



Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Facultad de Ingeniería
Centro de Investigación y Estudios de Posgrado

**Análisis, procesamiento y evaluación de equipos
dimensionales convencionales; cubriendo los
requerimientos técnicos según la norma ISO/IEC 17025:2005.**

T E S I S

Que para obtener el grado de:

Maestría en Ingeniería Mecánica

Presenta:

Guillermo Daniel Vélez Sánchez

Asesor:

Dr. Orlando Guarneros García

Co-asesor:

M.C. Luis Alberto González Murillo

San Luis Potosí, S. L. P.

Febrero de 2016



26 de noviembre de 2015

**AL ING. GUILLERMO DANIEL VÉLEZ SÁNCHEZ
P R E S E N T E.**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por el **Dr. Orlando Guarneros García y el M.C. Luis Alberto González Murillo**, Asesor y Co-asesor de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Ingeniería Mecánica**, me es grato comunicarle que en la Sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 26 de noviembre del presente, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"Análisis, procesamiento y evaluación de equipos dimensionales convencionales; cubriendo los requerimientos técnicos según la norma ISO/IEC 17025:2005."

- Introducción.
1. Análisis de factores que generan la variación en un sistema de medición.
 2. Incertidumbre de la medición.
 3. Revisión del contenido de la norma ISO/IEC 17025:2005, relacionado con la competencia técnica.
 4. Experimentación y evaluación de los factores.
 5. Análisis de los resultados.
- Conclusiones.
Referencias bibliográficas.
Anexos.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

ATENTAMENTE



M. I. JORGE ALBERTO PÉREZ GONZÁLEZ
DIRECTOR.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCION



**FACULTAD DE
INGENIERÍA**

Av. Manuel Nava 8
Universitaria - CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
I. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336
www.uaslp.mx

Copia. Archivo.
*etn.

"1945-2015. 70 AÑOS CON LA FACULTAD DE FORMAR INGENIEROS"

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias a mis padres en primer lugar por ser los que me dieron la vida, principalmente a mi madre Lidia Esther que ha estado pendiente a lo largo del camino de mi vida.

De igual manera quiero agradecer a mi hermana Alma Lidia, mis sobrinas Ivana y Renata, mi cuñado Iván y a toda mi familia que siempre me han apoyado en mis decisiones personales, además de estar conmigo en los buenos y malos momentos de la vida; en especial a mis tíos Gilberto y Leticia.

Agradezco a mi novia Alexia Michell por su comprensión y motivación para realizar este trabajo.

Un agradecimiento muy especial al M.C. Luis Alberto González Murillo por compartir sus conocimientos para el desarrollo de este trabajo y también quiero dar gracias al Dr. Orlando Guarneros García, que tengo ya varios de años de conocerlo, siendo un excelente profesor y una gran persona que me ha brindado su apoyo, tiempo y aprendizaje.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE	4
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	10
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
Objetivos.....	13
Objetivo general	13
Objetivos particulares	13
1. ANÁLISIS DE FACTORES QUE GENERAN LA VARIACIÓN EN UN SISTEMA DE MEDICIÓN	14
1.1. Relacionados con el equipo	15
1.1.1. Características de los equipos.....	15
1.1.2. Instrumentos no calibrados.....	17
1.1.3. Defectos de fabricación	18
1.1.4. Equipos dimensionales convencionales.....	18
1.1.4.1. Calibrador	19
1.1.4.2. Micrómetro.....	20
1.1.4.3. Indicador de carátula	21
1.2. Relacionados con el operador.....	22
1.3. Causados por el medio ambiente.....	25
1.4. Relación de los factores con la norma ISO/IEC 17025:2005.....	26
2. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN.....	27
2.1. Estimación de la incertidumbre	27
2.1.1. Modelado de la medida	27
2.1.2. Incertidumbre típica y combinada	28
2.1.3. Clasificación de los tipos de incertidumbre (tipo A o tipo B)	28
2.1.3.1. Evaluación de la incertidumbre estándar tipo A	29
2.1.3.2. Evaluación de la incertidumbre estándar tipo B	30
2.1.3.3. Distribuciones de probabilidad	30
2.2. Contribuyentes de la incertidumbre.....	32

2.2.1. Incertidumbre de repetibilidad y resolución	33
2.2.2. Incertidumbre de paralaje	34
2.2.3. Incertidumbre del bloque patrón	34
2.2.4. Incertidumbres debidas a los efectos térmicos	36
2.2.5. Incertidumbres propias de los equipos de medición	37
2.2.5.1. Calibrador (vernier o pie de rey)	38
2.2.5.2. Micrómetro.....	39
2.2.5.3. Indicador de carátula	41
3. REVISIÓN DEL CONTENIDO DE LA NORMA ISO/IEC 17025:2005, RELACIONADO CON LA COMPETENCIA TÉCNICA	44
3.1. Importancia de la acreditación de laboratorios	45
3.2. Estructura de la norma.....	46
3.3. Requisitos técnicos de la norma	48
3.3.1. Factores humanos.....	48
3.3.2. Instalaciones y condiciones ambientales	49
3.3.3. Métodos de calibración.....	49
3.3.4. Equipos	51
3.3.5. Trazabilidad metrológica.....	51
3.3.6. Manipulación y manejo de ítems a calibrar	53
3.3.7. Aseguramiento de la calidad de resultados	54
3.3.8. Informe de los resultados	66
4. EXPERIMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES.....	68
4.1. Diseño de experimentos	69
4.1.1. Principios y definiciones básicas.....	70
4.1.2. Diseño factorial.....	71
4.1.2.1. Diseño factorial 2k	72
4.2. Metodología de la experimentación	74
4.2.1. Factores de estudio	75
4.2.2. Equipo utilizado para la experimentación.....	75
4.2.3. Experimentación y evaluación de los factores	80
4.2.3.1. Calibrador	80
4.2.3.2. Micrómetro.....	81
4.2.3.3. Indicador digital.....	82

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	84
5.1. Calibrador	84
5.2. Indicador digital.....	86
5.3. Micrómetro.....	87
5.4. Procesamiento de los factores y requerimientos técnicos de la norma ISO/IEC 17025:2005.....	89
CONCLUSIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Proceso general y proceso de medición.	14
Figura 1.2 Diagrama de factores de variación.....	15
Figura 1.3 Resolución del equipo.....	16
Figura 1.4 Rango del equipo.....	16
Figura 1.5 Instrumento digital y analógico.....	17
Figura 1.6 Diferentes modelos de un micrómetro.....	17
Figura 1.7 Etiqueta de calibración del equipo.....	18
Figura 1.8 Defecto de fabricación en las puntas de interiores.....	18
Figura 1.9 Tipo de mediciones efectuada por el calibrador: a) Medición de exteriores. b) Medición de interiores. c) Medición de profundidades.....	19
Figura 1.10 Partes de un calibrador.	20
Figura 1.11 Partes de un calibrador.	21
Figura 1.12 Partes de un indicador de carátula.....	22
Figura 1.13 Factor de paralaje.	23
Figura 1.14 Factor de posición.....	23
Figura 1.15 Error de interpolación.....	24
Figura 1.16 Método de medición.....	24
Figura 1.17. Pieza de medición dilatada.	25
Figura 1.18 Equipo de medición oxidado.	25
Figura 2.1 Distribución normal.	31
Figura 2.2 Distribución rectangular.	31
Figura 2.3 Distribución triangular.	32
Figura 2.4 Juegos de bloque patrón.....	35
Figura 2.5 Principio de Abbe.....	38
Figura 2.6 Error de Abbe.	39
Figura 2.7 Contacto de las caras con plano óptico.....	40
Figura 2.8 Grados de planitud conforme a sus franjas y forma.	40
Figura 2.9 Planos ópticos.	41
Figura 2.10 Error de coseno.	42
Figura 3.1 Esquema de la trazabilidad.....	53

Figura 3.2 Etapas que sigue un ítem a calibrar	53
Figura 4. 1 Modelo general de un proceso.....	68
Figura 4.2 Sensor de temperatura.	75
Figura 4.3 Calibrador digital marca Mahr LM-CD-01.....	76
Figura 4.4 Calibrador digital marca Mitutoyo LM-CD-06.....	76
Figura 4.5 Micrómetro digital marca Mitutoyo LM-MDM-02.....	77
Figura 4.6 Micrómetro digital marca Mahr LM-MED-04.....	77
Figura 4.7 Indicador digital marca Mitutoyo LM-IDM-03.	78
Figura 4.8 Indicador digital marca Mitutoyo LM-IDM-01.....	78
Figura 4.9 Juego de bloques patrón LM-JBP01.....	79
Figura 4.10 Conjunto de paralelas ópticas LM-OP-01.....	79
Figura 4.11 Base magnética y soporte LM-BM-06	80
Figura 4.12 Comparación contra bloque patrón del calibrador.....	81
Figura 4.13 Comparación contra bloque patrón del micrómetro.....	82
Figura 4.14 Comparación contra bloque patrón de un indicador digital.....	83
Figura 5.1 Grafica de las incertidumbres del calibrador.	85
Figura 5.2 Grafica de las incertidumbres del indicador.....	86
Figura 5.3 Grafica de las incertidumbres del micrómetro.	88
Figura 5.4 Menú principal del programa.....	89
Figura 5.5 Inicio de sesión.	90
Figura 5.6 Base de datos del personal.....	90
Figura 5.7 Menú del personal.	90
Figura 5.8 Modificar personal.....	91
Figura 5.9 Eliminar personal.	91
Figura 5.10 Alta del personal.	92
Figura 5.11 Laboratorio de metrología.	92
Figura 5.12 Cuarto de medición con iluminación.....	93
Figura 5.13 Control de aire acondicionado.....	93
Figura 5.14 Registro de temperatura y humedad.....	94
Figura 5.15 Formato de calibración.....	94
Figura 5.16 Estimación de la incertidumbre.	95

Figura 5.17. Llenado de cliente, persona responsable de calibración y características del equipo.....	96
Figura 5.18. Base de datos de equipos de laboratorio.	97
Figura 5.19 Carta de trazabilidad.	97
Figura 5.20 Registro de ítems del cliente.	98
Figura 5.21. Estudio R&R (método largo)	99
Figura 5.22 Datos de las mediciones realizadas para el estudio.....	99
Figura 5.23 Resultados del estudio.....	100
Figura 5.24 Estudio R&R (método corto).	100
Figura 5.25 Estudio R&R por atributos.....	101
Figura 5.26 Estudio de linealidad.	101
Figura 5.27 Título.....	102
Figura 5.28 Nombre y dirección del laboratorio.....	102
Figura 5.29 Identificación del certificado.	102
Figura 5.30 Datos del cliente.	102
Figura 5.31 Método empleado de calibración.	102
Figura 5.32 Condiciones bajo las cuales se lleva la calibración.	103
Figura 5.33 Resultado de incertidumbres.....	103
Figura 5.34 Nombre y firma de la persona responsable de la calibración.	103
Figura 5.35 Fecha de calibración.....	104
Figura 5.36 Certificado de calibración.....	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Calidad de los bloques patrón para las diferentes aplicaciones.....	35
Tabla 2.2 Desviaciones máximas de los bloques patrón en función de la calidad.	35
Tabla 3.1 Criterio de aceptación.	59
Tabla 3.2 Valores de k_2	61
Tabla 3.3 Clasificación del coeficiente de correlación.	66
Tabla 4.1 Notación para la serie 2^2	73
Tabla 4.2 Análisis de varianza completo.	74
Tabla 5.1 Datos de las réplicas de la calibración de calibrador.	84
Tabla 5.2 Tabla de ANOVA del calibrador.	85
Tabla 5.3 Datos de las réplicas de la calibración de indicador	86
Tabla 5.4 Tabla de ANOVA del indicador.....	87
Tabla 5.5 Datos de las réplicas de la calibración de micrómetro.....	87
Tabla 5.6 Tabla de ANOVA del micrómetro.	89

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizó el análisis, procesamiento y evaluación de los factores que generan variación en un sistema de medición, considerando los aspectos relacionados con: la calibración, la trazabilidad metrológica, la repetibilidad y reproducibilidad así como la incertidumbre.

Aunado a ello se trabajó en la revisión de la norma ISO/IEC 17025:2005, contemplando los requisitos generales técnicos relacionados con la competencia del servicio que brinda el laboratorio.

Se desarrolló una fase experimental mediante la utilización de un programa que analiza el uso de las diferentes herramientas consideradas.

Concluida la fase experimental, se interpretó los resultados y la contribución de los diferentes factores, después se llevó a cabo la implementación de la parte técnica de la norma ISO/IEC 17025:2005 mediante el uso del programa en cuestión que agilice el proceso de acreditación en laboratorios de medición.

INTRODUCCIÓN

Las mediciones son importantes para el ser humano, ya que desde la aparición del hombre sobre el planeta Tierra surgió la necesidad de contar y medir. Las mediciones son una forma concreta de cómo se maneja el mundo, desde que se fija el reloj despertador a una cierta hora hasta cuando se mide una determinada pieza de producción.

La ciencia encargada de las mediciones es la metrología que es la base para el desarrollo científico y tecnológico de la civilización, de tal modo que cada descubrimiento en la ciencia proporciona una nueva forma de ver las cosas.

El nivel que alcanza la metrología como ciencia en país, es la prueba más verídica de su desarrollo tecnológico.

La tecnología actual no podría ser creada sin la metrología. Para lograr esto se requiere de equipos de medición que se encuentren a la altura tecnológica, para que sean capaces de medir, generando la menor duda posible de la medición (llamada incertidumbre) y que se debe de tener un control de calidad y normalización, para llegar al objetivo deseado, es decir tener equipos de calidad que brinden al usuario la confiabilidad y certeza de sus mediciones.

La norma ISO/IEC 17025:2005 que lleva como título “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración” y sirve para aquellos laboratorios que quieren demostrar que cumplen un sistema de gestión de calidad y que son técnicamente competentes para la realización de ensayos y/o calibraciones esto incluye al personal, a las instalaciones y condiciones ambientales, a los métodos validados, a los equipos y a los patrones con trazabilidad. Cumpliendo con los requerimientos de la norma un laboratorio tiene la capacidad para lograr una acreditación ante una entidad y brindar el servicio de calibración sólidamente respaldado.

Cuando se hacen mediciones, aunque la pieza, el equipo de medición, el operador y las condiciones ambientales sean las mismas, se comprueba la existencia de la duda en las mediciones realizadas, que dan lugar a la incertidumbre de la medición,

dicho concepto es de gran importancia debido a su estrecha relación con la trazabilidad metrológica.

Actualmente las normas son manejadas a través de plataformas, que facilitan la implementación y mantenimiento de los sistemas de gestión aunque para los laboratorios de medición, los programas actuales presentan diferentes limitantes. La plataforma en cuanto a la parte técnica de la norma ISO/IEC 17025:2005 facilitará las operaciones de calibración de un laboratorio.

Objetivos

Objetivo general

El objetivo es analizar, procesar y evaluar los factores que intervienen en la calibración de los equipos dimensionales convencionales (micrómetros, calibradores e indicadores de carátula), mediante la implementación de un programa que estime los parámetros técnicos relacionados estrechamente con la norma ISO/IEC 17025:2005.

Objetivos particulares

- Cubrir los requerimientos técnicos bajo los lineamientos de la norma ISO/IEC 17025:2005.
- Implementar el programa en el laboratorio de Metrología de la Facultad de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Crear una herramienta para garantizar la trazabilidad de los resultados de las mediciones.

1. ANÁLISIS DE FACTORES QUE GENERAN LA VARIACIÓN EN UN SISTEMA DE MEDICIÓN

Un sistema de medición es el grupo de instrumentos o gages, patrones, métodos, dispositivos, software, personal, medio ambiente y supuestos usados para cuantificar una unidad de medida o valoración determinada al rasgo de la característica medida; proceso (ver figura 1.1) completo utilizado para obtener una medición [1].

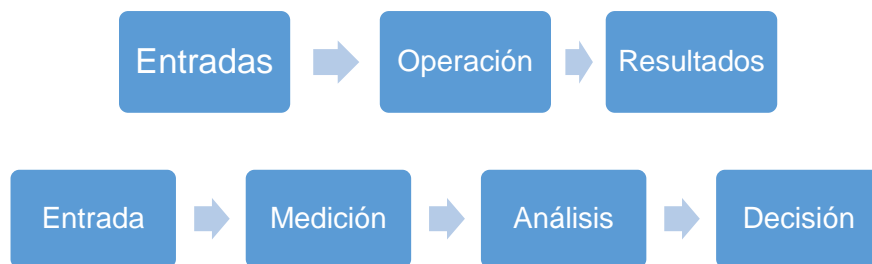


Figura 1.1 Proceso general y proceso de medición.

Los sistemas de medición están sujetos a una serie de factores que influyen en los resultados obtenidos y su confiabilidad; por la tanto, la razón principal de realizar un análisis en un sistema de medición consiste en determinar los factores que generan fuentes de variación en las mediciones obtenidos.

Los factores de variación que se presentan en un sistema de medición surgen debido a: imperfecciones en los equipos o piezas a medir, en la observación del operador, en los métodos que se aplican al realizar la medición, debido a las condiciones ambientales entre otras. Atendiendo el origen de donde se produce los diversos factores de variación, estos se clasifican de manera general (ver figura 1.2) en:

- a) Relacionados con el equipo de medición.
- b) Causados por el operador o el método de medición.
- c) Causados por el medio ambiente [2].

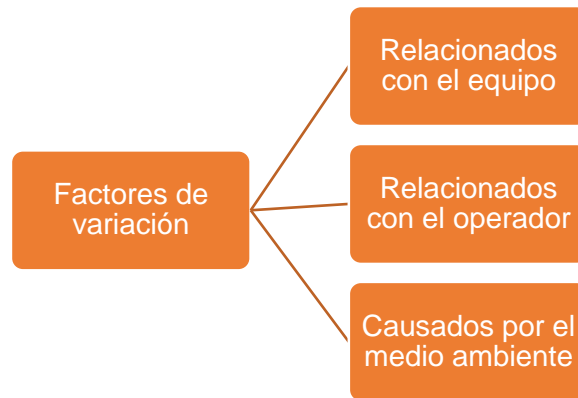


Figura 1.2 Diagrama de factores de variación.

1.1. Relacionados con el equipo

La metrología es considerada la ciencia de la medición, y es además la encargada de los sistemas de unidades adoptados y de los equipos que se van a utilizar en la medición.

Entre los factores relacionados con los equipos se encuentran los que dependen de sus características, de su estado de calibración, si presentan defectos de fabricación por parte del proveedor y de las características mecánicas del equipo dimensional, entre otras.

1.1.1. Características de los equipos

Algunas de las características que presentan los equipos de medición dimensional como los calibradores, micrómetros e indicadores de carátula, son las siguientes:

- a) Resolución. Es la que se refiere al valor mínimo en que encuentra divida la escala del equipo (*ver figura 1.3*) o al valor del último dígito significativo que se muestra en los equipos que cuentan con sistema digital [4].

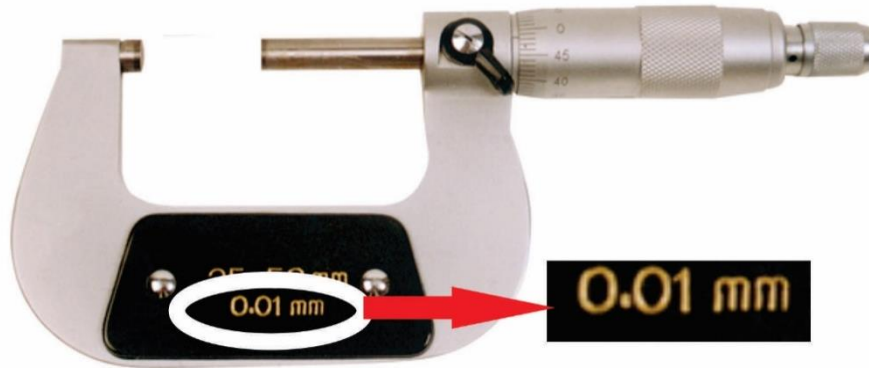


Figura 1.3 Resolución del equipo.

- b) Rango de medida. También llamado intervalo de medida (*ver figura 1.4*) es el conjunto de valores que están comprendidos dentro del límite inferior y superior de la capacidad de medida o transmisión del equipo [5].

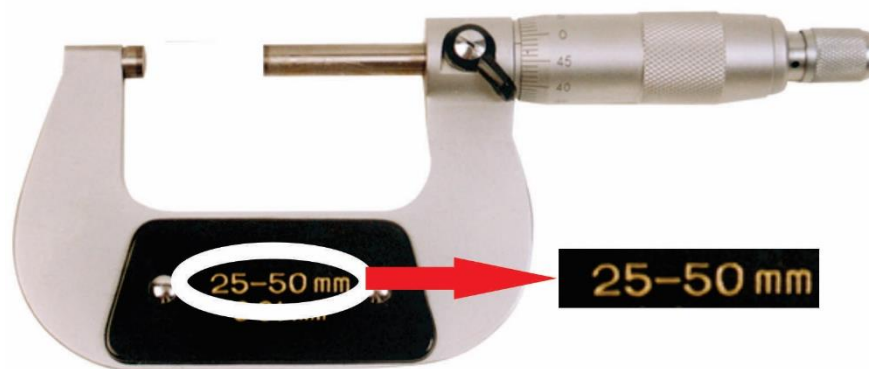


Figura 1.4 Rango del equipo.

