

## INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE LA METROLOGÍA. PRESENTACIÓN DE UN PROYECTO EXITOSO\*

Luis Enrique Llamosa R., Luis Gregorio Meza C. y Milton Fernando Villarreal C.  
Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Básicas, Pereira (Colombia)

### Resumen

Con base en un proyecto cofinanciado por COLCIENCIAS y presentado al Programa Nacional de Electrónica, Telecomunicaciones e Informática, el Grupo de Electrofisiología (categoría A – COLCIENCIAS) de la Universidad Tecnológica de Pereira, logró “acreditar” como laboratorio de calibración de equipos de medidas eléctricas el denominado “Laboratorio de metrología de variables eléctricas”, luego de demostrar cumplimiento de la norma internacional NTC-ISO/IEC 17025. Actualmente, el laboratorio presta sus servicios de calibración y asesoría en el área a todo el sector empresarial y académico investigativo del país, y se ha convertido en un foco de impacto académico en el nivel de docencia, investigación y extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Mediante este trabajo se quiere presentar la experiencia obtenida alrededor de este proyecto que ha generado en nuestro grupo nuevas expectativas en el campo de la metrología, en áreas como la de la metrología electromagnética y la de calibración de equipo electromédico para la cual COLCIENCIAS aprobó al grupo otro proyecto actualmente vigente; áreas para las cuales no existen laboratorios “acreditados” en Colombia.

**Palabras claves:** metrología, acreditación, investigación.

### Abstract

With base in a project co-finance by COLCIENCIAS and presented to the National Program of Electronics, Telecommunications and Computer Science, the Electrophysiology Group (category A - COLCIENCIAS) of the Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), it achieved «to accredit» as laboratory of calibration of equipment of electric measures denominated «Laboratory of metrology of electric variables», with base in international norm NTC-ISO-IEC 17025. At the moment the laboratory lends its calibration services and consultancies in the area, to the whole management and academic investigative sector of the country, and has become a focus of academic impact to educational, investigation and extension level of the UTP. By means of this work the experience obtained around this project is presented that has generated in our group new expectations in the field of the metrology, in areas like that of the electromagnetic metrology and that of calibration of electro-medical equipment for which COLCIENCIAS approved to the group another project at the moment effective; areas for which laboratories «accredited» don't exist in Colombia.

**Key words:** metrology, accreditation, research.

\* Trabajo acreedor del Premio ACOFI 2007, Segundo Lugar, Modalidad Ponencia Oral. “El profesor de ingeniería, profesional de la formación de ingenieros”. XXVII Reunión Nacional y VI Encuentro Iberoamericano, Cartagena de Indias (Colombia), Octubre de 2007.

## 1. Introducción

Dicho de la manera más simple, 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. La metrología es la encargada de estudiar, diseñar y establecer las técnicas de medición requeridas para alcanzar la incertidumbre necesaria, conforme a la aplicación particular, en los resultados de las mediciones. También es la encargada de investigar, experimentar y establecer los patrones de referencia primarios en el ámbito internacional; de mantener los patrones nacionales 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 denominado trazabilidad (Norma NTC – 2194), el último instrumento utilizado en el ámbito industrial está referido al patrón internacional. 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. 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 estemos usando 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, los gobiernos establecen instituciones que vigilan y regulan las actividades metroológicas en el país y supervisan su cumplimiento por parte de los diferentes sectores, entidades o personas responsables; en Colombia el gobierno nacional a través del Ministerio de Desarrollo Económico, expidió el decreto 2269 de 1993 con el cual organizó el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología –SNNCM- adscrito a la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) (Decreto 2269, 1993). De lo anterior, nace la clasificación de la metrología en legal, científica e industrial.

El papel de la metrología se hace realmente relevante cuando el proceso de medición es vital en algún tipo de transacción comercial, en aplicaciones militares, en el campo de la salud, en la producción de medicinas o de alimentos, en la realización de pruebas para construcciones de ingeniería civil, 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 límites de contaminantes del ambiente o 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. 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.

