación eléctrica	Materiales y planos				\$ 1.500.000
	Mano de obra				\$ 1.500.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 25.272.600</b>

Aplicando un factor de incremento del 18% el costo total sería de **\$ 29.821.668**

### **5.3 Análisis de rentabilidad del LCE de la UIS**

Con el fin de estimar el nivel de producción del Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la Universidad Industrial de Santander al año, es decir, el número de servicios de calibración que podría prestar, se efectuaron las siguientes estimaciones:

Para el efecto se ha supuesto que el laboratorio, más específicamente el Técnico de Calibración dedica el 100 % de su tiempo a la realización de las calibraciones.

Con base en los datos respecto a tiempos aproximados de cada una de las calibraciones propuestas, facilitadas por el Laboratorio de Corriente Continua de la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC (ver numeral 5.1.5), se realizó la estimación presentada en la tabla 32. La capacidad del laboratorio es el resultado de la actividad en la jornada laboral de 8 horas y un año de 313 días laborales.

En estas condiciones, la capacidad del laboratorio es de 2 851 instrumentos de medición aproximadamente al año, distribuidos en cada uno de los diferentes servicios que se prestaría, es decir, multímetros, pinzas amperimétricas, etc.

De acuerdo a la investigación realizada en el nororiente colombiano (ver capítulo 2), se cuenta con un mercado de aproximadamente 1 924 instrumentos de medición, sólo en esta región.

Lo anterior muestra que el LCE de la UIS podría cubrir toda la demanda del nororiente colombiano e incluso una parte de otras regiones.

Actualmente existen tres (3) laboratorio acreditados en Colombia para prestar este servicio y ninguna de ellos en la región del nororiente colombiano.

Estimando que en el resto del país existan aproximadamente 5 772 instrumentos de medición, es decir, tres veces la cantidad del nororiente colombiano, a cada laboratorio le correspondería aproximadamente 1 924 instrumentos. Lo anterior estimando que no todos los laboratorio manejan el mismo alcance que se plantea.

Lo anterior muestra el mercado que hay en el servicio de calibraciones, que es solo parte, importante claro está, de los servicios que podrá prestar el laboratorio.

Basado en el anterior análisis, se hace a continuación en la tabla 32 una evaluación del ingreso anual que tendría el laboratorio.

**Tabla 32.** Ingreso anual estimado que tendría el Laboratorio. (2006-01-12)

DESCRIPCIÓN	No. DE INSTRUMENTOS	%	HORAS ESTIMADAS EN UN DÍA (de acuerdo al No. de instrumentos)	HORAS DE CALIBRACIÓN REQUERIDAS	No. instrumentos calibrados en una año.	COSTO UNITARIO	INGRESO AL AÑO
Ampermetros - Voltmetros	351	18,2 %	1,46	3,3	138	\$ 60 429	\$ 8 345 214
Pinzas amperimétricas	320	16,6 %	1,33	3,3	126	\$ 60 348	\$ 7 601 341
Óhmetros	98	5,1 %	0,41	3,3	39	\$ 60 348	\$ 2 335 352
Wattmetro	174	9,0 %	0,72	3,3	68	\$ 60 348	\$ 4 121 209
Multímetro	362	18,8 %	1,50	4,2	112	\$ 76 909	\$ 8 620 272
Frecuencímetro	33	1,7 %	0,14	27	2	\$ 494 418	\$ 779 495
Medidor capacitancia	46	2,4 %	0,19	1,3	46	\$ 23 806	\$ 1 100 474
Termometro no contacto	233	12,1 %	0,97	0,3	1 010	\$ 5 494	\$ 5 548 405
termometro contacto	302	15,7 %	1,26	0,3	1 310	\$ 5 494	\$ 7 199 170
Cosenofímetro monofásico	5	0,3 %	0,02	2,0	4	\$ 36 624	\$ 137 558
<b>TOTAL</b>	<b>1 924</b>	<b>100 %</b>	<b>8</b>	<b>46,3</b>	<b>2 851</b>		<b>\$ 45 788 488</b>

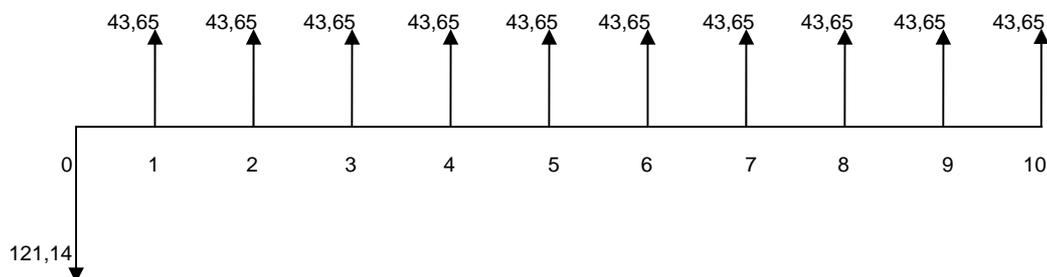
En la tabla 33, se presenta el análisis de inversión, ingresos y egresos del Laboratorio.

**Tabla 33.** Rentabilidad del Laboratorio.

INVERSIÓN		EGRESOS		INGRESOS	
DESCRIPCIÓN	COSTO (\$ COL)	DESCRIPCIÓN	COSTO (\$ COL)	DESCRIPCIÓN	COSTO (\$ COL)
Infraestructura	29 821 668	Ingeniero	1 652 178	Servicios de calibración	54 030 413
Equipos	84 412 161	Técnico 1	1 201 511		
Normas técnicas	645 790	Técnico 2	1 201 511		
Seguro de equipos	274 501	Mantenimiento	4 000 000		
Proceso de acreditación	6 290 000	Calibraciones	2 126 000		
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 121 144 120</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 10 381 200</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 54 030 413</b>

Planteando un horizonte de 10 años, en el figura 6 se presenta el diagrama del proyecto en millones de pesos m/cte.

**Figura 6.** Diagrama del proyecto



Aproximadamente en tres (3) años se cubriría la inversión realizada al Laboratorio de Calibraciones Eléctricas de la Universidad Industrial de Santander. De la figura 6 se obtiene:

Valor presente neto: \$ 115 700 000

Tasa interna de retorno: 34,12 %

Calculado con una tasa de oportunidad anual del 13 %.

**CAPÍTULO 6**

---

**PROPUESTA LÍNEA DE ESTUDIO EN  
METROLOGÍA ELÉCTRICA**

## 6. PROPUESTA LÍNEA DE ESTUDIO EN METROLOGÍA ELÉCTRICA

El ingeniero ha de enfrentarse inevitablemente con medidas, tanto si las utiliza simplemente como herramientas para obtener información, como si llega a verse interesado en estudios fundamentales en teoría de la medida. Debe estar familiarizado con aparatos, métodos, limitaciones, técnicas y posibilidades de exactitud de las medidas. No obstante es imposible estar al corriente en todas las ramificaciones de esta materia altamente desarrollada. Una aproximación eficaz es conocer los conceptos fundamentales de la medida y algunos de los métodos de comprobada utilidad. Un apoyo firme en los principios constituye la estructura que soporta y genera la comprensión necesaria para la solución de problemas concretos.

Lo importante es aprender la disciplina del pensamiento analítico. Sin esa disciplina el progreso individual en cualquier campo científico se verá probablemente frustrado, y las oportunidades de perfeccionamiento serán escasas.

Teniendo en cuenta el objetivo propuesto referente al planteamiento de materias que aportarán un soporte metrológico a la escuela, se ha estructurado un plan de estudios para la E<sup>3</sup>T con énfasis en la actividad metrológica.

El plan de estudios consta de cuatro asignaturas, cuya estructura general se presenta en la tabla 34.

**Tabla 34.** Asignaturas del Plan de Estudios propuesto

ETAPAS DE FORMACIÓN	SEMESTRE	ASIGNATURA
Primera	VI	Mediciones Eléctricas
Segunda	VII	Metrología y Normalización
Tercera	VIII	Incertidumbre de Medición
Cuarta	IX	Seminario "Metrología hoy y su aplicación en el sector productivo"

De acuerdo con esta estructura se tiene que a partir del sexto (VI) semestre los estudiantes iniciarían el soporte metrológico a nivel de su carrera.

En la primera etapa de formación, el estudiante cursa una asignatura que lo introduce a la aplicabilidad de las mediciones a nivel eléctrico como inicio a la formación metrológica. Se mantiene el contenido ya establecido para esta materia en la E<sup>3</sup>T.

La asignatura del séptimo (VII) semestre, segunda etapa de formación, le permitirá al estudiante conocer los orígenes, terminología y reglamentación actual de Metrología necesaria para todos los procesos industriales.

Como tercera etapa de formación, octavo (VIII) semestre, el estudiante desarrolla su trabajo de aplicación de conceptos vistos en la primera y segunda etapa, además de la parte matemática necesaria y los requerimientos necesarios para el cálculo y estimación de la incertidumbre, factor indispensable en todas las actividades de calibración y/o ensayo.

Y como última etapa, para el noveno (IX) semestre, se contempla un seminario en el que podrá conocer la aplicación actual y participar interactuando incluso en forma presencial con las actividades metrológicas en la UIS y fuera de ésta.

## 6.1 Plan de estudios

A continuación se presenta el plan estudios de las asignaturas que inicialmente se contemplaron. El plan de estudios es para cuatro (4) semestres.

6.1.1 Mediciones eléctricas. Se conserva el contenido de la materia ya estipulado en la E<sup>3</sup>T.

 <b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES</b> Programa de Ingeniería Eléctrica 			
<b>ASIGNATURA:</b> MEDICIONES ELÉCTRICAS	<b>CÓDIGO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> VI	<b>CREDITOS:</b>
<b>REQUISITOS:</b> Circuitos eléctricos II Tratamiento de señales	<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL:</b>		<b>TI:</b>
	<b>TAD:</b>	<b>TALLERES:</b>	<b>LABORATORIO:</b>
		<b>TEÓRICA:</b>	
<b>JUSTIFICACIÓN:</b>			
<p>La importancia en métodos de medición es incalculable, ya que mediante su uso se indican magnitudes eléctricas como corriente, carga, potencial y energía, o las características eléctricas de los circuitos, como la resistencia, la capacidad, la capacitancia y la inductancia. Además que permite localizar las causas de una operación defectuosa en dispositivos y sistemas eléctricos.</p>			
<b>PROPÓSITOS DEL CURSO:</b>			
<p>Al final de este curso se espera que el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conozca las unidades de medidas eléctricas fundamentales y sus derivadas.</li> <li>• Conozca los tipos de error que se pueden cometer cuando se realizan las medidas y que técnicas pueden ser utilizadas para minimizar estos errores.</li> <li>• Conozca algunos de los patrones de medidas eléctricas.</li> <li>• Esté capacitado para descubrir las características de un sistema de medición.</li> <li>• Entienda la construcción, funcionamiento y utilización de equipos tanto analógicos como digitales de medidas eléctricas de: tensión, corriente, potencia energía, resistencia, reactancias.</li> </ul>			
<b>CONTENIDO:</b>			
<b>1. Conceptos generales de metrología eléctrica</b> 1.1 ¿Qué es metrología? 1.2 Modelos básicos de instrumentación y medida 1.3 Errores y fuentes de error en metrología. 1.4 Modos de operación de los instrumentos de medida 1.5 Sistema internacional de unidades 1.6 Unidades eléctricas y magnitudes 1.7 Patrones eléctricos 1.8 Valores a medir en un sistema eléctrico 1.9 Medidas analógicas y digitales 1.10 Vocabulario internacional de términos utilizados en metrología.		4.3 Voltmetros electrónicos digitales: doble pendiente, aproximaciones sucesivas y verdadero valor eficaz 4.4 Medidas de tensión con el osciloscopio	
<b>2. Medición y Error</b>		<b>5. Medidas de corriente</b> 5.1 Necesidad del shunt para las medidas de corrientes. 5.2 Ampermetros electromecánicos: electromagnéticos y electrodinámicos 5.3 Ampermetros de efecto Hall 5.4 Sensores magnetoresistivos 5.5 Sensores ópticos	
		<b>6. Medidas de potencia, factor de potencia y ángulo de fase.</b> 6.1 Definición de potencias en regímenes no	