- c) Sistema analógico y/o digital. Los instrumentos que presentan un sistema análogo (*ver figura 1.5*) son los que utilizan una escala graduada que es visible y leída por el operador; mientras que los de sistema digital (*ver figura 1.5*) son los que la cantidad a ser medida aparece como un número sobre un desplegado digital.



Figura 1.5 Instrumento digital y analógico.

Las diferencias básicas entre los instrumentos digitales y analógicos, consiste en que los equipos de sistema digital son más precisos, fáciles de leer y cuentan con circuitos lógicos para procesar los datos de la medición, en tanto que los analógicos solo se efectúa la medición sí el operador saber leer la escala.

- d) Modelo. Se refiere a la forma del diseño de las puntas de medición y que cambian de un equipo a otro dependiendo la aplicación para la cual va ser usado (*ver figura 1.6*).



Figura 1.6 Diferentes modelos de un micrómetro.

1.1.2. Instrumentos no calibrados

“La calibración es la operación bajo condiciones especificadas estable, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación” según el Vocabulario Internacional de Metrología [6].



Figura 1.7 Etiqueta de calibración del equipo.

Considerando lo anterior, los instrumentos no calibrados o que su fecha de calibración esta vencida (*ver figura 1.7*), no deben ser utilizados hasta que sean calibrados y autorizados para su uso. Para realizar mediciones de gran exactitud es necesario corregir las lecturas obtenidas por el equipo de medición, en función del error instrumental determinado mediante la calibración [2].

1.1.3. Defectos de fabricación

Este factor se presenta cuando un instrumento es fabricado de manera incorrecta, por lo que dicho instrumento presentará un error de medición. Este error se debe a las imperfecciones de maquinado (*ver figura 1.8*) y la construcción del equipo, ya que es imposible tener equipos exactamente iguales, pero si se busca que estos estén dentro del rango permisible.

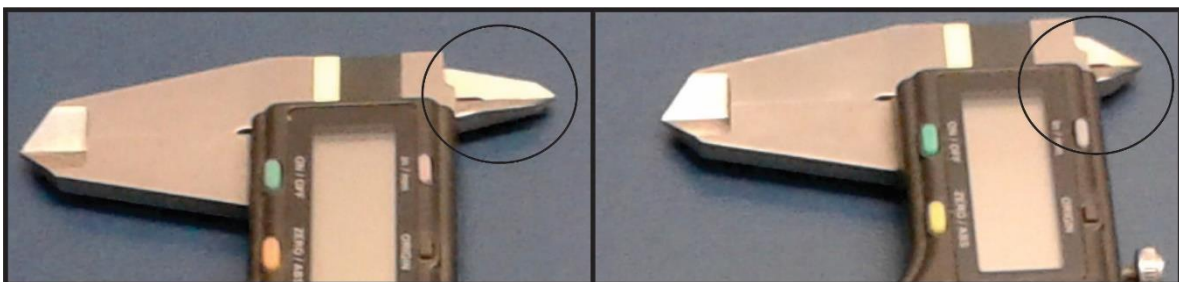


Figura 1.8 Defecto de fabricación en las puntas de interiores.

1.1.4. Equipos dimensionales convencionales

Dentro de los equipos dimensionales que se estudiarán se encuentran los calibradores, micrómetro e indicadores de carátula que están compuestos por

componentes mecánicos, por lo que el desgaste de los componentes tendería a provocar una serie de errores durante la medición. Algunos de los errores que se presentan son deformaciones en sus componentes, juego entre los ensamblajes, falta de paralelismo y/o planitud entre las caras de medición.

La clasificación de los equipos dimensionales según su forma de realizar la medida con la pieza son:

- 1) Mediciones directas que son en las que el equipo de medición se coloca directamente sobre la pieza a medir. Ejemplo son los micrómetros y calibradores.
- 2) Mediciones indirectas son en las que se utilizan métodos ópticos, electrónicos, mecánicos, neumáticos, para obtener la medida, es necesario ajustarlo a un patrón y sus lecturas son valores diferenciales con respecto al valor ajustado. Algunos ejemplos son el indicador de carátula, comparador óptico, comparador neumático, los dispositivos llamados “Pasa-No Pasa”, entre otros equipos [3].

1.1.4.1. Calibrador

El primer calibrador fue diseñado por el francés Pierre Vernier (1580-1637) aplicando el sistema de doble escala inventada por el portugués Petrus Nonius (1492-1577), un siglo antes.

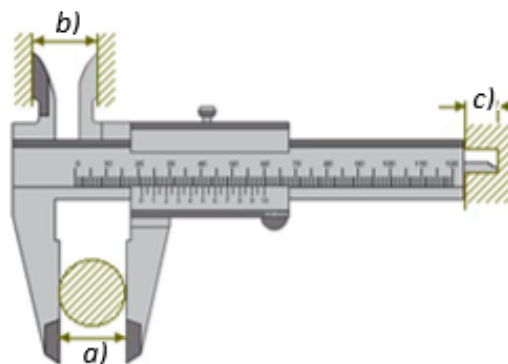


Figura 1.9 Tipo de mediciones efectuada por el calibrador: a) Medición de exteriores. b) Medición de interiores. c) Medición de profundidades.

El calibrador tipo vernier o conocido también como pie de rey fue elaborado con la necesidad de brindar una medida directa en una sola operación. El calibrador típico efectúa tres tipos de mediciones que son de exteriores, interiores y profundidades (ver figura 1.9).

El calibrador vernier está compuesto por: (ver figura 1.10)

- 1) Superficies de medición de exteriores.
- 2) Superficies de medición de interiores.
- 3) Barra de medición de profundidad.
- 4) Superficie de referencia para mediciones de escalones.
- 5) Cursor.
- 6) Escala vernier.
- 7) Tornillo de fijación.
- 8) Superficie de referencia.
- 9) Y escala graduada en milimetro y pulgadas.

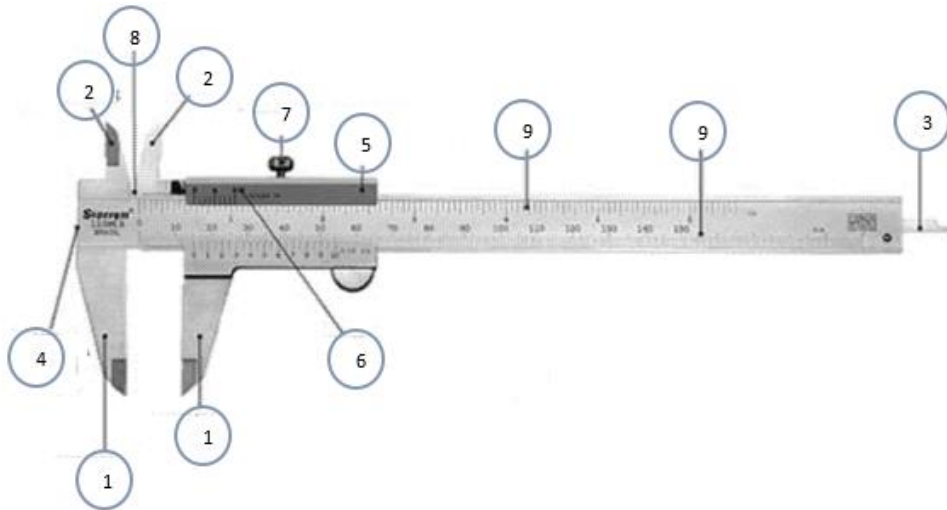


Figura 1.10 Partes de un calibrador.

1.1.4.2. Micrómetro

El primer instrumento para medidas de precisión en longitudes es el micrómetro cuyo nombre procede de la utilización de un husillo roscado de pequeño paso que proporciona una amplificación mecánica que permite apreciar longitudes muy pequeñas.

El fundamento del micrómetro es atribuido a William Gascoigne (1612-1644), astrónomo inglés, así como la difusión industrial de micrómetros similares a los actuales que tardaron unos 200 años en producirse [7].

El principio de funcionamiento del micrómetro consiste en el desplazamiento del husillo cuando éste es movido mediante el giro de un tornillo, lo que convierte el movimiento giratorio del tambor en el movimiento lineal del husillo. El desplazamiento de éste amplifica la rotación del tornillo y el diámetro del tambor.

Las partes principales del micrómetro (*ver figura 1.11*) son:

- 1) Tope.
- 2) Husillo.
- 3) Freno.
- 4) Trinquete.
- 5) Tambor.
- 6) Línea de referencia.
- 7) Arco
- 8) Y placa aislante.

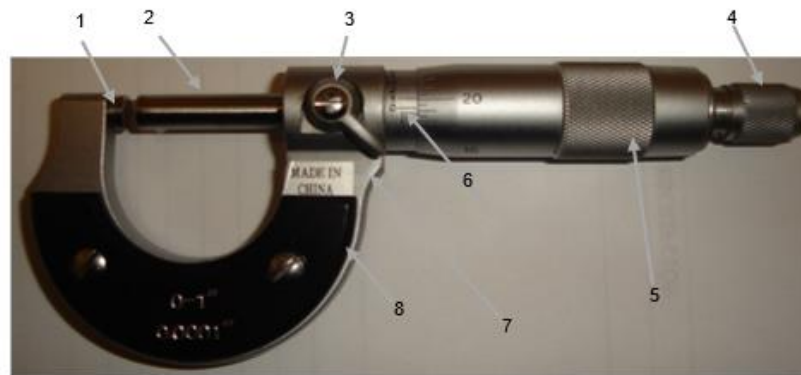


Figura 1.11 Partes de un calibrador.

1.1.4.3. Indicador de carátula

El indicador de carátula es un equipo de medición que transforma movimientos lineales de un husillo móvil en movimientos circulares de la aguja principal. El indicador es de los instrumentos más ampliamente utilizados para realizar mediciones [8].

Las partes principales del indicador de carátula (ver figura 1.12) son:

- 1) Carátula.
- 2) Aguja principal.
- 3) Arillo.
- 4) Vástago.
- 5) Husillo.
- 6) Punta de contacto.
- 7) Aguja cuenta vueltas.
- 8) E indicadores pasa/no pasa.

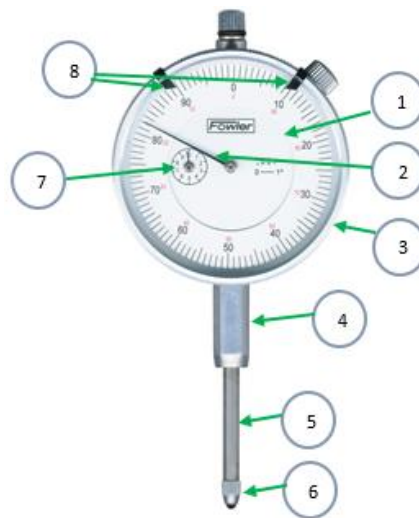


Figura 1.12 Partes de un indicador de carátula.

1.2. Relacionados con el operador

Existen diversos factores y errores de medida que son generados por el operador algunos de ellos son:

- a) Factor de paralaje. Este factor tiene que ver con la postura que toma el operador con respecto a la lectura de medición del equipo (ver figura 1.13). Cuando la superficie donde se efectúa la medida y la superficie contienen las divisiones de la escala del equipo se encuentran separadas entre sí [9]. Evidentemente, este factor no existe en los instrumentos digitales.

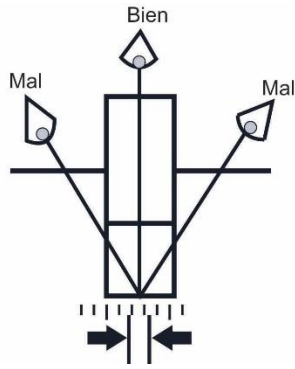


Figura 1.13 Factor de paralaje.

- b) Posición. Si la superficie de medición del instrumento esta inclinada respecto a la pieza a medir o esta se coloca de forma inclinada (ver figura 1.14), producirá un error en la medición.



Figura 1.14 Factor de posición.

- c) Fuerza ejercida. Cuando el operador ejercer un fuerza superior aplicada sobre la pieza con el equipo de medición, podría generar una posible deformación sobre la pieza o el equipo, por lo que esto produce un error en la medición [10].
- d) Error de interpolación. Se presenta cuando el índice no coincide exactamente con la graduación de la escala (ver figura 1.15) y el operador toma una lectura redondeada (exceso o por defecto). El error de interpolación no existe en los instrumentos digitales [11].



Figura 1.15 Error de interpolación.

- e) Método de medición. Según el Vocabulario Internacional de Metrología se define al método de medición como “la sucesión lógica de las operaciones, descritas en forma genérica, utilizadas en la ejecución de las mediciones [6]”. Cuando no se tiene establecido un método de medición se presenta la situación donde el operador coloca en posición inadecuada la pieza a medir provocando una medición errónea (*ver figura 1.16*); y de igual manera se dará si el operario se posiciona o sujeta mal el equipo de medición.



Figura 1.16 Método de medición.

Para reducir los factores y errores relacionados con el operador, éste tendrá que reunir ciertas cualidades personales, como por ejemplo, poseer cierta práctica, tener tacto para la fuerza ejercida en la medida, buena visión y capacidad para distinguir la lectura en las escalas.

1.3. Causados por el medio ambiente

Al momento de realizar mediciones, se producen errores de medida provocados por las condiciones ambientales que estén variando de manera significativa, tal sería el caso de los siguientes aspectos:

- a) Temperatura. La influencia de calor en la medición es importante ya que dilata o contrae la pieza medida (*ver figura 1.17*), equipo de medición o ambas. El calor se transmite debido al contacto corporal del operador con el equipo y la pieza, por el calor producido en las instalaciones y otras fuentes de calor que pudieran producir una dilatación.



Figura 1.17. Pieza de medición dilatada.

Un valor solo es inequívoco cuando se conoce la temperatura a la que ha sido obtenida la medición [9]. Para minimizar los errores de temperatura se estableció como norma una temperatura de 20°C [12] para efectuar las mediciones.

- b) Humedad. Debido a los óxidos que se forman por humedad excesiva en las caras de medición del instrumento (*ver figura 1.18*), en otras partes o a la absorción de humedad en algunos materiales, se establece como norma una humedad relativa de 35 a 65 % [12].



Figura 1.18 Equipo de medición oxidado.

- c) Además de la temperatura y humedad, existen otros factores ambientales que afectan la medición como el polvo, vibraciones, falta de iluminación,

interferencias electromagnéticas, entre otras. Por ejemplo, el polvo afecta considerablemente la medición, ya que si no se encuentran limpios de suciedad los equipos y/o la pieza a medir, se provoca un error, ya que un instrumento de medida es capaz de detectar la dimensión de una partícula de polvo.

1.4. Relación de los factores con la norma ISO/IEC 17025:2005

Los factores antes mencionados afectan a la exactitud y confiabilidad de los resultados en un laboratorio que realiza los servicios de calibración. Relacionando los factores con la norma ISO/IEC 17025:2005 se encuentran:

- Los factores humanos que son atribuibles al operador, al método de medición utilizado, al no contar con un programa de mantenimiento y calibración de los equipos, la fuerza ejercida sobre el equipo, error de lectura en instrumentos analógicos, posición incorrecta del equipo y la pieza, entre otras.
- Los causados por el medio ambiente, es decir que el laboratorio cuente con instalaciones con condiciones ambientales controladas y el lugar con acondicionamiento necesario para llevar a cabo el proceso de calibración.
- Los factores relacionados con el equipo se relacionan a las características propias de cada equipo, a la falta de calibración, a defectos de fabricación por parte del proveedor, defectos mecánicos, falta de trazabilidad de los equipos, entre otras.

2. INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

En un sistema de medición siempre existirá la duda del valor verdadero de una pieza medida, debido a que no se tiene la certeza del valor y que en la operación de la medición intervienen diversos factores que afectan el proceso, por eso no es posible caracterizar la medida por un único valor ya que siempre habrá duda de lo que se está midiendo, lo que da lugar término llamado incertidumbre de medida [5]; que según el Vocabulario Internacional de Metrología es el “parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza” [6].

En la norma ISO/IEC 17025:2005 en numeral 5.4.6 dice que se debe de estimar la incertidumbre de la medición para todas las calibraciones realizadas por un laboratorio, es por lo tanto importante conocer los contribuyentes importantes y su efecto en la estimación de la incertidumbre.

2.1. Estimación de la incertidumbre

2.1.1. Modelado de la medida

Consiste en establecer la ecuación matemática que relaciona el mensurando con las posibles variables de entrada. El mensurando Y por lo general no se mide directamente [13], este se determina por otras N magnitudes X_1, X_2, \dots, X_N , por medio de una relación funcional f (ver ecuación 2.1)

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (2.1)$$

Las magnitudes X_1, X_2, \dots, X_N , dependen del resultado de la medición Y , y de otras magnitudes, tales como lo son correcciones y factores de corrección. Por lo que se tienen complicadas relaciones funcionales f que no se expresan explícitamente, es por eso que f determina experimentalmente o por cálculos numéricos.

Los argumentos X_1, X_2, \dots, X_N se dividen en las siguientes categorías:

- a) Magnitudes cuyos valores o incertidumbres se obtienen directamente en la medición. Se obtienen por medio de varias observaciones o por juicios

basados en la experiencia y tomando en cuenta también las correcciones debidas a magnitudes como la temperatura ambiente y humedad.

- b) Magnitudes cuyos valores e incertidumbres se incorporan a la medición y provienen de fuentes externas. Los valores están asociados con patrones de medición, materiales de referencia y datos obtenidos de manuales.

La estimación del mensurando Y , denotado por y , se obtiene de la ecuación 2.1 utilizando las estimaciones de entrada x_1, x_2, \dots, x_N para los valores de N magnitudes X_1, X_2, \dots, X_N . Por lo tanto, la estimación de salida y que es el resultado de la medición, viene dada por [14]:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (2.2)$$

2.1.2. Incertidumbre típica y combinada

Por lo general, el resultado de una medición es solo una aproximación o estimación del mensurando, y solo se encuentra completo cuando es acompañado de la incertidumbre de dicha estimación. Los resultados de las mediciones, se caracterizan por la dispersión de los valores, ya que cuando se repite una medición no será estrictamente idéntica. Esta dispersión se cuantifica como una desviación típica, denominada incertidumbre típica [15].

La desviación típica asociada con la estimación de medida y , conocida como incertidumbre estándar combinada $u_c(y)$, se estima mediante la desviación típica que se asocia a cada estimación x_i , llamada incertidumbre típica $u(x_i)$. De la ecuación 2.1 se obtiene:

$$u_c(y) = f[u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_N)] \quad (2.3)$$

2.1.3. Clasificación de los tipos de incertidumbre (tipo A o tipo B)

La incertidumbre de medida en general incluye numerosas componentes, que se estiman de dos diferentes maneras que son la evaluación tipo A de las componentes de la incertidumbre típica y evaluación tipo B basada en distribuciones supuestas a priori [6].

2.1.3.1. Evaluación de la incertidumbre estándar tipo A

La incertidumbre tipo A está relacionada con la precisión del equipo [16] se utiliza cuando se han realizado n observaciones independientes q_k bajo las mismas condiciones de entrada, el valor estimado, del valor verdadero viene dado por la media aritmética o promedio \bar{q} (ver ecuación 2.4) de las n observaciones.

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k \quad (2.4)$$

Las observaciones individuales q_k son diferentes en valor por las variaciones aleatorias en las magnitudes que las afectan, esto se debe a los efectos aleatorios. La varianza experimental de las observaciones, la cual se define como la dispersión de los resultados de medición por la magnitud de entrada, está dada por:

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (q_k - \bar{q})^2 \quad (2.5)$$

La estimación de la varianza y su raíz cuadrada positiva (q_k), conocida como desviación estándar, caracteriza la variabilidad de los valores observados.

La varianza promedio (ver ecuación 2.6) es un estimador sesgado de la varianza de la media de las observaciones.

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n} \quad (2.6)$$

La varianza experimental de la media $s^2(\bar{q})$ y la desviación estándar de la media $s(\bar{q})$, se utiliza como una medida de la incertidumbre de \bar{q} . Por lo tanto, la evaluación tipo A de la incertidumbre estándar de un conjunto de mediciones x_i , se define como:

$$u(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (2.7)$$

2.1.3.2. Evaluación de la incertidumbre estándar tipo B

La incertidumbre tipo B tiene que ver con la exactitud del instrumento de medición, se estima por procedimientos no estadísticos, suponiendo a priori distribuciones de probabilidad; dicha incertidumbre se evalúa mediante juicios y criterios científicos basados en la información disponible sobre la variabilidad [17]. Esta información incluye:

- Datos de fuentes externas con incertidumbres declaradas.
- Resultados de mediciones anteriores con otras incertidumbres.
- Datos de patrones, materiales e instrumentos de referencia.
- Datos de certificados de calibración.
- Manuales o especificaciones del fabricante.

Para la estimación x_i de una magnitud X_i que no se obtuvo de observaciones repetidas, la incertidumbre se representa por $u(x_i)$ y la varianza $u^2(x_i)$. Los valores anteriores son obtenidos de la información mencionada anteriormente sobre la variabilidad posible de X_i .