No queda duda, pues, del papel altamente importante que desempeña 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 le permite a los médicos hacer diagnósticos fidedignos. 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 (Decanini, 1996).

## 2. Antecedentes

El grupo de Electrofisiología de la Universidad Tecnológica de Pereira viene trabajando desde hace varios años las líneas de investigación de metrología de variables eléctricas y metrología electromédica. La inclusión de estas líneas de investigación surgió con base en el trabajo que se venía desarrollando dentro de otras de sus líneas de investigación: la instrumentación biomédica y el análisis de bioseñales. Se observaba que a pesar de que en el país era posible desarrollar equipo para la medición y análisis de señales electrofisiológicas, estos

desarrollos no iban a tener ninguna trascendencia si no se incorporaban dentro de su diseño y desarrollo aspectos claves como la metrología y la normalización sin los cuales nuestros desarrollos en este campo en el ámbito nacional nunca van a tener trascendencia internacional y nunca van a llegar a ser comercializables y mucho menos van a poder ser utilizados para la investigación, pues sus resultados carecen de confiabilidad; prueba de ello es que en nuestro país no se ha podido desarrollar una industria de equipo electromédico a pesar de que en nuestras universidades en diferentes carreras de ingeniería a nivel de pregrado y de posgrado se desarrollan múltiples prototipos de instrumentos que realizan medición y análisis de señales fisiológicas muchas veces con fines investigativos. Hay que añadir a esto el hecho de que en nuestras universidades los grupos que hacen investigación experimental, la desarrollan sin ninguna “trazabilidad” es decir con base en la utilización de equipos de medición que no han sido “calibrados” desde que fueron comprados y además reportan sus mediciones sin una expresión de la incertidumbre de medición adecuada, esto cuando la reportan, pues en la mayoría de los casos la incertidumbre de medición no aparece en sus resultados.

En Colombia la mayoría de los desarrollos e investigaciones que se realizan no cuentan con un aseguramiento de la calidad de las mediciones, el cual implica como mínimo la utilización de instrumentos calibrados que aseguren su trazabilidad. Unido a todo esto, la infraestructura de laboratorios de metrología en nuestro país es mínima; en el área de variables eléctricas solamente existen dos laboratorios que actualmente cuentan con “acreditación” de la SIC con base en la norma NTC-ISO 17025 (2005), el de la FAC (Fuerza Aérea Colombiana) y el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira (Superintendencia de Industria y Comercio). En el área de equipo electromédico no existe ningún laboratorio “acreditado” que pueda prestar servicios de calibración/ensayos con base en la misma norma internacional.

Todo lo anterior hizo que los miembros del grupo de electrofisiología desde el año 2000 iniciaran todo un proceso de capacitación en temas metrológicos y normativos que condujo a la presentación de

proyectos de investigación a COLCIENCIAS que tenían entre sus objetivos principales disponer de un laboratorio de metrología en las áreas de calibración de equipos de medidas eléctricas y equipo electromédico; este objetivo se ha logrado; en la actualidad se dispone de un laboratorio de metrología de variables eléctricas “acreditado” por la SIC con base en la resolución 929 del 25 de enero de 2006 con el cual se presta el servicio de calibración de equipos de medidas eléctricas. La acreditación fue concedida al laboratorio de variables eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira de manera indefinida para realizar calibraciones para equipos de medidas eléctricas incluyendo las siguientes variables: Voltaje AC, Voltaje DC, Corriente AC, Corriente DC, pinzas amperimétricas toroidales y no toroidales, medidores de frecuencia, Resistencia, Capacitancia, Potencia DC, Potencia AC, Frecuencia y Voltaje (osciloscopios análogos y digitales), indicadores de temperatura con termocuplas y RTDs.

