

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN  
DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

**INFORME FINAL  
ACTIVIDAD DE FORTALECIMIENTO**

---

**Desarrollo de un laboratorio de metrología dimensional y de  
temperatura.**

---

**ESCUELA RESPONSABLE:  
ESCUELA DE FÍSICA**

**INVESTIGADOR RESPONSABLE:  
Fís. Juan Carlos Lobo Zamora**

**INVESTIGADORES DEL PROYECTO:  
Dr. Dionisio Gutiérrez Fallas  
Dr. Ernesto Montero Zeledón**

**APROBACIÓN DEL CONSEJO DE ESCUELA DE FÍSICA:  
SESIÓN -2010, DE DE 2010**

## Tabla de Contenidos

### Contenido

Resumen.....	4
1. Introducción .....	5
1.1. Antecedentes .....	5
1.2. Definición del problema.....	6
1.3. Objetivos alcanzados.....	7
1.3.1. Objetivo general:.....	7
1.3.2. Objetivos específicos:.....	7
2. Revisión de literatura .....	7
2.1. Norma Internacional ISO/IEC 17025 .....	7
3. Materiales y métodos .....	9
4. Resultados y discusión .....	10
4.1. Equipo .....	10
4.2. Acondicionamiento del espacio .....	10
4.3. Nomenclatura utilizada en el Laboratorio de Metrología de la Escuela de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica .....	12
4.4. Procedimientos y cartas de control .....	12
4.5. Formación en Metrología.....	13
4.5.1. LACOMET: Laboratorio Costarricense de Metrología.....	14
4.5.3. LABCAL.....	15
4.5.4. Divulgación de los resultados.....	15
4.5.4.1. Encuentro de investigación .....	16
4.5.4.2. Artículo en la revista Investigatec.....	19
4.6. Vinculación .....	19
4.6.1. Vinculación con el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción .....	19
4.6.2. Seminario “Explora el mundo FLUKE 2008” .....	20
4.6.3. Contactos.....	21
4.6.4. Vinculación de Estudiantes .....	30
5. Conclusiones y recomendaciones .....	30
6. Aportes y alcances.....	31
Bibliografía.....	32

## **Lista de Tablas**

Tabla 1. Equipo ingresado en las variables de dimensional y temperatura .....	10
Tabla 2. Nomenclatura utilizada en el Laboratorio de Metrología de la Escuela de Física.....	12

## **Lista de Figuras**

Figura 1. Propuesta de distribución de la Sala A4-01 .....	11
Figura 2. Poster presentado en el III Encuentro de Investigadores.....	17
Figura 3. Equipo de Metrología dimensional presentado en el III Encuentro de Investigadores. ....	18
<b>Figura 4. Puesto de atención al público durante el III Encuentro de Investigadores.....</b>	<b>18</b>

## **Resumen**

Esta actividad de fortalecimiento a la investigación está enfocada en desarrollar las condiciones apropiadas que permitan que la Escuela de Física cuente con un Laboratorio de Metrología en las variables de temperatura y dimensional. A través del proyecto se logró ubicar adecuadamente el equipo adquirido por la Escuela, además de realizar los diseños de un posible laboratorio, así como lograr avanzar las gestiones para obtener el espacio físico necesario.

Por otro lado fue posible establecer procedimientos básicos de trabajo en calibración y control de equipos y se realizaron ensayos preliminares al respecto. Dichos ensayos fueron preliminares pues no se contaba con el espacio con todas las condiciones controladas que permitiera realizar las mediciones de acuerdo con el rigor de los procedimientos.

Se logró establecer relaciones de cooperación con el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción que permitirán un desarrollo conjunto debido a los intereses comunes que se tienen en materia de metrología y control de la calidad, así mismo se estableció una lista de contactos de una serie de actores importantes en el sector de la metrología a nivel nacional.

El trabajo con estudiantes asistentes permitió a los investigadores adquirir experiencia en el entrenamiento y capacitación en el área de la metrología y a los estudiantes la posibilidad de adquirir destrezas y habilidades en el área del trabajo en laboratorio y la implementación de procedimientos de calibración.

## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

La historia de la metrología en Costa Rica es relativamente reciente. Hasta el año 1973 se adopta oficialmente, mediante la ley 5292, el Sistema Internacional de Unidades (SI) para uso obligatorio en la República, con exclusión de cualquier otro sistema y paralelamente, se crea la Oficina Nacional de Normas y Unidades de Medida (ONNUM) cuya finalidad es regular y administrar las actividades de normalización y metrología.

Más de veinte años después, en 1995, se adicionan la acreditación y la reglamentación técnica a las funciones de la ONNUM. En el año 2002 se crea el Sistema Nacional para la Calidad mediante la Ley 8279; en ésta se crea el Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET), como un órgano de desconcentración máxima, adscrito al Ministerio de Economía, Industria y Comercio que se regirá por las normas nacionales e internacionales aplicables. El objetivo del LACOMET es garantizar la trazabilidad de las mediciones que se realizan en el país, en concordancia con lo que establece el Sistema Internacional de Unidades (SI). Además, deberá difundir y fundamentar la metrología nacional, custodiar los patrones nacionales y fungir como laboratorio nacional de referencia en metrología.

Actualmente la metrología ha tomado gran relevancia ya que el sector productivo nacional requiere de certificaciones que le permitan ingresar y competir en mercados globalizados y para obtener dichas certificaciones se requiere, entre otras cosas, la incorporación de prácticas metrológicas en sus procesos productivos, sin embargo el país aún no se encuentra completamente preparado para atender estas necesidades en el área de la metrología.

Gracias al apoyo de la VIE y del CONARE por medio de los Fondos del Sistema, la Escuela de Física cuenta con equipo de metrología básico en las áreas dimensional y de temperatura, incluyendo micrómetros, calibradores, bloques patrón, baño de temperatura, termómetro de platino y otros, con los cuales se podría dar inicio al montaje de un laboratorio que desarrolle investigación y brinde prestación de servicios en los campos de la metrología dimensional y de temperatura, el cual fortalecería la relación entre la academia y el sector productivo nacional en estos campos claves.

La Escuela de Física, desde el año 2005, se encuentra analizando la posibilidad de generar una opción académica propia y para este fin conformó una comisión interna denominada “Comisión de carrera de la Escuela de Física”.

Desde su conformación dicha comisión ha realizado una gran cantidad de entrevistas, tanto dentro de la institución como fuera de ella, y a raíz de estas se ha detectado que existe una enorme necesidad de desarrollar el área de

metrología en la academia. También, ha resultado claro que el sector productivo nacional está requiriendo incorporar en sus procesos productivos normas y estándares internacionales que deben ser certificados por medio de procedimientos metrológicos.

Dadas las necesidades en el campo de la metrología que fueron detectadas por la “Comisión de carrera”, la Escuela de Física solicitó, por medio de los Fondos del Sistema CONARE, la compra de equipo variado de metrología, particularmente en el área dimensional y de temperatura, la cual fue finalmente aprobada por la VIE.

La metrología dimensional incluye la medición de todas aquellas propiedades que se determinen mediante la unidad de longitud, como por ejemplo distancia, posición, diámetro, redondez, planitud, rugosidad, etc. La longitud es una de las siete magnitudes fundamentales del Sistema Internacional de Unidades (SI). Esta especialidad es de gran importancia en la industria en general pero muy especialmente en la de manufactura pues las dimensiones y la geometría de los componentes de un producto son características esenciales del mismo, ya que, entre otras razones, la producción de los diversos componentes debe ser dimensionalmente homogénea, de tal suerte que estos sean intercambiables aun cuando sean fabricados en distintas máquinas, en distintas plantas, en distintas empresas o, incluso, en distintos países (CENAM, 2007).

La metrología de temperatura se refiere a la medición precisa y el control de la temperatura, de lo cual dependen muchos de los procesos industriales. La metrología de temperatura también es un factor clave que afecta la eficiencia y el impacto ambiental que producen las industrias que consumen grandes cantidades de energía, así como también es muy importante en el desarrollo de productos innovadores y en la salud y seguridad del público en general. Las aplicaciones de la metrología de temperatura se extienden desde el procesamiento, el almacenamiento y la distribución de alimentos perecederos y materiales biológicos hasta la manufactura de componentes electrónicos y la caracterización de nuevos materiales (Fischer, 2005).

Esta actividad de fortalecimiento busca proveer condiciones adecuadas para el montaje de un laboratorio de metrología con el equipo que se está adquiriendo para las áreas de dimensional y temperatura.

## **1.2. Definición del problema**

Con el apoyo recibido de los Fondos del Sistema CONARE, durante el año 2008 ingresaron una serie de equipos metrología en las magnitudes dimensional y de temperatura. Una vez ingresado el equipo es necesario implementar una serie de etapas que permitan crear las condiciones necesarias para poner en funcionamiento un laboratorio que permita en

primera instancia brindar servicios básicos en dichas variables y luego realizar investigación en dichas áreas.

Las condiciones de un laboratorio de metrología son condiciones especiales que necesitan del diseño de un espacio físico adecuado y de una serie de controles sobre las condiciones ambientales de dicho espacio. Allí deben tomarse en cuenta una serie de factores como el tamaño del espacio, cuantos investigadores puede albergar, que divisiones deben desarrollarse, que laboratorios pueden estar próximos y cuáles no, etc.

Por otro lado es necesario desarrollar una serie de procedimientos basados en normas internacionales que permitan realizar las distintas tareas de calibración.

### **1.3. Objetivos alcanzados**

#### **1.3.1. Objetivo general:**

- Desarrollar un laboratorio para metrología dimensional y de temperatura

#### **1.3.2. Objetivos específicos:**

- Implementar algunos procedimientos de calibración en el área de metrología dimensional y de temperatura.
- Promocionar los servicios metrológicos en el área dimensional y de temperatura en las Escuelas y Centros de Investigación de la Institución y en el sector productivo nacional.
- Promover la vinculación entre el sector productivo nacional y la academia.
- Vincular estudiantes de diferentes carreras del ITCR al campo de la metrología.

## **2. Revisión de literatura**

El documento fundamental que se analizó fue la Norma Internacional ISO/IEC 17025 de la cual se presenta un resumen. Por otro lado se realizó una búsqueda y localización de la bibliografía existente en la Biblioteca José Figueres de la Institución.

### **2.1. Norma Internacional ISO/IEC 17025<sup>1</sup>**

La Norma ISO/IEC 17025 establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración para establecer un sistema de gestión. Las organizaciones de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios

---

<sup>1</sup> ISO: Organización Internacional de Normalización  
IEC: Comisión Electrotécnica Internacional

de ensayo y calibración se basan en esta Norma Internacional para sus acreditaciones.

El sistema de gestión designa los sistemas de calidad, administrativos y técnicos que rigen las actividades de un laboratorio.

Específicamente, en la norma se establecen requisitos relativos a la gestión y requerimientos técnicos.

En los requisitos de gestión se tratan todos los aspectos de la organización administrativa, la confección y el manejo de la documentación, el personal y la distribución de las responsabilidades, la administración del servicio y los planes de mejoramiento y evaluación continua de los procedimientos.

En los requisitos técnicos se tratan los factores que determinan la exactitud y confiabilidad de los ensayos o de las calibraciones realizadas por el laboratorio. Dentro de estos factores se consideran:

- a. Factores humanos: responsabilidades, especialización, cualidades y capacitación.
- b. Instalaciones y condiciones ambientales: las fuentes de energía, la iluminación, control de las condiciones ambientales, la seguridad e higiene ocupacional
- c. Métodos de ensayo y calibración y su evaluación: selección de los métodos (normalizados, no normalizados, propios el laboratorio), muestreo, manipulación, transporte, almacenamiento, preparación, estimación de la incertidumbre y validación de los métodos.
- d. Equipo: selección, ubicación, programas de calibración, mantenimiento, software especializado.
- e. Trazabilidad de las mediciones: patrones de referencia, plan de calibración, verificación de los patrones.
- f. Muestreo: plan y métodos estadísticos adecuados, registro de los datos.
- g. Manipulación de los ítems de ensayo y de calibración: procedimientos de transporte, recepción, identificación, manipulación, protección, almacenamiento, disposición final.
- h. Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración: referencias internas, comparaciones inter-laboratorios, utilización de diferentes metodologías, metodología adecuada para el tipo y volumen de trabajo.
- i. Informe de los resultados: diseño de documentación adecuada e información completa.

Todas las gestiones que se han realizado para el desarrollo de un laboratorio de metrología dimensional y de temperatura se fundamentan en las normas internacionales recomendadas para este efecto.

Por otro lado se realizó una búsqueda y localización de la bibliografía existente en la Biblioteca José Figueres Ferrer del Instituto Tecnológico relacionada con



Metrología, Calibración, Temperatura y Mediciones. El anexo 1 presenta los resultados obtenidos.

### **3. Materiales y métodos**

Este proyecto se divide en ocho etapas principales:

1. Búsqueda y adaptación de espacio físico para la instalación del laboratorio de metrología.
2. Montaje del equipo del área de metrología dimensional y de temperatura que se adquirió durante el año 2007.
3. Implementación de algunos procedimientos de calibración básicos en el área de la metrología dimensional y de temperatura.
4. Divulgación de los resultados y servicios disponibles a la comunidad institucional y el sector productivo nacional.
5. Establecer contactos con actores clave del sector productivo nacional (por ejemplo, Cámara de Industrias de Costa Rica).
6. Vinculación con estudiantes de la institución.