2.1.3.3. Distribuciones de probabilidad

La estimación de una fuente incertidumbre se le asocia un valor y se determina mediante una distribución de probabilidad referente al valor asignado. Las distribuciones de probabilidad más frecuentes son:

- a) Distribución normal. También llamada distribución de Gauss (*ver figura 2.1*) o distribución gaussiana, es la distribución continua que con más frecuencia aparece en estadística, esto se debe a dos razones fundamentales: la primera es porque su función de densidad es simétrica y en forma de campana, la segunda por porque es el límite de otras distribuciones y se relaciona con los resultados ligados a demasiadas teorías de la probabilidad [18].

Cuando se cuenta con la incertidumbre expandida U , se divide esta entre un factor de cobertura denominado como k , obtenido directamente o a partir de un nivel de confianza dado. La incertidumbre típica se calcula como:

$$u(x_i) = \frac{U}{k} \quad (2.8)$$

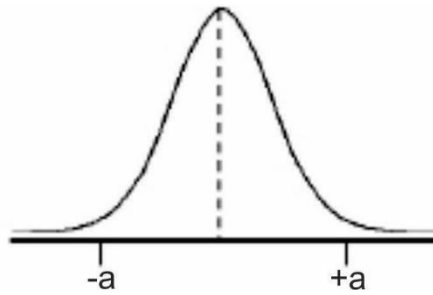


Figura 2.1 Distribución normal.

- b) Distribución rectangular. También llamada distribución uniforme (ver figura 2.2), se usa cuando el valor verdadero se encuentra entre cierto intervalo, con probabilidad a uno. Para calcularla se toma en cuenta sus límites de $(\pm a)$ sin especificar el nivel de confianza y que los valores son igualmente probables [11]. La incertidumbre típica se calcula como:

$$u(x_i) = \frac{a}{2\sqrt{3}} \quad (2.9)$$

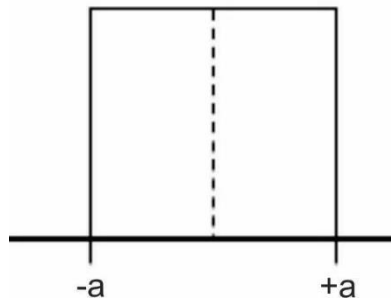


Figura 2.2 Distribución rectangular.

- c) Distribución triangular (ver figura 2.3). Es utilizada cuando la información es menos limitada que para una distribución rectangular. Se estiman los límites superior e inferior, para el valor de la cantidad de entrada. Adicionalmente, la mitad del ancho del intervalo se denota como $a = \frac{a_+ + a_-}{2}$, por lo que la incertidumbre típica se calcula como [11]:

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (2.10)$$

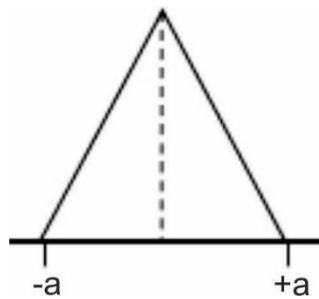


Figura 2.3 Distribución triangular.

El resultado de la incertidumbre de la medición, generalmente se expresa en términos de un valor U , llamada incertidumbre expandida, que se obtiene mediante la siguiente formula:

$$U = k u_c(y) \quad (2.11)$$

Donde el valor de $u_c(y)$ corresponde a la incertidumbre combinada que representa un intervalo centrado estimado del mensurando que contiene el valor verdadero con una probabilidad p del 68 % aproximadamente, considerando una distribución normal. El valor p es llamado el nivel de confianza, es elegido a conveniencia [19].

Generalmente se desea una probabilidad mayor, esta se obtiene expandiendo el factor de cobertura representado por k . Para una magnitud cuya distribución de probabilidad sea normal los factores de cobertura 1, 2 y 3 corresponden respectivamente a un nivel de confianza de 68.27%, 95.45% y 99.73% [20].

2.2. Contribuyentes de la incertidumbre

Los contribuyentes de incertidumbre típicos en la metrología dimensional para calibración por comparación contra un patrón son los siguientes:

- a) Incertidumbre por resolución o repetibilidad.
- b) Incertidumbre del patrón.
- c) Incertidumbre por efectos de temperatura.
- d) Incertidumbre de paralaje (solo se presenta en equipo analógicos)

e) Incertidumbres aplicables a cada instrumento de medición.

Algunos de los contribuyentes son despreciados por tener un valor muy pequeño con relación a otros contribuyentes. Por lo general se tienen entre tres y seis contribuyentes de la incertidumbre que en conjunto son más del 90 % de la incertidumbre estándar combinada.

2.2.1. Incertidumbre de repetibilidad y resolución

La repetibilidad de mediciones es la proximidad entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud, que se efectúan con el mismo método, el mismo operador, el mismo instrumento de medición, el mismo lugar y repetición dentro de un periodo corto de tiempo, es decir que la repetibilidad de la medición se efectúe en las mismas condiciones de medición. Cuando más pequeña es la incertidumbre, mejor es la repetibilidad [21].

Posteriormente se evalúa con el estimador estadístico de la desviación estándar s de la medida a partir de n mediciones repetidas en un punto, por lo que la incertidumbre es:

$$u_{rep} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2.12)$$

Donde la desviación estándar se utiliza calculando la ecuación 2.13, en donde \bar{x} es la media de las n mediciones y x_i es el valor de cada medición realizada.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.13)$$

La resolución (*ver figura 1.3*) se refiere al valor mínimo en que está dividida la escala o valor del último dígito significativo que muestran los sistemas digitales [6]. La incertidumbre por resolución se calcula con la siguiente expresión:

$$u_{res} = \frac{resolucion}{2\sqrt{3}} \quad (2.14)$$

Para equipos de medición de baja resolución y que tengan un buen funcionamiento, la repetibilidad podría ser nula o casi nula. Para estos casos se considera la resolución del instrumento en vez de la incertidumbre por repetibilidad, esto no implica que no deben de estimarse ambas incertidumbres, ya que se tiene que verificar que el instrumento está en buen estado y confirmar la lectura precedente. Para equipos de medición de mayor resolución que obtengan valores de incertidumbre de repetibilidad distinta a cero, se deberá de comparar esta incertidumbre con respecto a la de resolución y se considera únicamente la mayor de las dos [22].

2.2.2. Incertidumbre de paralaje

Un error que se presenta con frecuencia en los equipos analógicos es el error de paralaje. Para reducir este error se recomienda que el operador observe la escala del instrumento de frente, es decir, de manera perpendicular. Ya que al tomar la medida de manera oblicua a la escala, se altera la lectura [23]. Para estimar la incertidumbre de paralaje (ver ecuación 2.15) suponemos que el error se distribuye con una distribución rectangular.

$$u_{par} = \frac{e_{par}}{\sqrt{3}} \quad (2.15)$$

2.2.3. Incertidumbre del bloque patrón

Los bloques patrón (*ver figura 2.4*) son piezas de acero o cerámicos en forma de sección rectangular, que entre dos de sus caras opuestas materializan una longitud determinada con alta precisión. Los bloques por lo general vienen por juegos según las longitudes nominales, de forma que mediante la combinación de bloques se obtienen el valor nominal deseado. Para lograr la combinación, estos poseen una particularidad importante, ya que en sus caras de medición tienen un excelente acabado espejo, que tiene la capacidad de adherirse entre sí solo con deslizarlo uno frente al otro.



Figura 2.4 Juegos de bloque patrón.

Los bloques patrón se clasifican en diferentes calidades dependiendo la aplicación para la cual serán usados (ver tabla 1) y sus desviaciones máximas se obtienen de la tabla 2, la cual fue extraída de la norma UNE 4041 referente a los bloques patrón [7].

Calidad	Aplicación
Calidad 00	Trabajo científico
Calidad 0	Calibración de instrumentos
Calidad 1	Control de piezas de calidad
Calidad 2	Control de piezas en el taller

Tabla 2.1 Calidad de los bloques patrón para las diferentes aplicaciones.

Calidad	Desviación máxima
Calidad 00	$D = \pm(0.05 + 0.001L)$
Calidad 0	$D = \pm(0.10 + 0.002L)$
Calidad 1	$D = \pm(0.20 + 0.004L)$
Calidad 2	$D = \pm(0.40 + 0.008L)$
<i>L: Longitud nominal en mm</i> <i>D: Desviación máxima en μm</i>	

Tabla 2.2 Desviaciones máximas de los bloques patrón en función de la calidad.

De acuerdo al certificado de calibración No. S11G00573 de los bloques que se encuentra en el laboratorio (ANEXO D), la incertidumbre expandida para el bloque patrón está dado por la fórmula 2.18.

$$U_p = \left(0,06 + \frac{0.5L}{1000}\right) \mu m \quad (2.16)$$

$$u_{pc} = \frac{U_p}{k} \quad (2.17)$$

$$u_{bp} = (Desv. Max. + u_{pc})\mu m \quad (2.18)$$

Donde:

U_p : es la incertidumbre expandida dependiendo de la longitud del patrón.

u_{pc} : es la incertidumbre combinada del patrón con un factor de cobertura de $k = 2$

u_{bp} : es la incertidumbre del bloque patrón.

Desv. Max.: Es la desviación máxima del bloque patrón en función a su calidad.

2.2.4. Incertidumbres debidas a los efectos térmicos

Los objetos cuando sufren cambios de temperatura suelen expandirse o contraerse. Las longitudes de los objetos son determinadas a una temperatura de 20°C, que es internacionalmente aceptada [24]. Existen dos contribuyentes de incertidumbre de dilatación térmica:

- a) Diferencia de expansión entre el patrón y el equipo de medición a la temperatura que se calibra y la temperatura de referencia, por lo que el error de medición está dado por la siguiente formula:

$$f = \Delta T \alpha L \quad (2.19)$$

Donde:

ΔT : es la diferencia de temperatura a la que se calibra el equipo y la temperatura de referencia.

α : es el coeficiente de expansión térmica (/°C).

L : longitud de medida.

La ecuación 2.19 es utilizada cuando el coeficiente de expansión térmica es el mismo para el patrón y equipo de medición, cuando son diferentes se utiliza la siguiente formula:

$$f = \Delta T(\alpha_p - \alpha_e)L \quad (2.20)$$

Donde:

α_p : es el coeficiente de expansión térmica del patrón ($^{\circ}\text{C}$).

α_e : es el coeficiente de expansión térmica del equipo de medición ($^{\circ}\text{C}$).

Para estimar la incertidumbre de la ecuación 2.19 ó 2.20, se considera una distribución rectangular por lo que la incertidumbre viene dada por:

$$u_{\Delta T} = \frac{f}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta T \alpha L}{\sqrt{3}} = \frac{\Delta T (\alpha_p - \alpha_e) L}{\sqrt{3}} \quad (2.21)$$

- b) Diferencia de expansión térmica y temperatura entre el patrón y el equipo de medición a calibrar, que el error de medición está dado por la siguiente formula:

$$f = [(T_p - 20^{\circ}\text{C})\alpha_p - (T_e - 20^{\circ}\text{C})\alpha_e]L \quad (2.22)$$

Donde:

T_p : es la temperatura del patrón ($^{\circ}\text{C}$).

T_e : es la temperatura del equipo de medición ($^{\circ}\text{C}$).

Para estimar la incertidumbre de la ecuación 2.22, se considera una distribución rectangular por lo que la incertidumbre viene dada por:

$$u_{\delta T} = \frac{f}{\sqrt{3}} = \frac{[(T_p - 20^{\circ}\text{C})\alpha_p - (T_e - 20^{\circ}\text{C})\alpha_e]L}{\sqrt{3}} \quad (2.23)$$

2.2.5. Incertidumbres propias de los equipos de medición

Existen otros contribuyentes de la incertidumbre provocadas por: el error de Abbe, el error de coseno, debido a la fuerzas de contacto, entre otros contribuyentes que están asociadas a cada equipo de medición. Por ejemplo los micrómetros no presentan el error de coseno, porque este es correspondiente a los indicadores de carátula. Es por ello que se describirán las incertidumbres correspondientes a cada uno de los siguientes equipos:

- a) Calibrador (vernier o pie de rey).
- b) Micrómetro.

c) E indicador de carátula.

2.2.5.1. Calibrador (vernier o pie de rey)

Para realizar la calibración del calibrador tipo vernier o pie de rey, se realiza por comparación contra bloques patrón, con longitudes nominales que cubran el rango de medición. En el calibrador se presentan los siguientes contribuyentes de incertidumbre:

a) Debida al error de Abbe. El principio de Abbe (*ver figura 2.5*) establece que el eje o línea de medición debe coincidir con el eje del instrumento de medición o la línea de la escala de medición [25].



Figura 2.5 Principio de Abbe.

El movimiento del cursor pierde la uniformidad debido al juego que existe con el eje del instrumento, se considera un ajuste H7/g6 [26].

Para conocer el error de Abbe (E_{Abbe}) es necesario saber las dimensiones de la longitud del cursor (L) que se apoya sobre el brazo principal y la altura de mordaza de medición (h), ver figura 2.6. Por lo que el error de Abbe viene dado por la siguiente expresión:

$$E_{Abbe} = \frac{h a}{L} \quad (2.24)$$

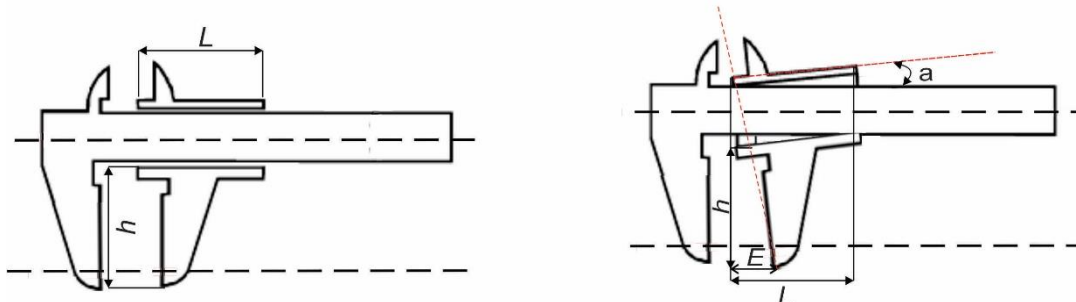


Figura 2.6 Error de Abbe.

La incertidumbre atribuible al error de Abbe se considera con una distribución de probabilidad rectangular, quedando determinada por la siguiente ecuación:

$$u_{Abbe} = \frac{E_{Abbe}}{\sqrt{3}} \quad (2.25)$$

b) Por la falta de paralelismo entre mordazas.

Según la norma ISO 6906 se establece un valor máximo admisible de $\pm 10 \mu m$, el cual su incertidumbre se considera con una distribución de probabilidad rectangular [26].

$$u_{paralelismo} = \frac{\text{Valor Max. Admisible}}{\sqrt{3}} \quad (2.26)$$

2.2.5.2. Micrómetro

La calibración de un micrómetro, se realiza por comparación contra bloques patrón, con longitudes nominales que cubran el rango de medición, y se utiliza también planos ópticos para verificar el paralelismo y planicidad de las caras de medición del micrómetro. Las contribuyentes de incertidumbre más típicas del micrómetro son:

a) Falta de planicidad. Para verificar la planicidad de una superficie, se realiza por comparación contra un plano de referencia como lo es un plano óptico,

el cual es fácil y rápido de usar para comprobar la planicidad de superficies precisas.

Para verificar la superficie de las caras de medición del micrómetro, primeramente tendrán que ser limpiadas las caras para eliminar el polvo y la suciedad; enseguida el instrumento óptico es puesto en contacto con cada una de las caras (*ver figura 2.7*), sobre las superficies aparecerán un número de bandas oscuras denominadas bandas de interferencia [27].



Figura 2.7 Contacto de las caras con plano óptico.

Las franjas de interferencia y su forma corresponden al grado de planitud de la cara (*ver figura 2.8*).

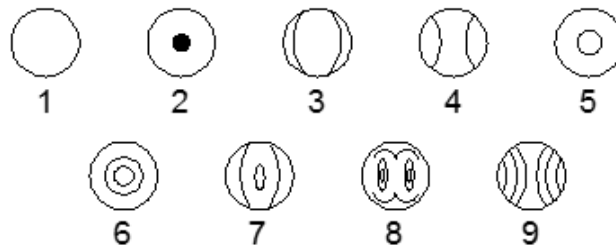


Figura 2.8 Grados de planitud conforme a sus franjas y forma.

Según las formas y franjas de interferencia de la figura 2.8, los valores correspondientes a la planicidad son los siguientes:

1. Menos de una franja (menos de $0,3 \mu\text{m}$).
2. Una franja ($0,3 \mu\text{m}$) cóncava.
3. Una franja ($0,3 \mu\text{m}$) convexa.
4. Una franja ($0,3 \mu\text{m}$) con un hueco.
5. Una franja ($0,3 \mu\text{m}$) redondeado en la circunferencia exterior.

6. Dos franjas ($0,6 \mu\text{m}$) convexa.
 7. Dos franjas ($0,6 \mu\text{m}$) convexa.
 8. Tres franjas ($1 \mu\text{m}$) superficie curvada con dos puntos altos.
 9. Y tres franjas ($1 \mu\text{m}$) superficie curvada con un hueco entre dos puntos altos.
- b) Falta de paralelismo en las caras de medición de un micrómetro se realiza con 4 planos ópticos de espesores (ver figura 2.9) que difieren por aproximadamente un cuarto de paso, para que la que la cara del eje del micrómetro de una rotación completa y se verifique en ciertos puntos el paralelismo.



Figura 2.9 Planos ópticos.

Una vez que el plano óptico se encuentre como si se fuera a medir, hay que rotarla 30° y observar en las caras de medición el número de franjas de interferencia y con ello se determina el paralelismo con los siguientes parámetros:

- 1 Franja = $0,3 \mu\text{m}$
- 2 Franjas = $0,6 \mu\text{m}$
- 3 Franjas = $1 \mu\text{m}$
- 4 Franjas = $1,3 \mu\text{m}$

2.2.5.3. Indicador de carátula

El indicador de carátula es conocido también como indicador de cuadrantes, la calibración de estos equipos se realiza por comparación contra bloques patrón, con

longitudes nominales que cubran el rango de medición. Las incertidumbres que se presentan son:

- a) Histéresis. Este error es debido a la de energía acumulada en los mecanismos del indicador de carátula, cuando va en sentido de las manecillas del reloj y cuando va en contra de las manecillas del reloj o viceversa. Se determina durante la calibración como la máxima diferencia de lecturas encontradas (en un mismo punto) entre los recorridos de ascenso y descenso.

$$E_{His} = |x_{ia} - x_{id}| \quad (2.27)$$

Donde:

x_{ia} : es la lectura del punto i en ascenso

x_{id} : es la lectura del punto i en descenso

- b) Error de coseno. Ocurre cuando el indicador de carátula se monta sobre un soporte o dispositivo, de manera que se presenta cierta inclinación (ver figura 2.10) por lo que se debe de posicionar de manera que el ángulo de inclinación sea mínimo [24].

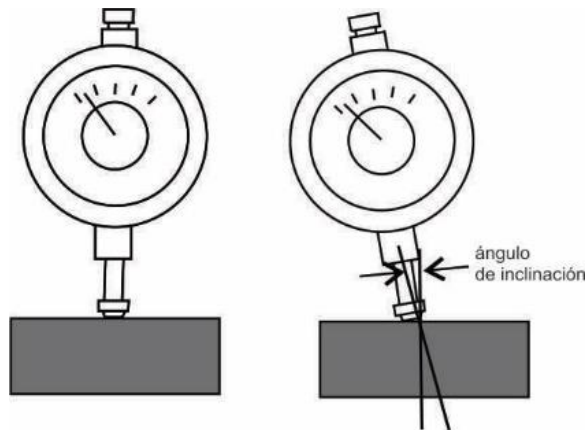


Figura 2.10 Error de coseno.

El error de coseno se calcula con la siguiente expresión:

$$E_{cos} = l(1 - \cos\phi) \quad (2.28)$$

Donde:

l : es la longitud del patrón.

\emptyset : es el ángulo de inclinación.

3. REVISIÓN DEL CONTENIDO DE LA NORMA ISO/IEC 17025:2005, RELACIONADO CON LA COMPETENCIA TÉCNICA

Durante la segunda guerra mundial, en la década de 1940, cuando los soldados de diferentes países quisieron ayudarse unos a otros, se llevaron una gran sorpresa, ya que las tuercas no coincidían con los tornillos de las armas y las municiones eran de diferentes calibres. Esto consolidó la necesidad de estandarizar productos y procedimientos que habían iniciado en 1906 en el campo electrónico para establecerse la Comisión Electrotécnica Internacional, en inglés International Electrotechnical Commission, asignándole las siglas IEC.

Para el año de 1946 se reunieron en Londres, 25 delegados de diferentes países, con el fin de crear una nueva organización llamada Organización Internacional de Normalización, en inglés International Organization for Standardization (ISO), fue creada con el objetivo de facilitar la coordinación internacional y la unificación de estándares.