En la actualidad, el laboratorio ya tiene implementada su área de calibración/ensayo de equipo electromédico que fue montada con base en otro proyecto de investigación aprobado por el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de Salud de COLCIENCIAS y que se encuentra en su último año de ejecución; el proyecto lleva por título: “Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad eléctrica”. Uno de los objetivos específicos de este proyecto es la acreditación de un laboratorio para la calibración/ensayo de equipo electromédico, este objetivo se cumplirá este año ya que toda la documentación pertinente fue enviada a la SIC y se encuentra en la fase de revisión y próximamente se realizará la visita por parte de los auditores nombrados para su acreditación final correspondiente.

En la actualidad el grupo de electrofisiología ha detectado otro problema grave para el país; es el de la falta de un laboratorio de metrología electro-magnética que pueda realizar mediciones en esta área y certificarlas, la contaminación electromagnética es un tema de crucial importancia en países desarrollados ya que se ha comprobado que tiene incidencia en la salud de las personas. En Colombia se instalan antenas de telefonía celular de manera indiscriminada y líneas de alta tensión se pueden ver cruzando nuestros

barrios sin que exista ningún control aparente. El grupo de electrofisiología se encuentra en estos momentos trabajando con base en la presentación de proyectos de investigación en la consecución de recursos para lograr la financiación correspondiente para montar un laboratorio de este tipo.

### 3. Resultados

Los siguientes son algunos de los resultados obtenidos por el grupo de electrofisiología en su línea de investigación relacionada con la metrología:

#### 3.1 Proyectos de investigación aprobados por entidades financiadoras externas a la UTP:

**3.1.1 Proyecto SENA – COLCIENCIAS – UTP:** Acreditación de un laboratorio de metrología en el área de variables eléctricas (corriente, voltaje, resistencia, capacitancia, potencia), para la calibración de equipos del sector productivo, investigativo y médico.

Año de aprobación: 2003

Valor total del proyecto: \$250.000.000.oo

Estado: Ejecutado y terminado.

Resumen del proyecto: La finalidad del proyecto fue diseñar y elaborar todo el conjunto de procedimientos requeridos para acreditar ante la Superintendencia de Industria y Comercio un laboratorio que prestara servicios de metrología en el área de Variables Eléctricas en la Universidad Tecnológica de Pereira, aplicando los aspectos técnicos y legales exigidos por el Gobierno Nacional. En la ejecución del proyecto se contó con la asesoría de la Superintendencia para la acreditación del respectivo laboratorio. El laboratorio acreditado se autofinancia en la actualidad con base en los servicios que presta al medio externo y es fuente de diferentes trabajos a nivel de pregrado y de posgrado.

**3.1.2 Proyecto COLCIENCIAS – UTP:** Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad eléctrica.

Año de aprobación: 2005

Valor total del proyecto: \$520.581.000.oo

Estado: En ejecución.

Resumen del proyecto: El presente proyecto se presenta dentro del área de la convocatoria dirigida hacia los “sistemas y políticas de salud” en lo que corresponde a la evaluación de la calidad del sistema de salud. En Colombia no existen laboratorios acreditados que presten servicios de calibración/ensayos para equipo electromédico; esto es preocupante pues el usuario de los servicios médicos se ve expuesto a la utilización de equipos que no se encuentran certificados en lo que corresponde a su seguridad eléctrica ni a su trazabilidad. El objetivo de este proyecto es el de acreditar un laboratorio que permita evaluar los sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo electromédico y su seguridad eléctrica aplicando los aspectos técnicos y legales exigidos por el Gobierno Nacional e incorporando la normatividad existente en el nivel internacional. El laboratorio que se ha implementado y se encuentra en proceso de acreditación, presta servicios de calibración/ensayos en las siguientes áreas: Seguridad eléctrica, electrocardiografía, electroencefalografía, monitoría fetal, pulsioximetría-SpO<sub>2</sub>, respiración, electrobisturías, desfibriladores/marcapasos, presión arterial, bombas de infusión, ultrasonidos, incubadoras, temperatura y humedad ambiental. Para lograr este objetivo se diseñó todo el conjunto de procedimientos requeridos para la creación de un sistema de calidad que permita certificar este tipo de equipo electromédico. Además de lo anterior, se ha realizado un diagnóstico en lo que respecta al sistema de calidad implementado por las entidades prestadoras del servicio de salud en el nivel regional (Departamento del Risaralda) en lo que respecta al equipo electromédico utilizado y relacionado con este proyecto, con el fin de establecer los equipos existentes y la existencia o no de un programa de calibración/ensayos para los mismos, con el cual se esté garantizando la calidad de la atención de salud relacionada con la trazabilidad de los mismos.