<p>2.1 Características estáticas y dinámicas de la instrumentación</p> <p>2.2 Precisión y exactitud</p> <p>2.3 Tipos de error</p> <p>2.4 El concepto de incertidumbre</p> <p>2.5 Evaluación de la incertidumbre</p> <p><b>3. Conceptos básicos de procesamiento de señales digitales.</b></p> <p>3.1 Respuesta de sistemas LIT discretos a exponenciales complejas.</p> <p>3.2 Representación de señales discretas aperiódicas: Transformada de Fourier</p> <p>3.3 Propiedades de la Transformada de Fourier de señales discretas.</p> <p>3.4 Muestreo de señales continuas Teorema de Nyquist y conversión A/D.</p> <p>3.5 Procesamiento Discreta de Fourier y la Transformada Rápida de Fourier.</p> <p><b>4. Medidas de tensión (HAD: /HPP: /HI: ).</b></p> <p>4.1 Voltmetros electromecánicos: electromagnéticos, electrodinámicos y electroestáticos.</p> <p>4.2 Voltmetros electrónicos analógicos: corriente continua, corriente alterna de 60 Hz y verdadero valor eficaz.</p>	<p>senosoidales.</p> <p>6.2 Medidas de potencia en circuitos de corriente alterna</p> <p>6.3 Medidas de potencia en circuitos de corriente alterna</p> <p>6.4 Medidas de potencia a frecuencias bajas y medias</p> <p>6.5 Medidas de potencia a la frecuencia de la red</p> <p>6.6 Medidas de potencia a frecuencias altas</p> <p>6.7 Medición del factor de potencia</p> <p>6.8 Medición del ángulo de fase</p> <p><b>7. Medidas de energía (HSD: /HPP: /HI: )</b></p> <p>7.1 Medida de energía en sistemas de corriente continua</p> <p>7.2 Contadores de inducción</p> <p>7.3 Contadores estáticos</p> <p>7.4 Contadores digitales</p> <p><b>8. Otros instrumentos de medida.(HAD: /HPP: HI: )</b></p> <p>8.1 Puentes de medición de componentes</p> <p>8.2 Medición de puesta a tierras.</p>
<p><b>BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y COMPLEMENTARIA:</b></p> <p> <b>Mediciones y pruebas eléctricas y electrónicas</b>, W. Bolton. ALFAOMEGA, 1996.</p> <p> <b>Measurement, Instrumentation, and Sensor Handbook</b>, CRCnetBAE 1999 CD-ROM</p> <p> <b>Sistemas de medición. Principios y aplicaciones.</b> Segunda edición, John P. Bentley, Compañía Editorial Continental, 2000.</p> <p> <b>Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición</b>, Albert D. Helfrick &amp; William D. Cooper. Prentice Hall, 1991.</p> <p> <b>IEEE Master Test Guide for Electrical Measurements in Power Circuits</b>, IEEE Std 120-1989</p> <p> <b>Metrología</b> (segunda edición), Carlos González G. &amp; José R. Zeleny V. McGRAW-HILL, 1998</p> <p> <b>Power System Quality Assessment</b>, J. Arrillaga, N. R. Watson y S. Chen. John Wiley &amp; Sons, 2000</p>	

## 6.1.2 Metrología y Normalización

 <b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES</b> Programa de Ingeniería Eléctrica 			
<b>ASIGNATURA:</b> METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN	<b>CÓDIGO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> VII	<b>CREDITOS:</b>
<b>REQUISITOS:</b> Mediciones Eléctricas	<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL:</b>		<b>TI:</b>
	<b>TAD:</b>	<b>TALLERES:</b>	<b>LABORATORIO:</b>
<b>TEÓRICA:</b>			
<b>JUSTIFICACIÓN:</b> <p>La Metrología es la ciencia de las mediciones y ésta es una parte permanente e integrada de nuestro diario vivir que a menudo perdemos de vista. Estamos permanentemente buscando nuevos patrones y formas de medir como parte de nuestro progreso y evolución.</p> <p>Es por medio de diferentes aparatos e instrumentos de medición que se realizan pruebas y ensayos que permiten determinar la conformidad con las normas existentes de un producto o servicio; en cierta medida, esto permite asegurar la calidad de los productos y servicios que se ofrecen a los consumidores.</p> <p>Las mediciones correctas tienen una importancia fundamental para los gobiernos, para las empresas y para la población en general, ayudando a ordenar y facilitar las transacciones comerciales.</p>			
<b>PROPÓSITOS DEL CURSO:</b> <p>Al final de este curso se espera que el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conozca los conceptos básicos de la metrología, su historia y cada uno de las tres (3) clases de metrología que existen, necesarios para entender los procesos de medición e interpretar sus resultados.</li> <li>• Conozca el Vocabulario Internacional de Metrología.</li> <li>• Conozca el Sistema Internacional de Unidades de acuerdo a normatividad técnica.</li> <li>• Adquiera conocimientos sobre la base administrativa, técnica y legal que un Laboratorio debe contemplar y cumplir para alcanzar su acreditación y brindar un óptimo servicio.</li> <li>• Conozca la normatividad técnica internacional y nacional existente.</li> </ul>			
<b>CONTENIDO:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Conceptos generales de metrología</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 ¿Qué es metrología?</li> <li>1.2 Historia de la metrología.</li> <li>1.3 Aplicación de la metrología.</li> <li>1.4 Metrología legal</li> <li>1.5 Metrología Industrial</li> <li>1.6 Metrología científica</li> </ol> </li> <li><b>2. Sistema Internacional de Unidades</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 ¿Qué es el SI?</li> <li>2.2 Historia del SI</li> <li>2.3 Reglas</li> <li>2.4 Norma NTC 1000</li> </ol> </li> <li><b>3. Vocabulario Internacional de Metrología</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Conceptos fundamentales en metrología</li> <li>3.2 Calibración</li> <li>3.3 Ajuste</li> <li>3.4 Repetibilidad</li> <li>3.5 Reproducibilidad</li> <li>3.6 Exactitud</li> <li>3.7 Patrón y su clasificación</li> <li>3.8 Instrumentos de medición</li> <li>3.9 Trazabilidad</li> <li>3.10 Norma NTC 2194</li> </ol> </li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li><b>5. Metrología en los procesos de control de la calidad.</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>5.1 ¿Qué es un sistema de calidad?</li> <li>5.2 Requerimientos</li> <li>5.3 Acreditación</li> <li>5.4 Certificación</li> <li>5.5 ISO 9000</li> <li>5.6 Norma NTC-ISO-IEC 17025</li> </ol> </li> <li><b>6. Norma NTC-ISO-IEC 17025</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>6.1 Antecedentes e introducción</li> <li>6.2 Entorno de la acreditación de laboratorios de ensayo y/o calibración</li> <li>6.3 Objeto de la norma</li> <li>6.4 Requisitos de gestión</li> <li>6.5 Perfil de la organización</li> <li>6.6 Control de documentación</li> <li>6.7 Alta dirección</li> <li>6.8 Auditorías internas</li> <li>6.9 Requisitos técnicos</li> <li>6.10 Personal</li> <li>6.11 Instalaciones y condiciones ambientales</li> </ol> </li> <li><b>7. Especialidades metrológicas industriales</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>7.1 Introducción</li> <li>7.2 Clases de especialidades metrológicas.</li> <li>7.3 Metrología Eléctrica</li> </ol> </li> </ol>	

<p><b>4. Metrología y Normalización</b></p> <p>4.1 Normalización</p> <p>4.2 Organización Internacional de Normalización (ISO).</p> <p>4.3 Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC).</p> <p>4.4 Normas Técnicas Colombianas (NTC).</p> <p>4.5 Sistema Interamericano de Metrología (SIM)</p> <p>4.6 Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM)</p> <p>4.7 Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Instituto Federal de Física y Metrología de Alemania.</p>	<p>7.4 Aplicaciones</p>
<p><b>BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y COMPLEMENTARIA:</b></p> <p> <b>Norma NTC-ISO-IEC 17025.</b> Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración. Última versión.</p> <p> <b>Norma NTC-ISO 2194.</b> Vocabulario Metrología. Última versión.</p> <p> <b>Norma NTC 1000.</b> Sistema Internacional de Unidades. Última versión.</p> <p> <b>Norma ISO 9000.</b> Sistema de gestión de calidad. Última versión.</p> <p> <b>Metrología</b> (segunda edición), Carlos González G. &amp; José R. Zeleney V. McGRAW-HILL, 1998</p> <p> <b>Metrología para no-metrólogos.</b> Rocío M. Marbán y Julio A. Pellicer C. Segunda edición. SIM. 2002.</p> <p> <b>Decreto 2269.</b> Compendio de normas sobre protección al consumidor, servicios no domiciliarios de telecomunicaciones, acreditación, normas técnicas y Metrología. Superintendencia de Industria y Comercio.</p> <p> <b><a href="http://www.sic.gov.co">www.sic.gov.co</a></b></p>	

### 6.1.3 Incertidumbre en las mediciones

 <b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES</b> Programa de Ingeniería Eléctrica 			
<b>ASIGNATURA:</b>	INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES	<b>CÓDIGO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> VIII <b>CREDITOS:</b>
<b>REQUISITOS:</b>	Mediciones eléctricas Metrología y Normalización	<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL:</b>	
		<b>TAD:</b>	<b>TI:</b>
		<b>TALLERES:</b>	<b>LABORATORIO:</b>
		<b>TEÓRICA:</b>	
<b>JUSTIFICACIÓN:</b>			
<p>El resultado de una medición sin su valor de incertidumbre se considera INCOMPLETA. La incertidumbre de las mediciones, es en cierto modo una medida de la credibilidad de las mediciones.</p>			
<b>PROPÓSITOS DEL CURSO:</b>			
<p>Al final de este curso se espera que el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtenga información completa acerca de cómo se llega a la expresión de incertidumbres.</li> <li>• Obtenga una base para la comparación internacional de los resultados de las mediciones.</li> </ul>			
<b>CONTENIDO:</b>		<b>4. Determinación de la incertidumbre estándar combinada</b> 4.1 Argumentos no correlacionados 4.2 Argumentos correlacionados	
<b>1. Definiciones</b> 1.1 Términos metrológicos generales 1.2 El término "Incertidumbre" 1.3 Términos específicos para el cálculo de la incertidumbre de medición.		<b>5. Determinación de la incertidumbre expandida</b> 5.1 Introducción 5.2 Incertidumbre expandida 5.3 Elección del factor de cobertura	
<b>2. Conceptos básicos</b> 2.1 Medición 2.2 Errores, efectos y correcciones 2.3 Incertidumbre 2.4 Consideraciones prácticas		<b>6. Informe de la incertidumbre</b> 6.1 Guía general 6.2 Guía específica	
<b>3. Evaluando la incertidumbre estándar</b> 3.1 Modelos de medición 3.2 Evaluación de la incertidumbre Tipo A 3.3 Evaluación de la incertidumbre Tipo B 3.4 Ilustración gráfica de la evaluación de incertidumbre.		<b>7. Resumen del procedimiento y ejemplos para la evaluación y expresión de la incertidumbre.</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y COMPLEMENTARIA:</b>			
 <b>Guía BIPM/ISO para la expresión de la incertidumbre en las mediciones.</b> CENAM. Los. Cués, Querétano, México.			
 <b>Metrología</b> (segunda edición), Carlos González G. & José R. Zeleney V. McGRAW-HILL, 1998			
 <b>Metrología para no-metrólogos.</b> Rocío M. Marbán y Julio A. Pellicer C. Segunda edición. SIM. 2002.			
 <b>Norma NTC 5357-1.</b> Métodos estadísticos. directrices para la evaluación de la conformidad con requisitos especificados. parte 1 principios generales. ICONTEC.			
 <b>GTC 115.</b> Guía sobre la incertidumbre de la medición para principiantes. ICONTEC.			
 <b>GTC 51.</b> Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones. ICONTEC.			
 <b>www.sic.gov.co</b>			