A través del tiempo se han elaborado diferentes normas sobre la calidad en diferentes áreas; para el año de 1990 se publicó la Guía ISO/IEC 25, que permitió dar un gran avance en la implementación de sistemas de calidad en los laboratorios. Posteriormente se realizó la norma ISO/IEC 17025:1999, que proporciona los requisitos generales para el sistema de gestión de calidad y competencia técnica de un laboratorio de ensayos y/o calibraciones, dicha norma fue recopilada de la Guía ISO/IEC 25 y la ISO 9000 [28].

La norma ISO/IEC 17025:2005 que lleva de título “Requisitos generales relativos a la competencia de ensayo y calibración” fue aprobada en junio 2015, la cual especifica los requisitos generales para la competencia para llevar a cabo ensayos y/o calibraciones, además permite dar solides a los sistemas de acreditación de los países y fortalecer los convenios de reconocimiento mutuo entre ellos.

El principal propósito de implementar la norma ISO/IEC 17025:2005 es lograr la acreditación del laboratorio, ante un organismo acreditador [29].

3.1. Importancia de la acreditación de laboratorios

La normalización, acreditación y certificación son elementos que van muy ligados a los sistemas de calidad. Por lo tanto, es necesario conocer los conceptos de:

- a) Normalización. Es una actividad o proceso que consiste en la elaboración, difusión y aplicación de norma, que pretenden ser reconocidas como soluciones a situaciones repetitivas o continuas que se desarrollan en cualquier actividad humana. La normalización sirve para elaborar normas de cualquier tipo de producto o proceso, con el beneficio de unificar criterios y utilizar un lenguaje común en cada campo concreto [30].
- b) Certificación. Es la acción llevada para verificar que el sistema de aseguramiento de la calidad de un producto, sistema o persona cumple con los requisitos establecidos en la norma aplicada. Para obtener el documento (denominado certificado) se audita el sistema de aseguramiento de calidad, para después expedir dicho certificado en donde se especifica el ámbito para el que se concede, la norma a la que se sujeta y el período de vigencia [31].
- c) Acreditación. Es el procedimiento mediante el cual un organismo autorizado reconoce formalmente que una organización, persona o entidad es competente para la realización de funciones específicas.

En cuanto a los laboratorios, certificar es reconocer de manera formal su aptitud de la organización para el aseguramiento de la calidad y acreditar es reconocer de manera formal su aptitud para prestar los servicios teniendo una competencia técnica, además de cumplir con el aseguramiento de la calidad [31].

La acreditación de un laboratorio bajo la norma ISO/IEC 17025:2005, es la manera de determinar la competencia técnica del mismo para efectuar tipos específicos de calibraciones. Esta acreditación da al laboratorio una competencia ante otros laboratorios, otorgándoles a los clientes resultados confiables acerca de sus mediciones y calibraciones confiables que cumplan con sus necesidades.

Para lograr la acreditación o seguir con la misma, los laboratorios son evaluados por organismos nacionales e internacionales, en México es la Entidad Mexicana de Acreditamiento A.C. (EMA).

Los beneficios de tener un laboratorio acredita bajo la norma ISO/IEC 17025:2005 son los siguientes:

- Llevar correctamente los trabajo y de acuerdo a las normas específicas.
- Dar confiabilidad de competencia técnica.
- Asegurar al cliente que sus informes o reportes de calibración y/o ensayo son confiables y correctos.
- Ganar reconocimiento y confianza nacional e internacional con los organismos acreditadores, acerca de su imparcialidad e integridad.
- Asegurar la trazabilidad de las calibraciones.
- Reducir los riesgos de trabajos mal hechos.
- Mejora continua del laboratorio.
- Incremento de la demanda de los servicios de calibración y/o ensayo.
- Reducción de quejas y reclamos de los clientes.
- Y los servicios prestados por el laboratorio son imparciales, confiables, honestos y un sistema metrológicamente confiable.

3.2. Estructura de la norma

La norma contiene un total de cinco capítulos, siendo básicamente los más importantes dos de ellos, que son el capítulo cuarto y quinto, que constituyen la parte medular de la norma.

El capítulo cuatro es el que establece los requisitos para una gestión sólida y bien estructurada de la calidad, mientras que el capítulo quinto establece los requisitos para demostrar la competencia técnica del tipo de calibraciones que se llevan a cabo en por parte del laboratorio y dándole validez técnica de sus datos y resultados.

La estructura de la norma ISO/IEC 17025:2005 es la siguiente:

1. OBJETIVO
 2. ALCANCE
 3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES
 4. REQUISITOS RELATIVOS A LA GESTIÓN.
 - 4.1. Organización.
 - 4.2. Sistema de gestión.
 - 4.3. Control de documentos.
 - 4.4. Revisión de los pedidos, ofertas y contratos.
 - 4.5. Subcontratación de calibraciones.
 - 4.6. Compra de servicios y suministros.
 - 4.7. Servicio al cliente.
 - 4.8. Quejas.
 - 4.9. Control de trabajos de calibraciones no conformes.
 - 4.10. Mejora.
 - 4.11. Acciones correctivas.
 - 4.12. Acciones preventivas.
 - 4.13. Control de registros.
 - 4.14. Auditorías internas.
 - 4.15. Revisión por la dirección.
 5. REQUISITOS TÉCNICOS.
 - 5.1. Generalidades.
 - 5.2. Personal.
 - 5.3. Instalaciones y condiciones ambientales.
 - 5.4. Métodos de calibración.
 - 5.5. Equipos.
 - 5.6. Trazabilidad de mediciones.
 - 5.7. Muestro.
 - 5.8. Manipulación de ítems de calibración.
 - 5.9. Aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración.
 - 5.10. Informe de los resultados [33].
-

3.3. Requisitos técnicos de la norma

Los requisitos técnicos se dirigen a aquellos factores, que en el caso de un laboratorio, afectan la exactitud y confiabilidad de los resultados de las que se realizan en el laboratorio. Algunos de estos factores son:

- Factores humanos (punto 5.2 de la norma).
- Instalaciones y condiciones ambientales (punto 5.3 de la norma).
- Métodos de calibración (punto 5.4 de la norma).
- Equipos (punto 5.5 de la norma).
- Trazabilidad de las mediciones (punto 5.6 de la norma).
- Manipulación y manejo de ítems a calibrar (punto 5.7 de la norma).

A continuación se enuncian las exigencias técnicas normativas de cada uno de los factores anteriores, incluyendo además el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración (punto 5.9 de la norma) y los informes de los resultados (punto 5.10 de la norma).

3.3.1. Factores humanos

Los laboratorios deben de contar independientemente del tamaño y organización del mismo con dos tipos de personal:

- a) El técnico de calibración, que es competente para la realización de calibraciones; es decir, es capaz de manejar los equipos, inspeccionarlos, seguir los procedimientos y métodos de medición. Además de conocer los conceptos básicos metrológicos e identificar los factores que están ocasionando un error.
- b) Responsable del laboratorio o gerente técnico que es el responsable de la elaboración de procedimientos de calibración, de los informes de calibración y de informar al cliente sobre cualquier acontecimiento derivado de las calibraciones relacionadas por el laboratorio. El gerente técnico debe tener conocimiento sobre la norma ISO/IEC 17025, conceptos metrológicos y explicación de los certificados de calibración. Además debe de revisar que el técnico realice las calibraciones de forma correcta y siguiendo el

procedimiento establecido, ayudar en cualquier dificultad, problema o duda que sugiriera al técnico de calibración. El responsable de laboratorio a su vez cubre las responsabilidades correspondientes al técnico de calibración.

Todo el personal del laboratorio debe estar sometido a evaluación en donde se verifique que desempeña técnicamente sus actividades específicas. El laboratorio tiene como responsabilidad dar capacitaciones al personal, de acuerdo a sus necesidades actuales y futuras [22].

3.3.2. Instalaciones y condiciones ambientales

El laboratorio debe contar con instalaciones en condiciones ambientales controladas que no afecten las calibraciones. La temperatura y la humedad deben monitorearse, registrarse y controlarse de acuerdo a los requisitos, especificaciones y procedimientos, con el fin de que no influyan en la calidad de los resultados. La temperatura de referencia de normalización [34] es de 20 °C y la humedad debe mantenerse entre 35 a 65 % para evitar la oxidación de equipos de acero.

Las instalaciones tendrán que ser las adecuadas para llevar a cabo las calibraciones, contar con un sistema eléctrico de acuerdo al equipo, un sistema de aire acondicionado para las condiciones ambientales, una adecuada iluminación para facilitar la realización de las calibraciones, además de orden y limpieza en el laboratorio. En caso de que alguna de las condiciones anteriores afecte los resultados o el proceso de la calibración, tendrán que interrumpirse hasta controlarse la condición o condiciones que estén afectando.

El personal del laboratorio es responsable de mantener en orden y limpieza las áreas donde se realizan las calibraciones, en dichas áreas solo tienen acceso el personal del laboratorio y en caso de que una persona externa requiera entrar es necesario la autorización del responsable del laboratorio.

3.3.3. Métodos de calibración

La calibración es la “operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, un relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes

indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación” según el Vocabulario Internacional de Metrología [6].

Los métodos de calibración en cuanto a su origen (según la norma ISO/IEC 17025:2005) son tres:

- a) Métodos normalizados: se encuentran documentados en normas nacionales e internacionales, publicaciones científicas o por organizaciones técnicas reconocidas.
- b) Métodos no normalizados: no se encuentran documentados y para que el laboratorio pueda utilizar este método es necesario documentarlo y validarlo, así como de informar al cliente para su aprobación.
- c) Métodos desarrollados por el mismo laboratorio: son los métodos desarrollados internamente por el laboratorio, sin embargo, deben sustentarlos en publicaciones científicas o normas que validen al método.

En el área de metrología se aplican diferentes métodos de medición, la forma como se aplican estos métodos es por medio de procedimientos documentados. Para ser técnicamente válidos los métodos, se deben basar y desarrollar en principios de medición o fundamentos científicos, que darán un respaldo teórico y experimental.

El método de medida es una descripción de las secuencias lógicas utilizadas en una medición, algunos métodos de calibración se derivan de los métodos de medición, entre ellos destacan calibración por:

- Comparación directa.
- Transferencia.
- Sustitución.
- Equilibrio.
- Y relación.

El método de calibración más usado en la metrología dimensional es por comparación directa, que es cuando se compara directamente los valores proporcionados por el equipo de medición a calibrar, contra el valor nominal del patrón.

Los métodos de calibración deben incluir la estimación de la incertidumbre de la medición, que debe contener los contribuyentes o fuentes de incertidumbre consideradas y la manera de estimarla (*ver capítulo 2*).

3.3.4. Equipos

El laboratorio debe contar con los instrumentos de medición, patrones, software y material necesario para la adecuada realización de calibraciones.

Para asegurar el funcionamiento correcto del equipo o que se pueda deteriorar, el laboratorio debe establecer las actividades a la manipulación, transporte, conservación, uso y verificación de los equipos de medición. Así mismo, todos los equipos deben estar contenidos en un inventario, además se debe verificar que tengan y cumplan con un programa de mantenimiento y calibración; cuando el laboratorio adquiere un equipo de medición nuevo o reparado debe verificar su funcionamiento y calibrarlo, con el fin de establecer si cumple las especificaciones del laboratorio [17].

Los equipos de medición y patrones deben ser identificados y codificados con el fin de saber si se encuentran calibrados o su fecha de vencimiento es próxima, estos equipos son operados por personal autorizado del laboratorio.

3.3.5. Trazabilidad metrológica

La trazabilidad metrológica según el Vocabulario Internacional de Metrología se define como la “característica de un resultado por el que se puede relacionar con un referencia indicada a través de una cadena interrumpida de mediciones y documentada de calibraciones, en la que cada una contribuye a la incertidumbre de la medida [6]”.

La norma ISO/IEC 17025:2005 menciona “Para laboratorios de calibración, el programa de calibración de los equipos debe ser diseñado y operado de modo que

se asegure que las calibraciones, y las mediciones hechas por el laboratorio sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI). Un laboratorio establece la trazabilidad de sus propios patrones de medición al sistema SI por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones que los vinculen a los pertinentes patrones primarios de las unidades de medida SI [33]”. Los patrones de medida utilizados para las calibraciones por el laboratorio, deben ser trazables a patrones de medida nacional o internacional. Los patrones nacionales se refieren a los patrones mantenidos por el Centro Nacional de Metrología (CENAM), el cual asegura su trazabilidad metrológica con el Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), que es el laboratorio internacional de la toma de decisiones respecto al Sistema Internacional de Unidades, además es el encargado de coordinar el mantenimiento de los patrones primarios y organizar pruebas de aseguramiento de calidad del más alto nivel (pruebas intercomparaciones) [39].

La Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) que es un cuerpo acreditador, tienen sus propios lineamientos para trazabilidad, caracterizado por seis elementos:

1. Una cadena ininterrumpida de calibraciones La trazabilidad empieza con una cadena ininterrumpida de comparaciones, cuyo origen proviene de laboratorios internacionales o nacionales (*ver figura 3.1*).
2. Incertidumbre de la medición. La determinación de la incertidumbre debe estimarse para cada eslabón de la cadena.
3. Documentación. Cada eslabón debe contar con un reporte de calibración y procedimientos documentados para realizar la calibración.
4. Competencia. Los laboratorios deben demostrar que son competentes, por medio de su acreditación; la competencia técnica es atribuible a los metrologos.
5. Referencia a unidades SI. Los patrones primarios deben ser estándares materializados de las unidades del sistema internacional de unidades.
6. Recalibraciones. Se debe contar con intervalos de tiempo para próximas calibraciones, con el fin de mantener la trazabilidad de las mediciones [35].

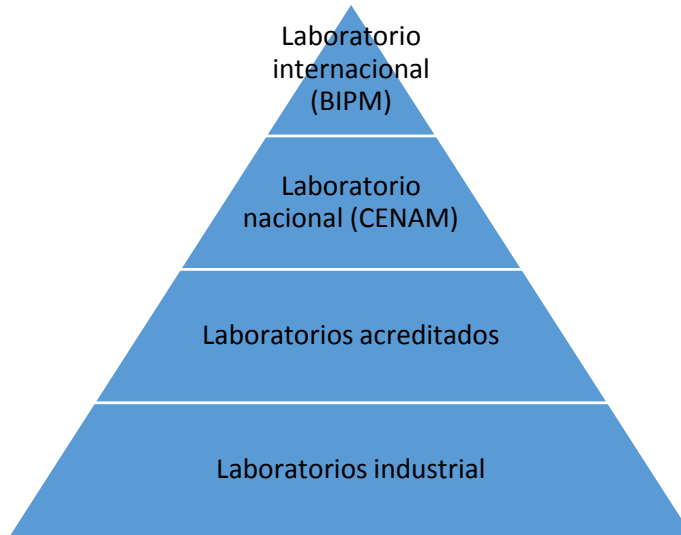


Figura 3.1 Esquema de la trazabilidad.

3.3.6. Manipulación y manejo de ítems a calibrar

El laboratorio debe establecer las actividades relativas a la recepción, identificación, manejo, conservación y entrega de los equipos a calibrar (*ver figura 3.2*). Para evitar que los ítems a calibrar se confundan físicamente, en registro y/o documentos, se recomienda identificarlos con una etiqueta durante el tiempo que permanezcan en el laboratorio.

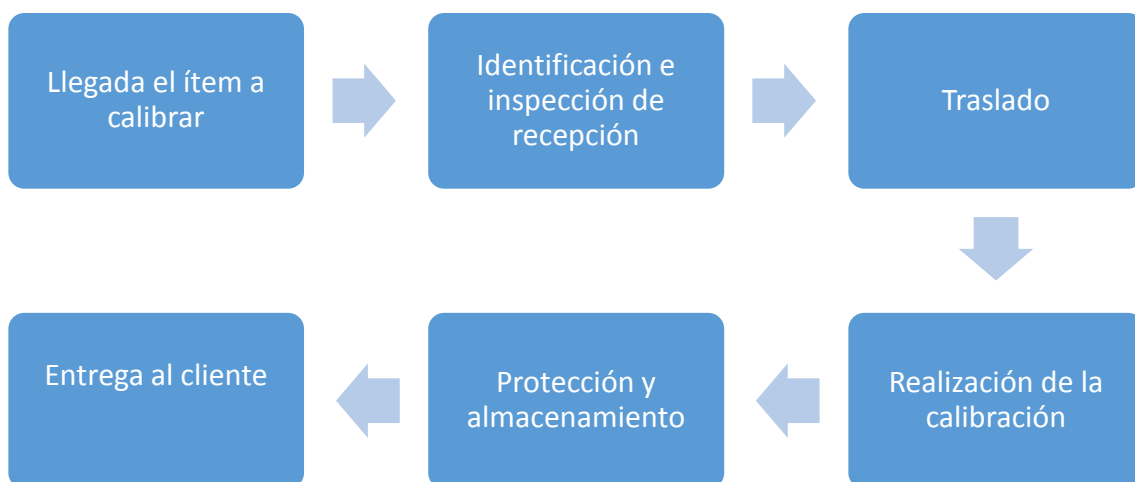


Figura 3.2 Etapas que sigue un ítem a calibrar.

En caso de que existiera algún daño o pérdida provocado por tareas realizadas en el laboratorio, esta se registrara y se comunicara al cliente.

3.3.7. Aseguramiento de la calidad de resultados

El laboratorio debe establecer los procedimientos y métodos que demuestren la validez de los resultados de las calibraciones y que se participe en comparaciones interlaboratorios, que consiste en organizar, realizar, evaluar mediciones sobre el mismo equipo, por dos o más laboratorio, para asegurar la calidad de los resultados.

Entre los estudios y las estimaciones que se utilizan para asegurar la calidad de los resultados de un laboratorio, se encuentran:

a) Estudios de repetibilidad y reproducibilidad método largo. Este método permite conocer la variación de la repetibilidad y reproducibilidad. Para realizar este estudio es necesario:

- Seleccionar dos o más operadores que interactúen con las piezas a medir y el equipo de medición.
- Seleccionar por lo menos un conjunto de 10 piezas o partes.
- Decidir el número de veces (ensayos) que cada operador medirá el conjunto de piezas al azar. Por lo menos se deben de realizar dos ensayos por cada operador.
- Identificar cada parte y el punto donde será tomada la medición, así como el método o técnica que se aplicara al momento de medir.
- Registrar las mediciones realizadas por el operador dependiendo del número de ensayos determinados.
- Realizar el análisis estadístico:

1. Calcular el rango de las mediciones de cada pieza por cada operador.

Donde:

$$Rango = |V_{max} - V_{min}| \quad (3.1)$$

V_{max} es el valor máximo de medición realizada por cada operador a cada pieza.

V_{min} es el valor mínimo de medición realizada por cada operador a cada pieza.

2. Calcular la media de todas las mediciones realizada por el operador:

Donde:

$$\overline{X_A} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.2)$$

$$\overline{X_B} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.3)$$

$$\overline{X_C} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3.4)$$

$\overline{X_A}, \overline{X_B}, \overline{X_C}$ es la media de las mediciones realizadas por cada operador.

n es el número de mediciones realizadas por el operador.

$\sum x_i$ es la sumatoria de todas las mediciones realizadas por el operador.

3. Calcular la media de todos los rangos:

$$\overline{R_A} = \frac{\sum R_i}{m} \quad (3.5)$$

$$\overline{R_B} = \frac{\sum R_i}{m} \quad (3.6)$$

$$\overline{R_C} = \frac{\sum R_i}{m} \quad (3.7)$$

Donde:

$\overline{R_A}, \overline{R_B}, \overline{R_C}$ es la media de los rangos de cada operador.

m es el número de partes.

$\sum R_i$ es la sumatoria de todos los rangos de cada operador.

4. Obtener la media de los rangos.

$$\bar{R} = \frac{\sum \bar{R}_i}{t} \quad (3.8)$$

Donde:

\bar{R} es la media de los rangos de todos los operadores.

t es el número de operadores.

$\sum R_i$ es la sumatoria de todas las medias de los rangos.

5. Calcular el rango de las medias de las mediciones de los operadores.

$$\bar{X}_{dif} = |\bar{X}_{max} - \bar{X}_{min}| \quad (3.9)$$

Donde:

\bar{X}_{dif} es el rango de las medias de las mediciones.

\bar{X}_{max} es el valor máximo de las medias de las mediciones.

\bar{X}_{min} es el valor mínimo de las medias de las mediciones.

6. Obtener el límite superior de la carta rangos.

$$LCS = \bar{R}D_4 \quad (3.10)$$

Donde:

LCS es el límite de control superior.

\bar{R} es la media de los rangos de todos los operadores.

D_4 es una constante que depende del número de ensayos.

Si el número de ensayos es 2, $D_4 = 3.27$. y si el número de ensayos es

3, $D_4 = 2.57$.

Cuando un rango es mayor que el LCS , indica que el error de medición no es usual, por lo que se tendrán que realizar el estudio.

7. Obtener la variación expandida del equipo (VE).

$$VE = \bar{R}k_1 \quad (3.11)$$

Donde:

VE es la variación expandida del equipo.

\bar{R} es la media de los rangos de todos los operadores.

k_1 es una constante que depende del número de ensayos, si se realizaron 2 ensayos $k_1 = 4.56$, mientras que si se efectuaron 2 ensayos $k_1 = 3.05$.