**3.1.3 Proyecto CIE (Centro de Investigaciones y Extensión – UTP):** Trazabilidad de analizadores para la calibración/ensayos de equipo electromédico - Diagnóstico en Risaralda e implementación de procedimientos técnicos.

Año de aprobación: 2007

Valor total del proyecto: \$50.000.000.00

Estado: En ejecución.

Resumen del proyecto: El objetivo de este proyecto es el de diseñar los procedimientos para la calibración/ensayos de los equipos (analizadores) mediante los cuales se puede realizar calibración/ensayos de equipos electromédico. Los procedimientos que se pretenden diseñar e implementar están dirigidos hacia la calibración/ensayos de equipos con los cuales se realiza calibración/ensayos en las siguientes áreas: Seguridad eléctrica, electrocardiografía, monitoría fetal, pulsioximetría-SpO<sub>2</sub>, respiración, electrobisturías, desfibriladores/marcapasos, presión arterial, bombas de infusión, ultrasonidos, incubadoras. Además de lo anterior se pretende realizar un diagnóstico en lo que respecta al sistema de calidad implementado por las entidades prestadoras del servicio de salud en el nivel regional (Departamento del Risaralda) que poseen equipos analizadores de equipo electromédico relacionado con este proyecto, con el fin de establecer los equipos existentes y la existencia o no de un programa de calibración/ensayos para los mismos, con el cual se esté garantizando la calidad de la atención en salud relacionada con la trazabilidad de los mismos.

### 3.2 Proyectos presentados para su financiación en el último año:

**3.2.1 Campos electromagnéticos, medio ambiente y salud pública - montaje y acreditación de un laboratorio de metrología electromagnética y realización de un estudio piloto en Pereira.**

Valor solicitado para

su financiación: \$250.000.000.00

Resumen del proyecto: Mediante la realización de este proyecto se pretende implementar un laboratorio de medidas para campos electromagnéticos (CEM) no ionizantes (Laboratorio de Metrología Electromagnética) y su «acreditación» ante la SIC con base en la Norma NTC-ISO-IEC 17025, que pueda certificar el cumplimiento de la reglamentación existente: Reglamento técnico para instalaciones eléctricas (RETIE) artículo 14 del Ministerio de Minas y Energía (ICNIRP, 1998),

desde el 2004 y para radiofrecuencia (RF) mediante resolución del Ministerio de Comunicaciones, número 001645 del 29 de julio de 2005 que reglamenta los límites permisibles de exposición a radiaciones de RF (Muñoz y Saint-Nom, 2005; Ometta, 2005), basado en recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, (UIT-T K.52) «Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos», vigente desde 2005. El laboratorio entre otros objetivos, dará respuesta a las inquietudes de la ciudadanía cuando esta sienta vulnerado su derecho a la salud por las empresas públicas y privadas prestadoras del servicio de energía eléctrica, telefonía móvil y sistemas de telecomunicación en general; este derecho está consagrado en la Constitución Nacional.