## 6.1.4 Seminario: Metrología hoy y su aplicación en el sector productivo

 <b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES</b> Programa de Ingeniería Eléctrica 			
<b>ASIGNATURA:</b> SEMINARIO: Metrología hoy y su aplicación en el sector productivo	<b>CÓDIGO:</b>	<b>SEMESTRE:</b> IX	<b>CREDITOS:</b>
<b>REQUISITOS:</b> Mediciones eléctricas Metrología y Normalización Incertidumbre en las mediciones	<b>INTENSIDAD HORARIA SEMANAL:</b>		<b>TI:</b>
<b>TAD: TALLERES:_____ LABORATORIO:_____</b> <b>TEÓRICA:_____</b>			
<b>JUSTIFICACIÓN:</b> Las mediciones juegan un importante papel en la vida diaria de las personas. Se encuentran en cualquiera de las actividades, desde la estimación a simple vista de una distancia, hasta un proceso de control o la investigación básica. La Metrología es probablemente la ciencia más antigua del mundo y el conocimiento sobre su aplicación es una necesidad fundamental en la práctica de todas las profesiones con base científica.			
<b>PROPÓSITOS DEL CURSO:</b> Al final de este curso se espera que el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conozca la importancia de la metrología</li> <li>• Conozca el impacto de la metrología en las actividades sociales, comerciales, etc.</li> <li>• Conozca la metrología en Colombia</li> </ul>			
<b>CONTENIDO:</b> <b>1. Mediciones</b> 1.1 ¿Qué es medir? 1.2 Historia de la medición 1.3 Importancia de las mediciones 1.4 Conceptos fundamentales  <b>2. Trazabilidad</b> 2.1 ¿Qué es trazabilidad? 2.2 ¿Cómo se obtiene la trazabilidad? 2.3 Pirámide de trazabilidad en Colombia  <b>3. Patrones de medición</b> 3.1 ¿Qué es un patrón? 3.2 Patrón Internacional 3.3 Patrón primario 3.4 Patrón secundario 3.5 Patrón viajero		<b>4. Proceso de acreditación y certificación</b> 4.1 ¿Qué es acreditación? 4.2 Normas de acreditación 4.3 Requerimientos para obtener una acreditación 4.4 Entes acreditadores en el mundo 4.5 ¿Qué es certificación? 4.6 Normas de certificación 4.7 Requerimientos para obtener una certificación 4.8 Paralelo entre acreditación y certificación 4.9 Entes certificadores en el mundo  <b>5. Ente acreditar en Colombia</b> 5.1 ¿Qué es un ente acreditador 5.2 Superintendencia de Industria y Comercio 5.3 Laboratorios de metrología acreditados.  <b>6. Metrología hoy</b> 6.1 Visita a laboratorios de metrología acreditados.	
<b>BIBLIOGRAFÍA BÁSICA Y COMPLEMENTARIA:</b>  <b>Metrología</b> (segunda edición), Carlos González G. & José R. Zeleney V. McGRAW-HILL, 1998  <b>Metrología para no-metrólogos.</b> Rocío M. Marbán y Julio A. Pellicer C. Segunda edición. SIM. 2002.  <b>www.sic.gov.co</b> Superintendencia de Industria y Comercio.  <b>www.bipm.fr</b> Bureau International des Poids et Mesures.  <b>www.cenam.mx.</b> Centro nacional de Metrología. México.  <b>www.cem.es</b> Centro Español de Metrología.			

## CONCLUSIONES

- La capacidad de servicios del laboratorio de calibraciones eléctricas de la UIS es de aproximadamente 2 851 instrumentos de medición al año, distribuidos en cada uno de los diferentes servicios que se prestaría, es decir, multímetros, pinzas amperimétricas, etc. De acuerdo a la investigación realizada en el nororiente colombiano, se cuenta con un mercado de aproximadamente 1 924 instrumentos de medición, sólo en esta región. Lo anterior muestra que el LCE de la UIS podría cubrir toda la demanda del nororiente colombiano e incluso una parte de otras regiones. Asimismo partiendo de que actualmente existen tres (3) laboratorio acreditados en Colombia para prestar este servicio, ninguno está ubicado en la región del nororiente colombiano.
- El área de servicios públicos domiciliarios que requiere además de la metrología industrial la metrología legal, es de vital importancia y fue incluido dentro de este estudio sin reflejar resultados favorables para el área eléctrica en el montaje del laboratorio de calibración de medidores de energía, teniendo en cuenta que desde el año 1998 aproximadamente, se empezó a formar la red de laboratorios acreditados por la SIC en esta área, llegando hasta el momento a 15 laboratorios ya acreditados y 2 más en proceso, lo cual alcanzaría para cubrir la demanda total existente en el país hasta el año 2009 aproximadamente.

NOTA: La producción mensual de un laboratorio promedio es de 1 000 medidores de energía mensual por 15 Laboratorios (son 15 000

medidores de energía mensuales), es decir que son 180 000 medidores al año. Esto implica que en 5 años y medio a 6 aproximadamente, se estaría cubriendo la producción.

- De acuerdo a los resultados de la investigación y el alto porcentaje en los instrumentos predominantes, las magnitudes en las que realiza mediciones y las actividades de las empresas relacionadas con Metrología, se recomienda en este trabajo la implementación de un Laboratorio de Calibraciones Eléctricas en la Universidad Industrial de Santander por la gran demanda de servicios.
- El alto porcentaje de calibraciones de sus instrumentos realizadas por las mismas empresas, indica la existencia de un gran potencial metrológico. Sin embargo, del análisis de las respuestas se concluye que el concepto de calibración no ha sido entendido en toda su dimensión y se puede estar confundiendo con actividades de mantenimiento, reparación o ajuste de los instrumentos.
- Las magnitudes más relevantes en los procesos de producción de cada uno de los sectores fueron en su orden: corriente eléctrica, tensión, temperatura, resistencia eléctrica, masa y longitud.
- El sector de *“Comercio al por mayor y al por menor”*, es en donde se presenta un mayor número de instrumentos, seguido del sector de *“Suministros de electricidad, gas y agua”*, debido a que se reportan los medidores de energía, flujo y recipientes volumétricos, los cuales definen la medición del consumo para cada servicio.
- Los instrumentos determinados en la investigación corresponden a aquellos definidos en la oferta de servicios de la División de Metrología de

la SIC. No obstante, se presentan los listados con todos los demás instrumentos reportados por los encuestados, lo cual es una información de utilidad para definir la implementación de nuevos servicios. Cabe destacar, la gran variedad de instrumentos reportados, lo cual refleja la necesidad de calibración de dichos instrumentos.

- Todos los sectores económicos, a excepción del *financiero*, utilizan principalmente los instrumentos para medidas de registro y/o control de variables en un proceso.  
En los sectores *manufacturero*, de *servicios públicos*, de *construcción* y de *comercio* se tienen instrumentos como patrón de medición en los laboratorios. El sector *agricultura* utiliza sus instrumentos como equipo auxiliar.
- Cerca de una tercera parte de los sectores que no tienen implementado un programa de aseguramiento metrológico, no sabe o no responde al respecto.
- La mayoría de los sectores encuestados afirma tener instrumentos de medición calibrados en un porcentaje promedio del 51,38 %, siendo los sectores *hotelero*, *salud*, *inmobiliarias*, *manufacturero*, *construcción* y *servicios públicos*, los que reportan un porcentaje más alto y los sectores *educativo* y *financiero*, un menor porcentaje. Sin embargo, esto no implica necesariamente que todos sus instrumentos estén calibrados. La principal razón para no calibrar los instrumentos de medición es el desconocimiento acerca de esta necesidad.
- En todos los sectores, a excepción de los sectores *financiero* y *explotación de minas*, predomina la calibración de los instrumentos de medición en la misma empresa.

- Los sectores *comercio, construcción, servicio público y manufacturero* son los mayores usuarios de los servicios de la SIC; por el contrario los sectores de *agricultura, explotación de minas e inmobiliaria*, no los utiliza.
- Los sectores de *transporte y comunicaciones, agricultura, salud, servicios públicos y construcción*, son quienes más tienen personal destinado a Metrología. Por el contrario los sectores de *explotación de minas y financiero* manifestaron no tener personal destinado a estas labores.
- El 100 % de los sectores *explotación de minas y financiera* manifestaron no tener implementado un sistema de calidad. Cabe resaltar que a nivel general, un alto porcentaje de cada sector manifiesta que no tiene implementado un sistema de calidad.
- Sólo los sectores de *servicios público, manufacturero, construcción, comercio, educación y salud* manifestaron tener implementado o en proceso como sistema de calidad la norma ISO 17025, pero con un porcentaje mínimo.
- En todos los sectores económicos, a excepción de *explotación de minas y financiera*, predomina la implementación de sistemas de calidad bajo la norma ISO 9000, demostrando la necesidad de soporte metrológico en todo el sector productivo.
- Los sectores de *construcción, agricultura, inmobiliarias, hotelería y servicios públicos*, en su orden, son quienes más conocen el SI; y el sector de *educación* es quien menos conoce acerca del SI. Pero de aquellos que declaran conocer el SI, se tiene que quien más lo aplica es

el sector *educativo* en el 100 %, seguido en su orden del sector *comercio, construcción, inmobiliarias, salud y servicios públicos*.

- Los sectores de *construcción, educación, servicios públicos y salud* son quienes más conocen laboratorios de Metrología acreditados en Colombia. Pero algunos sectores como el de *explotación de minas, financiera y hotelera* no conocen laboratorios de Metrología acreditados en Colombia.
- Los sectores de *construcción, servicios públicos, educación y salud* conocen la existencia de la División de Metrología de la SIC en porcentajes cercanos al 34,9 %, por el contrario el sector *comercio* la conoce en el 17,73 %, lo cual refleja la falta de acercamiento de este sector hacia la Metrología.
- El proyecto significa beneficios de tipo cuantitativo y cualitativo para la Universidad en cuanto al fortalecimiento de sus pilares de posicionamiento institucional, al permitirle hacer presencia en el mercado nacional y de desarrollo académico, siendo un punto de referencia cercano a sus estudiantes, para interactuar con un laboratorio acreditado ante la Superintendencia de Industria y Comercio.
- El análisis de rentabilidad arroja índices que muestran su rentabilidad, siendo el del Valor Presente Neto (VPN) más objetivo (\$ 115 700 000), dado que supone que los excedentes logrados durante la vida del laboratorio se reinvierten a una tasa de interés superior a la de oportunidad, en tanto que la aplicación de la Tasa Interna de Retorno (TIR) supone que la tasa a la que se reinvierten es superior a la de oportunidad.