8. Calcular la desviación estándar por repetibilidad.

$$\sigma_{repeti} = \frac{VE}{5.15} \quad (3.12)$$

Donde:

σ_{repeti} es desviación estándar por repetibilidad.

VE es la variación expandida del equipo.

El valor de 5.15 nos indica que tiene una cobertura de 99% del área bajo la curva de una distribución normal.

9. Calcular la variación expandida del operador (VO).

$$VO = \sqrt{(k_2 \bar{X}_{dif})^2 - \frac{(VE)^2}{nt}} \quad (3.13)$$

Donde:

VE es la variación expandida del equipo.

VO es la variación expandida del operador.

\bar{X}_{dif} es el rango de las medias de las mediciones.

n es el número de piezas.

t es el número de operadores.

k_2 es una constante que depende el número de operadores, si el número de operadores es 2 el valor de $k_2 = 3.65$, mientras si son 3 operadores el valor de $k_2 = 2.70$.

10. Calcular la desviación estándar por repetibilidad.

$$\sigma_{repro} = \frac{VO}{5.15} \quad (3.14)$$

Donde:

σ_{repeti} es desviación estándar por reproducibilidad.

VO es la variación expandida del operador.

11. Obtener el error de medición (EM) y la desviación estándar del error ($\sigma_{R\&R}$).

$$EM = \sqrt{VE^2 + VO^2} \quad (3.15)$$

Donde:

EM es el error de medición.

$$\sigma_{R\&R} = \frac{EM}{5.15} \quad (3.16)$$

Donde:

$\sigma_{R\&R}$ es la desviación estándar el error.

12. Calcular el índice de precisión y tolerancia (P/T).

$$\frac{P}{T} = \%R\&R = \sqrt{\%VO + \%VE} \quad (3.17)$$

Donde:

P/T es el índice de precisión y tolerancia.

%VO es el porcentaje de la variación expandida del operador.

$$\%VO = \frac{100(VO)}{Tolerancia} \quad (3.18)$$

%VE es el porcentaje de la variación expandida del equipo.

$$\%VE = \frac{100(VE)}{Tolerancia} \quad (3.19)$$

Mediante este valor se emite un juicio (ver tabla 3.1) sobre cómo se encuentra el procesos de medición y se toman medidas de acción futuras.

$P/T \leq 10 \%$	Excelente proceso de medición.
$10 \% < P/T \leq 20 \%$	Bueno.
$20 \% < P/T \leq 30 \%$	Marginal.
$P/T > 30 \%$	Inaceptable y debe corregirse.

Tabla 3.1. Criterio de aceptación.

b) Estudios de repetibilidad y reproducibilidad método cortó. En comparación con el método largo, este nos permite estimar la variabilidad de una manera más rápida, aunque tiene la desventaja de que no se puede separar la repetibilidad de la reproducibilidad, ya que se encuentran mezcladas. Los pasos a seguir:

- Seleccionar dos o más operadores que interactúen con las piezas a medir y el equipo de medición.
- Seleccionar por lo menos un conjunto de 5 a 10 piezas o partes.
- Solo se medirán una vez y de manera aleatoria cada una de la piezas, por el método largo las piezas se miden más de una vez.
- Identificar cada parte y el método o técnica que se aplicara al momento de medir.

- Registrar las mediciones realizadas por el operador.
 - Realizar el análisis estadístico:
1. Calcular el rango de las mediciones que se tiene para cada parte.

$$Rango = |V_{max} - V_{min}| \quad (3.20)$$

Donde:

V_{max} es el valor máximo de medición realizada por los operadores a cada pieza.

V_{min} es el valor mínimo de medición realizada por los operadores a cada pieza.

2. Calcular la media de todos los rangos.

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{n} \quad (3.21)$$

Donde:

\bar{R} es la media de todos los rangos.

n es el número de partes.

$\sum R_i$ es la sumatoria de todos los rangos.

3. Obtener el error de medición (EM) y la desviación estándar del error ($\sigma_{R\&R}$).

$$EM = k_2 \bar{R} \quad (3.22)$$

Donde:

\bar{R} es la media de todos los rangos.

k_2 depende del número de operadores y de piezas (ver tabla 3.2).

EM es el error de medición.

$$\sigma_{R\&R} = \frac{EM}{5.15} \quad (3.23)$$

Donde:

$\sigma_{R\&R}$ es la desviación estándar el error.

Número de partes	Número de operadores			
	2	3	4	5
1	3.65	2.70	2.30	2.08
2	4.02	2.85	2.40	2.15
3	4.19	2.91	2.43	2.16
4	4.26	2.94	2.44	2.17
5	4.33	2.96	2.45	2.18
6	4.36	2.98	2.46	2.19
7	4.40	2.98	2.46	2.19
8	4.40	2.99	2.48	2.19
9	4.44	2.99	2.48	2.20
10	4.44	2.99	2.48	2.20

Tabla 3.2. Valores de k_2 .

4. Calcular el índice de precisión y tolerancia (P/T).

Donde:

$$\frac{P}{T} = \frac{EM}{ES - EI} \quad (3.24)$$

P/T es el índice de precisión y tolerancia.

ES es la especificación superior de la pieza.

EI es la especificación inferior de la pieza.

Este índice de precisión y tolerancia se interpreta haciendo uso de la tabla 3.1.

c) Estudios de repetibilidad y reproducibilidad por atributos. Se utilizan cuando el equipo de medición solo toma en cuenta si la pieza es buena o mala, además nos permite conocer que tanto concuerdan los criterios de un mismo operador y con los diferentes operadores. El proceso a seguir es:

- Seleccionar dos o más operadores que interactúen con las piezas a medir y el equipo de medición.

- Seleccionar un conjunto grande de piezas que debe ir entre las 30 a 100 piezas.
- Registrar las mediciones realizadas por el operador, clasificándolas con los códigos 0=inaceptable y 1=aceptable.
- Realizar el análisis estadístico, utilizando el método de análisis de riesgo, que consiste en obtener el número de acuerdos y desacuerdos entre los operadores para la evaluación de la reproducibilidad y para evaluar la repetibilidad consiste en el número de acuerdos y desacuerdos del operador, los pasos para realizar el método son:
 1. Calcular la suma de acuerdos, consiste en ver cuantos acuerdos existen de los operadores, suponiendo que se tienen 5 operadores y que la pieza fue sometida a dos mediciones por cada operador, por lo que el total de mediciones es 10, así que si el resultado de la suma de acuerdos es 10 significa que todos los operadores estuvieron de acuerdo y aceptaron la pieza en sus mediciones, pero por el contrario si el resultado es 0 significa que los operadores estuvieron de acuerdo pero rechazaron la pieza en sus dos mediciones. Entonces si el valor es diferente de 0 ó 10 significa que existen desacuerdos.
 2. Obtener el número de desacuerdos posibles con la siguiente ecuación:

$$a_p = \binom{k}{2} = \frac{k!}{2!(k-2)!} \quad (3.25)$$

Donde:

a_p es el número de posibles desacuerdos diferentes por pieza.

k es el número de evaluaciones a la que es sometida cada pieza.

3. Análisis del nivel de acuerdos. Se realiza una suma de cuantas piezas lograron el mismo nivel de acuerdo. En base a las 10

mediciones y 5 operadores. Se identifican 5 niveles de acuerdo que son 0 ó 10 que implica total de acuerdos, 1 ó 9 implica que hubo acuerdo de nueve de los diez juicios, 2 ó 8 implica que hubo acuerdo en ocho de los diez juicios, 3 ó 7 implica que hubo acuerdo en siete de los diez juicios, 4 ó 6 implica que hubo acuerdo en seis de los diez juicios y 5 implica que hubo acuerdo en cinco de los diez juicios. Después se debe de obtener el número de pares con desacuerdo de la siguiente manera, con 0 ó 10 hay cero desacuerdos, mientras que para el 1 ó 9 significa que hay nueve unos y un cero, por lo tanto el número de parejas en desacuerdo es 9 (9X1), para 2 ó 8 existen 16 (8x2) número de parejas en desacuerdo, se realiza de manera similar para los diferentes desacuerdos. Para calcular el número de desacuerdos totales es necesario multiplicar el número de piezas en el mismo nivel de acuerdo por el número de pares en desacuerdo, para al final sumar todos los desacuerdos.

4. Calcular el nivel de desacuerdo del estudio.

$$ND_e = \frac{D_e}{a_t} \times 100 \quad (3.26)$$

Donde:

ND_e es el nivel de desacuerdo del estudio.

D_e es el total de desacuerdos.

a_t es el número total de posibles desacuerdos ($a_t = a_p p$, p es el número de piezas)

5. Obtener la repetibilidad. Los desacuerdos por repetibilidad se obtienen de los ensayos de un mismo operador. Se realiza un columna en donde se colocara 0 si hay coincidencia entre los dos ensayos del operador y se pondrá 1 si no hay coincidencia. Por lo

que se sumaran todos los unos de cada operador y se multiplicaran por el número de oportunidades, un efectuados los productos se suman todos los desacuerdos de los cinco operadores, y se obtiene el nivel de desacuerdo por repetibilidad con la siguiente formula:

$$ND_{rep} = \frac{D_{rep}}{O_{rep}} \times 100 \quad (3.27)$$

Donde:

ND_{rep} es el nivel de desacuerdo atribuible a la repetibilidad.

D_{rep} es el número total de desacuerdos de todos los operadores.

O_{rep} es el total de oportunidades de todos los operadores.

6. Reproducibilidad (diferencia sistemática entre operadores). Se cuenta el total de piezas aceptadas en los dos ensayos por cada operador. Posteriormente se obtiene un porcentaje de aceptación de cada operador que consiste en dividir el número de piezas aceptadas entre el número de piezas evaluadas.
7. Calcular el nivel de desacuerdo de reproducibilidad. Consiste en comparar el número de desacuerdos por pareja de operadores. Por lo que el nivel de desacuerdo por reproducibilidad viene dado por:

$$ND_{repro} = \frac{D_{repro}}{O_{repro}} \times 100 \quad (3.28)$$

Donde:

ND_{repro} es el nivel de desacuerdo por reproducibilidad.

D_{repro} es el número de desacuerdos por reproducibilidad.

O_{repro} es el total de oportunidades de desacuerdo debidas a la reproducibilidad. Se obtiene por $O_{repro} = (\text{número de piezas}) * (\text{número de parejas de operadores}) * (\text{número de ensayos}) * 2$.

8. Se analizan los resultados para ver la influencia de la repetibilidad y reproducibilidad a partir de los niveles de desacuerdo de cada una.

d) Estudios de linealidad. La linealidad se define como la diferencia en exactitud entre los bloques patrón (x) y la serie de valores medidos (y) sobre todo el rango de medición del equipo. Los pasos a seguir son:

- Tomar varias piezas que cubran el rango de operación del equipo, para posteriormente ser medidas.
- Medir la pieza de dos a tres veces por el operador.
- Ajustar el valor a una línea de regresión de $y = ax + b$ [16].

Los valores de a y b se obtienen mediante las siguientes formulas:

$$a = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad (3.29)$$

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n} \quad (3.30)$$

Donde:

a es la pendiente de la recta.

b es la ordenada al origen.

x es el valor de la variable independiente.

y es el valor de la variable dependiente.

Para saber si existe una relación entre las dos variables x, y es necesario conocer el coeficiente de correlación con la siguiente formula:

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (3.31)$$

Una vez obtenido coeficiente de correlación (r), y haciendo uso de la tabla 3.3., se conocerá como es la relación entre las dos variables.

Perfecta	$ r = 1$
Excelente	$0.9 \leq r < 1$
Buena	$0.8 \leq r < 0.9$
Regular	$0.5 \leq r < 0.8$
Mala	$ r < 0.5$

Tabla 3.3 Clasificación del coeficiente de correlación.

e) Y estimación de la incertidumbre (*ver capítulo 2*).

3.3.8. Informe de los resultados

Los resultados de las calibraciones se entregan mediante un informe de calibración donde se reportan de manera clara, objetiva, sin ambigüedades y de acuerdo al método de calibración utilizado.

Los certificados de calibración deben seguir una estructura que cuente con la siguiente información:

- a) Título.
- b) Nombre y dirección del laboratorio.
- c) Nombre y dirección del cliente.
- d) Identificación única del certificado de calibración.
- e) Cada página deberá estar numerada y figurar el número total de páginas.
- f) Identificación del método de calibración empleado.
- g) Condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la calibración.
- h) Resultados obtenidos, con las unidades de medida que correspondan.
- i) Nombre y firma de la persona que autoriza el certificado de calibración.
- j) Fecha de calibración.

Si durante las actividades de calibración se realiza algún ajuste en el equipo de medición, el certificado deberá incluir los resultados obtenidos antes y después del ajuste [11].

La finalidad de la calibración es determinar mediante un certificado de calibración que tan preciso es un instrumento. Por desgracias, realizar calibraciones implica a

los clientes un alto costo, por lo que algunos desentienden esta actividad o amplían intervalos de calibración de los equipos. No obstante, por no realizar calibraciones se elevan los problemas de calidad de los productos, producciones completas de piezas malas, experimentos científicos mal con errores debido a los equipos, entre otras.

Una calibración garantiza que la calidad de un producto se mantenga y sea estable a través del tiempo. Los sistemas de calidad como ISO 9001, ISO 9002 e ISO 14001 exigen calibraciones bien documentadas, es decir, que se presente un informe de calibración.

4. EXPERIMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES

Los investigadores de diferentes campos de estudio realizan experimentos, para conocer y descubrir algo acerca de un proceso o sistema particular. Un experimento se define como la prueba o series de pruebas donde se realizan cambios deliberados a las variables de entrada de un proceso o sistema para poder observar e identificar las razones de los cambios en la respuesta de salida.

En el campo de la ingeniería, la experimentación es sumamente importante para el diseño de nuevos productos, realizar mejoras a los productos existentes, el desarrollo de procesos de manufactura y el mejoramiento de procesos. El objetivo en la mayoría de los casos, es desarrollar un proceso que sea afectado lo menor posible por las fuentes de variabilidad externa.

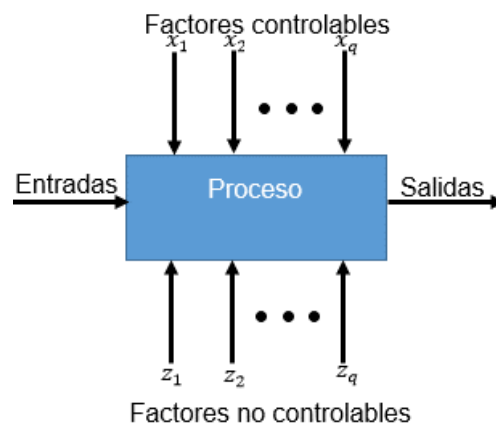


Figura 4. 1 Modelo general de un proceso.

Un proceso o sistema (ver figura 4.1), se visualiza como una combinación de maquinaria, métodos, procesos, personas u otros recursos que transforman cierta entrada en una salida con una o más respuestas. Las variables del proceso son controlables $x_1, x_2, x_3, \dots, x_q$ y no controlables $z_1, z_2, z_3, \dots, z_q$. Los objetivos de un experimento comprenden los siguientes puntos:

- Las variables que tienen mayor influencia sobre la respuesta y .
- El ajuste de las x que tiene mayor influencia para que y este cerca del valor nominal deseado.

- El ajuste de las x que tiene mayor influencia para que la variabilidad de y sea reducida.
- El ajuste de las x que tiene mayor influencia para que los efectos de las variables no controlables $z_1, z_2, z_3, \dots, z_q$ sean mínimos [36].

Cualquier estrategia de experimentación debe realizar los siguientes pasos:

1. Comienza con un análisis del sistema para determinar los factores que inciden de forma significativa sobre la respuesta y el número de niveles necesarios.
2. Se establece el número de experimentos y las combinaciones de los niveles de los factores.
3. Por último, a partir de la interpretación de resultados, establece criterios y el valor de los factores

Algunas de las experimentaciones más conocidas son:

- A) Experimentar sin planificar.
- B) Experimentar factor a factor.
- C) Diseño de experimentos factorial completo.
- D) Diseño de experimentos fraccionario [37].

4.1. Diseño de experimentos

Para realizar un experimento con la mayor eficiencia posible, es necesario utilizar un enfoque científico para planearlo. El diseño estadístico de experimentos es el proceso para planear el experimento de tal forma que se recaben datos adecuados que al analizarse con métodos estadísticos lleven a conclusiones válidas y objetivas. El enfoque estadístico del diseño experimental es necesario si se quieren sacar conclusiones significativas de los datos. Cuando el problema incluye datos que están sujetos a errores experimentales, la metodología estadística es el único enfoque objetivo del análisis. Por lo tanto, cualquier problema experimental incluye dos aspectos: el diseño del experimento y el análisis estadístico de los datos.

4.1.1. Principios y definiciones básicas

Los tres principios básicos del diseño experimental son la realización de réplicas, la aleatorización y la formación de bloques. Por realización de réplicas se entiende la repetición del experimento básico; esta posee dos propiedades importantes: primera, permite al experimentador obtener una estimación del error experimental, que se convierte en una unidad de medición básica para determinar si las diferencias observadas en los datos son en realidad estadísticamente diferentes; y segunda, si se usa la media muestral para estimar el efecto de un factor en el experimento. La realización de réplicas permite al experimentador obtener una estimación más precisa de este efecto.

Por aleatorización se comprende que es la asignación del material experimental y realización de corridas del experimento se determinan al azar. Uno de los requisitos de los métodos estadísticos es que las observaciones sean variables aleatorias con distribuciones independientes.

La formación de bloques es una técnica de diseño que se utiliza para mejorar la precisión de las comparaciones que se hacen entre los factores de interés. Muchas veces la formación de bloques se emplea para reducir o eliminar la variabilidad transmitida por factores perturbadores; es decir, aquellos factores que influyen en la respuesta experimental pero en los que no hay un interés específico. En general, un bloque es un conjunto de condiciones experimentales relativamente homogéneas [36].

A continuación se definen conceptos comunes al aplicarlos a los estudios de investigación científica, algunos de ellos son:

- a) Tratamiento. Son el conjunto de circunstancias creadas por el experimentador, en respuesta a la hipótesis.
- b) Error experimental. Describe la variación entre unidades experimentadas tratadas de manera idéntica e independiente.
- c) Factor. Es un grupo específico de tratamientos.
- d) Niveles. Son las diversas categorías de un factor.

- e) Arreglo factorial. Consiste en todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores de tratamiento.
- f) Replica. Implica una repetición independiente del experimento básico. Existen diversas razones para hacer replicas, ya que demuestra que son reproducibles los resultados, proporcionado cierto grado de seguridad y aumentando la precisión en la estimación de las medias de los tratamientos.
- g) Efecto de un factor. Es un cambio en la respuesta medida producido por un cambio en el nivel de dicho factor.
- h) Efecto principal de un factor. Son comparaciones entre los niveles de un factor promediados para todos los niveles de otro factor.
- i) Efecto de interacción. Cuando los factores interactúan entre si sobre la variable de respuesta.

4.1.2. Diseño factorial

El diseño factorial permite investigar los efectos de dos o más factores a la vez, por lo que se producen experimentos más eficientes, ya que cada observación da información sobre los factores, y es posible distinguir la respuesta de un factor en diferentes niveles de otro factor.

Cuando se utiliza un diseño factorial, se tienen que realizar todas las combinaciones posibles de los diferentes niveles de los factores. Se clasifica el nivel de los factores en:

- a) Cuantitativos. Tienen niveles asociados con puntos ordenados en alguna escala de medición.
- b) Cualitativos. Representan distintas categorías o clasificaciones [38].

Las ventajas principales que presentan los diseños factoriales:

1. Permite conocer el efecto de interacción entre los factores, es importante porque las interacciones entre varios factores se producen con mucha frecuencia.
2. Son más eficientes que los experimentos de un factor a la vez.

3. Permite el análisis de los efectos principales, o de la influencia que ejerce sobre la variable dependiente cada uno de los factores.
4. La mayoría de las veces por la complejidad de la conducta humana, la mayor parte de los comportamientos no se halla determinado por la acción de una sola variable.
5. Se puede introducir diversos factores como variables independientes, es decir, al factorizar el diseño, los efectos asociados a los factores se separan del error [39].

Los diseños factoriales son aplicados ampliamente cuando se tienen varios factores sobre una respuesta. Sin embargo, hay varios casos de diseño factorial, siendo uno de los más importantes el de k factores, cada uno con solo dos niveles.

4.1.2.1. Diseño factorial 2^k

El diseño 2^k es muy útil en etapas iniciales de la experimentación, cuando se están investigando muchos factores. Por medio de este diseño se estudian los k factores con el menor número de corridas.

El primer diseño factorial 2^k , es el que se solo tiene dos factores (A y B) a dos diferentes niveles, este es nombrado diseño factorial 2^2 . Los niveles de los factores se representan mediante los signos “+” y “-”.

El efecto de un factor se denomina por medio de letras mayúsculas empezando por la A, B, C,...Z. Por lo que “A” significa que es el factor A, “B” representa al factor B, y “AB” representaría la interacción entre el factor A y B. Los niveles de los factores “+” y “-”, corresponden a un nivel alto y bajo respectivamente.