Con base en la implementación y acreditación del laboratorio de metrología electromagnética se definirán los criterios para el desarrollo de una metodología para la medición de radiaciones electromagnéticas no ionizantes en diferentes ambientes de acuerdo con los estándares internacionales, entre ellos los del «Institute Of Electrical And Electronics Engineers» (IEEE) (Ministerio de Minas y Energía, 2005; 2005<sup>a</sup> y Ministerio de Comunicaciones, 2005), siendo de mayor interés las áreas públicas urbanas; también se definirán los protocolos para el manejo de los equipos de medida a utilizar, se determinará: El proceso para el cálculo de la incertidumbre en las medidas de campo magnético (CM) y eléctrico (CE) y la definición del criterio para la medición de campo electromagnético (CEM) en frecuencias superiores a 300 MHz.

Como verificación del trabajo desarrollado se realizará un diagnóstico de la situación en la ciudad de Pereira, tomando como muestra un barrio o conjunto residencial que se considere con alto riesgo por presencia de una o varias líneas o subestaciones de distribución eléctrica de exposición a los CEM de frecuencia extremadamente baja (FEB) con características precisas en cuanto a sistemas de distribución eléctrica y un barrio o conjunto residencial con antenas de telefonía móvil y que por estas características presente alto riesgo de exposición a los CEM de alta frecuencia; además se

realizará un estudio tomando como muestra un ambiente laboral que presente alto riesgo de exposición a los CEM; este diagnóstico servirá como estudio piloto que servirá de referencia para los interesados en esta área.

### 3.3 Tesis de maestría dirigidas

Con base en el trabajo desarrollado se han realizado las siguientes tesis de maestría:

**3.3.1** Software para la calibración en un laboratorio de metrología de variables eléctricas. Ingeniero Jairo Mendoza Vargas, egresado de la Maestría en Instrumentación Física.

**3.3.2** Diseño e implementación de procedimientos técnicos y de gestión, para la acreditación de un laboratorio de patronamiento eléctrico. Ingeniero Luis Gregorio Meza Contreras, egresado de la Maestría en Instrumentación Física.

### 3.4 Tesis de maestría en ejecución

**3.4.1** Diseño, implementación y sistematización de procedimientos técnicos para la calibración y ensayos de equipos electrocardiográficos. Ingeniero Hernando Parra Lara, estudiante de la Maestría en Instrumentación Física.

**3.4.2** SILAM Sistema de Información para la Administración del Laboratorio de Metrología de la Universidad Tecnológica de Pereira, Basado en la Norma NTC-ISO-IEC 17025. Ingeniero Luis Fernando Álvarez Velásquez, estudiante de la Maestría en Instrumentación Física.

**3.4.3** Software para la sistematización de los procedimientos técnicos y de gestión del laboratorio de metrología electromédica de la Universidad Tecnológica de Pereira. Ingenieros Álvaro Ignacio Morales y Luis Fernando Castro, Estudiantes de la Maestría en Instrumentación Física.

**3.4.4** Sistematización y automatización de los procedimientos de calibración del laboratorio de metrología de variables eléctricas. Licenciados John Jairo Naranjo Castro y Ramiro Arango, estudiantes de la Maestría en Instrumentación Física.

**3.4.5** Desfibriladores cardiacos: Diseño y sistematización de los procedimientos de Calibración/Ensayo. Aspectos –electrónicos y normativos para una propuesta de construcción. Ingeniera María Elena Leyes S., estudiante de la Maestría en Instrumentación Física.

**3.4.6** Desarrollo de una metodología para el diseño de un telurómetro digital de frecuencia variable. Ingeniero Jorge Humberto Sanz Alzate, estudiante de la Maestría en Instrumentación Física.

Además de las tesis de maestría, se están dirigiendo en la actualidad 5 tesis de pregrado en el área de la metrología.