- El ingeniero ha de enfrentarse inevitablemente con medidas, tanto si las utiliza simplemente como herramientas para obtener información, como si llega a verse interesado en estudios fundamentales en teoría de la medida. Debe estar familiarizado con aparatos, métodos, limitaciones, técnicas y posibilidades de exactitud de las medidas. Por esto es indispensable la estructuración de un plan de estudio en la Escuela que permita paralelamente la interacción con el LCE de la UIS.

## BIBLIOGRAFÍA

ACREDITACIÓN VERSUS CERTIFICACIÓN ISO 9000. Publicación Informativa. Organismo Boliviano de Acreditación (OBA). Versión 1, vigente desde 2001-07-30.

ATO M. Investigación en Ciencias del Comportamiento. Barcelona. Editorial PPU. 1991

ARISMENDI WEBER, Rafael Cristóbal. Acreditación del Laboratorio de Alta Tensión (Documentación). Tesis de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería Eléctrica. Universidad Industrial de Santander, 2003.

CANTOR, John J.; RAMÍREZ, Néstor J. Manual de Seguridad del Laboratorio de Alta Tensión de la UIS. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad Industrial de Santander, 2003.

CÁRDENAS GÓMEZ, Humberto. Metrología Industrial. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1989. 166 p.

COMPENDIO DE ACREDITACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. República de Colombia. Icontec.

CRITERIOS GENERALES PARA LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS Y CALIBRACIÓN SEGÚN NORMA UNE EN-ISO-IEC 17025.

DOMÍNGUEZ OLIVAR, Néstor M.; TORRES PARADA, Antonio J. Documentación para la Acreditación del Laboratorio de Alta Tensión de la Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad Industrial de Santander, 1997. 286 p.

GUÍA BIPM/ISO PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES. Centro Nacional de Metrología, CENAM. Los Cués, Querétaro, México. 1994.

GUIA PARA MANUAL DE CALIDAD ISO-IEC 17025. Segunda Edición, MediVision, Berlín 2001.

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD EN LOS LABORATORIOS DE LOS SERVICIOS CIENTÍFICO TÉCNICOS DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Servicios Científicos Técnicos. Universidad de Oviedo.

LEÓN O.; MONTERO I. Diseño de investigaciones. Introducción a la lógica de la investigación en Psicología y Educación. Madrid. Editorial McGraw-Hill, 1993.

MARBÁN, Rocío M.; PELLECCER C., Julio A. Metrología para no-metrólogos. SIM. Segunda edición. 2002

MEJÍA MONTES, Óber T.; CHAN LEE, Yazmín. Transformadores de Potencia. Diseño y Montaje del Laboratorio para Ensayo. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Electricista. Universidad Industrial de Santander, 2000. 149 p.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC-ISO-IEC 17025. Requisitos Generales de Competencias de Laboratorios de Ensayo y Calibración. Editada 2002-08-05.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 1000. Metrología. Sistema Internacional de Unidades. Quinta actualización de 004/04.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 2194. Metrología. Vocabulario. Primera revisión 1994-07-27.

NORMA ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Segunda Actualización 2000-12-15.

FERREIRA B., Héctor; ORTEGA A., Rodolfo. Pasantía en el laboratorio de patrones de corriente continua. Centro de Control de Calidad y Metrología, CCCM. Superintendencia de Industria y Comercio. Primera edición. Santa Fe de Bogotá, D.C. Colombia. 1998.

PINILLA VILLALBA, Sandra Liliana; PORRAS RUEDA, María Eugenia. Documentación del Sistema de Calidad para el Laboratorio de Metrología de la Fundación Cardiovascular de Colombia bajo la NTC-ISO-IEC 17025. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Electrónico. Universidad Pontificia Bolivariana, 2003.

RAMOS CALDERÓN, Iván Enrique; VIDAL HOLGUÍN, Fabio. Situación Actual y Perspectivas en las Relaciones Universidad – Empresa en la Universidad del Valle. Universidad del Valle, abril de 2002. 26 páginas.

RESOLUCIÓN 8728 DE 2001. Establecimiento del reglamento para la acreditación de laboratorios. Superintendencia de Industria y Comercio. Colombia, 2001-03-26.

SCHEAFFER, Richard L.; MENDENHALL, William; OTT, Lyman. Elementos de Muestreo. Grupo editorial Iberoamericana. 321 p.

VÉLEZ PAREJA, Ignacio. Decisiones de inversión, enfocada a la valoración de empresas. Centro Editorial Javeriana, CEJA. Cuarta edición. Bogotá. 2005

[www.bipm.fr](http://www.bipm.fr)      Página WEB de la Bureau International des Poids et Mesures.

[www.cem.es](http://www.cem.es)      Página WEB del Centro Español de Metrología.

[www.cenam.mx](http://www.cenam.mx)      Página WEB del Centro Nacional de Metrología. México.

[www.sic.gov.co](http://www.sic.gov.co)      Página WEB de la Superintendencia de Industria y Comercio.

ANEXO 1

---

**“ENCUESTA ESTUDIO DE LAS NECESIDADES  
METROLÓGICAS DEL SECTOR PRODUCTIVO  
EN LA REGIÓN DEL NORORIENTE  
COLOMBIANO”**

## **INTRODUCCIÓN**

Bienvenido a la encuesta *Estudio de las necesidades metroológicas del sector productivo en la región del nororiente colombiano*. Gracias por tomar el tiempo para completarla. Esta encuesta consta de once (11) preguntas y le tomará menos de treinta (30) minutos diligenciarla. Su ayuda será muy útil para definir estrategias que conllevarán a un desarrollo de la Metrología en el nororiente colombiano. Gracias por su tiempo y esfuerzo para ayudar a un mutuo mejoramiento.

## **OBJETIVO:**

Realizar un estudio de las necesidades metroológicas existentes en el sector productivo de la región del nororiente colombiano.

## **ALCANCE:**

Esta encuesta aplica a empresas industriales distribuidas por regiones y por sectores productivos establecidos por la Cámara de Comercio.

## **RECOMENDACIONES:**

Se recomienda que quien diligencia la encuesta sea una persona que conozca a fondo los métodos, instrumentos y aplicaciones en los procesos de producción, en los cuales se realice algún tipo de medición.

Lea atentamente las "*instrucciones de diligenciamiento*" anexas antes de llenar la encuesta. Sea lo más concreto y exacto posible. No deje preguntas sin completar. Llene con tinta y utilice letra imprenta. Si los espacios no son suficientes, anexar la información faltante en una hoja blanca al final conservando el mismo formato de cada pregunta.

El plazo máximo para recolección de la información será 2005-03-30 para lo cual se requiere su pronto diligenciamiento. Enviar el formulario de diligenciamiento a la carrera 27 calle 9 Ciudad Universitaria. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Bucaramanga, Santander, dirigido a la Ing. María Eugenia Porras Rueda, Universidad Industrial de Santander. Teléfonos: 6342085 / 6344000 ext.:2132.

## **NOTA DE CONFIDENCIALIDAD:**

Esta información se usará exclusivamente para realizar un diagnóstico y determinar así las prioridades futuras de los servicios que podrían prestarse en laboratorios de Metrología. Esta información del cliente (en otras palabras, el nombre, la dirección y la dirección de correo electrónico) no será usada para cualquier otro propósito y no será suministrada a terceros.

## DEFINICIONES

**METROLOGÍA:** Ciencia de la medición, que incluye todos los aspectos teóricos y prácticos relacionados con las mediciones, cualquiera que sea su incertidumbre y cualquiera que sea el campo de la ciencia o de la tecnología al cual aplique.

**CALIBRACIÓN:** Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones específicas, la relación entre los valores de 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 determinados por medio de los patrones.

**AJUSTE DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:** Operación de situar un instrumento de medición en un estado de funcionamiento adecuado para su uso. El ajuste puede ser automático, semiautomático o manual.

**ASEGURAMIENTO METROLÓGICO:** Conjunto de actividades encaminadas a asegurar que las mediciones sean realizadas de una manera confiable, teniendo en cuenta la calibración de los instrumentos de medición, la implementación de un sistema de calidad en las mediciones, la capacitación del personal, el control de condiciones ambientales, entre otras.

## INSTRUCCIONES PARA SU DILIGENCIAMIENTO

1. **Categorías según tipo de mediciones:**  
Registro de mediciones: si se toman mediciones pero no necesariamente son críticas en el proceso de producción.  
Control de variables: si se registran y/o controlan variables que son críticas en algún proceso, usando mediciones.  
Realización de ensayos: se realizan ensayos de conformidad con respecto a alguna norma técnica o de control.  
Calibración de instrumentos: se calibran instrumentos, emitiendo algún reporte técnico.  
Ninguna: no se realiza ningún tipo de medición.
2. **Tipo de magnitudes:** Indique cuál(es) magnitud(es) son importantes en el proceso de producción, ya sea que realice mediciones o no. Si la magnitud de interés no aparece en el listado marque otra e indique cuál.
3. **Tipo de instrumentos:** Indique la cantidad según cada tipo de instrumentos de medición que posea. Si no es posible incluir su(s) equipo(s) dentro de esas categorías señale en el ítem "Otros", el tipo de instrumentos y la cantidad, intentando ser lo más exacto en su denominación; por ej. Indique el nombre genérico, y la magnitud que mide; no indique número de serie ni modelo a no ser que este describa característica funcional del instrumento.
4. **Rangos y usos:**  
Tipo de instrumento: coloque cada nombre seleccionado en la pregunta número 3.  
Valor mínimo, máximo y típico: coloque el rango mínimo, el rango máximo y el valor más frecuente de uso o típico de cada instrumento seleccionado en la pregunta 3. Indique el valor en números y la unidad de medida respectiva.  
Aplicación: seleccione de la lista dada que tipo de aplicación se le da a sus instrumentos de medición.
5. **Aseguramiento metrológico:** Indique las actividades que lleva a cabo a este respecto.
6. **Instrumentos de medición calibrados:** Indique si tiene instrumentos de medición calibrados. En la página de Internet de la Superintendencia de Industria y Comercio [www.sic.gov.co](http://www.sic.gov.co) encontrará el listado actualizado de laboratorios de calibración acreditados.
7. **Personal dedicado a Metrología:** en cada recuadro indique el número de personas dedicadas a labores de medición. "Sin título" hace referencia a personal sin título técnico o profesional. En "Otro profesional" indique el tipo de profesión.
8. **Sistema de calidad:** Indique cuál sistema de calidad tiene implementado o en proceso en su empresa.
9. **Sistema Internacional de Unidades:** Hace referencia al conocimiento de las magnitudes básicas del Sistema Internacional de Unidades y sus unidades derivadas. El ítem de aplicación hace referencia a su correcta utilización, la escritura de los nombres, entre otros.
10. **Laboratorios de Metrología acreditados:** Hace referencia al conocimiento que se tiene de los laboratorios de Metrología ya acreditados en Colombia por parte de la Superintendencia de Industria y Comercio.
11. **La Superintendencia de Industria y Comercio:** Presta el servicio de calibración de instrumentos y capacitación en áreas metrológicas. Señale "No" si hasta antes de leer esta encuesta no tenía conocimiento alguno de estos servicios.