El desarrollo de estas etapas comprende la realización de las siguientes actividades:

1. Búsqueda de espacio físico para el desarrollo del laboratorio.
2. Acondicionamiento del espacio físico a las necesidades de un laboratorio de metrología.
3. Montaje del equipo que se adquirió en el año 2007 para el área de metrología dimensional y de temperatura.
4. Ubicación, recolección y montaje del equipo de metrología dimensional y de temperatura que se encuentre en los laboratorios de enseñanza de la Escuela de Física.
5. Identificación de algunos procedimientos básicos de calibración que se puedan implementar con el equipo de metrología dimensional y de temperatura disponible.
6. Identificación y recopilación de las normas nacionales e internacionales que tienen relación directa con la metrología dimensional y de temperatura.
7. Implementación de los procedimientos de calibración identificados.
8. Divulgación de los resultados obtenidos y de los servicios disponibles, tanto a lo interno como a lo externo de la institución, por medio de exposiciones, conferencias, elaboración de artículos u otras.
9. Establecer contactos con empresas y organizaciones específicas que actúan como actores claves del sector productivo nacional y que requieren de la metrología para el mejoramiento y el desarrollo futuro de su actividad productiva.
10. Incorporación de estudiantes del ITCR en las actividades propias del laboratorio de metrología.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Equipo

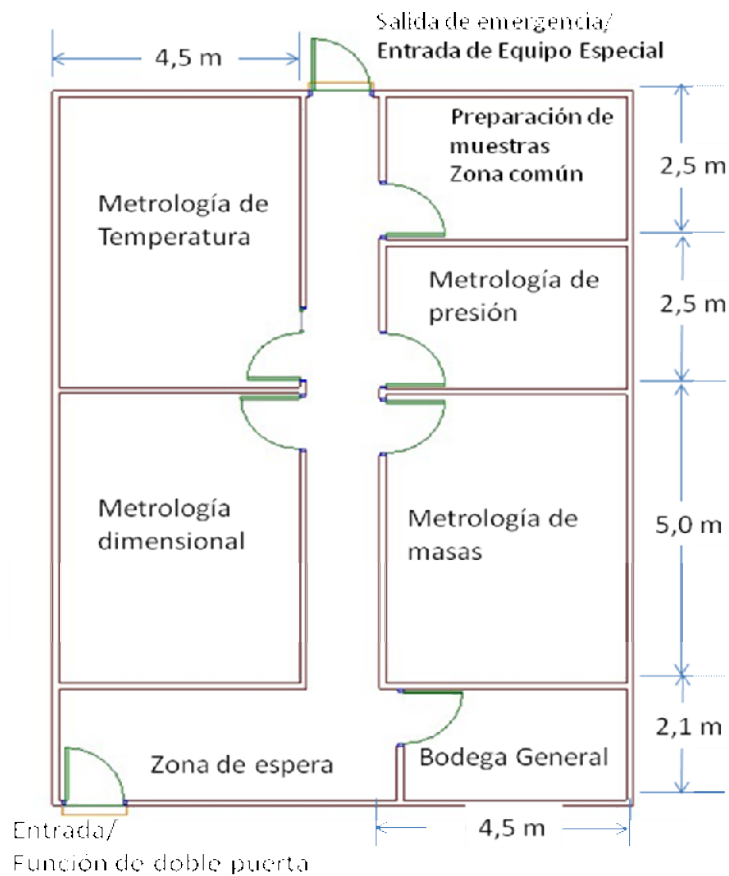
**Tabla 1.** Equipo ingresado en las variables de dimensional y temperatura

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
5	MICROMETRO ANALOGO CON PUNTA DE CARBURO, Y MARCO AISLADO, RANGO 0 A 3", MARCA FOWLER
5	MICROMETRO DIGITAL ELECTRONICO RESISTENTE A GOLPES
5	CALIBRADOR DIGITAL PARA MEDIDAS INTERNAS, EXTERNAS, PROFUNDIDAD Y PASOS, RANGO 0 A 6", MARCA FOWLER, MOD/PRO MAX
4	JUEGO DE BLOQUES DE CALIBRACION DE ACERO PARA CALIBRAR MICROMETROS, RANGO 0.10005" A 4", MARCA FOWLER, MOD/53-670-036
1	JUEGO DE BLOQUES DE CALIBRACION EN CERAMICA PARA CALIBRAR MICROMETROS, RANGO 0.10005" A 4", MARCA FOWLER, MOD/53-684-036
1	MESA DE PLANITUD GRANITO NEGRO, DIMENSIONES 24 x 36", FACTURA N° 4280, GARANTIA 1 AÑO (02-11-2008), OC/20071298, RDM/20071940
1	TRANSMISOR DE PRESION, HUMEDAD Y TEMPERATURA, MARCA VAISALA, MOD/PTU300, SER/D0140001
1	BAÑO DE TEMPERATURA, MARCA FLUKE, MOD/7340, SER/A7C182
1	TERMOMETRO DE RESISTENCIA ESTANDAR DE PLATINO (SPRT), MARCA FLUKE, MOD/1502A, SER/A7B850

### 4.2. Acondicionamiento del espacio

Es necesaria la instalación del equipo de acuerdo a las condiciones de cada una de las variables que se están desarrollando en el laboratorio de metrología. Actualmente la Escuela de Física no cuenta con el espacio físico adecuado para la instalación del laboratorio de Metrología, sin embargo, existe un área que puede ser adaptada para su utilización en las diferentes variables en desarrollo, esta sala es la A4-01. Se ha propuesto un diseño de distribución del área, en donde se contemplan diferentes aspectos (*ver Figura 1*):

1. Accesos para equipo y personal.
2. Características de las variables (masas, dimensional, temperatura)
3. Almacenamiento.
4. Requerimientos de las paredes



**Figura 1.** Propuesta de distribución de la Sala A4-01

En el caso de los accesos para el equipo y el personal, se requiere de un pasillo el cual podría contar con la entrada principal (actual entrada a salón A4-01) y una salida de emergencias y movilización del equipo, situada en un costado externo del edificio en el que se Encuentra la Escuela de Física.

Es importante, para cada uno de los laboratorios, contemplar la instalación de un sistema de doble puerta, el cual se recomienda para evitar la perturbación de las condiciones ambientales durante el acceso o salida de las personas.

Con respecto a las características de las variables, se sugiere la instalación del laboratorio de masa y dimensional, separado del laboratorio de usos generales, de temperatura y de presión, ya que estos no requieren condiciones ambientales estrictamente controladas, además de que pueden afectar las condiciones ambientales de las variables de masa y dimensional, a través de la

conducción de calor a través de las paredes, por lo cual dichas paredes deben estar aislar térmicamente las salas.

Sobre el diseño de las paredes, las recomendaciones sugieren evitar el uso de ventanas en las variables de masa y dimensional, sin embargo, actualmente se acepta la instalación de pocas ventanas y delgadas y alargadas, con el propósito de favorecer la salud mental y el bienestar del personal del laboratorio.

Se ha considerado una zona de almacenamiento de algunos materiales y accesorios que pueden almacenarse en diferentes condiciones ambientales a las requeridas en el laboratorio.

Todas las salas deben adaptarse para asegurar las especificaciones de iluminación, temperatura, humedad, de corrientes de aire y vibraciones.

#### 4.3. Nomenclatura utilizada en el Laboratorio de Metrología de la Escuela de Física del Instituto Tecnológico de Costa Rica

**Tabla 2.** Nomenclatura utilizada en el Laboratorio de Metrología de la Escuela de Física

Documentos	Tipo de documentos
SC- Sistema de Calidad	Son los documentos relacionados con el punto cuatro de la norma 17025. Todo lo referente a calidad, e.g. para el Manual de Calidad la nomenclatura es: SC-01.
PG- Procedimiento General de Calibración	Son documentos generales relacionados con los procedimientos que se elaboren a lo interno del laboratorio. Por ejemplo, el “Procedimiento de calibración de vernier por comparación directa con bloques” la nomenclatura es: PG-01.
RE- Registro interno	Son los documentos que se generen para documentar información específica de una actividad, calibración, verificación o control. Por ejemplo para el “Control interno de los instrumentos de medida” la nomenclatura es: RE-01
IN- Instructivo interno	Son los documentos escuetos que se refieren a usos de instrumentos, cuidados en el laboratorio, trazabilidad metrológica, etc. Por ejemplo para el “Instructivo de uso del baño térmico” la nomenclatura es: IN-01

SC-Sistema de Calidad

PG- Procedimiento General de Calibración

RE- Registro interno

IN-Instructivo interno

#### 4.4. Procedimientos y cartas de control

Se desarrolló para el equipo existente los siguientes procedimientos:

- Procedimiento para la calibración de micrómetros exteriores
- Procedimiento para la calibración de calibres tipo verniers
- Procedimiento para la calibración de termómetros de líquido en vidrio.
- Carta de control para vernier
- Carta de control para micrómetros

Se anexan ejemplos de un procedimiento desarrollado y dos cartas de control (anexos 2, 3 y 4)

#### **4.5. Formación en Metrología**

Como se ha expuesto anteriormente en el país el desarrollo de la metrología es reciente lo que se refleja en el poco personal capacitado que tiene el país y en la ausencia de programas académicos de formación específica en esta área. Actualmente la mayor parte de personas que desarrollan la metrología en el país son físicos o ingenieros que a partir de su formación base desarrollan capacidades en el área. Dado el interés de la Escuela en desarrollar esta área se ha identificado la importancia de dar capacitación específica a los investigadores, tanto en el corto como en el mediano y largo plazo. En el corto y mediano plazo se pueden aprovechar las opciones que tiene el país, así como la experiencia que pueden desarrollar los investigadores al aplicar su formación base al área en específica. En el largo plazo se debe pensar en capacitación a nivel de posgrados que necesariamente deberán realizarse en el exterior.

Las opciones actuales de formación en el área de metrología en Costa Rica cubren únicamente el nivel técnico. No hay opciones para la obtención de grado académico de nivel profesional, por lo que el desarrollo de la metrología en Costa Rica se restringe a las áreas Legal e Industrial.

Muchos de los proveedores de servicios metrológicos y de equipos metrológicos también brindan servicios de capacitación. En general, los costos de este tipo de capacitación son elevados y requieren de un mínimo de participantes.

Un factor de desconfianza que surge del análisis de la información obtenida, es que en las ofertas de cursos de capacitación no se garantiza la cualificación de los instructores, aunque probablemente algunos de ellos estén suficientemente cualificados. Parece ser que en la metrología, lo que más se valora es la experiencia que hayan adquirido los instructores en desempeño de sus labores, tanto por parte de las empresas privadas como por las instituciones públicas.

A continuación se brinda información de los cursos de capacitación y tipos de formación que ofrece el LACOMET y dos laboratorios de metrología de las universidades públicas, el PROCAME de la UNA y el LABCAL de la UCR.

#### **4.5.1. LACOMET: Laboratorio Costarricense de Metrología**

Una labor que ha asumido el LACOMET, es la impartición de cursos de capacitación en las diversas áreas de la metrología: masas, volumen, temperatura, entre otras. Los temas de los cursos que ofrece son los siguientes:

- Densidad
- Dimensional
- Humedad Relativa
- Masa y Balanzas
- Óptica
- Potencial Hidrógeno
- Sistemas de Calidad
- Temperatura Avanzada
- Temperatura Básica
- Viscosidad
- Volumen

En los anexos se incluyen los programas de los cursos, los cuales fueron tomados de la página del LACOMET. El programa del curso de masas y balanzas no se incluye porque aparece en el Anexo del Curso que los investigadores de la Escuela de Física tomaron.

Referencia: <http://www.lacomet.go.cr/capacitacion.htm>

#### **4.5.2. PROCAME**

##### **Programa de Estudios en Calidad, Ambiente y Metrología**

Es un programa de la Universidad Nacional dirigido al fomento y desarrollo de una cultura ambiental, metrológica y de calidad en Costa Rica.

Las opciones de formación que ofrece son las siguientes:

- Auditor interno de sistemas integrados de gestión.
- Gestor de plantas de tratamiento.
- Auditor interno en sistemas de gestión de prevención de riesgo del trabajo.
- Gestor en salud ocupacional.
- Gestor en confirmación metrológica.
- Gestión ambiental.
- Gestor de cargas de trabajo.
- Auditor interno en calidad.
- Gestión Ambiental
- Cursos Complementarios.

Se adjunta documentación adicional sobre el PROCAME y sobre los Programas de Estudio de las opciones de formación. El detalle de los cursos que ofrece el PROCAME se encuentra en los programas de estudio:

Referencias: [www.una.ac.cr/procame/index.html](http://www.una.ac.cr/procame/index.html)

#### **4.5.3. LABCAL**

##### **Laboratorio de Metrología, Normalización y Calidad de la Universidad de Costa Rica**

Es una unidad operativa de carácter institucional e interdisciplinario, adscrita al Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la UCR. Tiene como objetivo es contribuir al desarrollo de la calidad, la metrología, la normalización y la gestión ambiental mediante la prestación de servicios de calibración de instrumentos de medición, de consultoría y de capacitación a empresas e instituciones.

Brinda cursos de capacitación en algunas de las áreas de la metrología.

- Principios de Metrología, Normalización y Calidad.
- Las Normas ISO 9001, ISO 10012, ISO 10013, ISO 17025, ISO 19011, ISO 14001.
- El papel de la metrología en el aseguramiento de la calidad.
- Documentación de los sistemas de gestión de la calidad y de gestión ambiental.
- Auditoría de los sistemas de la calidad.
- Metrología legal, científica e industrial.
- Incertidumbre de las mediciones.
- Preparación de laboratorios de calibración y ensayo para la acreditación.
- Calibración y verificación de instrumentos de medición.
- Materiales de referencia: preparación, certificación y utilización.
- Técnico en metrología.
- Auditor de calidad.

Se adjunta documentación relacionada con las actividades que desarrolla y los servicios que ofrece el LABCAL:

Referencias:

<http://www.inii.ucr.ac.cr/unidades.html>

<http://iniiserver.inii.ucr.ac.cr/labcal/>

#### **4.5.4. Divulgación de los resultados**

En atención al plan de divulgación de los resultados se desarrollaron una serie en este sentido.

#### **4.5.4.1. Encuentro de investigación**

Se participó en el Tercer Encuentro de Investigadores, organizado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión. Para este encuentro se promovió la necesidad de desarrollar el área de Metrología en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, sustentado en el auge del desarrollo económico y las exigencias del mercado internacional en la regulación de la producción, el aprovechamiento de los recursos, la protección del ambiente y el comercio.