### 3.5 Ponencias Internacionales

Las siguientes son las ponencias internacionales presentadas por el grupo en el área de metrología:

- Simposio Internacional de Metrología – Queretaro México – 2006. Acreditación de un laboratorio para la calibración/ensayo de equipo electromédico en Colombia.
- VI Congreso Internacional de Metrología – La Habana – Cuba – 2005. Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad eléctrica. Aspectos fundamentales para el diseño de procedimientos de calibración para laboratorios de metrología con base en la norma NTC-ISO-IEC-17025.
- IV Congreso Internacional de Educación Superior – La Habana – Cuba – 2004. Impacto de los laboratorios de metrología y de ensayo en la investigación y extensión universitarias.

### 3.6 Artículos publicados

Los siguientes son los títulos de algunos de los artículos publicados en el área de la metrología en revistas indexadas:

- “Estimación de la incertidumbre en la calibración de equipos electromédicos” publicado en la revista *Scientia et Técnica* N° 32 de 2007.
- “Fundamentos para el diseño de pruebas de seguridad eléctrica para equipo biomédico con base

en la norma NTC-ISO-IEC-60601-1” publicado en la revista Scientia et Técnica N° 30 de 2006.

- “Procedimiento de intercomparación en las magnitudes voltaje DC y corriente DC entre los laboratorios de patronamiento eléctrico de la Universidad del Valle y el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la UTP” publicado en la revista Scientia et Técnica N° 30 de 2006.
- “Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad eléctrica”. Publicado en la revista Scientia et Técnica N° 27 de 2005.
- “Fundamentos para una propuesta de norma técnico ambiental sobre radiaciones electromagnéticas de frecuencia extremadamente baja (FEB)” publicado en la revista Scientia et Técnica N° 22 de 2003.

### 3.7 Libros

“Aspectos metrológicos fundamentales para la acreditación de un laboratorio de patronamiento eléctrico” Primera edición 2005, impreso en postergraph S.A., ISBN: 958-8065-93-3 – libro financiado por COLCIENCIAS y evaluado para su publicación por el comité editorial de la UTP.

## 4. Conclusiones

Con base en la experiencia presentada se puede decir que los laboratorios de metrología/ensayos creados al interior de las universidades, proporcionan múltiples beneficios en lo que respecta a la investigación y extensión universitarias, entre ellos, se tienen:

**4.1 Divulgación:** Por su componente académico los resultados de los trabajos desarrollados en estos laboratorios tienden a ser divulgados por distintos medios, tales como congresos, revistas especializadas, permitiendo un enriquecimiento del saber.

**4.2 Formación profesional:** La experiencia lograda en estos laboratorios puede ser comunicada a los estudiantes universitarios y además puede ser

incluida dentro de los programas de diferentes asignaturas.

**4.3 Apoyo a la investigación universitaria:** Los trabajos de investigación realizados en nuestras universidades en lo que corresponde a aspectos experimentales, generalmente son realizados con equipos de medición que son comprados y no vuelven a ser calibrados; en las universidades generalmente no se cuenta con un programa de calibración de los equipos utilizados en los laboratorios de investigación; un laboratorio como el de metrología de variables eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira representa la trazabilidad de las medidas que se realicen en los procesos investigativos en que se utilizan instrumentos de medidas eléctricas, dando confiabilidad a sus resultados.

**4.4 Fuente de proyectos para trabajos de grado a nivel de pregrado y de posgrado:** Los laboratorios de metrología y de ensayos generan múltiples proyectos para los estudiantes de pregrado y posgrado que los relacionan con la industria y que impactan en el medio, además generan proyectos en el área de la metrología científica importantes para el desarrollo de las diferentes ciencias experimentales.

**4.5 Aprovechamiento tecnológico:** A las instituciones universitarias que impulsan estos procesos de acreditación de sus laboratorios de metrología y de pruebas y ensayos por medio de la experiencia lograda en este campo y con base en las investigaciones realizadas y en los servicios prestados les es posible colaborar con en el desarrollo en el país de tecnología propia y con en el mejoramiento continuo de los productos nacionales.