### DATOS GENERALES

NOMBRE EMPRESA:	CÓDIGO DE ENCUESTA: <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"> </td> </tr> </table> <small>1. Letra código CIU (ej. A, C, D, ... N)                  2. N. Norte de Santander, S. Santander, C. Cesar                  3, 4 y 5. Numeración normal de la encuesta (ej. 001, 002, ..., 999)</small>					
DIRECCIÓN:	TELÉFONO:					
MUNICIPIO:	E-MAIL:					
DEPARTAMENTO:						

### RESPONSABLE DEL DILIGENCIAMIENTO

NOMBRE:	PROFESIÓN:
CARGO DESEMPEÑADO:	FIRMA:

### ACTIVIDADES DE MEDICIÓN

1. De acuerdo con el tipo de mediciones que realiza, clasifique las actividades de su empresa, relacionadas con la Metrología, dentro de algunas(s) de las siguientes categorías.

<input type="checkbox"/> Registro de mediciones <input type="checkbox"/> Control de variables <input type="checkbox"/> Medidas para diagnóstico <input type="checkbox"/> Calibración de instrumentos <input type="checkbox"/> Realización de ensayos (eléctricos, mecánicos, hidráulicos, etc.). Qué tipo(s) de ensayo(s): _____ <input type="checkbox"/> Monitoreo de señales. Cuál(es): _____ <input type="checkbox"/> Ninguna <input type="checkbox"/> Otras. Cuál(es): _____	En caso de realizar calibración especifique si es: <input type="checkbox"/> Calibración interna <input type="checkbox"/> Calibración a otras empresas <input type="checkbox"/> Calibración interna y a otras empresas
---	--

2. De la siguiente lista de magnitudes seleccione aquella(s) en la(s) cuál(es) realiza o debe realizar mediciones, que sean relevantes en el proceso de producción.

<input type="checkbox"/> Aceleración <input type="checkbox"/> Acústica <input type="checkbox"/> Capacitancia <input type="checkbox"/> Corriente eléctrica <input type="checkbox"/> Densidad <input type="checkbox"/> Dureza <input type="checkbox"/> Energía. Potencia eléctrica <input type="checkbox"/> Espectro-fotometría <input type="checkbox"/> Flujo <input type="checkbox"/> Frecuencia <input type="checkbox"/> Fuerza <input type="checkbox"/> Parámetros químicos. Cuál(es): _____ <input type="checkbox"/> Otra(s) Cuál(es) _____	<input type="checkbox"/> Humedad <input type="checkbox"/> Inductancia <input type="checkbox"/> Intensidad luminosa <input type="checkbox"/> Interferencia electromagnética <input type="checkbox"/> Longitud <input type="checkbox"/> Masa <input type="checkbox"/> Mediciones geométricas <input type="checkbox"/> Óptica <input type="checkbox"/> Presión <input type="checkbox"/> Radiación <input type="checkbox"/> Nivel	<input type="checkbox"/> Resistencia eléctrica <input type="checkbox"/> Resistencia mecánica al impacto <input type="checkbox"/> Rugosidad <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Tiempo <input type="checkbox"/> Torque <input type="checkbox"/> Velocidad <input type="checkbox"/> Viscosidad <input type="checkbox"/> Tensión <input type="checkbox"/> Volumen <input type="checkbox"/> PH
---	---	--

3. De acuerdo con la(s) magnitud(es) seleccionada(s) en la pregunta dos, indique la cantidad de instrumentos que utiliza.

<input type="checkbox"/> Bloque calibre	<input type="checkbox"/> Pesas	<input type="checkbox"/> Contadores de frecuencia
<input type="checkbox"/> Micrómetros	<input type="checkbox"/> Balanzas	<input type="checkbox"/> Generadores de frecuencia
<input type="checkbox"/> Calibres roscados	<input type="checkbox"/> Comparadores de masa	<input type="checkbox"/> Tacómetros
<input type="checkbox"/> Escalas de longitud patrón	<input type="checkbox"/> Instrumentos volumétricos de vidrio	<input type="checkbox"/> Cronómetros
<input type="checkbox"/> Mármoles de precisión	<input type="checkbox"/> Recipientes volumétricas metálicas	<input type="checkbox"/> Osciloscopios
<input type="checkbox"/> Galgas de espesores	<input type="checkbox"/> Buretas de pistón	<input type="checkbox"/> Osciladores de precisión
<input type="checkbox"/> Máquinas de coordenadas	<input type="checkbox"/> Picnómetros	<input type="checkbox"/> Medidor de potencia RL
<input type="checkbox"/> Cintas métricas	<input type="checkbox"/> Medidores de flujo	<input type="checkbox"/> Medidores ángulo de fase
<input type="checkbox"/> Tamices	<input type="checkbox"/> Contador totalizador de líquido	<input type="checkbox"/> Patrones de energía
<input type="checkbox"/> Cuentametros	<input type="checkbox"/> Termómetros de contacto	<input type="checkbox"/> Medidores de energía
<input type="checkbox"/> Proyectores de perfiles	<input type="checkbox"/> Termómetros de no contacto	<input type="checkbox"/> Wattmetros
<input type="checkbox"/> Goniómetros	<input type="checkbox"/> Hornos	<input type="checkbox"/> Transformadores de medida
<input type="checkbox"/> Másteres de alturas	<input type="checkbox"/> Autoclaves	<input type="checkbox"/> Medidor de relación TTR
<input type="checkbox"/> Reglas graduadas	<input type="checkbox"/> Psicrómetros	<input type="checkbox"/> Calibradores de campo
<input type="checkbox"/> Rugosímetros	<input type="checkbox"/> Pigrómetros	<input type="checkbox"/> Calibradores patrón
<input type="checkbox"/> Niveles de burbuja	<input type="checkbox"/> Medidor de humedad de sólidos	<input type="checkbox"/> Resistencias
<input type="checkbox"/> Pie de rey	<input type="checkbox"/> Termohigrómetros	<input type="checkbox"/> Ohmetros, puentes
<input type="checkbox"/> Escuadras	<input type="checkbox"/> Densitómetros	<input type="checkbox"/> Megómetros
<input type="checkbox"/> Transductores de fuerza	<input type="checkbox"/> Hidrómetro	<input type="checkbox"/> Ampermetros-voltmetros
<input type="checkbox"/> Máquinas de ensayo	<input type="checkbox"/> Manómetro vacuómetro de carátula	<input type="checkbox"/> Pinzas amperimétricas
<input type="checkbox"/> Durómetros	<input type="checkbox"/> Manómetro vacuómetro de pistón	<input type="checkbox"/> Multímetros
<input type="checkbox"/> Péndulos de impacto	<input type="checkbox"/> Manómetro vacuómetro electrónico	<input type="checkbox"/> Capacímetro inductómetro
<input type="checkbox"/> Torcómetros	<input type="checkbox"/> Calibradores de presión	<input type="checkbox"/> Analizadores de potencia
<input type="checkbox"/> Pipétas dosificadoras	<input type="checkbox"/> Recipientes volumétrico	<input type="checkbox"/> Esfigmomanómetro
<input type="checkbox"/> Otros.		<input type="checkbox"/> Medidores de campo eléctrico
Cuál(es): _____		<input type="checkbox"/> Medidor de campo magnético

4. De acuerdo con el tipo de instrumento(s) seleccionado(s) de la pregunta 3, y conservando el mismo orden, indique los rangos de medición utilizados y la aplicación que se le da (ver clasificación en la parte inferior de este recuadro).

Tipo de instrumento	valor mínimo	valor máximo	valor típico	aplicación
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

- Posibles aplicaciones dadas a los instrumentos de medición (utilícelas como guía para la columna de "aplicación")
1. Registro y/o control de variables en proceso
  2. Uso en laboratorio como patrón de medición
  3. Uso en monitoreo de señales
  4. Uso en cirugía
  5. Uso en laboratorio como equipo auxiliar
  6. Uso en laboratorio clínico o químico
  7. Uso en laboratorio de ensayo
  8. Uso en terapia
  9. Otro (en dicho caso indicar cuál)

### ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

5. Su empresa tiene algún programa de aseguramiento metrológico.  Sí  No

En caso afirmativo indique la(s) actividad(es) que se tiene(n) en cuenta para lograrlo

<input type="checkbox"/> Calibración	<input type="checkbox"/> Desconocimiento
<input type="checkbox"/> Ensayo	<input type="checkbox"/> Falta capacitación
<input type="checkbox"/> Sistema de Calidad	<input type="checkbox"/> Costos
<input type="checkbox"/> Otras	<input type="checkbox"/> Políticas de la empresa

Cuál(es): \_\_\_\_\_

En caso negativo indique las causas

<input type="checkbox"/> Desconocimiento
<input type="checkbox"/> Falta capacitación
<input type="checkbox"/> Costos
<input type="checkbox"/> Políticas de la empresa
<input type="checkbox"/> Otras

Cuál(es): \_\_\_\_\_

6. Tiene instrumentos de medición calibrados.  Sí  No

En caso afirmativo, en qué sitio(s) calibra sus instrumentos.

<input type="checkbox"/> En la misma empresa	<input type="checkbox"/> Mensual
<input type="checkbox"/> Superintendencia de Industria y Comercio	<input type="checkbox"/> Semestral
<input type="checkbox"/> Laboratorio acreditado	<input type="checkbox"/> Anual
Cuál: _____	<input type="checkbox"/> Otro
<input type="checkbox"/> Otro laboratorio	Cuál: _____
Cuál: _____	
<input type="checkbox"/> El fabricante	
<input type="checkbox"/> Fuera del país	
¿Por qué? _____	

En caso negativo, indique la(s) razón(es) por la(s) cual(es) no calibra sus instrumentos

<input type="checkbox"/> Desconocimiento	<input type="checkbox"/> Política de la empresa
<input type="checkbox"/> Servicio no prestado en el país	<input type="checkbox"/> Otra(s)
<input type="checkbox"/> Costos	Cuál(es): _____

7. Tiene personal destinado a labores de Metrología  Sí  No

En caso afirmativo indique cuantos según su nivel educativo

<input type="checkbox"/> Sin título	<input type="checkbox"/> Ingeniero
<input type="checkbox"/> Instrumentista	<input type="checkbox"/> Profesional en ciencias básicas
<input type="checkbox"/> Técnico o tecnólogo	<input type="checkbox"/> Médico o profesional en áreas relacionadas
<input type="checkbox"/> Otro profesional	

Cuál: \_\_\_\_\_

8. Si tiene implementado o en proceso algún sistema de calidad, indique bajo qué norma.

<input type="checkbox"/> ISO 9000	<input type="checkbox"/> Ninguno
<input type="checkbox"/> ISO 17025	<input type="checkbox"/> Otro

Cuál: \_\_\_\_\_

### VARIOS

9. Conoce el Sistema Internacional de Unidades.  Sí  No

En caso afirmativo, lo aplica en sus procesos  Sí  No  Parcialmente

10. Conoce usted laboratorios de Metrología acreditados en Colombia.  Sí  No

En caso afirmativo, indique cuál(es) \_\_\_\_\_

11. Sabe usted que la Superintendencia de Industria y Comercio cuenta con una División de Metrología.  Sí  No

En caso afirmativo, sabe usted cuáles servicios presta la División de Metrología.  Sí  No

**ANEXO 2**

---

**ANÁLISIS GLOBAL DE LAS NECESIDADES  
METROLÓGICAS EN EL ÁREA ELÉCTRICA DEL  
SECTOR PRODUCTIVO DEL NORORIENTE  
COLOMBIANO**

## ANÁLISIS GLOBAL, NORORIENTE COLOMBIANO

Empresas encuestadas: 600

Empresas que contestaron: 490 (81,7 %)

Encuestas no aplica: 110 (18,3 %)

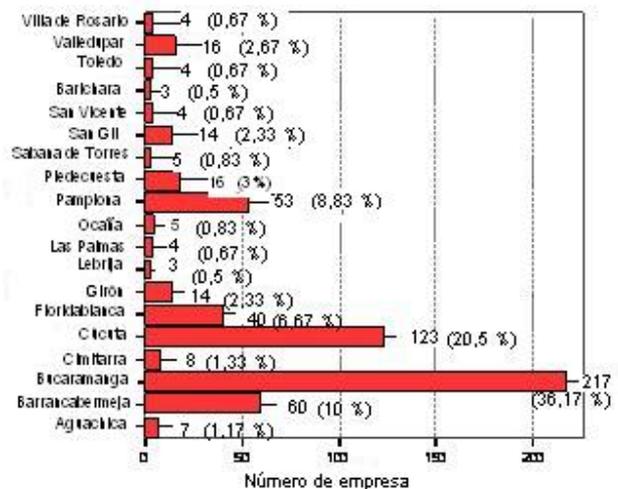
### Índice de encuestas realizadas

**Figura 7. Departamentos encuestados**



La relación de departamentos encuestados de acuerdo a la figura 7, fue: 64 % Santander, 32,17 % Norte de Santander y 3,83 % Cesar.