Si tenemos un diseño factorial 2^2 tenemos cuatro combinaciones posibles ($2^2=2 \times 2=4$). Los factores en una combinación por tratamientos se denotaran por medio de letras minúsculas, y el nivel bajo se denotara por medio del número 1. Por lo que la notación para la serie 2^2 se muestra en la tabla 4.1. La letra *a* significa una combinación de tratamientos con A en el nivel alto y B en el nivel bajo, *b* significa una combinación de tratamientos con A en el nivel bajo y B en el nivel alto, *ab*

significa una combinación de tratamientos con A y B en el nivel alto y (1) significa una combinación de tratamientos con A y B en el nivel bajo.

Tratamiento	Notación	A	B
1	(1)	-	-
2	a	+	-
3	b	-	+
4	ab	+	+

Tabla 4.1 Notación para la serie 2².

El efecto promedio de un factor se define como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel de ese factor, promediado sobre los niveles del otro factor.

Los símbolos (1), a, b y ab se usan para representar el total de las n replicas hechas de las combinaciones de tratamientos correspondientes. Ahora bien el efecto de A en el nivel bajo de B es [a - (1)]/n y el efecto de A en el nivel alto de B es [ab - b]/n, tomando el promedio de estas dos cantidades se obtiene el efecto principal de A:

$$A = \frac{1}{2n} \{[ab - b] + [a - (1)]\} = \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)] \quad (4.1)$$

El efecto principal promedio de B se determina a partir del efecto de B con el nivel bajo de A es [b - (1)]/n y el efecto de B en el nivel alto de A es [ab - a]/n, por lo que el efecto principal de B es:

$$B = \frac{1}{2n} \{[b - (1)] + [ab - a]\} = \frac{1}{2n} [ab + b - a - (1)] \quad (4.2)$$

El efecto de la interacción AB se define como la diferencia promedio entre el efecto de A en el nivel superior de B y su efecto en el nivel inferior de B, así:

$$AB = \frac{1}{2n} \{[ab - b] + [a - (1)]\} = \frac{1}{2n} [ab + (1) - a - b] \quad (4.3)$$

Los diseños factoriales 2^k se puede examinar la magnitud y la dirección de los efectos de los factores para determinar cuáles variables son de posible importancia,

por lo que puede emplearse el análisis de varianza, dicho análisis se realiza mediante métodos rápidos especiales para realizar los cálculos.

La suma de los cuadrados de A, B y AB se puede estimar. Por lo que para calcular el contraste de A se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Contraste}_A = [ab + a - b - (1)] \quad (4.4)$$

A este contraste se le conoce como efecto total de A. Por medio de la ecuación 4.2 y 4.3 se pueden obtener el contraste de B y AB. Estos tres constantes son ortogonales. La suma de cuadrados de ellos puede calcularse estableciendo que la suma de contrastes es igual al cuadrado del contraste dividido por el número de observaciones de cada total del contraste por la suma de cuadrados de los coeficientes del mismo [36]. En consecuencia, se obtiene que las sumas de cuadrados de A, B y AB sean:

$$SC_A = \frac{[ab + a - b - (1)]^2}{4n} \quad (4.5)$$

$$SC_B = \frac{[ab + b - a - (1)]^2}{4n} \quad (4.6)$$

$$SC_{AB} = \frac{[ab + (1) - a - b]^2}{4n} \quad (4.7)$$

El análisis de varianza completo se presenta en la siguiente tabla:

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor P
A	SC_A	1	CM_A	CM_A/CM_E	$P(F > F_0)$
B	SC_B	1	CM_B	CM_B/CM_E	$P(F > F_0)$
AB	SC_{AB}	1	CM_{AB}	CM_{AB}/CM_E	$P(F > F_0)$
Error	SC_E	$2^k(n - 1)$	CM_E		
Total	SC_T	$n2^k - 1$			

Tabla 4.2 Análisis de varianza completo.

4.2. Metodología de la experimentación

La metodología de esta experimentación tiene como objetivo principal analizar los factores del operador, equipo y condiciones ambientales en relación a un proceso calibración y considerar cuál de ellos se atribuye la mayor variabilidad en relación a

las incertidumbres obtenidas para la calibración del calibrador digital, micrómetro digital e indicador digital.

4.2.1. Factores de estudio

Atendiendo el origen de donde se produce los diversos factores de variación, estos se clasifican de manera general (*ver figura 1.2*) en:

- d) Relacionados con el equipo de medición.
- e) Causados por el operador.
- f) Y causados por el medio ambiente [2].

Los factores anteriores se ven más profundamente en el capítulo 1, donde se analizaron los factores que generan la variación en un sistema de medición.



Figura 4.2 Sensor de temperatura.

Los factores causados por el medio ambiente en una calibración deben ser controlados para llevar a cabo el proceso de calibrar, ya que si la temperatura no está controlada a 20°C [12], tendrá que detenerse la calibración hasta que esta se estabilice, debido a esto la incertidumbre por la temperatura es despreciable en comparación con las otras incertidumbres por lo que para las experimentaciones realizadas solo será tomado en cuenta los factores de los equipos de medición y los operadores. Para el monitoreo de la temperatura se cuenta con un sensor (*ver figura 4.2*) en el laboratorio.

4.2.2. Equipo utilizado para la experimentación

El equipo que se usara para realizar la experimentación es el siguiente:

- Calibradores.

Clave: LM-CD-01
Nombre: Calibrador digital (*ver figura 4.3*)
Modelo: 16 EX
Marca: Mahr
Resolución: 0,01 mm
Rango: 0 a 150 mm



Figura 4.3 Calibrador digital marca Mahr LM-CD-01.

Clave: LM-CD-06
Nombre: Calibrador digital (*ver figura 4.4*)
Modelo: 57-016.320
Marca: Mitutoyo
Resolución: 0,01 mm
Rango: 0 a 150 mm



Figura 4.4 Calibrador digital marca Mitutoyo LM-CD-06.

- Micrómetros.

Clave: LM-MDM-02
Nombre: Micrómetro digital (*ver figura 4.5*)
Modelo: MJ 293-198
Marca: Mitutoyo
Resolución: 0,001 mm
Rango: 0 a 25 mm



Figura 4.5 Micrómetro digital marca Mitutoyo LM-MDM-02.

Clave: LM-MED-04
Nombre: Micrómetro digital (*ver figura 4.6*)
Modelo: 40 EX
Marca: Mahr
Resolución: 0,001 mm
Rango: 0 a 25 mm



Figura 4.6 Micrómetro digital marca Mahr LM-MED-04.

- Indicadores de carátula.

Clave: LM-IDM-03
Nombre: Indicador digital (*ver figura 4.7*)

Modelo: ID-U1025M
Marca: Mitutoyo
Resolución: 0,01 mm
Rango: 0 a 25 mm



Figura 4.7 Indicador digital marca Mitutoyo LM-IDM-03.

Clave: LM-IDM-01
Nombre: Indicador digital (*ver figura 4.8*)
Modelo: Mitutoyo
Marca: Mitutoyo
Resolución: 0,01 mm
Rango: 0 a 25 mm



Figura 4.8 Indicador digital marca Mitutoyo LM-IDM-01.

- Bloques patrón.

Clave: LM-JBP-01
Nombre: Juegos de bloque patrón longitudinales
(*ver figura 4.9*)
Modelo: 516-995-10
Marca: Mitutoyo
Grado 0

Rango: 46 bloques patrón de:
9 bloques 1,001-1,009 mm
9 bloques 1,01-1,09 mm
9 bloques 1-9 mm
10 bloques 10-100 mm



Figura 4.9 Juego de bloques patrón LM-JBP01.

- Paralelas ópticas.

Clave: LM-OP-01
Nombre: Conjunto de paralelas ópticas (*ver figura 4.10*)
Modelo: OP-25
Marca: Mitutoyo

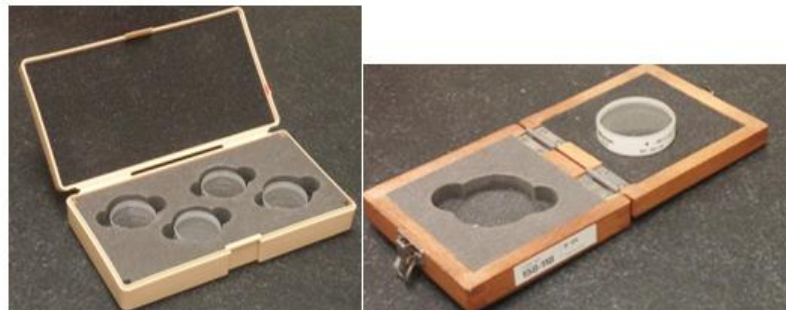


Figura 4.10 Conjunto de paralelas ópticas LM-OP-01.

- Base magnética.

Clave: LM-BM-06
Nombre: Base magnética y soporte (*ver figura 4.11*)

Modelo: 7010-10

Marca: Mitutoyo



Figura 4.11 Base magnética y soporte LM-BM-06

4.2.3. Experimentación y evaluación de los factores

La experimentación se realiza por medio de la calibración a los siguientes equipos del calibrador digital, micrómetro digital e indicador de carátula digital, ya que cada equipo presenta diferentes incertidumbres debido a sus mecanismos y diferentes operaciones.

Debido a que se tienen diversos factores, se tomó la decisión de implementar un diseño factorial 2^2 para realizar la evaluación de los factores, considerando trabajar con dos factores a dos niveles cada uno que son operadores (I y II) y equipos de medición (1 y 2).

4.2.3.1. Calibrador

La realización de la experimentación para el calibrador se realizara por medio de comparación contra un bloque patrón con una longitud de 80 mm (*ver figura 4.12*), como ya se había mencionado antes se tendrán controladas las condiciones ambientales, además antes de realizar la calibración se limpiará el equipo de modo que no exista ningún tipo de suciedad en el equipo para evitar un posible error.



Figura 4.12 Comparación contra bloque patrón del calibrador.

Los operadores constituyen el factor A con dos niveles de interés el Operador I y Operador II, mientras que el factor B está representado por el Calibrador 1 (ver figura 4.3) y Calibrador 2 (ver figura 4.4).

4.2.3.2. Micrómetro

La realización de la experimentación para el calibrador se realizará por llevar a cabo por de comparación contra un bloque patrón con una longitud de 20 mm (ver figura 4.13), además se usarán la paralelas ópticas para obtener la planicidad y paralelismo de las caras de contacto de medición (ver figura 4.10), como ya se había mencionado antes se tendrán controladas las condiciones ambientales, además antes de realizar la calibración se limpiará el equipo de modo que no exista ningún tipo de suciedad en el equipo para evitar un posible error.



Figura 4.13 Comparación contra bloque patrón del micrómetro.

Los operadores constituyen el factor A con dos niveles de interés el Operador I y Operador II, mientras que el factor B está representado por el Micrómetro 1 (ver figura 4.5) y Micrómetro 2 (ver figura 4.6).

4.2.3.3. Indicador digital

La realización de la experimentación para el indicador de carátula se realizará por medio de comparación contra un bloque patrón con una longitud de 10 mm (ver figura 4.14), como ya se había mencionado anteriormente tendrán controladas las condiciones ambientales, además antes de realizar la calibración se limpiará el equipo de modo que no exista ningún tipo de suciedad en el equipo para evitar un posible error, además se colocará y sujetará bien el equipo sobre la base magnética para evitar el error de coseno.



Figura 4.14 Comparación contra bloque patrón de un indicador digital.

Los operadores constituyen el factor A con dos niveles de interés el Operado I y Operador II, mientras que el factor B está representado por el Indicador 1 (*ver figura 4.7*) e Indicador 2 (*ver figura 4.8*).

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de la estimación de los efectos del operador y los equipos se estimaron a través del diseño factorial 2^2 que se hizo mención en el capítulo anterior. El valor que se analiza es de la incertidumbre expandida, los datos obtenidos se muestran en relación cada equipo.

5.1. Calibrador

El experimento se realizó (replicas) 10 veces en forma aleatoria y los datos que se obtuvieron fueron:

Combinación de tratamientos	Notación	Replicas										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Operador 2(-), Calibrador 2(-)	(1)	9,607	9,396	9,768	9,396	9,277	9,881	9,277	9,301	9,301	9,277	94,483
Operador 1(+), Calibrador 2(-)	a	9,277	9,277	9,277	9,277	9,277	9,396	9,607	9,396	9,277	9,277	93,342
Operador 2(-), Calibrador 2(+)	b	9,301	9,277	9,277	9,277	9,420	9,301	9,491	9,301	9,277	9,277	93,202
Operador 1(+), Calibrador 1(+)	ab	9,277	9,277	9,277	9,277	9,277	9,277	9,277	9,277	9,277	9,277	92,775

Tabla 5.1 Datos de las réplicas de la calibración de calibrador.

Con los datos que aparecen en la tabla 5.1, las estimaciones de los efectos promedios son:

$$A = \frac{1}{2(10)} [92,775 + 93,342 - 93,202 - 94,483] = -0,0784$$

$$B = \frac{1}{2(10)} [92,775 + 93,202 - 93,342 - 94,483] = -0,0924$$

$$AB = \frac{1}{2(10)} [92,775 + 94,483 - 93,342 - 93,202] = 0,0357$$

El efecto de A (operadores) es negativo, que indica que el Operador 2 debe mejorar su forma de medir para obtener mayor repetibilidad, se observa que el mayor efecto es el B (equipo) debido a la incertidumbre por resolución es mayor a la incertidumbre por repetibilidad como se muestra en la figura 5.1, además que la incertidumbre por paralelismo es similar a la de resolución. El efecto de interacción es más de la mitad de los dos efectos principales, por lo que se considera el menor efecto. Por lo anterior y observando cómo se han comportado las incertidumbres, se decidió

realizar una gráfica para ver el comportamiento de los contribuyentes de la incertidumbre (ver figura 5.1).

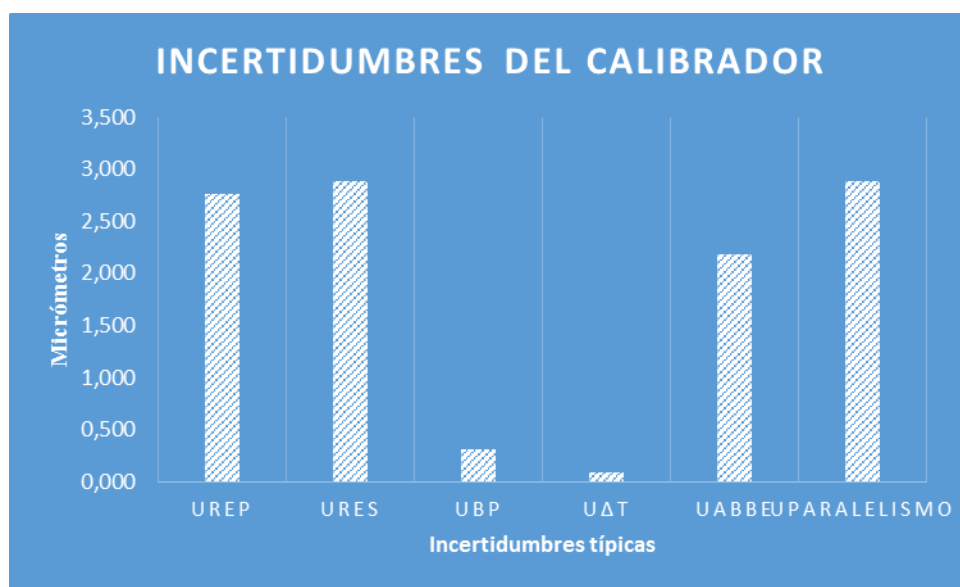


Figura 5.1 Gráfica de las incertidumbres del calibrador.

En la figura 5.1 se muestran las incertidumbres del calibrador; la incertidumbre debida a los efectos térmicos es mínima en relación a las otras incertidumbres, por lo que se considera despreciable, la incertidumbre por repetibilidad corresponde al factor del operador mientras que la incertidumbre de paralelismo, Abbe y resolución corresponden al equipo, por lo que se comprueba que el efector del factor B (equipo) es el de mayor contribución en el proceso de calibración de un calibrador.

En la tabla 5.2. se presenta el análisis de varianza con los datos de la tabla 5.1:

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor P
A	0,06178	1	0,06178	3,67	0,063
B	0,08556	1	0,08556	5,08	0,030
AB	0,01274	1	0,01274	0,76	0,390
Error	0,60604	36	0,01683		,
Total	0,76613	39			

Tabla 5.2. Tabla de ANOVA del calibrador.

5.2. Indicador digital

El experimento se realizó (replicas) 10 veces en forma aleatoria, presentándose lo siguientes datos:

Combinación de tratamientos	Notación	Replicas										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Operador 2(-), Indicador 2(-)	(1)	7,490	8,252	8,252	5,933	6,838	6,838	8,385	8,252	5,896	6,332	72,468
Operador 1(+), Indicador 2(-)	a	6,838	7,072	6,838	7,490	6,838	7,607	7,490	6,838	6,838	8,252	72,101
Operador 2(-), Indicador 2(+)	b	6,838	6,838	7,519	6,838	7,490	8,252	6,838	6,838	7,752	6,838	72,041
Operador 1(+), Indicador 1(+)	ab	7,490	7,490	6,332	7,490	7,490	7,490	6,332	7,490	6,838	7,490	71,929

Tabla 5.3 Datos de las réplicas de la calibración de indicador

La tabla 5.3 muestra los datos de la incertidumbre combinada de la replicas, haciendo uso de ellos, las estimaciones de los efectos promedios son:

$$A = \frac{1}{2(10)} [71,929 + 72,101 - 72,041 - 72,468] = -0.02395$$

$$B = \frac{1}{2(10)} [71,929 + 72,041 - 72,101 - 72,468] = -0.02995$$

$$AB = \frac{1}{2(10)} [71,929 + 72,468 - 72,101 - 72,041] = 0.01275$$

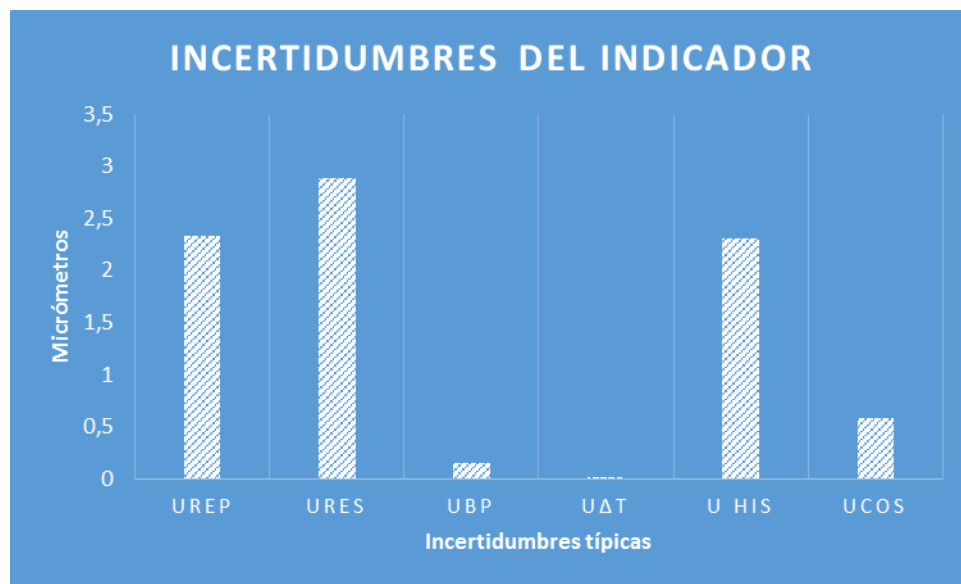


Figura 5.2 Grafica de las incertidumbres del indicador.

El efecto principal B (Indicadores) es que él tiene mayor contribución en comparación con el efecto principal A y el efecto de interacción AB, este último siendo menos de la mitad tanto del efecto A y B.

La figura 5.2 muestra que las mayores contribuciones son por la resolución del equipo, histéresis y coseno que son propias del equipo por lo que se comprueba que el factor B es el más significativo, mientras que la incertidumbre por repetibilidad se debe al factor A, del operador.

En la tabla 5.4. se presenta el análisis de varianza con los datos de la tabla 5.3:

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F ₀	Valor P
A	0,0072	1	0,0071	0,02	0,899
B	0,0108	1	0,0107	0,02	0,876
AB	0,0025	1	0,0025	0,01	0,940
Error	15,6740	36	0,4353		,
Total	15,6944	39			

Tabla 5.4. Tabla de ANOVA del indicador.

5.3. Micrómetro

El experimento se realizó (replicas) 10 veces y de forma aleatorio, obteniéndose los siguientes resultados:

Combinación de tratamientos	Notación	Replicas										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Operador 2(-), Micrómetro 2(-)	(1)	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,859	0,859	0,835	0,835	0,849	8,415
Operador 1(+), Micrómetro 2(-)	a	0,872	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	8,391
Operador 2(-), Micrómetro 2(+)	b	0,835	0,849	0,835	0,835	0,835	0,838	0,835	0,835	0,835	0,835	8,370
Operador 1(+), Micrómetro 1(+)	ab	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,835	0,838	8,357

Tabla 5.5 Datos de las réplicas de la calibración de micrómetro.