En el encuentro de investigación se presentó un poster titulado (ver *Figura 2*): ***“Metrología: Perspectivas de desarrollo en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Física”***

Los investigadores ofrecieron charlas, atendieron consultas, y realizaron demostraciones del equipo de metrología con el que hasta entonces se contaba en la Escuela de Física (*Figura 3 y 4*).



# Metrología: Perspectivas de desarrollo en el Instituto Tecnológico de Costa Rica

Andrey Herrera, Ernesto Montano, Natalia Murillo, Juan C. Lobo, Dionisio Gutiérrez  
Escuela de Física, Instituto Tecnológico de Costa Rica

## Resumen

La metrología es un área de la ciencia y la tecnología que ha adquirido gran relevancia debido a su relación con el aumento de las exigencias y controles de calidad en los procesos comerciales, producción de bienes y servicios. Estos procesos son imprescindibles en el contexto del comercio internacional. A pesar de este hecho, las universidades estatales no han conseguido, hasta ahora, desarrollar laboratorios donde se realice investigación permanente en estos temas. La Escuela de Física propicia la capacitación de investigadores en esta área y paralelamente busca adquirir equipo metrologógico de calidad para realizar investigación y brindar servicios de calibración a los equipos institucionales de medición e investigación.

## Introducción

La metrología se puede considerar como la ciencia de la medición, es decir, el conjunto de operaciones sistemáticas cuyo objetivo es determinar el valor de una magnitud física. En la metrología es primordial la calibración de instrumentos de medición, la cual consiste en la comparación de un estándar con un instrumento de medición en la que se cuantifica la incertidumbre del instrumento a calibrar y el valor de su corrección respecto al patrón. La idea de la metrología es poder seguir la historia de cualquier medición y llegar, inequívocamente, hasta los patrones primarios que funcionan como referencias internacionales.

## Avances en metrología de temperatura primaria en el ITCR

En las mediciones de temperatura son necesarios los puntos de referencia para la definición de la escala. Estos puntos sirven como referencia a nivel mundial. El punto triple del agua es uno de estos puntos de referencia, en él coexisten las fases correspondientes a los estados sólido, líquido y gaseoso. El punto triple del agua ( $T = 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $P = 667\text{ Pa}$ ) se escoge como referencia por facilidad de realización y reproducibilidad.

La Escuela de Física del ITCR, en conjunto con la Escuela de Química de la UCR, ha elaborado una celda de punto triple del agua que se utiliza como referencia en la escala termodinámica temperatura. En la Figura 2 se observan el manto de agua sólida (hielo), el agua en fase líquida y el vapor de agua que se elaboró con agua nanopura. El punto triple se realiza en la parte superior de la celda y el medidor de temperatura —Termómetro Estándar de Resistencia de Platino (SPRT)— se introduce en el termopozo.

La estabilidad de la temperatura de la celda es del orden de  $3\text{ mK}$  (Figura 3) y la incertidumbre de la medición, calculada con base en la Guía para la Expresión de la Incertidumbre (GUM) es de  $0,3\text{ mK}$ . Las siguientes fuentes de incertidumbre consideradas son: incertidumbre heredada en el termómetro referencia, incertidumbre debido al auto calentamiento del termómetro referencia, incertidumbre por profundidad de inmersión del termómetro referencia, incertidumbre por histéresis del termómetro referencia, incertidumbre del resistor utilizado para las lecturas e incertidumbre por repetitividad del punto de medición.

Figura 4: Áreas de la Metrología según el Bureau International de Pesas y Medidas (BIPM)



## La metrología en Costa Rica

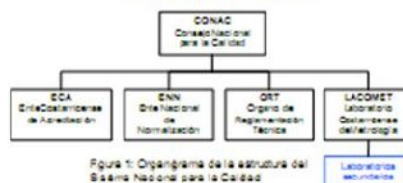


Figura 1: Organigrama de la estructura del Sistema Nacional para la Calidad

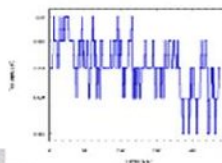
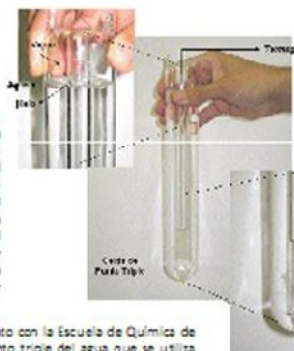


Figura 3: Estabilidad de la celda de punto triple del  $\text{H}_2\text{O}$  medida con SPRT en función del tiempo

Figura 2: Celda de Punto Triple del Agua

## Conclusiones

La Metrología Científica es determinante en el desarrollo de un país, por ello la Escuela de Física del ITCR procura desarrollar proyectos de investigación en esta área para actuar como referencia a nivel nacional en algunas de las magnitudes, como el caso descrito sobre temperatura donde se obtuvo una estabilidad del orden de  $3\text{ mK}$ . La realización de mediciones trazables permite contar con certificados de confiabilidad de los resultados reportados en las mediciones que se realicen, por ello, los laboratorios institucionales que procuran el reconocimiento a través de estándares internacionales, deben orientar su sistema de calidad y aseguramiento de resultados basados en los procedimientos de la Metrología.

## Bibliografía

1. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2007). *El Sistema Internacional de Unidades*. París: BIPM.

2. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

3. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

4. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

5. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

6. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

7. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

8. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

9. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

10. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

11. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

12. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

13. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

14. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

15. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

16. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

17. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

18. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

19. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

20. BIPM (Bureau International de Pesas y Medidas) (2008). *Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medición*. París: BIPM.

Figura 2. Poster presentado en el III Encuentro de Investigadores



**Figura 3. Equipo de Metrología dimensional presentado en el III Encuentro de Investigadores.**



**Figura 4. Puesto de atención al público durante el III Encuentro de Investigadores**

#### **4.5.4.2. Artículo en la revista Investigatec**

Como parte del desarrollo del área de Metrología, el grupo de investigación consideró importante dar a conocer las intenciones de la creación del laboratorio metrológico en las áreas de temperatura y dimensional.

Una de las vías utilizadas para la promoción de las ideas fue a través de la revista Investigatec, editada por la Vicerrectoría de Investigación. El artículo publicado hace referencia a la organización metrológica a nivel nacional e internacional, así como el estado de desarrollo en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se concluye que el sistema nacional de calidad está bien estructurado en lo que se refiere a la metrología legal, sin embargo, se evidencia las carencias de desarrollo e inversión en la metrología científica. Además, se llama a la comunidad institucional para procuren el reconocimiento a través de estándares internacionales, así como el seguimiento de un sistema de calidad y el aseguramiento de los resultados basados en procedimientos metrológicos estandarizados.

#### **4.6. Vinculación**

El proyecto realizó valiosas vinculaciones tanto a lo interno de la institución como también con sectores externos a continuación se presentan los resultados más relevantes que se obtuvieron en este sentido:

##### **4.6.1. Vinculación con el Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción**

Se programaron diferentes reuniones con Sergio Fernández, Rommel Cuevas y Rolando Fournier, quienes pertenecen al Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción (CIVCO). Primeramente, se programó una visita con el propósito de conocer el centro de investigaciones y sus necesidades. Posteriormente, se realizaron reuniones puntuales con el propósito de conocer problemas específicos y recibir retroalimentación con respecto al desarrollo de la Metrología en el Instituto Tecnológico.

De estas reuniones de coordinación y cooperación se han obtenido muchos resultados importantes. La Escuela de Física y la Escuela de Ingeniería en Construcción, a través del CIVCO, han participado en conjunto para la adquisición

de equipo especializado en Metrología, esto con el propósito de desarrollar esta área tanto en la Escuela de Física como en el CIVCO.

Actualmente, se está desarrollando un plan de implementación para el asesoramiento y la venta de servicios por parte de la Escuela de Física hacia el Centro de Investigaciones de la Escuela de Ingeniería en Construcción.

#### **4.6.2. Seminario “Explora el mundo FLUKE 2008”**

El seminario se realizó en las instalaciones del Hotel Crowne Plaza Corobici en San José, los días 17 y 18 de junio de 2008. El horario de la actividad fue de 8:00 am a 5:00 pm.

La actividad fue organizada por la empresa ELVATRON y se consiguió la inscripción gratuita por ser docentes universitarios.

La actividad se desarrolló mediante conferencias simultáneas que se realizan en cuatro salones separados del Hotel. Como conferencistas participan expertos de la empresa FLUKE de Estados Unidos y México. Además, se realizan exhibiciones de equipos de medición y se brindan consejos prácticos sobre su uso y mantenimiento.

La actividad tenía como objetivos: Ofrecer a los participantes conocimientos básicos de las técnicas e instrumentos de medición de distintas propiedades físicas y compartir con distintos expertos internacionales las experiencias en la aplicación industrial y científica de la metrología.

Dado la cantidad de actividades simultáneas además de los integrantes de la actividad de fortalecimiento asistieron otros profesores de la Escuela de Física del ITCR interesados en el área de la metrología, quienes asistieron ambos días: Juan Carlos Lobo Zamora, Dionisio Gutiérrez Fallas, Andrey Herrera Sancho, Ernesto Montero Zeledón y Natalia Murillo Quirós

Los profesores de la Escuela de Física del ITCR, identificamos las áreas de interés de la escuela que estaban representadas en la actividad a fin de asistir a las conferencias que más relación tenían con las áreas metroológicas que está desarrollando la Escuela: temperatura, presión, variables eléctricas, así como otros temas físicos que son de interés.

Resultados y observaciones:

Las conferencias de los especialistas en metrología de temperatura aportan información sobre la variabilidad de las medidas por razones aleatorias: mismos patrones producen valores ligeramente distintos bajo condiciones aparentemente iguales.

Los especialistas en equipos para determinación de propiedades eléctricas muestran dispositivos portátiles de almacenamiento de datos y de análisis estadístico de conjuntos de medidas (multímetros, osciloscopios, etc.). La precisión, versatilidad y funcionalidad de este tipo de equipos compensa en muchos casos los costos de adquisición.

Las cámaras de imágenes infrarrojas son equipos sumamente útiles en aplicaciones que impliquen riesgo por contacto o accesos difíciles como el análisis de instalaciones eléctricas, el análisis de elementos de maquinarias de dimensiones grandes cuya inspección detallada consume demasiado tiempo y análisis de plantas industriales y edificios. Las aplicaciones del equipo se restringen a sistemas en los que las diferencias de temperatura pueden aportar información valiosa para el análisis de los mismos.

#### **4.6.3. Contactos**

Se realizó una búsqueda de las personas y entidades relacionadas con el tema de la metrología con quienes se llevaron a cabo reuniones y se estableció contacto. A continuación se muestra una lista de estos contactos:

#### **Lista de Contactos del Grupo de Metrología**

Proyecto de Metrología de Dimensional y de Temperatura 2008 (Información actualizada a febrero de 2010)

**ECA:**

Ente Costarricense de Acreditación

Dirección física: 50 m E del Museo Nacional, San José

Dirección electrónica: [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

Teléfono: 2258-0878, 2258-2529, 2248-3526

Fax:(506) 2258-0644, 2258-2529 ext 113

Horario: 8:00 am-4:00 pm

Licda. Maritza Madriz Picado, Gerente

Correo electrónico: [gerencia@eca.or.cr](mailto:gerencia@eca.or.cr)

Teléfono: 2258-2529 ext 108

Personal

Licda. Ilse Delgado Delgado

Secretaría de Acreditación de Organismos de Certificación

Secretaría de Acreditación de Organismos de Inspección

Correo electrónico: [inspeccion@eca.or.cr](mailto:inspeccion@eca.or.cr)

[certificacion@eca.or.cr](mailto:certificacion@eca.or.cr)

Teléfono: 2258-2529 ext 114

Licda. Johanna Acuña Loría

Secretaría de Acreditación de Laboratorios

Correo electrónico: [laboratorios@eca.or.cr](mailto:laboratorios@eca.or.cr)

Teléfono: 2258-2529 ext 105

Sra. Alejandra Guevara Villegas

Secretaría de Acreditación de Laboratorios

Correo electrónico: [laboratorios2@eca.or.cr](mailto:laboratorios2@eca.or.cr)

Teléfono: 2258-2529 ext 107

Milagro Corrales Segura

Encargada de Capacitación

Correo electrónico: [capacitacion@eca.or.cr](mailto:capacitacion@eca.or.cr)

Teléfono: 2258-2529 ext 116

### **INTECO (Ente Nacional de Normalización)**

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

Dirección física: San Pedro de Montes de Oca, de Muñoz & Nanne 400 metros norte, contiguo al Laboratorio de Materiales de la Universidad de Costa Rica.

Dirección electrónica: [www.Inteco.or.cr](http://www.Inteco.or.cr)

Correo electrónico: [info@inteco.or.cr](mailto:info@inteco.or.cr)

Correo postal: 10004 – 1000 San José, Costa Rica.