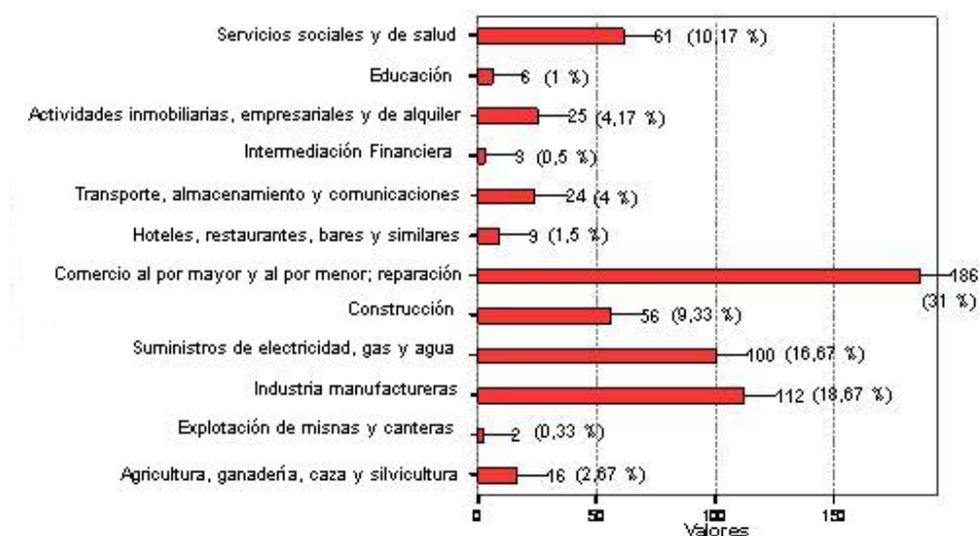
**Figura 8. Ciudades y Municipios encuestados**



El mayor número de encuestas se realizaron en la ciudad de Bucaramanga con un 36,17 %. Ver figura 8.

En la figura 9 predominó con el 31 % el CIIU G (Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos automotores, motocicletas, efectos personales y enseres doméstico), seguido del CIIU D (Industrias manufactureras) con 18,67 % y CIIU E (Suministros de electricidad, gas y agua) con el 16,67 % cada una.

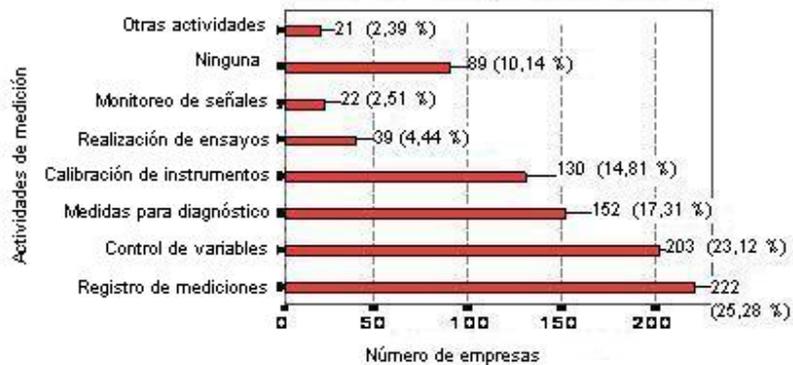
**Figura 9.** Códigos CIIU encuestados.



## Actividades de medición

- De acuerdo al tipo de mediciones que realizan las empresas, se clasificaron las actividades relacionadas con la Metrología. Se obtuvo que predominan las actividades de: registro de mediciones 25,28 %, control de variables 23,12 %, medidas para diagnóstico 17,31 % y calibración de instrumentos 14,81 %. Ver figura 10.

**Figura 10.** Actividades relacionadas con la Metrología.



El 4,44 % de las empresas manifestaron que realizan ensayos como actividad de medición. Los tipos de ensayos son, ver tabla 35.

**Tabla 35.** ¿Qué tipo de ensayos?

TIPOS DE ENSAYOS	No. DE EMPRESAS
Biológicos	1
Concretos	1
Eléctricos	4
Físico químicos	2
Mecánicos - Hidráulicos	3
Mecánicos Industriales	1
Patología	1
Pruebas Hidrostáticas	2
Químicos	2
Resistencia de Materiales	1
Rigidez Dieléctrica	1
Suelos	1
Todos	2

El 2,51 % de las empresas realizan monitoreo de señales como actividad de medición. Los tipos de señales más referenciadas se pueden ver en la tabla 36.

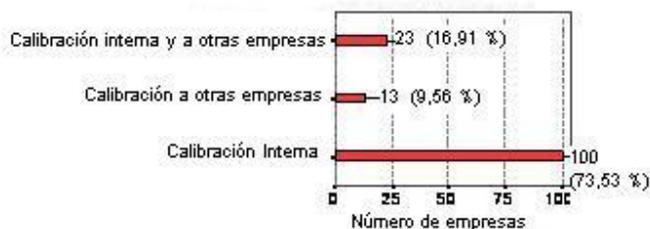
**Tabla 36.** ¿Cuáles señales se monitorean?

TIPOS DE SEÑALES	No. DE EMPRESAS
Biomédicas	1
Diagnósticas	1
Frecuencias, Corrientes	1
Gases, Material	1
Indicadores	1
Internet	4
Metereología	1
Radio y transmisión	1
Satelitales	1
Temperatura	1
Tensión, oximetría, electrocar	1

Dentro de las empresas que realizan actividades de calibración, se tiene que el 73,53 % de éstas calibran sus propios instrumentos, el 9,56 % realizan calibración a otras empresas y el 16,91 % realizan calibraciones tanto internamente como a otras empresas. Ver figura 11.

Aquí es de interés interpretar qué es lo que las empresas entienden por calibración de instrumentos, pues se puede estar confundiendo con el término ajuste. Más adelante, en la figura 17 se evidencia el alto porcentaje de desconocimiento que existe respecto a estos temas.

**Figura 11.** Actividades de calibración



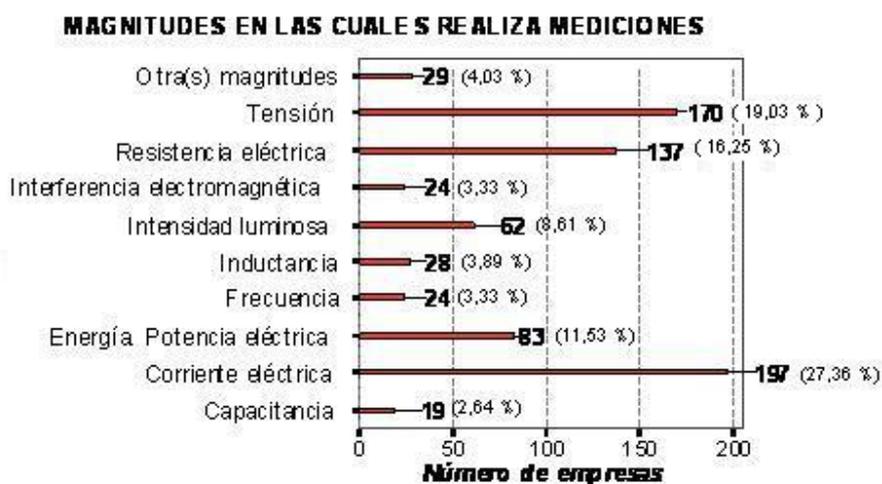
El 2,39 % de las empresas manifestaron otras actividades de medición diferentes a las estipuladas en la figura 10, ver Tabla 37.

**Tabla 37.** ¿Qué otras actividades de medición?

OTRAS ACTIVIDADES DE MEDICIÓN	No. DE EMPRESAS
Artesanal	2
Control de medición	1
Control en las comunicaciones	2
Eficiencia de equipos	1
Fundición y empaque	3
Mantenimiento	1
Mediciones eléctricas	1
Montajes facilidades superficie	1
Procesos varios	1
Pruebas y ensayos software	1
Realización de procesos	1
Refrigeración	1
Registro comercial, insumos	1
Regulación	1
Reparaciones	1
resistencia y durabilidad	1

2. Se tiene que la corriente eléctrica con 27,36 %, la tensión 19,03 %, la resistencia eléctrica 16,25 %, la energía potencia eléctrica 11,53 % y las intensidad luminosa con 8,61 % son las magnitudes de mayor interés al referirse a las mediciones. Ver figura 12.

**Figura 12.** Magnitudes.



Un resultado valioso consiste en identificar qué otras magnitudes se manejan en la industria, además de las descritas en la figura 12. De igual manera esta pregunta permite conocer qué otras áreas serían importantes analizar en Metrología.

Veintinueve (29) empresas manifestaron utilizar otras magnitudes. Ver tabla 38.

**Tabla 38.** Otras magnitudes

	<b>MAGNITUD</b>	<b>EMPRESAS</b>
1	Acidez	1
2	Análisis eléctrico del corazón	1
3	Calefacción	1
4	Calidad del material	1
5	Capacidad de arrastre	1
6	Caudal	1
7	Comodidad	1
8	Dureza	1
9	Espesores	1
10	Germinación	1
11	Glicemia	1
12	Libras	1
13	Limpieza	1
14	Longitud de las carpas	1
15	No se realizan mediciones	1
16	Organolépticas	1
17	Peso	6
18	Pruebas microbiológicas	1
19	Pureza	1
20	Rayos X	1
21	Refractancia Magnética	3
22	Tornos	1
23	Cantidad de fluidez	1
24	Colesterol	1
25	color	1
26	Embragues	1
27	Interiores	1
28	Mantenimiento	1
29	microbiológicas	1
30	Radiografías	1
31	Refrigeración	1

De lo anterior se tiene un listado de 31 magnitudes más de las expuestas en la figura 12.

3. Acerca de los instrumentos usados, se indagó por la cantidad existente. El resultado se muestra en la figura 13. Se reporta la cantidad total de instrumentos en color azul y el número de encuestas en donde aparecen dichos instrumentos en color rojo.
- Se evidencia la correspondencia entre el tipo de instrumentos predominante en cantidad y las magnitudes más comunes.