Haciendo uso de la tabla 5.5, se realizó la estimación de los efectos promedio, obtenido los siguientes valores:

$$A = \frac{1}{2(10)} [8,370 + 8,391 - 8,357 - 8,415] = -0.0019$$

$$B = \frac{1}{2(10)} [8,370 + 8,357 - 8,391 - 8,415] = -0,0038$$

$$AB = \frac{1}{2(10)} [8,357 + 8,415 - 8,391 - 8,370] = 0.000550$$

El efecto principal A (Operadores) y el efecto de interacción AB son relativamente bajos en comparación con el efecto principal B (Micrómetros), por lo que el efecto de mayor consideración es el ejercido por los equipo.

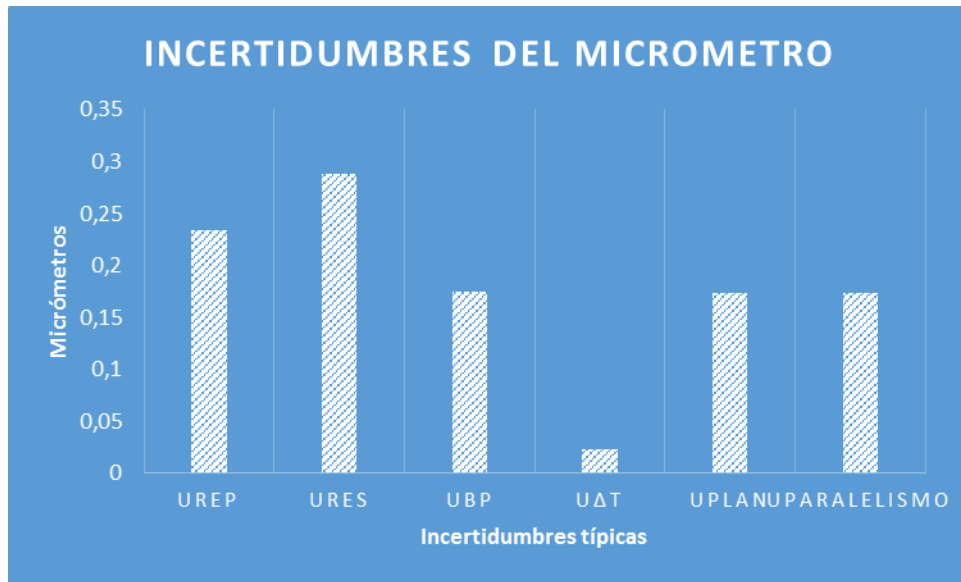


Figura 5.3 Grafica de las incertidumbres del micrómetro.

Como se observa en la figura 5.3, la incertidumbre debida a los efectos térmicos es mínima con relación a las otras incertidumbres, por lo que se considera despreciable como ya se había mencionada anteriormente; las incertidumbres de paralelismo, planicidad y resolución corresponden al equipo que corresponden a las mayores contribuciones comprobando que el factor B (equipo) es el de mayor contribución en el proceso de calibración, mientras que el operador (factor A) su incertidumbre es debida a la repetibilidad.

En la tabla 5.6. se presenta el análisis de varianza con los datos de la tabla 5.5:

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0	Valor P
A	0,000038	1	0,000038	0,58	0,453
B	0,000156	1	0,000156	2,36	0,133
AB	0,000030	1	0,0000030	0,05	0,832

<i>Error</i>	0,002379	36	0,000066		,
<i>Total</i>	0,002576	39			

Tabla 5.6. Tabla de ANOVA del micrómetro.

5.4. Procesamiento de los factores y requerimientos técnicos de la norma ISO/IEC 17025:2005

Se realizó un programa computacional que permite procesar las incertidumbres debidas a los factores y cubrir los requerimientos técnicos de la norma ISO/IEC 17025:2005 implementada en el laboratorio de metrología de la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

El programa está compuesto por un menú principal (ver figura 5.4) donde se muestran los iconos que permite el acceso a diversas páginas con el propósito de cubrir algunos requisitos técnicos de la norma y el proceso de datos para la estimación de incertidumbre de una calibración de equipos convencionales de medición dimensional.



Figura 5.4 Menú principal del programa.

Los factores que afectan la exactitud y confiabilidad de resultados en un proceso de una calibración son diversos. Estos factores según la norma ISO/IEC 17025 son provenientes:

- De los factores humanos (punto 5.2 de la norma).

Para el resguardo y seguridad de la información se utilizó un sistema de inicio de sesión que contiene el usuario y contraseña (ver figura 5.5), para acceder al programa.



Figura 5.5 Inicio de sesión.

Se realizó una base de datos con el personal de laboratorio (ver figura 5.6) distinguiendo los diversos cargos que independientemente del tamaño debe de contar con lo menos con dos puestos el responsable del laboratorio y el técnico de calibración.

Nombre	Apellido Materno	Apellido Paterno	Cargo	Calle	Colonia	Telefono
Abraham	Márquez	Bravo	Técnico	Espinoza	Independencia	(444)8403448
Alejandro	Pérez	Diaz de Leon	Técnico	Juan del jarro #515	Centro	(444)8156739
Guillermo	Vélez	Sánchez	Responsable de laboratorio	Rey Felipe II	Los Reyes	(444)8174396
Ian	Pichardo	Rocha	Brigatista	Avanzada	Centro	(444)5805976
Juan	Velez	Martinez	Tecnico	Salvador	Zona	8164738

Figura 5.6 Base de datos del personal.

En la base de datos se tiene la opción de realizar modificaciones (ver figura 5.8), eliminaciones (ver figura 5.9) y dar de alta al personal (ver figura 5.10) utilizando el menú del personal (ver figura 5.7).



Figura 5.7 Menú del personal.

Nombre:	<input type="text" value="Abraham"/>
Apellido Paterno:	<input type="text" value="Márquez"/>
Apellido Materno:	<input type="text" value="Bravo"/>
Cargo:	<input type="text" value="Técnico"/>
Calle:	<input type="text" value="Espinoza"/>
Colonia:	<input type="text" value="Independencia"/>
Telefono:	<input type="text" value="(444)8403448"/>
Email:	<input type="text" value="ab.marquez@outlook.com"/>
Fecha de Nacimiento:	<input type="text" value="09/08/1990"/>
<input type="button" value="Guardar"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>

Figura 5.8 Modificar personal.

EDITAR Y/O ELIMINAR PERSONAL DE LABORATORIO

Nombre:	<input type="text" value="Ian"/>
Apellido Paterno:	<input type="text" value="Pichardo"/>
Apellido Materno:	<input type="text" value="Rocha"/>
Cargo:	<input type="text" value="Brigatista"/>
Calle:	<input type="text" value="Avanzada"/>
Colonia:	<input type="text" value="Centro"/>
Telefono:	<input type="text" value="(444)5805976"/>
Email:	<input type="text" value="ianmichelle_9@hotmail.com"/>
Fecha de Nacimiento:	<input type="text" value="13/05/1992"/>
<input type="button" value="Eliminar"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>



Personal



Consulta de personal



Menu principal

Desarrollado por Guillermo VÁ©lez

Figura 5.9 Eliminar personal.

PERSONAL DE LABORATORIO

Nombre:

Apellido Paterno:

Apellido Materno:

Cargo:

Calle:

Colonia:

Telefono:

Email:

Fecha de nacimiento:

Figura 5.10 Alta del personal.

El Laboratorio cuenta con un procedimiento personal de laboratorio (ANEXO A), actualmente no se tiene ninguna persona acreditada para poder realizar las calibraciones.

- De las instalaciones y condiciones ambientales (punto 5.3 de la norma). El laboratorio de metrología (*ver figura 5.11*) cuenta con un cuarto de medición con las instalaciones necesarias para llevar a cabo un servicio de calibración. Se tienen las instalaciones eléctricas de acuerdo al equipamiento, se tiene un aire acondicionado (*ver figura 5.12*) y una buena iluminación (*ver figura 5.13*) que facilitan el proceso de calibración.



Figura 5.11 Laboratorio de metrología.



Figura 5.12 Cuarto de medición con iluminación.



Figura 5.13 Control de aire acondicionado.

Se elaboró un formato para ir registrando las temperaturas y humedades (ver figura 5.14) de las 24 horas del día, con el fin de monitorear y tener registro de las condiciones ambientales diarias, además se cuenta con un sensor (ANEXO B) en el laboratorio.

- De los métodos de calibración y estimación de la incertidumbre (punto 5.4 de la norma).

El método utilizado de calibración por el laboratorio es por comparación contra bloques patrón, este es el más usado en la metrología dimensional; que es cuando se compara directamente los valores proporcionados por el equipo de medición a calibrar, contra el valor nominal del patrón.

Los métodos de calibración deben incluir la estimación de la incertidumbre de la medición, por lo que se realizó un formato (ver figura 5.15) y se programó para que el usuario solo tenga que ingresar ciertos datos y obtenga la incertidumbre y un certificado de calibración.

CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD		
Hora	Temperatura	Humedad
00:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
01:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
02:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
03:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
04:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
05:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
06:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
07:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
08:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
09:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
10:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>
11:00 hrs.	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 5.14 Registro de temperatura y humedad.

CALIBRACION DE VERNIER DIGITAL						
Persona responsable	Seleccionar <input type="text"/>			Fecha:	<input type="text"/>	
CONDICIONES GENERALES DEL EQUIPO A CALIBRAR						
Temperatura Ambiente		Inicial:	<input type="text"/>	C	Final:	<input type="text"/>
Cliete	Selecione... <input type="text"/>		Clave y nombre del ítem <input type="text"/>			
Resolucion(res):	<input type="text"/>	mm	Altura Mordaza(h):	<input type="text"/>	mm	Juego(a): <input type="text"/> mm
Tiempo de Calibración:	<input type="text"/>	meses	Fecha proxima Calibración: <input type="text"/>			
CONDICIONES GENERALES DEL PATRON						
Clave y descripción del equipo: <input type="text"/>						
Trazabilidad <input type="text"/>						
No. de Ensayo	Valor nominal del patron (mm)					
1	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 5.15 Formato de calibración.

En la figura 5.17 se muestra un ejemplo de un calibración a una calibrador digital, el usuario deberá ingresar la diez medidas realizadas contra el bloque patrón así como la longitud de cada uno de ellos, se deben de ingresar las características del equipo

como: la longitud del cursor y de las mordazas, la resolución del equipo y la temperatura a la que se realiza la calibración, además se deberá de elegir al cliente y al equipo a calibrar (ver figura 5.16).

No. de Ensayo	Valor nominal del patron (mm)				
	20.00	50.00	80.00	100.00	150.00
1	20.00	50.01	80.01	100.01	149.99
2	20.01	50.01	80.00	100.01	149.99
3	20.00	49.99	80.00	100.01	150.00
4	20.00	50.01	80.00	100.01	150.00
5	20.00	50.00	80.00	99.99	150.01
6	20.01	50.00	80.00	99.99	150.00
7	20.00	50.00	80.00	100.00	149.99
8	20.00	50.00	80.00	100.00	150.01
9	20.01	49.99	80.00	100.00	150.01
10	20.00	49.99	80.00	100.01	150.00
Promedio	20.003	50	80.001	100.003	150
Desviación estandar	0.0048	0.0082	0.0032	0.0082	0.0082
Contribuyentes de la incertidumbre (μm)					
U_{rep}	1.5179	2.5931	1.0119	2.5931	2.5931
U_{res}	2.8868	2.8868	2.8868	2.8868	2.8868
U_{par}	0	0	0	0	0
U_{bp}	0.175	0.2425	0.31	0.355	0.4675
U_{Abbe}	2.3094	2.3094	2.3094	2.3094	2.3094
$U_{\text{paralelismo}}$	2.8868	2.8868	2.8868	2.8868	2.8868
u	4.6937	4.6967	4.7007	4.7039	4.7137
U_{exp}	9.3874	9.3934	9.4014	9.4078	9.4274
$y = 9.3795$	$L + 0.0003$				

Figura 5.16 Estimación de la incertidumbre.

CALIBRACION DE VERNIER DIGITAL			
Persona responsable	Ian Pichardo	Fecha:	15/Diciembre/2015
CONDICIONES GENERALES DEL EQUIPO A CALIBRAR			
Temperatura Ambiente	Inicial: 20	C	Final: 20 C
Cliente	GRUPO INDUSTRIAL C&F, S.A	Clave y nombre del ítem	IT-CD-0001 CALIBRADOR DIGITAL
Resolucion(res):	Altura Mordaza(h):	Longitud Cursor(L):	Juego(a):
0.01 mm	20 mm	50 mm	0.01 mm
Tiempo de Calibración:	12 meses	Fecha proxima Calibración:	15/Diciembre/2016

Figura 5.17. Llenado de cliente, persona responsable de calibración y características del equipo

- De los equipos (punto 5.5 de la norma).

El laboratorio cuenta con equipo necesario para la realización de calibraciones, este equipo incluye bloques patrón, equipos de medición y software.

Se tienen un procedimiento de equipos de laboratorio (ANEXO C) donde se establecen las actividades a la manipulación, transporte, conservación, uso y verificación de los equipos de medición.

Todos los equipos deben de estar contenidos en un inventario, por lo que se creó una base de datos de equipos (*ver figura 5.18*), en la donde es posible buscar un equipo, modificarlo, darlo de baja o dar de alta un nuevo equipo que tendrá que ser calibrado y verificado antes de poder registrarlo.

Show entries Search:

Clave	Nombre	Modelo	Marca	Lugar de Instalación	Resolución	Trazabilidad	Manual de Operación	Manual de instructivo
LM-BP-01	Bloque patrón	611201-24	Mitutoyo	Gaveta gris				
LM-BP-02	Bloque patrón	611201-24	Mitutoyo	Gaveta gris				
LM-CA-04	Calibrador analógico	125 MEA	Starret	Gaveta gris	0.001"-0,02mm	No	LM-CA-04-MOP	LM-CA-IT
LM-CA-05	Calibrador analógico	125 MEA	Starret	Gaveta gris	0.001"-0,02mm	No	LM-CA-05-MOP	LM-CA-IT
LM-CA-06	Calibrador analógico	125 MEA	Starret	Gaveta gris	0.001"-0,02mm	No	LM-CA-06-MOP	LM-CA-IT
LM-CA-07	Calibrador analógico	57-015-01	Caliper	Gaveta gris	0,05mm	No	No aplica	No aplica
LM-CC-02	Calibrador de carátula	D15TN	Mitutoyo	Gaveta gris	0,02mm	No aplica	LM-CC-02-MOP	LM-CC-02-IT
LM-CC-05	Calibrador de carátula	D15TN	Mitutoyo	Gaveta gris	0,02mm	Si, No. 3884846371	LM-CC-05-MOP	LM-CC-05-IT
LM-CC-06	Calibrador de carátula	D15TN	Mitutoyo	Gaveta gris	0,02mm	Si, No. 3942998947	LM-CC-06-MOP	LM-CC-06-IT
LM-CD-01	Calibrador digital	16 EX	Mahr	Gaveta gris	0,01mm	No	LM-CD-01-MOP	LM-CD-01-IT

Showing 1 to 10 of 27 entries First Previous **1** 2 3 Next Last






Figura 5.18. Base de datos de equipos de laboratorio.

- De la trazabilidad de las mediciones (punto 5.6 de la norma).

Se cuenta con un juego de bloques patrón con certificado de calibración (ANEXO D) y con paralelas ópticas que permiten darles trazabilidad a los equipos convencionales de medición dimensional.

Se realiza una carta de trazabilidad (ver figura 5.19), que muestra ordenados y agrupados los niveles de calibración, de una forma visual para ver los niveles de trazabilidad.

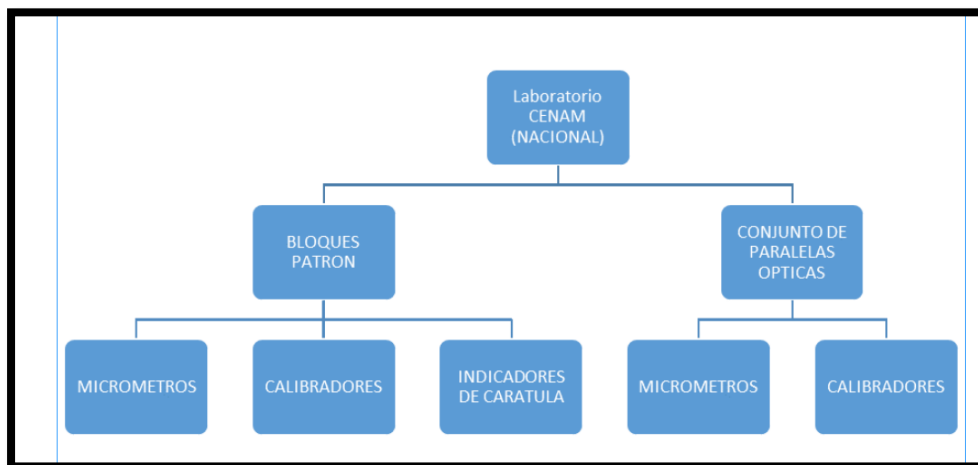


Figura 5.19 Carta de trazabilidad.

- De la manipulación y manejo de ítems a calibrar (punto 5.7 de la norma).
Mediante el procedimiento de manipulación de ítems (ANEXO E) se indica como debe ser la recepción, identificación, manejo, conservación y entrega al cliente de los equipos a calibrar.
Se realizó una base de datos de los clientes (*ver figura 5.20*) y de sus equipos calibrados por el laboratorio.

El formulario, titulado 'ITEMS DE LABORATORIO', contiene los siguientes campos de entrada:

- Clave:
- Nombre:
- Modelo:
- Marca:
- Resolucion:
- Cliente: (menú desplegable)

Debajo de los campos se encuentran dos botones: 'Guardar' y 'Cancelar'.

Figura 5.20 Registro de ítems del cliente.

- Aseguramiento de calidad (punto 5.9 de la norma)
El laboratorio no cuenta en su historial con una comparación interlaboratorios, que brinda a los laboratorios su aseguramiento de calidad realizando pruebas con un equipo de cada laboratorio con las mismas características.
Se trabajó en realizar los formatos de estudios de repetibilidad y reproducibilidad que son otra herramienta para asegurar la calidad de los resultados.
Dentro de los formatos realizados se encuentran:
 - a) Estudios de repetibilidad y reproducibilidad (Método largo).

**ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL INSTRUMENTO
(METODO LARGO)**

Persona responsable: Fecha:

Especificaciones EI= ES= Estudio:

Tolerancia= Cliente:

Clave y nombre del ítem:

Numero de Partes	Operador A				Operador B				Operador C			
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Total												
			R _a				R _b				R _c	
Suma				Suma				Suma				Suma

Figura 5.21. Estudio R&R (método largo)

A continuación se muestra un ejemplo del estudio de reproducibilidad y repetibilidad por el método largo (no es necesario especificar el número de ensayos ni de operadores, el programa lo realiza automáticamente). En primer lugar se ingresan los datos (ver figura 5.22) para posteriormente dar clic en el botón calcula y se realiza todo el proceso de cálculos para obtener los estudios del resultado (ver figura 5.23).

Numero de Partes	Operador A				Operador B			
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Rango
1	20	20	20	0	20.01	20	20	0.0100000
2	20	20	20	0	20.01	20	20	0.0100000
3	20.01	20	20	0.0100000	20	20	20	0
4	20.01	20	20.01	0.0100000	20	20	20	0
5	20.01	20	20.01	0.0100000	20	20.01	20	0.0100000
6	20.01	20	20.01	0.0100000	20	20	20.01	0.0100000
7	20.01	20	20	0.0100000	20	20.01	20.01	0.0100000
8	20.01	20	20	0.0100000	20	20	20.01	0.0100000
9	20.01	20	20.01	0.0100000	20	20.01	20	0.0100000
10	20.01	20.01	20.01	0	20.01	20	20	0.0100000

Figura 5.22 Datos de las mediciones realizadas para el estudio.

Total	200.08	200.01	200.05	0.0700000	200.03	200.03	200.03	0.0800000	0	0	0	0	
	200.01	R _a			0.0070000	200.03	R _b			0.0080000	R _c		
	200.05					200.03							
Suma	600.14				Suma	600.09				Suma	0		
X _a	20.004666				X _b	20.003				X _c	0		

R _a	0.0070000	Max X	20.004666	LCS=(R)(D ₄)= 0.0192750	Ensayos	D ₄
R _b	0.0080000	Min X	20.003		2	3.27
R _c	0	X Dif	0.0016666		3	2.57
Suma	0.0150000					
R	0.0075000	Marque aquellos rangos que se encuentren arriba de LCS. Identifique la causa y corríjala Repita estas mediciones usando el mismo operador y la misma unidad. Recalcule R y LCS.				