Teléfono: 2283- 4522

Fax: 2283- 4831

MBA. Carlos Rodríguez, Director Ejecutivo

Teléfono:(506) 2283-4522

Fax:(506) 2283-4831

### **LACOMET**

Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET)

Ministerio de Economía Industria y Comercio

Dirección física: Ciudad de la Investigación, UCR, San Pedro

Dirección electrónica: [www.lacomet.go.cr](http://www.lacomet.go.cr)

Correo Postal: 1736-2050 San Pedro Montes de Oca, Costa Rica

Teléfonos: 2283-6580, 2225-6544, 2224-5130, 2280-5387

Fax: (506) 2283-5133

Lic. Ileana Hidalgo, Directora

Teléfono:(506) 2224-3502

Personal

Ing. Olman Ramos Alfaro

Sección de metrología de masas

Correo electrónico: oramos@lacomet.go.cr

### **Laboratorios acreditados ante el ECA**

#### **SCM Laboratorios y Metrología, S.A.**

Dirección física: Circunvalación a Cartago, 150 m Sur y 75 m Este del Colegio Universitario de Cartago

Dirección electrónica: [www.scmcrcr.com](http://www.scmcrcr.com)

Correo electrónico: [info@scmmetrologia.com](mailto:info@scmmetrologia.com), [calidad@scmmetrologia.com](mailto:calidad@scmmetrologia.com)

Teléfono: 2592-1616

Fax: 2591-8870

Acreditación Número: LC-020-R01

Acreditado a partir del: 07 abril 2003

Vigente de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522

Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación LC-020-R01.pdf

Información adicional:

Calibraciones: [calibraciones@scmmetrologia.com](mailto:calibraciones@scmmetrologia.com)

Venta de Equipos: [ventas@scmmetrologia.com](mailto:ventas@scmmetrologia.com)

Capacitaciones: [capacitacion@scmmetrologia.com](mailto:capacitacion@scmmetrologia.com)

Personal



Lic. Esteban Guillén Brenes  
Gerente Administrativo (2008), SCM  
Teléfono: 2592 1616  
Fax: 2591 8870  
Correo electrónico: [eguillen@scmcr.com](mailto:eguillen@scmcr.com)

## **COPRODESA**

Laboratorio de la Consultora Costarricense para Programas de Desarrollo, S.A.  
Dirección física: San José, Curridabat 75 metros Sur de la Mitsubishi.  
Dirección electrónica: [www.coprodesa.com](http://www.coprodesa.com)  
Correo electrónico: [mlogan@coprodesa.com](mailto:mlogan@coprodesa.com)  
Correo Postal: 6760-1000  
Teléfono: 2280-7193  
Fax: 2283-1838  
Acreditación Número: LC-031  
Acreditado a partir del: 03 abril 2006  
Vigente de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522  
Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación LC-031.pdf

## **LMVE-ICE**

Laboratorio Metrológico de Variables Eléctricas, ICE  
Dirección física: Edificio del Instituto Costarricense de Electricidad, 4to piso, Puerta #36. San Pedro de Montes de Oca, San José.  
Dirección electrónica: [www.grupoice.com/esp/ele/infraest/lmve/index.html](http://www.grupoice.com/esp/ele/infraest/lmve/index.html)  
Correo electrónico: [lmve@ice.go.cr](mailto:lmve@ice.go.cr)  
Correo Postal: 10032-1000 San José  
Teléfono: 2283-4622  
Fax: 2234-8514

Acreditación Número: LC-036

Acreditado a partir del: 13 noviembre 2006

Vigente al: de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522

Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación V04 LC 036.pdf

### **Metrología Consultores S.A.**

Dirección física: Oficinas Centrales Goicoechea, 50 m Este y 175 m Sur de la Municipalidad de Guadalupe.

Dirección electrónica: <http://www.metrocal.co.cr/principal.html>

Correo electrónico: [info@metrocal.co.cr](mailto:info@metrocal.co.cr)

Correo postal: 1013-2100, Goicoechea, San José, Costa Rica, C.A.

Tel: 2280-1347

Fax: 2253-4687

Acreditación Número: LC-046

Acreditado a partir del: 19 setiembre 2007

Vigente de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522

Alcance de la acreditación: ECA MC P14 F04

Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación V04 LC 046.pdf

M.B.A. Marco Vinicio Martínez, Gerente

Correo electrónico: [mmartinez@metrocal.co.cr](mailto:mmartinez@metrocal.co.cr)

Teléfono: 2280 1347

Fax: 2253 4687

### **INFARMA**

Laboratorio de Control de Calidad de Industria Farmacéutica S.A. de C.V.

Dirección física: Barrio La Granja, Comayagüela, Honduras C.A.

Dirección electrónica: [www.infarma.hn/inicio.html](http://www.infarma.hn/inicio.html)

Correo electrónico: info@infarma.hn, maribel.martinez@infarma.hn

Teléfono: (00504)225-1272

Fax: (00504)225-0271

Acreditación Número: LC-047

Acreditado a partir del: 10 diciembre 2007

Vigente de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522

Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación V04 LC 047.pdf

### **Sección Laboratorios de Medidores, Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A.**

Dirección física: Laboratorio de Medidores CNFL, La Uruca, Plantel Virilla

Correo electrónico: respinoza@cnfl.go.cr

Correo Postal: 10026-1000

Teléfono: 2295-1541

Fax: 2290-6340/2295-1550

Acreditación Número: LC-052

Acreditado a partir del: 15 abril 2008

Vigente de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522

Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación V04 LC 052.pdf

### **Laboratorio Nacional de Metrología en Grandes Masas y Volumen**

Dirección física: Instalaciones de RECOPE en El Alto de Ochomogo, Cartago, Costa Rica

Dirección electrónica:

[http://www.recope.go.cr/nuestra\\_actividad/calidad\\_empresarial/Lab\\_Nac\\_Metrologia.htm](http://www.recope.go.cr/nuestra_actividad/calidad_empresarial/Lab_Nac_Metrologia.htm)

Correo electrónico: LabMetEmp@recope.go.cr, LabMetrologia@recope.go.cr

Correo Postal: 4351-1000

Teléfono: 2550-3553, 2550-3717

Fax: 2550-3552

Acreditación Número: LC-053

Acreditado a partir del: 09 Setiembre 2008

Vigente de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522

Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación LC-053.pdf

## **CAMÉRICA**

Calibraciones de América S.A.

Dirección física: Frente a esquina sureste de la Plaza González Víquez, San José, Costa Rica

Dirección electrónica: <http://www.camericacr.com>

Correo electrónico:

Correo Postal: 367-1002 Paseo de los Estudiantes

E-mail: [labarca@avahuer.com](mailto:labarca@avahuer.com)

Teléfono: 8813-2170

Fax: 2257-4211

Acreditación Número: LC-065

Acreditado a partir del: 13 de octubre del 2009

Vigente de manera indefinida, de acuerdo al Artículo 11 del Decreto Ejecutivo 35522

Alcance de la acreditación: Anexo-Alcance acreditación LC-065.pdf

Fís. Luis Alfonso Abarca Camacho

Gerente Técnico, CAMÉRICA

Teléfono: 2223 1616

Fax: 2257 4211

Correo electrónico: [labarca@avahuer.com](mailto:labarca@avahuer.com)

## **Empresas Proveedoras de Equipos y Materiales:**

### **ELVATRON**

Dirección física: 400 m Norte del Banco Costa Rica, La Uruca, San José, Costa Rica

Dirección electrónica: [www.elvatron.com/index.aspx](http://www.elvatron.com/index.aspx)

Teléfono: 2242 9900

Fax: 2520 0697

## **SETEC**

Servicios Técnicos S.A.

Dirección física: Calle 2, Avenidas 16 y 18, 150 m Norte del Ferrocarril al Pacífico.

Dirección electrónica: [www.setec-cr.com](http://www.setec-cr.com)

Correo electrónico: [mail@setec-cr.com](mailto:mail@setec-cr.com)

Correo postal: 4366-1000 San José, Costa Rica

Teléfono: 2257 6464

Fax: 2256 2929

Personal

Rocío Chavarría Valerio

Representante técnica

Correo electrónico: [rchavarría@setec-cr.com](mailto:rchavarría@setec-cr.com)

Teléfono: 8924 4040

## **DIPROLAB**

Distribuidora de Productos de Laboratorio.

Dirección física: 50 m Oeste de la Rotonda de Betania.

Teléfono: 2225 8330

Fax: 2234 8663

Luz Mery Páez Duarte, Gerente

Correo electrónico: lupadipro@hotmail.com

Teléfono: 8836 2419

#### **4.6.4. Vinculación de Estudiantes**

A través del desarrollo de esta actividad se involucro en diversas etapas a estudiantes de la institución en actividades diversas. Se contó con tres estudiantes a lo largo del año, quienes luego de una inducción inicial sobre lo que es la metrología se les explico un procedimiento específico de calibración, mismo que luego con la guía de un investigador realizaron diversas tomas de datos, y en menor medida en el análisis de los mismos.

Se desarrollaron buenas prácticas de medición así como en el registro adecuado de los datos experimentales. La experiencia permitió a los investigadores desarrollar material para la enseñanza y capacitación en el tema de la metrología dimensional y de temperatura.

### **5. Conclusiones y recomendaciones**

La presente actividad logró dar un posible espacio físico con una distribución sugerida del espacio, sin embargo es necesario conseguir los fondos necesarios para realizar las modificaciones al espacio físico existente, mientras estas modificaciones no estén listas todos los ensayos serán preliminares pues no se contara con las condiciones ambientales necesaria. Un primer acondicionamiento del espacio tendría un costo estimado de dos millones de colones y se sugiere recurrir a los fondos propios que la Escuela genera a través de sus programas de vinculación, el mismo puede ser ejecutado por el Departamento de Administración de Mantenimiento. Es importante actualizar al respecto que finalmente se logró conseguir el apoyo para obtener un espacio físico y utilizando los diseños preparados se espera que este esté listo para mediados del 2010.

La participación en actividades de capacitación con especialistas de diversas áreas de la metrología contribuye a la formación de los investigadores de la Escuela de Física.

Si la Escuela de Física desea capacitar a sus investigadores en el dominio técnico básico para realizar calibraciones y mediciones o para realizar investigación en metrología legal e industrial, basta con las posibilidades de capacitación nacionales, pero si además desea que los investigadores realicen investigación en metrología científica, debe considerar la posibilidad de enviarlos al extranjero o invitar a los investigadores extranjeros a capacitarlos en el país.

Por la experiencia que tiene el LACOMET en el desarrollo de sus funciones, por el nivel profesional de sus funcionarios y por la capacitación que internamente promueve en su personal, considero que en materia de capacitación éste es el centro de mayor confianza.

Al desarrollo de la variable temperatura se le debe dar un gran impulso pues de las diferentes reuniones mantenidas tanto a nivel institucional como externo se puede notar un enorme potencial de desarrollo, tanto a nivel de venta de servicios como a nivel de investigación científica en temperatura a nivel primario. En este sentido sería importante iniciar cuanto antes un proyecto relacionado con algún punto de la escala internacional de temperatura.

## **6. Aportes y alcances**

Como una consecuencia de esta actividad de fortalecimiento, se cuenta con equipo instalado y procedimientos básicos, en las áreas de metrología dimensional y de temperatura.

Se logró una vinculación efectiva con el CIVCO, lo cual permitirá en el futuro poder realizar acciones conjuntas que permitan desarrollar capacidades en el área de la metrología e intercambio de servicios.

A través del trabajo con los estudiantes se logro desarrollar experiencia en la capacitación específica en el área de la metrología y el desarrollo de herramientas didácticas, por otro lado los estudiantes aprendieron técnicas de la metrología y en general del proceso experimental que sin lugar a dudas fortalecen su formación académica.

Por otro lado con las actividades de divulgación se logró desarrollar experiencia en la presentación los métodos de difusión, lográndose preparar un poster, varias charlas, actividades demostrativas y un artículo para la revista Investigatec.

La labor de divulgación ha logrado entusiasmar a varios compañeros de la Escuela, sobre todo compañeros que recientemente se han incorporado y tienen interés por la investigación, lo cual es positivo en el sentido de sumar personas interesadas a fin de conseguir una masa crítica de profesionales que potencien el área.

## **Bibliografía**

Bureau International des Poids et Mesures. (2006). The International System of Units (SI) (8th edition). Francia: autor.

CENAM. (27 de febrero de 2007). División de metrología dimensional. Recuperado el 11 de mayo de 2007, de <http://www.cenam.mx/dimensional/todo.htm>.

Fischer, J. & Fellmuth, B. (2005). Temperature metrology. Reports on Progress in Physics (68) 1043-1094

GUM, Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición, publicada por BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP y OIML.

Gutiérrez, D. & Herrera, A. & Lobo, J. & Murillo, N. & Montero, E (2009, Enero). Metrología: Perspectivas de desarrollo en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, *investiga.tec*, Año 2, No. 4, pp. 9-10.

ISO/IEC 17025, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories



Marbán, R., & Pellecer, J. (2002). Metrología para no-metrolólogos. Guatemala: OEA.

Nicholas J. V. & White D. R. (2001). Traceable Temperatures. An Introduction to Temperature Measurement and Calibration. (2d edición). Inglaterra: JOHN WILEY & SONS

Schmid, W., & Lazos, R. (2004). Guía para estimar la incertidumbre de la medición. México: CENAM.