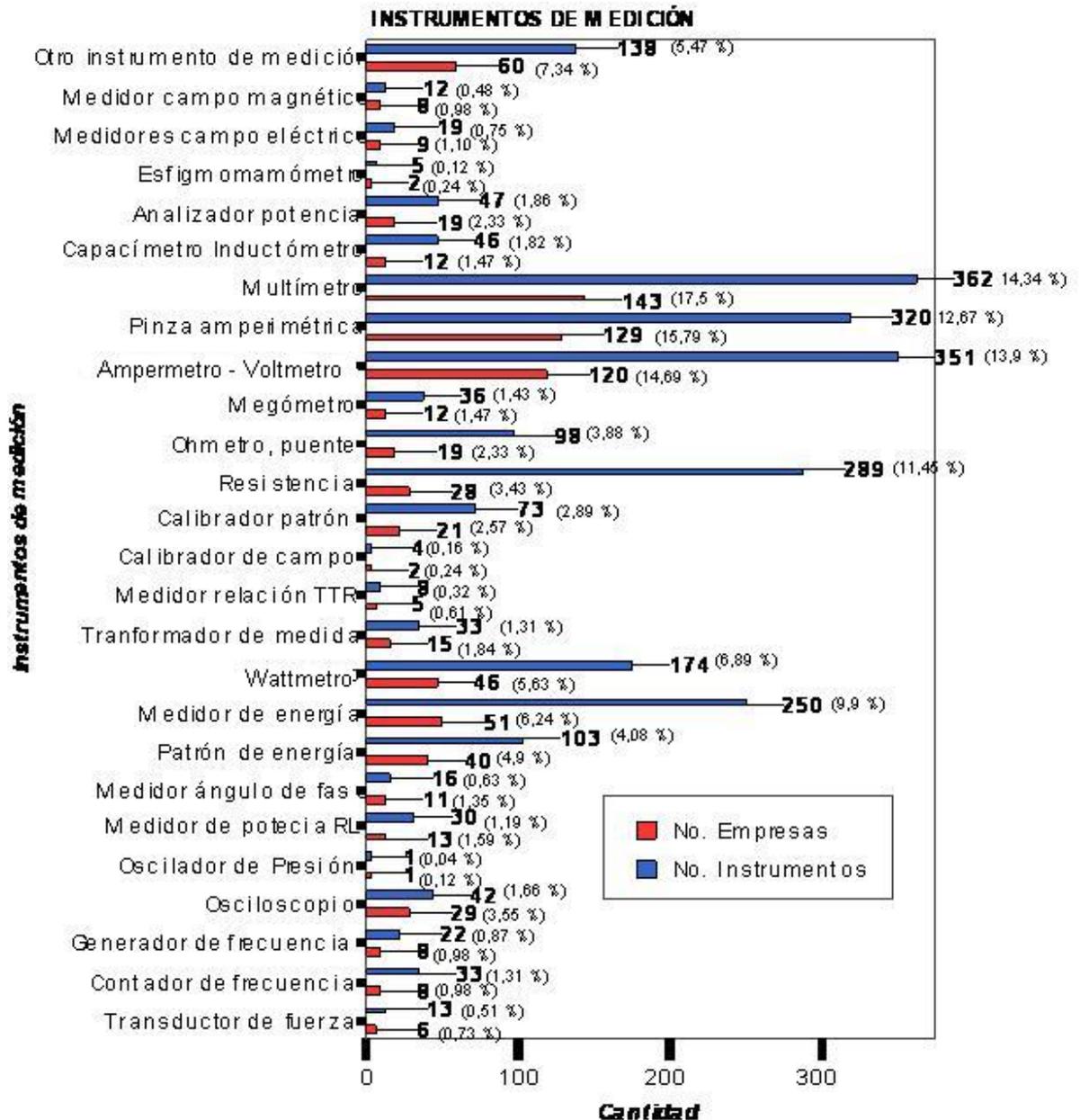
En cuanto al número de empresas que manifestaron tener los instrumentos de medición (barras color rojo), predominan:

El 17,5 % de las empresas manifestaron que tienen multímetros, el 15,79 % pinzas amperimétricas, el 14,69 % ampermetros-voltmetros y el 7,34 % otros instrumentos de medición.

Para la muestra estudiada se tiene un total de 2 525 instrumentos dentro de las categorías preguntadas, si bien en algunos casos se declaró la existencia de instrumentos pero no se dio la cantidad.

En otras categorías diferentes a las expuestas en la figura 13, se encontraron 60 empresas con 138 instrumentos distribuidos así, ver tabla 39. Es decir que se obtiene un total de 2 663 instrumentos de medición.

Figura 13. Instrumentos de medición



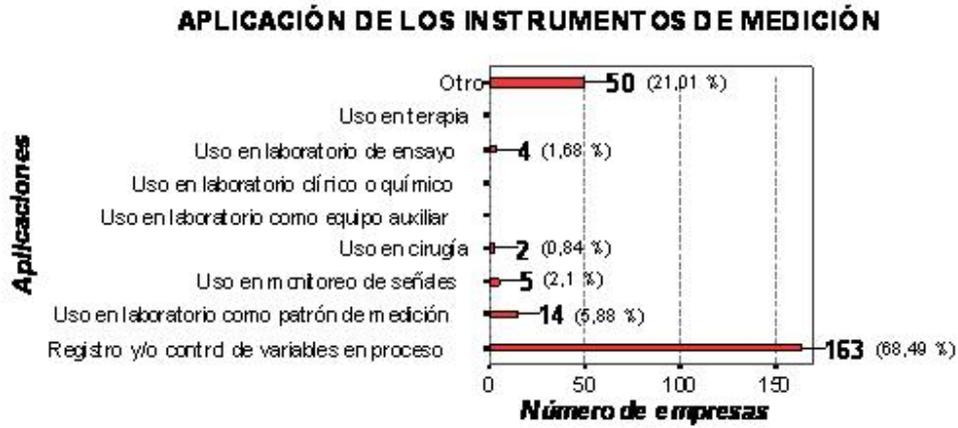
**Tabla 39.** Otros instrumentos de medición.

INSTRUMENTOS		No. DE INSTRUMENTOS
1	Básculas	5
2	Bomba de vacío	1
3	Brújulas	1
4	Calibrador	4
5	Comparador de carátula	1
6	Conductivímetro	1
7	Desformímetro	1
8	Detector de tensión	1
9	Dosímetro	2
10	DPU	1
11	Electrocardiógrafo	1
12	Embutidoras	1
13	Escobas	1
14	estereomicroscopio _ centrífug	1
15	Estinguidores	1
16	Exometro, querometro	1
17	Fibroscopios	1
18	Flexómetro	1
19	Fotómetros	1
20	Galgas de espesores	1
21	Geómetro	1
22	Herramientas de carpintería	1
23	Higrómetro	1
24	Kit de Cloro y PH	1
25	Lámpara de fotocorado	1
26	Lámpara de prueba	1
27	Luxómetros	1
28	Manómetro Oxígeno y Acetileno	1
29	Maquinaria pesada	1
30	Máquinas de coser	2
31	Medidor cfm	1
32	Medidor de tierras	1
33	Metros	1
34	Moldes	4
35	Patrón tipo campana gasométric	1
36	Pesas	1
37	Picas	2
38	Pinzas	2
39	Pirómetro	2
40	Presostato	1
41	Profundímetros	1
42	Refractómetro	1
43	Regla gasolina en tanque	1
44	Reloj	1
45	Teléfonos	1
46	Termocuplas	1
47	Tijeras	4
48	Variadores	1

49	Balanzas	1
50	Bisturí	1
51	Bulldozer	1
52	Cintas Métricas	1
53	Computadores	1
54	Dosificadora por volúmen	1
55	Empaques calibrados	1
56	GPS	1
57	Indicadores de carátula	1
58	Mesas de corte	1
59	Patrón tipo boquilla sónica	1
60	Pegantes	2
61	Phachímetro	1
62	Reguladores	1
63	Rozadoras	1
64	Telurómetro	1
65	Termómetros mecánicos	1
66	Turbidímetro	2
67	Vagonetas	1
68	bomba de vacío	1
69	Escaldado	1
70	Máquinas de corte	1
71	Patrón tipo caman húmedo	1
72	Pie de Rey	1
73	Trolito	1
74	Trituradoras	1
75	Ahumado	1
76	equipo de Filtración	1
77	Niveles de Burbuja	1

4. En cuanto a la aplicación de los instrumentos de medición, se obtuvo que predomina con un 68,49 % el registro y/o control de variables en proceso, seguido de otras aplicaciones con 21,01 % y uso en Laboratorio como patrón de medición con el 5,88 %. Ver figura 14.

**Figura 14.** Aplicación de los instrumentos de medición.



Las empresas que respondieron otras aplicaciones diferentes a las estipuladas en la figura 14, es decir el 21,01 %, son especificadas en la tabla 40.

**Tabla 40.** Otras aplicaciones de los instrumentos de medición.

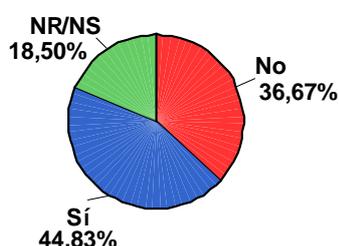
OTRAS APLICACIONES	No. DE EMPRESAS
No sabe / No responde	36
Alimentación	1
Verificación	1
Medir voltajes	1
Fuerza Motores	1
Medir amperajes	1
Ajuste	1
Calibración	3
Manejo eléctrico	1
Reparación	2
Medición de corriente eléctrica	1
Medición de corriente alterna eléctrica	1

## Aseguramiento metrológico

5. Se indagó acerca de la existencia de algún programa de aseguramiento metrológico; se tiene que el 44,83 % incluye programas de aseguramiento metrológico. Ver figura 15.

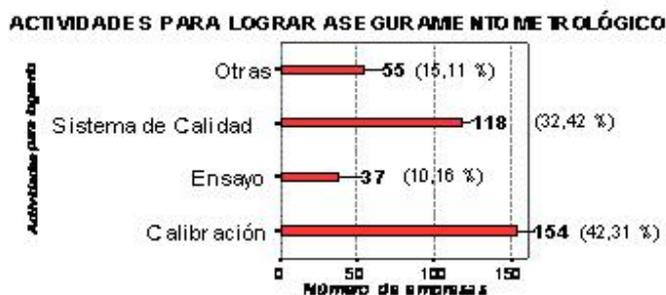
**Figura 15.** Existencia de programa de aseguramiento.

¿TIENE ALGÚN PROGRAMA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO?, %



De las empresas que tienen en cuenta el aseguramiento metrológico, se presentan las siguientes tendencias: el 42,31 % cuenta con actividades de calibración, el 32,42 % con sistemas de calidad y el 10,16 % ensayo. El 15,11 % restante cuenta con otro programa de aseguramiento metrológico no formulado en la figura 16.

**Figura 16.** Programas de aseguramiento metrológico.



Dentro de los otros programas de aseguramiento metrológico reportados, se destacan los estipulados en la tabla 41.

**Tabla 41.** Otros programas de aseguramiento metrológico.

PROGRAMAS DE ASEGURAMIENTO	No. DE EMPRESAS
Banco de prueba	1
Control de medidas	1
Factor experiencia	1
Interno	1
Mantenimiento	51
No aplica	1
Prueba termográfica	1

A continuación, en la figura 17, se presentan las causas de que el 36,67 % no tengan programas de aseguramiento metrológico:

**Figura 17.** Causas de no aseguramiento metrológico.



El 64,35 % de empresas que no realizan programas de aseguramiento metrológico, declara que es por desconocimiento, el 12,61 % por costos, el 10 % por políticas de la empresa y el 6,52 % por falta de capacitación y otras razones no estipuladas, ver figura 17. En la tabla 42 se exponen las otras causas.