**4.6 Capacitación industrial:** Mediante cursos de extensión se puede capacitar al personal de las diversas empresas en temas de metrología y de pruebas y ensayos.

**4.7 Imparcialidad en el trabajo:** Gracias a que la filosofía principal de una institución universitaria es la formación de profesionales; los laboratorios que prestan servicios al medio no tienen compromisos con grupos económicos o sectores particulares.

## Referencias

---

- Norma NTC-2194, Vocabulario de términos básicos y generales en metrología.
- Decreto 2269 de 1993 con el cual se organiza el sistema nacional de normalización, certificación y metrología (SNNCM).
- Decanini, Alfredo Elizondo. (1996). Manual de aseguramiento metrológico industrial. México: Castillo, p.8-10.
- Norma NTC-ISO-IEC-17025 (2005). “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.
- Superintendencia de Industria y comercio. [www.sic.gov.co](http://www.sic.gov.co)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION – ICNIRP- (1998). Recomendaciones para limitar la exposición a CEM (hasta 300 GHz).
- Muñoz. C, Álvarez. B y Saint-Nom R. (2005). Emisión electromagnética vs. Inmisión electromagnética. Una visión medioambiental. VII Congreso Latinoamericano y IV Iberoamericano en Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico (ALTAE). IEEE.
- Ornetta. V. (2005). Mediciones y evaluación de las radiaciones no ionizantes de cuarenta estaciones bases de servicios de comunicaciones móviles en la ciudad de lima. Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones (INICTEL).
- Ministerio de Minas y Energía (2005). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía (2005 a). República de Colombia. Decreto 195. Diario Oficial 45.808. Enero 31 de 2005.
- Ministerio de Comunicaciones (2005). República de Colombia. Resolución Número 001645 de 29 Julio de 2005 Por la cual se Reglamenta el Decreto 195 de 2005.

## Sobre los autores

---

### Luis Enrique Llamosa R.

Físico, Magíster en Física, Director Grupo de Electrofisiología (categoría A – COLCIENCIAS), Director Maestría en Instrumentación Física, Director Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas, Profesor Titular Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.  
[lellamo@utp.edu.co](mailto:lellamo@utp.edu.co)

### Luis Gregorio Meza C.

Ing. Electricista, Magíster en Instrumentación Física, Jefe de Calibración, Laboratorio de Metrología, Profesor Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.  
[lgmeza@utp.edu.co](mailto:lgmeza@utp.edu.co)

### Miltón F. Villarreal C.

Ingeniero de sistemas, Tecnólogo Eléctrico, Jefe de Calidad del Laboratorio de Metrología, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.  
[labcalibracionve@utp.edu.co](mailto:labcalibracionve@utp.edu.co)

### Algunas publicaciones de los autores en el área de la metrología:

- “Aspectos metrológicos fundamentales para la acreditación de un laboratorio de patronamiento eléctrico” Primera edición 2005, impreso en postergraph S.A., ISBN: 958-8065-93-3 – libro financiado por COLCIENCIAS y evaluado para su publicación por el comité editorial de la Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- “Fundamentos para el diseño de pruebas de seguridad eléctrica para equipo biomédico con base en la norma NTC-ISO-IEC-60601-1” publicado en la Revista Scientia et Técnica N° 30 de 2006.
- “Procedimiento de intercomparación en las magnitudes voltaje DC y corriente DC entre los laboratorios de patronamiento eléctrico de la Universidad del Valle y el laboratorio de metrología de variables eléctricas de la UTP” publicado en la Revista Scientia et Técnica N° 30 de 2006.
- “Evaluación de sistemas de salud en lo referente a su capacidad tecnológica relacionada con la trazabilidad del equipo biomédico y su seguridad eléctrica”. Publicado en la Revista Scientia et Técnica N° 27 de 2005.

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.