## Anexo 1.

### Listado de la Bibliografía disponible en la Biblioteca José Figueres Ferrer del Instituto Tecnológico de Costa Rica

#### Temas: Metrología, Calibración, Temperatura y Mediciones

<b>METROLOGÍA</b>			
<b>Signatura</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>ISBN</b>
681.41 B257-o	Gosuik Kjell J.	Optical metrology	0-471-912468
RESERVA 389 M534i	Mena Bolaños, Raul	Introduccion y <b>metrologia</b> ; unidades 1 y 2	
621.3 K18f	Karcz, Andres M.	Fundamentos de <b>metrologia</b> electronica	
621.8 H921m2	Hume, K. J.	<b>Metrologia</b> industrial	
621.994 C736m	Campaign, L.	<b>METROLOGIA DE TALLER</b>	
581.5 B517e	BERNAL, JAIME	ECOLOGIA	
389 B862m	Brito S., Ricardo	<b>Metrologia</b> mecanica, ajustes y control de calidad	
RESERVA 389 B862m2	Brito S., Ricardo	<b>Metrología</b> mecánica Ajustes Control de calidad	
389 I - 73m	ISA Metrology Division	Metrology in industrial instrumentation	87664-365-9
669 A919m	Auge, R.	Metales 3: tratamiento mecanico. <b>Metrologia</b> . Otras materias: madera, cuero, plasticos. Tratamientos termicos de metal	84-283-0141-7
621.0045 Q1q	QUALITY ENGINEERING HANDBOOK	THOMAS PYZDEK ROGER W. BERGER	0-8247-8132-5
RESERVA TF 3670	CALDERON JIMENEZ, RAYNER	ICE "SISTEMA DE CRONOMETRAJE DIGITAL AUTOMATICO PARA EVENTOS DEPORTIVOS DE CICLISMO DE VELOCIDAD	
382.6 G393g	LA CLAVE DEL COMERCIO	GESTION DE LA CALIDAD DE EXPORTACION	92-9137-228-5
RESERVA TF 4197	STILLO VALVERDE, LUIS ESTEBAN	RECOPE. PRIMERA ETAPA DE AUTOMATIZACION DEL LABORATORIO NACIONAL DE <b>METROLOGIA</b>	
RESERVA TF 4373	ALVARADO SALAZAR, ADRIANA	DISEÑO DE IMPLEMENTACION DE UN PATRON NACIONAL DE TIEMPO A PARTIR DE UN	

		OSCILADOR DE CESIO DE MHZ	
TF 4651	ARCE A. CARLOS ALBERTO	APRENDAMOS <b>METROLOGIA</b>	
RESERVA TF 4956	MONGE MORA, JUAN CARLOS	SISTEMA DE COMUNICACION PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS PRUEBAS REALIZADAS DURANTE LA CALIBRACION DE EQUIPO	
389 P413m	PENNELLA, C. ROBERT	<b>METROLOGIA. MANUAL DE IMPLEMENTACION</b>	968 18 5564 7
Directorio 26	entro de Comercio Internacional		
621.0284 M93m	Muñoz Badilla, Marco Vinicio	<b>Metrología</b> de instrumentación : manual de laboratorio	9977 67 870 7
Reserva 389.1 Z49m	Zeleny Vázquez, José Ramón	<b>Metrología</b> dimensional	970 10 2387 0
Reserva 389.1 G643m	González González, Carlos	<b>Metrología</b>	970 10 2076 6
Reserva TF 5320	Ramírez Víquez, Maureen	Diseño del proceso tecnológico para la fabricación de pesas patrón F1 de acuerdo a OIML-R 111 [disco compacto]	

### CALIBRACIÓN

<b>Signatura</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>ISBN</b>
631.7 Ch512c	Chaves Solera, Marco A.	<b>Calibracion</b> de equipos de aspersión terrestre y calculo de lo dosis optima para la aplicacion de agroquimicos en el cultivo de la caña de azucar	
Reserva 631.33 C153c	CAFESA	<b>Calibracion:</b> equipos de automatización	
TF 1323	Louis Edwards, Mervin	Trimpot Electronicas S.A. (TESA)	
TF 1335	Briceño Castro, Luis Carlos	Lineas Aereas Costarricenses S.A.	
TF 1345	Solis Solis, Hugo	Conducen S.A.	
TF 1347	Barquero Vargas, Luis Alonso	Conducen S.A.	
TF 1324	Barrantes Ramirez, J. Francisco	Republic Tobacco Company	
CATALOGO 289	Analogic industrial technology	ANALOGIC PORTABLE VOLTAGE CURRENT CALIBRATION STANDARDS	
620.0044 C925in2	Creus Sole, Antonio	Instrumentos industriales: su ajuste y <b>calibracion</b>	968-6223-95-9
635.67	Ledesma Izard, Eduardo	<b>Calibracion</b> y validacion del	

L473c		modelo Ceres con tres variedades de maiz (Zea maiz L.) de Costa Rica para la transferencia de agrotecnologia	
CATALOGO 692	SIKA	MEDICION, CONTROL, <b>CALIBRACION</b>	
TF 3282	GONZALEZ FONSECA, SERGIO	PHOTOCIRCUITS: PROYECTO "PLANEAMIENTO DEL CONTROL AUTOMATICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PARA EL DEPARTAMENTO DE PRUEBAS ELECTRICAS Y <b>CALIBRACION</b> DEL SISTEMA DE PRUEBAS ECT 9090"	
RESERVA TF 3496	SANCHEZ FALLAS, DENNIS	RECOPE : PRUEBA DE TURBINAS USANDO PROBADOR BIDIRECCIONAL	
RESERVA TF 3660	ALVARADO ROJAS, YURI	COOPEGUANACASTE R.L.	
RESERVA TF 3692	RAMIREZ CALALVOLONE, BERNAL	REMEC INC. S.A. AUTOMATIZACION DE ESTACION DE MEDICION DE PARAMETROS CON EL LENGUAJE DE PROGRAMACION VEE PRO 6.0.	
629.892 R422r	RENERIA, ARANTXA	ROBOTICA INDUSTRIAL. FUNDAMENTOS Y APLICACIONES	84-481-2819-2
TF 3924	VARGAS RAMIREZ, ILEANA PATRICIA	PORTICO. ELEMENTOS PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD	
RESERVA TF 4370	HERRERA RODRIGUEZ, VLADIMIR	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA GENERAR REPORTES DE <b>CALIBRACION</b> PARA MEDIDORES DE CAMPO ELECTRICO EN RADIO FRECUENCIA PARA SISTEMAS DE TELEFONIA CELULAR	
RESERVA TF 4510	MORA ELIZONDO, SERGIO	DISEÑO DE UN CONTROL DE <b>CALIBRACION</b> DE LAS ROMANAS. CODIFICACION DE LAS SECCIONES, MAQUINAS Y SISTEMAS. REDISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA	
RESERVA TF 4940	CORDERO MENDEZ, JEFFRY	PARE DE EMERGENCIA PARA EL SISTEMA DE BOMBEO DEL OLEODUCTO DE RECOPE	
RESERVA TF 4956	MONGE MORA, JUAN CARLOS	SISTEMA DE COMUNICACION PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE LAS PRUEBAS	

		REALIZADAS DURANTE LA <b>CALIBRACION</b> DE EQUIPO	
389 P413m	PENNELLA, C. ROBERT	METROLOGIA. MANUAL DE IMPLEMENTACION	968 18 5564 7

<b>TEMPERATURA</b>			
<b>Signatura</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>ISBN</b>
620.11217 M588m	The Institute of Metals	Microstructural characterisations	
536.5 P736t	Plumb, Harmon H.	Temperature : its measurement and control in science and industry	
621.56 M366p	Marsh, R. Warren	Principios de refrigeracion	968-13-0903-0
R 669.96142 A512a	American Society for Metals	Atlas of isothermal transformation and cooling transformation diagrams	
691.3 U58c	United Nations Center for Human Settlements	Corrosion damage to concrete structures in Western Asia	92-1-131122-5
536.5 K96t	Kutz, Myer	Temperature control	
620.0044 C925-i6	Creus Sole, Antonio	Instrumentacion industrial	84-267-0765-3
621.56 H557m	Hernandez Valadez, Jose	Manual de refrigeracion domestica	968-24-2629-4
540 M833qu	Morcillo Rubio, Jesus	Quimica	84-362-0073-X
621.4024 E57a	Engineering Equipment Users Association	Aislamiento termico de tuberias y depositos	84-335-6348-3
TF 1241	Pereira A., Luis Roberto	Control de <b>temperatura</b> para hornos DICTE S.A.	
TF 1242	Bolaños Vargas, Jose Alberto	Refinadora costarricense de petroleo (RECOPE)	
697.932 C942h	Croiset, Maurice	Humedad y <b>temperatura</b> en los edificios: condensaciones y confort termico de verano y de invierno	
TF 1421	Irola Calderon, Olger	Diagnostico y propuesta de estrategias para la produccion de plantulas en el vivero Forestal CACHI	
CATALOGO 410	Iwka	Aparatos de regulacion mecanica: programa de suministro	

634.9285 P963m	Proceedings of a IUFRO Symposium Held	Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests	979-8764-01-3
551.1 P977g	Puente Muñiz, Carlos F.	Geoterminia	
620.112 I-61p	International Symposium on Environmental Degradation of materials in Nuclear Power Systems - Water Reactors	Proceedings	0-87339-258-2
TF 2656	CONTRERAS ECHANDI, CARLOS ARMANDO	SIEMENS S.A. IMPLEMENTACION DE CONTROL DE <b>TEMPERATURA</b> EN UN HORNO INDUSTRIAL	
TF 2658	RAMIREZ SANCHEZ, ISRAEL	COMPEX CENTROAMERICANA S.A. PROYECTO: "DESARROLLO E IMPLEMENTACION DEL CONTROL DE GRADIENTE DE <b>TEMPERATURA</b> DE MULTIPLES HORNOS EXTRUSORES INTERCONECTADOS EN RED."	
TF 2660	CECILIANO MOREIRA, STEVEN	PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS DE LA MAQUINA MEZCLADORA DE HULE "BANBURY"	
TF 2671	FERNANDEZ, CARLOS JOSE	NUMAR: PROYECTO: "DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DEL REACTOR DE HIDROGENACION."	
TF 2670	CASTILLO BRENES, OSCAR MAURICIO	LA NACION S.A.: PROYECTO DE ESTACION DE MONITOREO DE DISPOSITIVOS DERED	
TF 2664	IROLA BORJA, JUAN JOSE	DSC-COMUNICACIONES. PROYECTO: CONTROL DE <b>TEMPERATURA</b> PARA EL PROCESO DE ENFRIAMIENTO AUXILIAR EN CAMARAS DE PRUEBA DE TARJETAS ELECTRONICAS	
TF 2665	MORALES PIEDRA, RANDALL	CORTEK INTERNATIONAL. PROYECTO: "AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE PRUEBA FUNCIONAL PARA LOS TRANSFORMADORES "CTX-01- 13000-1" Y DEL REGISTRO DE DATOS DE <b>TEMPERATURA</b> DE LOS HORNOS DE CURADO DE MATERIALES."	
TF 2723	CASTRO GAMBOA, EDUARDO	EMPRESA : PANASONIC DE COSTA RICA S.A. "AUTOMATIZACION DE MAQUINA ROLADORA".	
530 V734-i	VILLEGAS R., MAURICIO	INVESTIGUEMOS	
697.93 M672a	MIRANDA, ANGEL LUIS	AIRE ACONDICIONADO	

CATALOGO 673	DWYER	DWYER INSTRUMENTS	
693.54 I-59e	STITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO	ELABORACION, COLOCACION Y PROTECCION DEL CONCRETO EN CLIMA CALUROSO Y FRIO	
TF 3211	ZUÑIGA CARRILLO, CARLOS A.	SKYTEL. FAGEM ELECTRONICA S.A. SKYTEL DE COSTA RICA. SISTEMA REMOTO PARA EL MONITOREO DE EQUIPOS DE MEDICION	
TF 3218	MOLINA LORIA, OSCAR	PROYECTO DE MONITOREO DE <b>TEMPERATURA</b> PARA LAS CAMARAS DE REACTIVOS	
TF 3227	GRANADOS BRENES, LEONEL	EQUIPOS Y SERVICIOS INDUSTRIALES PROYECTO: CONTROL DE TEMPERATURAS PARA PROCESO DE HORNEADO	
TF 3248	BRENES UMAÑA, ALEXANDER	"CONTROL DE LA <b>TEMPERATURA</b> EN UNA ZONA DE LAS INSTALACIONES DE LA EMPRESA ARTLN SOFT S. A."	
TF 3250	SOLANO MENA, ALVARO	SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PARA LAS CAMARAS DE PRUEBA DE TARJETAS ELECTRONICAS (CHAMBERS)	
TF 3259	SANCHEZ LEITON, ERIK MIGUEL	AUTOMATIZACION INTERNACIONAL LIMITADA DE CENTROAMERICA S. A. : PROYECTO: "AUTOMATIZACION DE SECADORAS DE CAFE"	
TF 3282	GONZALEZ FONSECA, SERGIO	PHOTOCIRCUITS: PROYECTO "PLANEAMIENTO DEL CONTROL AUTOMATICO DE <b>TEMPERATURA</b> Y HUMEDAD RELATIVA PARA EL DEPARTAMENTO DE PRUEBAS ELECTRICAS Y CALIBRACION DEL SISTEMA DE PRUEBAS ECT 9090"	
TF 3290	LOPEZ MARTINEZ, JOVEL	EL GALLITO INDUSTRIAL S. A. "MONITOREO DE <b>TEMPERATURA</b> Y HUMEDAD RELATIVA"	
VIDEO 084	CYTE	VARIOS TEMAS	
621.381 G983-L	GUTIERREZ D., EDMUNDO A.	LOW TEMPERATURE ELECTRONICS : PHYSICS, DEVICES, CIRCUITS AND APPLICATIONS	0-12-310675-3
RESERVA TF 3423	MORALES CARRILLO, LUIS FERNANDO	BAXTER HEALTH CARE. PROYECTOS : "MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONTABILIDAD (RCM)". "CALCULO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR"	
RESERVA TF 3504	UREÑA UREÑA, CLAUDIO	COOPEDOTA R.L. : DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA UN SISTEMA DE CONTROL DEL SECADO DEL CAFE EN LAS GUARDIOLAS	