**Tabla 42.** Otras causas de no aseguramiento metrológico.

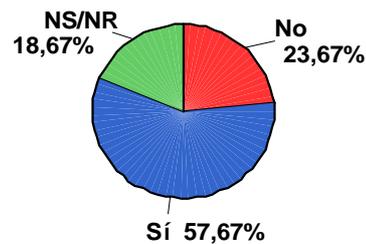
CAUSA NO ASEGURAMIENTO METROLÓGICO	No. DE EMPRESAS
Cuando es necesario	1
Depende del fabricante	1

Falta asesoría	1
No aplica	3
No es necesario	4
No existen patrones	1
No sabe	3
Volúmen producción	1

6. Respecto a la calibración de equipos, el 57,67 % declara tener instrumentos calibrados. El panorama completo a este interrogante se muestra en la figura 18.

**Figura 18.** ¿Tiene instrumentos de medición calibrados?

¿TIENE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN CALIBRADOS?, %



Para aquellas empresas que dicen tener instrumentos calibrados, los sitios de calibración usados se reportan a continuación, figura 19.

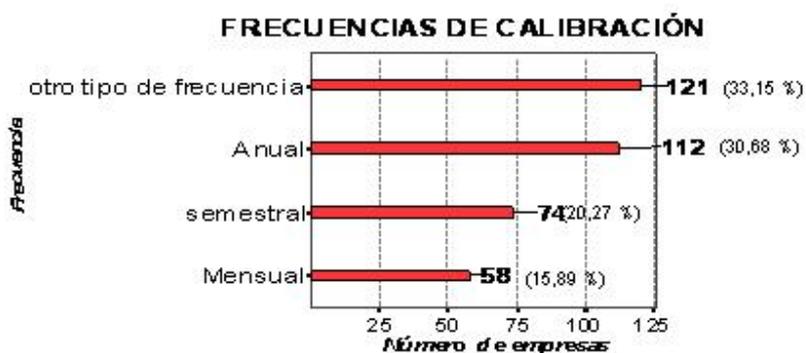
**Figura 19.** Sitios de calibración.



Un gran número de empresas (47,78 %) declaran que realizan sus calibraciones en la misma empresa. El 18,22 % las realiza el fabricante, el 17,78 % un Laboratorio acreditado, el 9,11 % la Superintendencia de Industria y Comercio y el 7,11 % restante declara que otro Laboratorio.

En la figura 20 se especifica la frecuencia de calibración de los instrumentos de medición. Se obtuvo que el 33,15 % calibra sus instrumentos con otra frecuencia no estipulada en al figura 20, las cuales se muestran en la tabla 43.

**Figura 20.** Frecuencia de calibración de instrumentos de medición



**Tabla 43.** Otras frecuencias de calibración

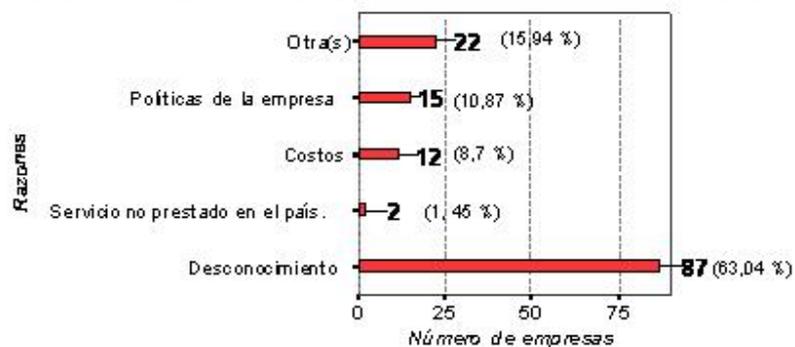
OTRO TIPO DE FRECUENCIA	No. DE EMPRESAS
2-3 meses	2
2 meses	3
5 Años	2
Cada 3 años	1
Cuando se daña	2
Cuando sea necesario	50
De acuerdo al equipo	29
De acuerdo al programa	1
Diariamente	3
Diario - Semanal	2
Dos a tres años	1
Dos años	2
Equipos son nuevos	12
No sabe	1
No se tiene en cuenta	1

Periodo de uso	1
se compran otros	1
Según clientes	1
Semanal	2
Todos los días	2
Tres meses	1
Trimestral	1

La principal causa de no-calibración argumentada, es el desconocimiento que se tiene al respecto con un 63,04 %. El 15,94 % por otras causas no estipuladas, el 10,87 % por políticas de la empresa, el 8,7 % costos y el 1,45 % restante manifiesta que es un servicio no prestado en el país. Ver figura 21.

**Figura 21.** Razones de no calibración.

**RAZONES POR LAS CUALES NO SE CALIBRAN INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**



Dentro de las otras causas de no calibración de instrumentos, se encuentran las estipuladas en la tabla 44.

**Tabla 44.** Otras causas de no calibración de instrumentos e medición.

OTRAS CAUSAS DE NO CALIBRACIÓN	No. DE EMPRESAS
En implementación	1
Falta de herramienta	1
Nadie presta el servicio	1
No aplica	3
No es necesario	11
No hay	1

No hay causa de falla	1
No sabe	1
Se hace manualmente	1
Ya vienen calibrados	2

7. Se indago si se tenía personal destinado a labores de Metrología. El 43,17 % manifestó no tenerlo, ver figura 22.

De los que afirmaron tenerlo, el 42,03 % son Técnicos o tecnólogos, 26,63 % sin título, 14,86 % ingenieros, 5,80 % instrumentistas, 5,25 % médico o profesional en áreas relacionadas, 4,53 % otro profesional no estipulado en la encuesta, y el 0,91 % restante profesional en ciencias básicas. Ver figura 23.

**Figura 22.** ¿Tiene personal destinado a labores de Metrología?



**Figura 23.** Nivel educativo del personal destinado a labores de Metrología



Dentro de otras profesiones reportadas se tienen las estipuladas en la tabla 45.

**Tabla 45.** Otro nivel educativo destinado a labores de Metrología

OTRO NIVEL EDUCATIVO	No. DE PERSONAL
Administrador	1
Auxiliar	1
Bacterióloga	1
Contador Público	2
Diseñador	1
Experiencia calificada	1
Experiencia laboral	2
Experiencia profesional	1
Modelista-Diseñador	1
Salud ocupacional	1
Secretaria	5

8. En cuanto a la implementación de sistemas de calidad, el 67,94 % manifiesta que no tiene algún sistema de calidad implementado o en proceso, el 22,18 % ISO 9000, el 2,42 % ISO 17025 y el 7,46 % tiene implementado como sistema de calidad otra norma diferente a las estipuladas en la figura 24.

**Figura 24.** Sistemas de calidad implementados.



En la tabla 46, se presentan las otras normas en proceso de implementación o implementadas, manifestadas por las empresas:

**Tabla 46.** Otras normas implementadas o en proceso.

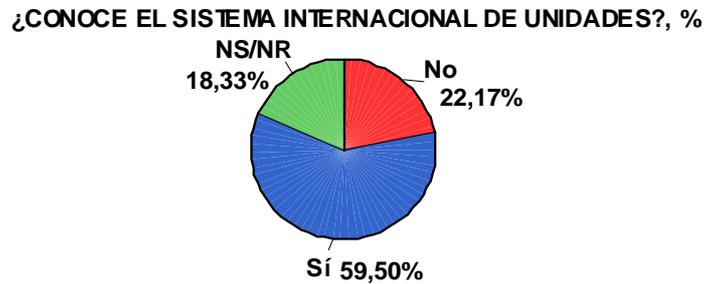
<b>OTROS SISTEMAS DE CALIDAD</b>	<b>No. DE EMPRESAS</b>
80505	1
Auditor Interno	1
BPM	2
Control de Calidad del Laboratorio	1
Control interno	16
Empleados	1
En proceso	1
HACCP	1
Instituto Nacional de Salud	1
IQNET	1
Manual de buenas técnicas de Manufactura	1
No sabe	3
Normas de Fabricante	1
Normas Internacionales	1
Normas ISTA (Normas Internacionales Ensayo de Semillas)	1
Normas para Ensayos	1
PLAN HACCP	1
Proceso BPM	1
Se siguen todas las normas	1
Videos para comparar	1

## **Varios**

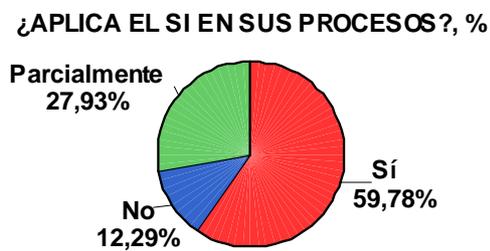
---

9. En cuanto a la pregunta acerca del conocimiento que se tiene del Sistema Internacional de Unidades, el 59,5 % declara conocerlo, ver figura 25.

**Figura 25.** Conocimiento del Sistema Internacional de Unidades.



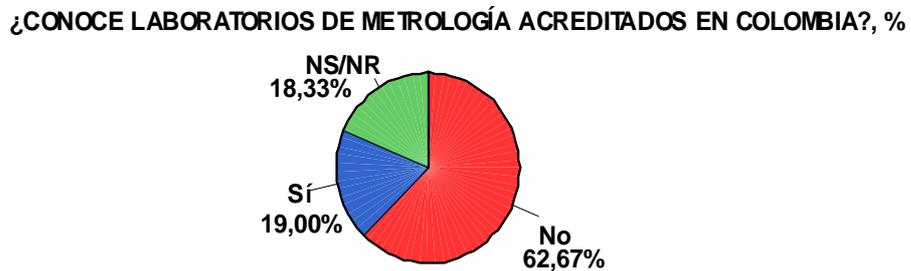
**Figura 26.** ¿Aplica el SI en sus procesos?



Del grupo que manifestó que lo conoce, el 59,78 % dice que lo aplica en sus procesos y el 27,93 % lo aplica parcialmente. Ver figura 26.

**10.** Conocimiento de Laboratorios de Metrología acreditados en Colombia. El 62,67 % manifestó que no conoce alguno. Ver figura 27.

**Figura 27.** ¿Conoce Laboratorios de Metrología acreditados en Colombia?

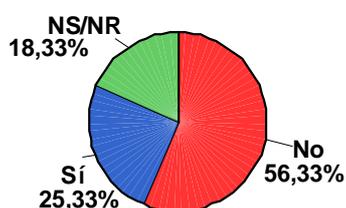


11. Solo el 25,33 % manifestó saber que la SIC cuenta con una División de Metrología. Ver figura 28.

El 13,67 % que sabe de su existencia, no conoce que servicios presta. Ver figura 29.

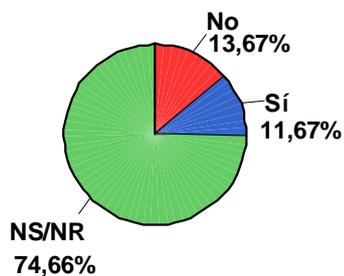
**Figura 28.** ¿Sabe que la SIC cuenta con una División de Metrología?

¿SABÍA QUE LA SIC CUENTA CON UNA DIVISIÓN DE METROLOGÍA?, %



**Figura 29.** ¿Sabe que servicios presta la División de Metrología de la SIC?

¿SABE QUE SERVICIOS PRESTA LA DIVISIÓN DE METROLOGÍA?, %



**ANEXO 3**

---

**DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD  
DEL LABORATORIO DE CALIBRACIONES  
ELÉCTRICAS DE LA UIS**

La documentación del Sistema de Calidad del Laboratorio de calibraciones eléctricas de la Universidad Industrial de Santander no se adjunta en este archivo, debido a que se respeta fielmente la numeración de cada uno de los procedimientos, registros y manual de calida respectivo.