RESERVA TF 3528	ORLICH SOLANO, DAVID	SENSADO DE <b>TEMPERATURA</b> DE BURN IN RACKS DURANTE EL PROCESO DE AÑEJAMIENTO DEL AMPLIFICADOR QBS-398"	
TF 3486	CARPIO NUÑEZ, OLMAN	VICESA. ANALISIS DEL METODO Y LAS CONDICIONES PARA LOS CAMBIOS DE MOLDURA Y LAS CAUSAS DE ROTURA EN EL DEPARTAMENTO DE DECORADO	
RESERVA TF 3586	ALVARADO OBANDO, ARTURO	CAMtronic S.A : "SISTEMA ELECTRONICO PARA CONTROL, PROTECCION Y REPORTE DE FALLAS EN UN EQUIPO DE REFRIGERACION COMERCIAL"	
RESERVA TF 3627	MUÑOZ NICARAGUA, JOEL	CAMTRONICS S.A. "SISTEMA DE CONTROL Y AJUSTE PARA UN REFRIGERADOR DE USO DOMESTICO	
RESERVA TF3664	OBANDO SOLANO, ESTEBAN	BABYLISS S.A.	
RESERVA TF 3698	PIEDRA VENEGAS, JOSE ANDRES	ELVATRON S.A. "INTEGRACION DE DISPOSITIVOS ELECTRONICOS Y PROGRAMAS EN SISTEMA PARA EL MONITOREO DE <b>TEMPERATURA</b> ".	
574.5 S657e	SMITH, ROBERT LEO	ECOLOGIA	84-7829-040-0
RESERVA TF 3877	ZUÑIGA VALVERDE, HUMBERTO	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE MONITOREO DE <b>TEMPERATURA</b> DEL CUARTO DE SERVIDORES 3 A	
RESERVA TF 3817	PICADO RODRIGUEZ, DANIEL	OPTIMIZACION DE SISTEMAS DE SEGURIDAD Y <b>TEMPERATURA</b> MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE UN CONTROL DIGITAL DEL SISTEMA R.A S. PARA SU PUESTA EN OPERACION	
630.2515 L473c	LEDESMA JIMENO, M.	CLIMATOLOGIA Y METEOROLOGIA AGRICOLA	84-283-2637-1
CATALOGO 750	SUPERBA	HILTI TECHNICAL	
Reserva 530 S492f5	SERWAY, RAYMOND A.	FISICA PARA CIENCIAS E INGENIERIA	970-10-3580-1
RESERVA TF 3966	MONGE CHANTO, PAULA	COMPONENTES INTEL DE COSTA RICA S.A.	
Reserva 536.7 C395t4	CENGEL, YUNUS A.	TERMODINAMICA	970 10 3966 1



VIDEO 233	ENERGIA PARA CONSTRUIR EL FUTURO	MOLDES DE INYECCION DEPLASTICOS	84 87454 02 X
668.412 G257m2	GASTROW, HANS		
620.0044 C925-i4	CREUS, ANTONIO	INSTRUMENTACION INDUSTRIAL	968 6223 44 4
CATALOGO 882	IMS MESSSYSTEME GMBH. MANUFACTURER OF MEASURING SYSTEMS	PRODUCT INFORMATION	
RESERVA TF 4195	MURILLO CARRANZA, RAUL	BAXTER PRODUCTOS MEDICOS LTDA. AUTOMATIZACION DE LECTURA Y CONFIGURACION DE PARAMETROS DE <b>TEMPERATURA</b> DE LA MAQUINA HIGH SPEED INTERLINK POR MEDIO DE UNA RED DE COMUNICACION INALAMBRICA (RF).	
CATALOGO 890	JKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT	GEIJKT NIEUWS: PRODUCTSPECIAL	
RESERVA 001.434 T525p	THOUIN, MARCEL	PROBLEMAS DE CIENCIA Y TECNOLOGIA PARA DOCENTES DE ENSEÑANZA PREESCOLAR Y PRIMARIA	9977 67 889 8
RESERVA TF 4422	SANCHEZ COJAL, HECTOR DAVID	DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL CON PANEL INTELIGENTE PARA LA AUTOMATIZACION Y EL MONITOREO DEL PROCESO DE SECADO DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS EN UN HORNO DE LECHO FLUIDO	
RESERVA TF 4456	ARAGON ROJAS, EUGENIO	REDISEÑO DE LA TUBERIA ACTUAL DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO POR AGUA DE LA PLANTA; RUTINAS DE MANTENIMIENTO MECANICO Y LUBRICACION PARA LOS EQUIPOS DEL PROYECTO AMPLIACION Y MODERNIZACION DE LA PLANTA	
RESERVA TF 4461	BARRANTES OCONTRILLO, MARIO ALBERTO	AUTODIAGNOSTICO TERMICO PARA EL PROCESADOR XEON MP	
RESERVA TF 4462	EATRIZ PORRAS, CHRISTIAN MANFRED	DISEÑO DE UN CONTROL DE <b>TEMPERATURA</b> PARA UNA MAQUINA PRECALENTADORA DE PAPEL EN EL PROCESO DE FABRICACION DE CARTON	
RESERVA TF 4467	JARAMILLO CORDERO, JOSE FABRIO	AUTOMATIZACION Y AMPLIACION DE LAS CAPACIDADES DEL LABORATORIO UL	

CATALOGO 991	WIKA	PRODUCT DIGEST FOR PRESSURE AND TEMPERATURE MEASUREMENT	
CATALOGO 946	HANYOUNG	ELECTRONIC PRODUCTS	
CATALOGO 958	COOPER ATKINS	FOOD SERVICE CATALOG	
CATALOGO 981	SIEMENS PROCESS AUTOMATION	INSTRUMENTACION DE PROCESO Y ANALISIS PARA SOLUCIONES FIABLES DE AUTOMATIZACION	
RESERVA TF 4504	SOTO ROJAS, JOSE RENATO	AUTOMATIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES. MONTAJE DE BODEGA CON CONDICIONES DE <b>TEMPERATURA</b> Y HUMEDAD CONTROLADAS	
RESERVA TF 4213	YUNG JIMENEZ, MANUEL	AUTOMATIZACION DEL MODELO DE POTENCIA EN UN SISTEMA NGBI	
RESERVA TF 4216	VARGAS CORDERO, CARLOS E.	AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE AIRES ACONDICIONADOS DE LA NAVE 107 PARA KIMBERLY CLARK CARTAGO: CONTROL DE ARRANQUE Y FALLAS DE LAS BOMBAS E INTERFAZ HOMBRE- MAQUINA	
RESERVA TF 4218	ARROYO ARAYA, ROGER	AUTOMATIZACION DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LA NAVE 107 CONTROL DE VELOCIDAD DE LAS BOMBAS	
RESERVA TF 4807	VARELA CASCANTE, EDGAR	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA EXPERTO PARA EL CONTROL DE LA <b>TEMPERATURA</b> DE VULCANIZADO	
CATALOGO 1010	WATLOW, YOUR HEAT SOLUTIONS RESOURCE	HEATERS, SENSORS, CONTROLLERS, SOFTWARE, SYSTEMS	
RESERVA TF 4986	SANCHEZ BRENES ANDRES	CARACTERIZACION Y UTILIZACION DE HIDROGELES DE QUITO SANO OBTENIDOS A PARTIR DE CAMARON LANGOSTINO	
Reserva 551.6 L954-i	FUENTES YAGÜE, JOSE LUIS	INICIACION A LA METEOROLOGIA Y LA CLIMATOLOGIA	84 7114 869 2
RESERVA 630.2515 A281a2	FRANCISCO ELIAS CASTILLO FRANCESC CASTELLVI SENTIS	AGROMETEOROLOGIA	84 7114 973 7
Video 287	Kurtis Productions	The New Explorers - Crisis Planet Earth	
Reserva TF	Zamora Hidalgo, Myrian	Alternativas de control para los	

5228		factores de riesgo físico que inducen a la presencia del síndrome del edificio enfermo (SEE) en las oficinas del edificio central de ICE	
Reserva TF 5214	Fonseca Carvajal, Juan Manuel	Sistema de seguridad en los bastidores de comunicación de la plataforma tecnológica del sistema interbancario de negociación y pagos electrónicos del Banco Central de Costa Rica	
Reserva TF 5216	Con Hong, Enrique	Desarrollo de un sistema de monitoreo de <b>temperatura</b> para la sala de equipos de telecomunicaciones del ICE	
Reserva TF 5217	Hernández Jiménez, Adams Ramón	Medición de flujo de vapor geotérmico producido en el complejo Miravalles contemplando variaciones de <b>temperatura</b> , presión y diferencial de presión	
Reserva TF 5222	De la O Vargas, Alonso	Diseño e implementación de un sistema de control automático de <b>temperatura</b> y sensado de humedad para una secadora de granos y semillas	
Beca 574 C978b6	Curtis, Helena	Biología	950-06-0423-X
Video 301	American Orchid Society	Potting and Mounting Orchids : Warm to intermediate temperatures	
Video 303	American Orchids Society	Potting and mounting orchids-cool temperatures	

### MEDICIONES

<b>Signatura</b>	<b>Autor</b>	<b>Título</b>	<b>ISBN</b>
621.37 M627-o2	Middleton, Robert G.	101 i.e. [one hundred one] more ways to use your VOM and VTVM	
370.15 S958-o	Sund, Robert B	Objetivos conductuales y medidas de evaluación : ciencias y matemáticas	
634.9283 H825t	Hosius, Albert.	Topografía forestal	
371.27 H834e	Hotyat, F.	Los exámenes : los medios de evaluación en la enseñanza	
R 621.379 G886h	Gruenberg, Elliot L.	Handbook of telemetry and remote control	

634.928 T583t	John Wiley	Timber management : a quantitative approach	0-471-02961-0
R 389 S119m	Sacklowski, Alfred.	Magnitudes y unidades fisicas	
371.26 T278e2	Tenbrink, Perry D.	Evaluacion : guia practica para profesores	84-277-0464-X
621.374 T255t	Siemens Aktien Gesellschaft	Tecnicas de las medidas electricas	
621.374 M629t3	Middleton, Robert G.	Troubleshooting with the oscilloscope	
621.381043 Z39p	Zbar, Paul	Practicas de medicion con instrumentos electronicos	
778.32 W938c	Woudstra, Car	Como aceptar el tiempo de exposicion: la medicion spot, la medicion integral coneccion de <b>mediciones</b>	84-342-0136-4
681.41 B257- o	Gosuik Kjell J.	Optical metrology	0-471-912468
634.9285 L835a	Lojan, Leoncio	Apuntes del curso de dasometria	
631.432 L864L	Lopez, Javier	Lisímetros	
634.9285 H517m	Henning, Nikolaus	<b>Mediciones 1</b>	
621.381042 L566m	Lenk, John D.	Manual de pruebas y <b>mediciones</b> electronicas	
378.16 E82e	ITCR Depto. de Orientacion	Estudio descriptivo comparativo del rendimiento academico segun tipo de colegio de procedencia: tecnico prof. o academ. para los años 1979, 80 y primer	
621.37 M671c	Miraglia, Carlos A.	Curso basico de instrumentos para <b>mediciones</b> electricas	
621.37 O-77t2	Orth, Hans	Tecnologia de las medidas electricas	
371.27 N422m	Nelson, Clarence H.	<b>Mediciones</b> y evaluaciones en el aula	

371.27 L168e	Lafourcade, Pedro D.	Evaluacion de los aprendizajes	
371.26 L263t	Landsheere, Gilbert de	Los test de instruccion	
371.26 L263e	Landsheere, Gilbert de	Evaluacion continua y exámenes, manual de docimologia, un nuevo desarrollo conceptual y practico de ambos procesos	
621.381548 R233-o	Rateau, Rene	El osciloscopio y su utilizacion practica	
621.381042 W393c	Wedlock, Bruce D.	Componentes electronicos y <b>mediciones</b>	
378.166 S471m	Seminario de Educacion Superior en las Americas	Metodologia de la evaluacion universitaria : teoria y practica	
371.26 T499t	Thorndike, Robert L.	Test y tecnica de medicion en psicologia y educacion	
371.27 F359e	Fermin, Manuel	La Evaluacion, los exámenes y las calificaciones	
530.07 H557e	Hernandez Bonilla, Pablo	Elaboracion de escalas para medir actitud hacia la fisica y el aprendizaje de la fisica	
621.3 K18f	Karcz, Andres M.	Fundamentos de <b>metrologia</b> electrica	
621.8 H921m2	Hume, K. J.	<b>Metrologia</b> industrial	
621.3747 T951f	Turner, Rufus P.	Frequency and its measurement	
371.267286 F363d	Fernandez Rojas, Cesar	Diagnostico sobre la elaboracion, estructura e implicaciones practicas de los reglamentos de evaluacion y promocion vigentes en Costa Rica sobre elaboracion, estructura e implicaciones practicas de los reglamentos de evaluacion y promocion	
625.7 I-59p	estudiantes de tercer año de construccion de 1975	Proyecto Nicoya - Colonia Carmona	
720.28 T967p	Tutt, Patricia	Proyectos : manuales	84-7214-330-9
621.372 F248m	Fasal, John H.	<b>Mediciones</b> electronicas simplificadas ; como obtener mas con equipo de medicionde bajo costo	

621.38154 M287e	Mansfield, P. H.	Electrical transducers for industrial measurement	
634.9285 C134e	CAILLIEZ, F	ESTIMACION DEL VOLUMEN FORESTAL Y PREDICION DEL RENDIMIENTO	92-5-300923-3
620.0044 C721m	COLLET, C. V.	<b>MEDICIONES EN INGENIERIA</b>	
621.381043 C776i	COOPER, WILLIAM DAVID	INSTRUMENTACION ELECTRONICA Y <b>MEDICIONES</b>	968-880-057-0
621.38131 C397m	CENTRO NACIONAL DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES	<b>MEDICIONES EN SISTEMAS DE MICROONDAS</b>	
621.361502 B873m	BROOKS, RICHARD O.	MANUAL DE LABORATORIO PARA <b>MEDICIONES EN MICROONDAS</b>	
634.90212 F218m	FAO FAOFAO	Manual of forest inventory : with special reference to mixed tropical forest	92-5-101132-X
R 004.03 I- 61-i	INTEL	ISBC 88/40: Measurement and control computer hardware reference manual	
510 D638m	Dodes, Irving Allen	Mathematics with Basic: a liberal arts approach	
621.811 H334m4	Den Hartog, J. P.	Mechanical vibrations	
532 B612m	Binder, Raymond C.	Mecanica de fluidos	
Reserva 530.16 B163e	Baird, D. C.	Experimentacion: una introduccion a la teoria de <b>mediciones</b> y al diseño de experimentos	968-880-223-9
TF 1271	Zuñiga Navarro, William	Central de Monitoreo Instrumental	
RESERVA 621.381548 W855g	Wolf, Stanley	Guia para <b>mediciones</b> electronicas y practicas de laboratorio	968-880-224-7
CATALOGO 127	Hewlett Packard	Measurement Automation	
620.106 P714e	Plapp. John E.	Engineering fluid mechanics	

621 S621m	Sirohi, R. S.	<b>Mediciones</b> mecanicas	968-18-1668-4
634.9285 O-77r	Ortiz Malavasi, Edgar	Refinement and evaluation of two methods to estimate aboveground tree biomass in tropical forests	
621.37 B463f3	Benedict, Robert P.	Fundamentals of temperature pressure and flow measurements	0-471-89383-8
CATALOGO 582	HEWLETT PACKARD	TEST OF MEASUREMENT CATALOG 1997	
TF 2708	CASTILLO MCQUIDDY, RODRIGO	CIBERTEC S.A.: PROYECTO: "DIGITALIZACION DE LA TOMA DE ESFUERZOS Y DEFORMACION MECANICA LOCALIZADO EN EL LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES <b>MEDICIONES</b> Y ESTRUCTURAS	
TF 2941	ARMONA SUAREZ, EDGAR JAVIER	BATERIA DE TEST COMPUTARIZADA PARA APOYAR LA DETECCION DE PROBLEMAS DE APRENDIZAJE DE LAS MATEMATICAS	
621.38548 B692m	BOLTON, BILL	<b>MEDICIONES</b> Y PRUEBAS ELECTRICAS Y ELECTRONICAS	970-15-0211-6
RESERVA TF 3503	UÑEZ ZUÑIGA, WALTER A.	ICE : ANALISIS, DESARROLLO E IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO SUMADOR PARA LA TRAZABILIDAD DEL PATRON PRIMARIO DE ENERGIA ELECTRICA DE COSTA RICA	
RESERVA TF 3496	ANCHEZ FALLAS, DENNIS	RECOPE : PRUEBA DE TURBINAS USANDO PROBADOR BIDIRECCIONAL	
RESERVA TF 3523	RGAS VALVERDE, ROBERTO	REMEC INC. C.R. S.A. "AUTOMATIZACION DE LAS <b>MEDICIONES</b> DEL TRANSFORMADOR T2"	
RESERVA TF 3527	RUIZ GONZALEZ, SAYRON	REMEC INC S.A. "AUTOMATIZACION DE LA MEDICION DE FIGURA DE RUIDO EN AMPLIFICADORES"	
RESERVA TF 3528	ORLICH SOLANO, DAVID	SENSADO DE TEMPERATURA DE BURN IN RACKS DURANTE EL PROCESO DE AÑEJAMIENTO DEL AMPLIFICADOR QBS-398"	
RESERVA TF 3692	RAMIREZ CALALVOLONE, BERNAL	REMEC INC. S.A. AUTOMATIZACION DE ESTACION DE MEDICION DE PARAMETROS CON EL LENGUAJE DE PROGRAMACION VEE PRO 6.0.	

CATALOGO 571	ACCUSHIM	THE REACT SYSTEM	
658.562 M787c3	MONTGOMERY, DOUGLAS	CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD	968 18 6234 1
526.9 M113t	McCormac, Jack	Topografía	



Instituto Tecnológico de Costa Rica	RE-01 “Control interno de instrumentos de medida”	
Escuela de Física		
Laboratorio de Metrología		

## Anexo 2


### I. INFORMACIÓN GENERAL

Información General del control	
Fecha del control	2008-04-03
Magnitud Física a medir	Longitud
Documentos de referencia para realizar el control	
Encargado del control	JCLZ
Fecha programada para el control	2008-04-03
Fecha programada para el próximo control	2008-04-10
Fecha del último control	Desconocida

Información del instrumento bajo control	
Nombre	Micrómetro Digital
Modelo	XXXX
Número de serie	44680
Mínima división de escala	0.00005
Máximo alcance	1
Unidad de medición	Pulgadas
Fecha de última	No aplica

Información del patrón utilizado para el control	
Nombre	Juego de bloques patrón de cerámica
Modelo	53-684-036
Número de serie	36992102
Mínima división de escala	No aplica
Máximo alcance	4
Unidad de medición	Pulgadas
Fecha de la calibración más reciente	No disponible

Información del patrón utilizado para monitorear condiciones ambientales	
Nombre	Monitor de condiciones ambientales
Modelo	PTU301
Número de serie	D0140001
Fecha de la calibración más reciente	Enero 2008

Instituto Tecnológico de Costa Rica	RE-01 “Control interno de instrumentos de medida”	
Escuela de Física		
Laboratorio de Metrología		

## II. ADQUISICIÓN DE DATOS

	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Presión barométrica (kPa)
<b>Inicial</b>	24.3	67.5	858.3
<b>Intermedia</b>	24.3	67.5	858.4
<b>Final</b>	24.4	67.4	858.4

Número de medición	Valor del patrón	Valor del instrumento sujeto a control
1 (Ascendente)	0,05	0.05005
2 (Ascendente)	0,1004	0.10045
3 (Ascendente)	0,102	0.10205
4 (Ascendente)	0,106	0.10605
5 (Ascendente)	0,120	0.12015
6 (Ascendente)	0,16	0.16005
7 (Ascendente)	0,18	0.18005
8 (Ascendente)	0,20	0.20005
9 (Ascendente)	0,30	0.30005
10 (Ascendente)	0,40	0.40005
11 (Ascendente)	0,50	0.50000
12 (Ascendente)	1	1.00005
12 (Descendente)	1	1.00005
11 (Descendente)	0,50	0.50005
10 (Descendente)	0,40	0.40000
9 (Descendente)	0,30	0.30000
8 (Descendente)	0,20	0.20000
7 (Descendente)	0,18	0.18005
6 (Descendente)	0,16	0.16005
5 (Descendente)	0,120	0.12005
4 (Descendente)	0,106	0.10610
3 (Ascendente)	0,102	0.10205
2 (Ascendente)	0,1004	0.10045
1 (Ascendente)	0,05	0.05005

## III. OBSERVACIONES

Breve resumen de la metodología empleada.

Instituto Tecnológico de Costa Rica	RE-01 “Control interno de instrumentos de medida”	
Escuela de Física		
Laboratorio de Metrología		

### Anexo 3

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

<b>Información General del control</b>	
Fecha del control	2008-05-22
Magnitud Física a medir	Longitud
Documentos de referencia para realizar el control	
Encargado del control	OAHS
Fecha programada para el control	2008-05-15
Fecha programada para el próximo control	2008-05-29
Fecha del último control	Desconocida

<b>Información del instrumento bajo control</b>	
Nombre	Vernier digital
Modelo	54-200-777
Número de serie	613191
Mínima división de escala	0,0005
Máximo alcance	6
Unidad de medición	Pulgadas
Fecha de última calibración	-----

<b>Información del patrón utilizado para el control</b>	
Nombre	Juego de bloques patrón de cerámica
Modelo	53-684-036
Número de serie	36992102
Mínima división de escala	No aplica
Máximo alcance	4
Unidad de medición	Pulgadas
Fecha de la calibración más reciente	No disponible

<b>Información del patrón utilizado para monitorear condiciones ambientales</b>	
Nombre	Monitor de condiciones ambientales
Modelo	PTU301
Número de serie	D0140001
Fecha de la calibración más reciente	Enero 2008

Instituto Tecnológico de Costa Rica	RE-01 "Control interno de instrumentos de medida"	
Escuela de Física		
Laboratorio de Metrología		

## II. ADQUISICIÓN DE DATOS

	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Presión barométrica (hPa)
<b>Inicial</b>	24.2	70.6	857.3
<b>Intermedia</b>	24.2	70.6	857.5
<b>Final</b>	24.1	70.7	857.6

Número de medición	Valor del patrón	Valor del instrumento sujeto a control
1 (Ascendente)	0,1	0.1000
2 (Ascendente)	0,101	0.1010
3 (Ascendente)	0,104	0.1040
4 (Ascendente)	0,108	0.1080
5 (Ascendente)	0,140	0.1400
6 (Ascendente)	0,17	0.1700
7 (Ascendente)	0,2	0.2000
8 (Ascendente)	0,4	0.4000
9 (Ascendente)	0,5	0.5000
10 (Ascendente)	1	1.0000
11 (Ascendente)	2	2.0000
12 (Ascendente)	4	4.0010
12 (Descendente)	4	4.0005
11 (Descendente)	2	2.0000
10 (Descendente)	1	1.0000
9 (Descendente)	0,5	0.5000
8 (Descendente)	0,4	0.4000
7 (Descendente)	0,2	0.2000
6 (Descendente)	0,17	0.1700
5 (Descendente)	0,140	0.1400
4 (Descendente)	0,108	0.1080
3 (Descendente)	0,104	0.1040
2 (Descendente)	0,101	0.1010
1 (Descendente)	0,1	0.1000

## III. OBSERVACIONES

Breve resumen de la metodología empleada.

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

#### Anexo 4

##### 1. Objetivo

Crear un procedimiento para la calibración de micrómetros de exteriores.

##### 2. Alcance

Esta metodología es aplicable a todo micrómetro de rango hasta 1000 mm.

##### 3. Definiciones y abreviaturas.

- 3.1. Mi: micrómetro
- 3.2. PR: bloque patrón de referencia

##### 4. Referencias.

- 1. Documentos normativos (ISO 3611, DIN 863, JIS B 7502, BS 870)
- 2. Guía ISO - BIPM - IEC - IFCC - IUPAC - OIML corregida y reimpressa en 2000 (Guide to the Expression of Uncertainties in Measurements), versión castellano del CEFIS.
- 3. EA-4/02. Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration.
- 4. Requisitos del cliente.
- 5. Especificaciones del fabricante

##### 5. Responsabilidades.

- 5.1. Del Coordinador del laboratorio.  
Supervisar la realización de las calibraciones, verificar que se cumpla los procedimientos y revisar los resultados.
  
- 5.2. Del personal del laboratorio.  
Realizar las calibraciones aplicando el presente procedimiento; procesando los correspondientes datos y emitiendo el certificado.

##### 6. Instrucciones.

- 6.1. Descripción del ítem a calibrar

Micrómetros de exteriores

- 6.2. Parámetros a determinar
  - 6.2.1. Desviación de la escala.
  - 6.2.2. Desvío de planitud de las caras de medición
  - 6.2.3. Desvío de paralelismo entre las caras de medición.
  - 6.2.4. Fuerza de medición.
  - 6.2.5. Deflexión del bastidor o arco bajo una fuerza de 10 N.
- 6.3. Instrumentos de medición y patrones de medida utilizados.

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

Caja de bloques patrones

Caja de bloques patrones largos

Caja de accesorios para BP

Cristal óptico plano paralelo, tolerancia de planitud  $\lambda/20$ .

Fuente de luz monocromática, con lámpara de Helio ( $\lambda = 0.52 \mu\text{m}$ )

Juego de cristales ópticos planos paralelos de espesores 12,000, 12,120, 12,250 y 12,370 mm

Juego de cristales ópticos planos paralelos de espesores 24,000, 24,120, 24,250 y 24,370 mm.

Dinamómetro tangencial rango 400 a 4000 g, menor división 100g

Dinamómetro tangencial rango 100 a 500 g, menor división 10 g

Lupa de 4X.

Pesa de 5 kg, 10 kg o la que corresponda según norma.

#### 6.4. Condiciones ambientales.

La temperatura de la sala de medición se encuentra entre  $(20 \pm 1)^\circ \text{C}$ , para micrómetros con rango hasta 200 mm y entre  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$  para micrómetros con rango entre 200 mm y 1000 mm.

La humedad relativa en la sala de medición es menor del 50%.

#### 6.5. Identificación.

Cada M para poder ser calibrado debe estar marcado en forma permanente, con los siguientes datos:

Marca del fabricante.

Nº de serie.

Rango.

Menor división, resolución o sensibilidad.

#### 6.6. Precauciones sobre el elemento a calibrar.

Antes de proceder a la calibración, se realiza una inspección visual para comprobar el buen estado de sus superficies de trabajo, se verifica que el tambor posea un movimiento suave y se limpian las superficies de trabajo del M a medir según el procedimiento de limpieza. Antes de iniciar la calibración, se verifica el cero del M y de ser necesario se efectúa el ajuste del cero de la escala del M.

#### 6.7. Precauciones sobre equipos propios.

6.7.1. Los instrumentos a utilizar se encuentran dentro del período de calibración.

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

#### 6.8. Metodología.

##### 6.8.1. Desviación de la escala.

##### 6.8.1.1. Preparación previa.

6.8.1.1.1. Definir los 11 (once) puntos de la escala del M sobre los cuales se efectúa la calibración, dentro de estos deberán estar incluidos el punto inicial y final del rango. El valor de los restantes nueve puntos es 2,5; 5,1; 7,7; 10,3; 12,9; 15,0; 17,6; 20,2 y 22,8 mm. Esto es válido para M de rango 0-25 mm.

6.8.1.1.2. Si el rango parte de un valor distinto de 0, este valor, que coincide con el punto inicial del rango, deberá ser sumado a los valores de los nueve puntos indicados en 6.8.1.1.1.

6.8.1.2. Armar las pilas con los BP necesarios con el fin de lograr los valores nominales de los puntos a calibrar y dejar estos conjuntamente con el M apoyados sobre una misma superficie con el fin de homogeneizar las temperaturas, durante un tiempo de 24 horas.

6.8.1.3. Verificar el punto inicial del rango acercando la superficie de medición del husillo a la superficie de medición del yunque en tres oportunidades; se leen los desvíos encontrados respecto del cero (o valor inicial del rango) y se registran estos valores en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1.

6.8.1.4. Se insertan cada una de las restantes pilas de BP entre las superficies de medición y se realiza sobre cada pila tres mediciones; se leen los desvíos encontrados en el M respecto del valor nominal de las pilas de BP y se registran en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1.

##### 6.8.2. Desvío de planitud de las superficies de medición

6.8.2.1. Adherir el cristal óptico plano paralelo sobre una de las dos superficies de medición, (yunque o tope fijo y husillo o tope móvil) del M a verificar; se ubica la superficie de medición con el cristal adherido debajo de la fuente de luz monocromática y se procede al estudio de las franjas de interferencia. Se cuenta la cantidad n de franjas de interferencia del mismo color que se visualizan. Se repite la medición dos veces más, registrándose los valores en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1.

6.8.2.2. Se repite el punto 6.8.2.1. para la otra superficie de medición del M.

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

#### 6.8.3. Desvío del paralelismo entre las dos superficies de medición.

6.8.3.1. Si el rango del M es de hasta 25 mm: se apoya uno de los cristales ópticos sobre el yunque del M. Mediante el tambor, se desplaza el husillo hasta que hace tope en la otra superficie del cristal. Se ubica el cristal óptico adherido al M debajo de la fuente de luz monocromática y se procede al estudio de las franjas de interferencia que se forman sobre las dos superficies de medición. Se cuenta la cantidad de franjas de interferencia que se visualizan sobre cada una de ellas obteniéndose así los parámetros  $n_1$  y  $n_2$ ; se repite la medición con cada uno de los cuatro cristales del juego. Se registran en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1, las sumas de  $n_1$  y  $n_2$  correspondientes a cada ciclo de medición.

6.8.3.2. Si el rango del M es mayor a 25 mm: se utilizan dos cristales ópticos, colocando entre ellos un BP de la medida inicial del rango del M. Se coloca al conjunto adherido al M debajo de la fuente de luz monocromática y se cuenta la cantidad de franjas de interferencia que se forman en la superficie de medición de cada cristal, obteniéndose así los parámetros  $n_1$  y  $n_2$ ; se repite la medición dos veces más dejando fijo el mismo cristal óptico adherido al yunque e intercambiando el cristal adherido al husillo por los otros dos cristales ópticos del juego. Se registran en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1, las sumas de  $n_1$  y  $n_2$  correspondientes a cada ciclo de medición.

#### 6.8.4. Fuerza de medición.

6.8.4.1. Se abre el tornillo micrométrico hasta aproximadamente la mitad de la escala fija; se posiciona el palpador del dinamómetro tangencial en el centro de la cara de medición del husillo; se hace avanzar el husillo hasta que se produce el salto del criquet y el husillo detiene su avance. En ese punto se lee en el dinamómetro el valor de la fuerza de medición, F. Se realiza esta medición 4 veces más; los valores obtenidos se registran en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1.

#### 6.8.5. Deflexión del bastidor bajo carga de 10N (por ejemplo con pesa de 5 kg).

6.8.5.1. Se fija el M por su bastidor o arco en forma vertical. Se coloca el tornillo micrométrico en cero o en el valor inferior del rango de medición. En la zona cercana al yunque se hace colgar una pesa de 5 kg, 10 kg o del valor que indique la norma y se lo deja bajo carga aproximadamente 1 minuto y luego se mide el desvío  $D_{a/5kg}$  o  $D_{a/xkg}$  respecto del valor inferior del rango de medición o cero del M. Se repite este procedimiento cuatro veces más, registrándose los valores en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1.



## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

#### 6.9. Resultados de la calibración

Los valores registrados en la planilla de registro de datos y cálculo del Apéndice 1

##### 6.9.1. Desviación de la escala.

6.9.1.1. Se determinan los desvíos promedios en cada uno de los puntos medidos de la escala mediante la siguiente expresión.

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}$$

donde:

$L_i$  : desvío de cada medición en cada punto de la escala

$\bar{L}$  : desvío promedio en cada punto de la escala.

n: número de repeticiones en cada punto de la escala.

##### Fuentes de incertidumbres

Se identifican las diversas fuentes que introducen incertidumbres en la medición y se determinan sus expresiones.

6.9.1.2. Se calcula la incertidumbre asociada a la repetibilidad de las mediciones  $u_{rep}$ , tipo A.

$$u_{rep.} = s(\bar{L})$$

donde  $s(\bar{L})$ : desvío estándar del promedio de los desvíos en los puntos de medición.

Dado que el número de repeticiones realizadas en cada punto son tres (3), tomamos para determinar la desviación estándar experimental del promedio a la desviación estándar ponderada, la cual será obtenida a partir de la siguiente formula:

$$s(\bar{L}) = \frac{s_p}{\sqrt{n}}$$

donde

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

$s_p$ : estimador combinado o ponderado (Ref. 2 - 4.2.4) de la desviación estándar del sistema de medición, basado en los  $m$  (11) puntos medidos dentro del rango de medición de la escala.

$n$ : es la cantidad de repeticiones (3) realizadas en cada punto de la escala.

$s_p$  es calculado por:

$$s_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m s_i^2}{m}}$$

$s_i$  es la desviación estándar experimental de los valores individuales en cada punto de medición de la escala y  $m$  (11) es la cantidad de puntos medidos.

6.9.1.3. Se calcula la Incertidumbre estándar del patrón de referencia  $u_{PR}$  (pila de BP) tipo B.

Asumiendo que la pila de BP esta formada por más de dos BP, la incertidumbre de la pila se determina a partir de la incertidumbre de cada BP. Como longitud de cada BP se adopta el valor nominal de cada uno de ellos, sin introducir la desviación correspondiente. La incertidumbre de cada BP ( $u_{BP}$ ), se obtiene a partir de la formula para calcular los límites de las desviaciones permitidas para la clase de exactitud a la que pertenece. En nuestro caso para la clase de exactitud (0) la fórmula es:

$$\pm (0,1 + 0,002 * L) \mu\text{m}$$

donde:

$L$ : longitud nominal de cada BP que forma la pila, en mm.

La incertidumbre de la pila de BP se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$U_{PILA} = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_{BP_i}^2}$$

Asumiendo que la distribución de esta incertidumbre adopta la forma rectangular, ésta es igual a:

$$u_{PR} = U_{PILA} / \sqrt{3}$$

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

6.9.1.4. Incertidumbre de la lectura del M  $u_L$ , tipo B.

Asumiendo que la distribución de esta incertidumbre adopta la forma rectangular, ésta es igual a:

$$u_L = (D/5) / \sqrt{3}$$

siendo :

D: la menor división del M .

Si el micrómetro es digital,

$$u_L = (D/5) / \sqrt{3}$$

siendo:

D: la resolución del M.

6.9.1.5. Se calcula la incertidumbre combinada ( $u_c$ ) de las mediciones, la cual se obtiene por:

$$u_c = \sqrt{u_{rep}^2 + u_{PR}^2 + u_L^2}$$

6.9.1.6. Se calcula la incertidumbre expandida ( $U_{med.}$ ) de las mediciones, la cual se obtiene por:

$$U_{med.} = k \cdot u_c$$

k: factor de cobertura asociado a un intervalo de confianza del 95%. Dicho factor de cobertura se calcula a partir de los lineamientos indicados en el apéndice G de (Guide to the Expression of Uncertainties in Measurements), versión en castellano del CEFIS.

6.9.1.7. Incertidumbre del micrómetro ( $U_{micr.}$ ), se calcula:

$$U_{micr.} = k \cdot \sqrt{(U_{DM} / \sqrt{3})^2 + u_c^2}$$

donde:

k: factor de cobertura asociado a un intervalo de confianza del 95%.

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

$U_{DM}$ : máximo de los valores absolutos de los desvíos promedio. Se considera que el valor absoluto del desvío del micrómetro en cualquier punto de la escala se encuentra entre 0 y  $U_{DM}$ , por lo cual tiene una distribución rectangular.

$u_c$ : incertidumbre combinada de las mediciones.

Nota: Esta se redondea por exceso al valor de la menor división de la escala más próximo.

6.9.2. Desvío de planitud de las superficies de medición.

6.9.2.1. A partir de los valores obtenidos en 6.8.2.1., se determina el desvío de la planitud ( $D$ ) por medio de la siguiente fórmula:

$$D = n_p \cdot \lambda/2$$

Siendo

$n_p$ : nº de franjas de interferencia promedio que se detectan sobre la superficie de medición (ver punto 6.9.1.1 para su cálculo).

$\lambda$ : longitud de onda de luz monocromática (0,52  $\mu\text{m}$ ).

6.9.2.2. Incertidumbre expandida del desvío de planitud de las superficies de medición ( $U_D$ ). De acuerdo con la experiencia de los profesionales del laboratorio se calcula como:

$$U_D = \lambda/2$$

Donde:

$\lambda$ : longitud de onda de luz monocromática (0,52  $\mu\text{m}$ ).

6.9.2.3. Si no se visualizan franjas de interferencia se informará que el desvío de planitud es menor que  $\lambda/2$  (0,26  $\mu\text{m}$ ).

6.9.3. Desvío de paralelismo entre las superficies de medición

6.9.3.1. A partir de los valores obtenidos en el punto 6.8.3.1 se determina el desvío del paralelismo entre las caras de medición ( $DP$ ) por medio de la siguiente fórmula:

$$DP = (n_{1P} + n_{2P}) \cdot \lambda/2$$

Siendo:

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

$n_{1P} + n_{2P}$ : la suma del número máximo de franjas de interferencia que se visualizan sobre ambas superficies de medición (ver punto 6.9.1.1 para su cálculo).

$\lambda$ : longitud de onda de luz monocromática (0,52  $\mu\text{m}$ ).

6.9.3.2. La incertidumbre expandida para el desvío del paralelismo entre las caras de medición, de acuerdo con la experiencia de los profesionales del laboratorio, se obtiene por:

$$U_{DP} = 2 \cdot \lambda/2 = \lambda$$

6.9.3.3. Si no se visualizan anillos de interferencia se informará que el desvío de paralelismo es menor que  $\lambda$  (0,52  $\mu\text{m}$ ).

6.9.4. Cálculo de la fuerza de medición.

A partir de los valores obtenidos en el punto 6.8.4.1 se obtiene la fuerza promedio  $F_p$ . (ver punto 6.9.1.1 para su cálculo).

6.9.4.1. Se calcula la incertidumbre asociada a la repetibilidad de las mediciones  $u_{rF}$ , tipo A.

$$u_{rF} = s(\bar{L})$$

donde  $s(\bar{L})$ : desvío medio estándar del promedio.

$$s(\bar{L}) = \frac{s}{\sqrt{5}}$$

y

s: desvío medio estándar de los valores individuales.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (F_p - F_i)^2}{4}}$$

6.9.4.2. La incertidumbre del dinamómetro  $u_{din}$ , se estima que posee una distribución rectangular, por lo que se calcula como:

$$u_{din} = (mn/2) / \sqrt{3}$$

donde:

mn es la menor división del dinamómetro tangencial.

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

6.9.4.3. La incertidumbre combinada de la fuerza de medición  $u_{cF}$ , se calcula como:

$$u_{cF} = \sqrt{u_{rF}^2 + u_{din}^2}$$

6.9.4.4. La incertidumbre expandida de la fuerza de medición  $U_F$ , se calcula como:

$$U_F = k \cdot u_{cF}$$

donde:

k: factor de cobertura asociado a un intervalo de confianza del 95% y cuatro grados de libertad. Dicho factor de cobertura se calcula a partir de los lineamientos indicados en el apéndice G de (Guide to the Expression of Uncertainties in Measurements), versión en castellano del CEFIS.

6.9.5. Deflexión del bastidor o arco bajo carga de 10 N.

6.9.5.1. A partir de los valores obtenidos en el punto 6.8.5.1, se obtiene el desvío promedio del arco  $D_{ap/5 \text{ kg}} \cong D_{ap/50N}$  (ver 6.9.1.1 para su cálculo).

6.9.5.2. Considerando que el desvío del bastidor o arco es lineal con la carga –dado que se encuentra dentro del período elástico–, se determina el desvío bajo carga de 10N ( $D_{a/10N}$ ) como:

$$D_{a/10N} = D_{ap/50N}/5$$

6.9.5.3. Se calcula la incertidumbre asociada a la repetibilidad de las mediciones,  $u_{ra}$  (ver 6.9.4.1 para su cálculo).

6.9.5.4. Incertidumbre de lectura del M tipo B,  $u_{lect}$  (ver 6.9.1.4 para su cálculo).

6.9.5.5. La incertidumbre combinada del desvío del bastidor o arco  $u_{ca}$ , se calcula como:

$$u_{ca} = \sqrt{u_{ra}^2 + u_{lect}^2}$$

6.9.5.6. La incertidumbre expandida del desvío del bastidor o arco  $U_a$ , se calcula como:

$$U_a = k \cdot u_{ca}$$

## Procedimiento Específico

### CALIBRACION DE MICROMETROS DE EXTERIORES

donde:

k: factor de cobertura asociado a un intervalo de confianza del 95% y cuatro grados de libertad. Dicho factor de cobertura se calcula a partir de los lineamientos indicados en el apéndice G de (Guide to the Expression of Uncertainties in Measurements), versión en castellano del CEFIS.

#### 6.9.6. Expresión de resultados.

En los certificados de calibración se informa mediante un gráfico y/o tabla en la que se indica el valor promedio obtenido para cada uno de los parámetros determinados así como las respectivas incertidumbres expandidas asociadas a las mediciones.

### 7. Registros de la Calidad.

Se guardan como registros de calidad la siguiente documentación:

- Solicitud de cotización por parte del cliente.
- Cotización del trabajo solicitado.
- Formulario Consulta del cliente.
- Copia de la orden de trabajo abierta por el cliente (OT)
- Remito de recepción del material.
- Planilla de registro de datos y calculo (Apéndice 1)
- Copia del informe de calibración enviado al cliente.
- Planilla de salida de elementos.
- Demás documentación relacionada de acuerdo con el Manual de la Calidad del CEFIS, capítulo 12.

### 8. Apéndices y Anexos

Apéndices	Anexos	Títulos
1	-	Planilla de registro de datos y cálculos.
-	1	Figuras de micrómetros.