Repetibilidad (variación del equipo):	k ₁ Ensayos y k ₂ operadores	2	3	Analisis en % de Tolerancias $\%VE = \frac{100(VE)}{\text{Tolerancia}} = 7.6250000$ $\%VO = \frac{100(VO)}{\text{Tolerancia}} = 1.4744022$ $P/T = \%R\&R = \sqrt{(VO\%)^2 + (VE\%)^2} = 7.7662402$
VE=Rk ₁ = 0.0228750	k ₁	4.56	3.05	
$\sigma_{repeti} = \frac{VE}{5.15} = 0.0044417$	k ₂	3.65	2.70	
	n=numero de partes t=numero de ensayos			

Reproducibilidad (Varacion del operador): $VO = \sqrt{(X \text{ Dif } k_2)^2 - (VE\%)^2 / nt} = 0.0044232$ $\sigma_{reprod} = \frac{VO}{5.15} = 0.0008588$	Criterio de aceptacion *Abajo de 10% -> Excelente proceso. *De 10 a 20% -> Bueno, aceptable. *De 20 a 30% -> Marginalmente aceptable. *Arriba de 30% -> Inaceptable y debe ser corregido.
Reproducibilidad y Repetibilidad: $EM=R\&R = \sqrt{(VO)^2 + (VE)^2} = 0.0232987$	
$\sigma_{R\&R} = \frac{R\&R}{5.15} = 0.0045240$	

Figura 5.23 Resultados del estudio.

b) Estudios de repetibilidad y reproducibilidad (Método corto).

Numero de Partes	Operador A	Operador B	Operador C	Operador D	Operador E	Rango
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Total de Rangos: $\sum_{i=1}^n R_i$						
Promedio de Rangos: $\bar{R} = \sum_{i=1}^n R_i / n$						

k_2 Constante para expandir el rango promedio a 5.15 desviación estándar.					
Numero de Partes	Numero de operadores				
	2	3	4	5	
1	3.65	2.70	2.30	2.08	
2	4.02	2.85	2.40	2.15	
3	4.19	2.91	2.43	2.16	

Error de medición R ₂ (R̄)	
EM=k ₂ R̄	
$\sigma_{R\&R} = \frac{EM}{5.15}$	
EM como % de la tolerancia ₂	

Figura 5.24 Estudio R&R (método corto).

c) Estudios de repetibilidad y reproducibilidad por atributos.

**ESTUDIO DE CAPACIDAD DEL INSTRUMENTO
(METODO POR ATRIBUTOS)**

Persona responsable Fecha:
 Especificaciones EI= ES= Estudio:
 Tolerancia= Cliente:
 Clave y nombre del ítem

Número de parte	1					2					Suma	Repetibilidad				
	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5		Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

Figura 5.25 Estudio R&R por atributos.

d) Estudios de linealidad.

LINEALIDAD DEL INSTRUMENTO

Persona responsable Fecha:
 Estudio:
 Cliente:
 Clave y nombre del ítem
 Especificaciones EI= ES= Tolerancia=

Patron	Medida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Patron	Promedio	Medida(x)	Dif(y)	x ²	y ²	xy	% Error
1		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
5		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Suma		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

$a = \frac{\sum xy - \sum x \sum y / n}{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n} =$

Figura 5.26 Estudio de linealidad.

Es importante tener un aseguramiento de la calidad porque demuestra que tan validos son nuestros resultados de las calibraciones.

- Informe de calibración (punto 5.10 de la norma)

Se realizó un certificado (ver figura 5.36) en formato PDF que cuenta con la siguiente estructura:

- a) Título.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE UN CALIBRADOR

Figura 5.27 Título.

- b) Nombre y dirección del laboratorio.

**LABORATORIO DE METROLOGIA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
MANUEL NAVA #8 ZONA UNIVERSITARIA
C.P. 78170 TEL.8220340**

Figura 5.28 Nombre y dirección del laboratorio.

- c) Identificación única del certificado de calibración.

Número de certificado:

Figura 5.29 Identificación del certificado.

- d) Nombre y dirección del cliente.

Cliente:

Telefono del cliente:

Direccion del Cliente:

Clave y nombre del item:

Figura 5.30 Datos del cliente.

- e) Identificación del método de calibración empleado.

Método de calibración empleado:

Figura 5.31 Método empleado de calibración.

- f) Condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la calibración.

CONDICIONES GENERALES DEL EQUIPO A CALIBRAR

Temperatura Ambiente Inicial: _____ C Final: _____ C

Cliente:	Telefono del cliente:
Dirección del Cliente:	Clave y nombre del item:
Resolución(res):	Altura Mordaza(h): Longitud Cursor(L): Juego(a):
Tiempo de Calibración:	Fecha proxima Calibracion:
Método de calibración empleado:	

Figura 5.32 Condiciones bajo las cuales se lleva la calibración.

g) Resultados de las incertidumbres.

U_{rep}	
U_{res}	
U_{par}	
U_{sp}	
U_{Abbe}	
$U_{paralelismo}$	

Figura 5.33 Resultado de incertidumbres.

h) Nombre y firma de la persona que autoriza el certificado de calibración.

U					
U_{rep}					

Nombre y firma del responsable

Figura 5.34 Nombre y firma de la persona responsable de la calibración.

i) Fecha de calibración.

Persona responsable:

Fecha:

Figura 5.35 Fecha de calibración.

Los resultados de las calibraciones se entregan mediante un informe de calibración según la norma, donde se deben de reportar las incertidumbres de manera clara.

CERTIFICADO DE CALIBRACION DE UN CALIBRADOR

**LABORATORIO DE METROLOGIA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
MANUEL NAVA #8 ZONA UNIVERSITARIA
C.P. 78170 TEL.8220340**

Número de certificado:

Persona responsable:

Fecha:

CONDICIONES GENERALES DEL EQUIPO A CALIBRAR

Temperatura Ambiente Inicial: _____ C Final: _____ C

Cliente:

Telefono del cliente:

Direccion del Cliente:

Clave y nombre del item:

Resolucion(r_{es}):

Altura Mordaza(h): Longitud Cursor(L): Juego(α):

Tiempo de Calibración:

Fecha proxima Calibracion:

Método de calibración empleado:

No. de Ensayo	Valor nominal del patron (mm)				
	Patron 1	Patron 2	Patron 3	Patron 4	Patron 5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Figura 5.36 Certificado de calibración.

CONCLUSIONES

Diversos son los factores que afectan un sistema de medición, aunque se busca reducirlos para generar la menor incertidumbre posible de un equipo. De tal manera que los factores mencionados están asociados a cada equipo, varían según la operación y los mecanismos del mismo. Adicionalmente el personal que interactúa con los equipos produce una variabilidad, ya que este debe tener la competencia, conocimiento y agilidad para operar los equipos.

La importancia del aseguramiento de calidad de un laboratorio, es demostrar la validez de los resultados de las calibraciones, es por eso que se hace uso de estudios de repetibilidad y reproducibilidad, de linealidad, pruebas interlaboratorios, entre otros estudios o técnicas de calidad para el aseguramiento de los resultados, de ello deriva la necesidad de crear un programa que a diferencia de los ofertados comercialmente gestione una de las etapas más difíciles en la acreditación que sería la generación de los registros y las evidencias.

Los laboratorios de calibración que desean acreditarse bajo la norma ISO/IEC 17025:2005 deben cumplir y mostrar evidencia del cumplimiento de los requisitos de la norma, que podrían ser administrados eficientemente por el programa.

El programa creado actualmente se adopta a diferentes equipos de medición, aunque se tendría que programar conforme a los requerimientos e incertidumbres asociadas a este y por lo tanto al proceso de calibración. En consecuencia se pretende que el programa se comercialice para laboratorios dimensionales.

Se espera que mediante este trabajo en un futuro se logre acreditar el laboratorio de la facultad de ingeniería, ante una entidad de acreditamiento y que el laboratorio sea reconocido.

El programa desea ser adquirido por la empresa Instrumentación y Basculas del Centro (IBC) para ser implementado en su laboratorio, ya que desean ingresar el servicio de calibración para equipos dimensionales convencionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MSA. *Measurement Systems Analysis*. Fourth Edition, 2010.
- [2] Zeleny V. José Ramón., González G. Carlos. *Metrología Dimensional*. Ed. McGraw Hill, Segunda Edición, México, 1999. ISBN 970-10-2387-5.
- [3] Restrepo D. Jaime. *METROLOGÍA. ASEGURAMIENTO METROLÓGICO INDUSTRIAL. TOMO II*. Ed. Fondo editorial ITM, Primera Edición, Colombia, 2008. ISBN 978-958-8351-44-5.
- [4] Enríquez H Gilberto. *Manual de electricidad industrial I*. Ed. LIMUSA, Segunda Edición, México, 2012. ISBN 978-968-18-4792-0.
- [5] Creus S. Antonio. *Instrumentación Industrial*. Ed. Marcombo, Séptima Edición, España, 2005. ISBN 84-267-1361-0.
- [6] JCGM 200:2012. *Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM)*. Tercera Edición, 2012.
- [7] Moro P. María. *METROLOGIA: Introducción, Conceptos e Instrumentos*. Ed. Universidad de Oviedo, Primera Edición, 2000. ISBN 84-8317-231-3.
- [8] Sen Mohan. *Basic Mechanical Engineering*. Ed. Laxmi Publications LTD, First Edition, 2006.
- [9] Gerling Heinrich. *MEDICIÓN DE LONGITUDES*. Ed. Reverté, Primera Edición, España, 2002. ISBN 84-291-6052-3.
- [10] Gallardo R. Francisco. *UF1213: Técnicas de mecanizado y metrología*. Ed. IC, Primera Edición, España, 2012. ISBN 978-84-15670-04-9.
- [11] Creus S. Antonio. *Instrumentos Industriales, su ajuste y calibración*. Ed. Marcombo, Tercera Edición, España, 2009. ISBN 978-84-267-1421-3.
- [12] IMNC. *Especificaciones Geométricas de Producto (GPS) – Temperatura de referencia normalizada para especificación y verificación geométrica de producto*. NMX-CH-001, México: IMNC, 2004.

- [13] Expósito P. Santiago. *Innovación para el control del ruido ambiental*. Ed. Universidad de Castilla-La Mancha, Primera Edición, España, 2013. ISBN 978-84-9044-058-2.
- [14] Escamilla E. Adolfo. *Metrología y sus aplicaciones*. Ed. Patria, Primera Edición, México, 2014. ISBN 978-60-438-927-2.
- [15] Pallás A. Ramón. *Instrumentos Electrónicos Básicos*. Ed. Marcombo, Primera Edición, España, 2006. ISBN 84-267-1390-4.
- [16] Escalante V. Edgardo. *Seis-Sigma. Metodología y técnicas*. Ed. Limusa, Primera Edición, México, 2008. ISBN 978-968-18-6391-3.
- [17] Restrepo D. Jaime. *Aseguramiento metrológico industrial. Tomo I*. Ed. ITM, Primera Edición, Colombia, 2007. ISBN 978-958-97823-7-8.
- [18] Guerrero P. Adriana., Victoria B. María. *Estadística Básica*. Ed. ITM, Primera Edición, Colombia, 2007. ISBN 978-958-98314-1-0.
- [19] Schmid Wolfgang. *Guía para estimar la incertidumbre de la medición*. Centro Nacional de Metrología, México, 2000.
- [20] Varela C. Luis., Gómez R. Faustino. *Tratamiento de datos físicos*. Ed. Universidad de Santiago de Compostela, 2010. ISBN 978-84-9887-380-1.
- [21] Cárdenas E. Rubén. *Metrología e instrumentación*. Ed. Grin Verlag, 2009. ISBN 978-3-656-03007-2.
- [22] Vielesid A. Miguel., Zeleny V. Ramón., Pichardo V. René. *GUÍA TÉCNICA SOBRE TRAZABILIDAD E INCERTIDUMBRE EN METROLOGÍA DIMENSIONAL*. Centro Nacional de Metrología, México, 2008.
- [23] Mendoza Victo A., García Ana E. *Física*. Ed. Patria, Primera Edición, México, 2014. ISBN 978-607-438-915-9.
- [24] Zeleny V. José Ramón., González G. Carlos. *Metrología*. Ed. McGraw Hill, Segunda Edición, México, 2007. ISBN 970-10-2076-6.

- [25] Bewoor Anand, Kulkarni Vinay. *Metrology & Measurement*. Ed. McGraw Hill, First Edition, India, 2009. ISBN 978-0-07-014000-4.
- [26] González M. Héctor. *INCERTIDUMBRE EN LA CALIBRACIÓN DE CALIBRADORES TIPO VERNIER*. Centro Nacional de Metrología, México, 2001.
- [27] Galicia S. Roberto., García L. Noé. *Metrología geométrica dimensional*. Ed. AGT., Primera Edición, México, 1986. ISBN 968-463-032-8.
- [28] García B. José. *Auxiliares de laboratorio*. Ed. Mad, Primera Edición, España, 2006. ISBN-13: 978-84-665-5760-3.
- [29] Metha Bob. *Implementing ISO/IEC 17025:2005. A practical guide*. Ed. ASQ, First Edition, United States of America, 2013. ISBN 978-0-87389-854-6.
- [30] Vértice E. *Gestión de la calidad ISO 9001 en hostelería*. Ed. Vértice, Primera Edición, España, 2012. ISBN 978-84-9931-120-3.
- [31] Pérez F. José A. *GESTIÓN DE LA CALIDAD EMPRESARIAL. Calidad en los servicios y atención al cliente. Calidad total*. Ed. ESIC, Primera Edición, España, 1994. ISBN 84-7356-102-3.
- [32] Fernández E. Camilo. *GESTIÓN EN LA CALIDAD EN EL LABORATORIO CLÍNICO*. Ed. Medica Panamericana, Primera Edición, Argentina, 2005. ISBN 950-06-0426-4.
- [33] AENOR. *Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. UNE-EN ISO/IEC 17025, España: AENOR, 2005.
- [34] IMNC. *Especificaciones Geométricas de Producto (GPS) – Temperatura de referencia normalizada para especificación y verificación geométrica de producto*. NMX-CH-001, México: IMNC, 2004.
- [35] Escamilla E. Adolfo. *Metrología y sus aplicaciones*. Ed. Patria, Primera Edición, México, 2015. ISBN 978-607-744-271-4.
- [36] Montgomery Douglas. *Diseño y análisis de experimentos*. Ed. Limusa Wiley, Segunda Edición, México, 2004. ISBN 968-18-6156-6

[37] Riba R. Carles. *Diseño concurrente*. Ed. UPC, Primera Edición, España, 2002. ISBN 84-8301-598-6.

[38] Kuehl Robert. *Diseño de experimentos*. Ed. Thomson, Segunda Edición, México, 2000. ISBN 970-686-048-7

[39] Balluerca Nekana, Vergara Ana I. *Diseños de investigación*. Ed. Prentice Hall, Primera Edición, España, 2002. ISBN 84-205-3447-1.

[39] CENAM. *Trazabilidad metrológica en sistemas de calidad*. 03(04):1-6 MetAs, Metrólogos Asociados. México. Abril 2003.

[40] Gutiérrez P. Humberto. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Ed. McGraw-Hill, Primera Edición, México, 2007. ISBN 978-970-10-4724-9

ANEXOS.

ANEXO A. Procedimiento del personal del laboratorio.

ANEXO B. Instructivo de operación y mantenimiento del equipo data logger.

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

ANEXO D. Certificado de calibración de bloques patrón.

ANEXO E. Procedimiento de manipulación de ítems.

ANEXO F. Instrucciones de operación de los bloques patrón.

ANEXO G. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del calibrador digital.

ANEXO H. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del micrómetro digital.



**LABORATORIO DE
METROLOGÍA
Procedimiento de Selección,
Capacitación y Evaluación
del Personal**

Código: LM-PRO-SCE
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2015
Página 1 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

**PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN,
CAPACITACIÓN Y EVALUACIÓN DEL
PERSONAL**

“LABORATORIO DE METROLOGÍA”



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2015
Página 2 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

ÍNDICE

CARÁTULA	1
ÍNDICE	2
1. PROPÓSITO	3
2. ALCANCE	3
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	3
4. DESARROLLO	3
4.1. Estructura organizacional del laboratorio.	3
4.1.1. Organigrama de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.	4
4.1.2. Organigrama de la Facultad de Ingeniería.	4
4.1.3. Organigrama del Laboratorio.	4
4.2. Descripción de las responsabilidades y funciones del personal del Laboratorio.	4
4.2.1. Delegación de autoridad.	9
4.3. Selección del personal.	10
4.3.1. Recepción de solicitudes.	10
4.3.2. Entrevista.	11
4.3.3. Elección de la persona.	11
4.3.4. Inducción al nuevo personal.	11
4.4. Evaluación del personal.	11
4.4.1. Realización de la evaluación.	12
4.4.2. Calificación y conclusiones de la evaluación.	12
4.5. Capacitación del personal.	12
5. RESPONSABILIDADES	13
6. NORMAS DE REFERENCIA	13
7. ANEXOS	13
8. CONTROL DE CAMBIOS	13



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2015
Página 3 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

1. PROPÓSITO

Describir la estructura del Laboratorio, así como las funciones y responsabilidades del personal del Laboratorio, además, de evaluar el grado de eficiencia del personal del Laboratorio con el fin de cumplir con los objetivos del Laboratorio y mejorar su desempeño.

Dar capacitaciones al personal para mejorar su desempeño dentro del Laboratorio.

2. ALCANCE

Se aplica a todo el personal del Laboratorio de Metrología, incluyendo al Responsable del Laboratorio.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Contrato: Acuerdo vinculante.

Eficiencia: Relación entre resultado alcanzado y los recursos utilizados.

Estructura de la organización: Disposición de responsabilidades, autoridades y relaciones entre el personal.

Objetivo: Meta que se desea alcanzar.

4. DESARROLLO

4.1. Estructura organizacional del Laboratorio

El Laboratorio de Metrología de la Facultad de Ingeniería es parte de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), la cual está representada legalmente por el rector de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) el M. Manuel Fermín Villar Rubio según el Artículo 36 del Estatuto Orgánico de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) que dice: "El rector será el responsable de la Universidad y su representante legal. El periodo ordinario de su encargo será de cuatro años y podrá ser reelecto para otro periodo igual por una sola vez y sin perjuicio de que hubiere desempeñado el cargo con otro carácter. Será nombrado por el Consejo Directivo en votación secreta durante el mes de abril del año correspondiente, en sesión extraordinaria con quórum de las dos terceras partes del Consejo y una votación de cuando menos la mitad más uno de los votos emitidos. Si ningún candidato obtuviera la mayoría requerida, se efectuará una nueva votación. Estos mismos requisitos se seguirán para elegir rector interino o sustituto"

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) es una de las principales instituciones de educación superior en el estado de San Luis Potosí y una de las mejores casas de estudio públicas a nivel nacional; su liderazgo es consecuencia de la amplia oferta educativa, la atención al sector estudiantil, la relevancia nacional e internacional de sus investigadores,



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2015
Página 4 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

la formación de profesionistas de calidad con pertinencia social y sus planes de estudio acordes con las exigencias de una sociedad en constante cambio

Desde su fundación, la UASLP ha fomentado una cultura de calidad que le ha permitido obtener logros académicos importantes y le ha generado un legítimo reconocimiento nacional; se han potenciado las fortalezas en un clima de trabajo estable y armónico, que permite desarrollar nuevas ideas y dirimir las diferencias naturales de una organización tan diversa como la universidad.

La estructura organizacional del Laboratorio, forma parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y las relaciones que existen entre la gestión de calidad, operaciones técnicas y servicios de apoyos, se tiene:

- el “Organigrama de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)”
- el “Organigrama de la Facultad de Ingeniería”
- el “Organigrama del Laboratorio” LM-MGC-ANX-006,

4.1.1. Organigrama de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Ver Manual de Gestión de la Calidad- LM-MGC-ANX-004-“Organigrama de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)”

4.1.2. Organigrama de la Facultad de Ingeniería

Ver Manual de Gestión de la Calidad- LM-MGC-ANX-005-“Organigrama de la Facultad de Ingeniería”

4.1.3. Organigrama del Laboratorio

Ver Manual de Gestión de la Calidad- LM-MGC-ANX-006-“Organigrama del Laboratorio”

4.2. Descripción de las responsabilidades y funciones del personal del Laboratorio

Esta descripción de las responsabilidades y funciones del personal del Laboratorio es realizada por el Responsable del Laboratorio y el Responsable de Calidad y se mantiene actualizada.



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
 Revisión.: 0
 Fecha: 20/05/2015
 Página 5 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

Nombre del cargo: Responsable de Laboratorio					
Jefe inmediato: Coordinador de programa del Área Mecánica Eléctrica	Empleados a cargo: <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de Calidad • Responsable de Documentación • Brigadistas • Técnicos de calibración 				
Funciones, responsabilidades y relaciones(internas y externas)					
Función básica: es la máxima autoridad del Laboratorio, además es el encargado de organizar, planear, administrar y gestionar las actividades del Laboratorio. Y se encarga de verificar al personal, las instalaciones, el equipo y así como todas las necesidades que pudieran surgir para el mantenimiento del Laboratorio.	Funciones específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Verifica que cumpla con el manual de gestión de calidad y los procedimientos de calidad • Atención a los clientes • Definir la política de calidad • Participar en las revisiones por dirección • Verifica que se mantenga el personal calificado • Evaluar a proveedores, personal del Laboratorio y subcontratistas • Aprobar y verifica los documentos que forman parte del sistema de calidad • Realizar presupuestos a los clientes • Se encarga de realizar la compra de insumos y servicios • Delega autoridades al personal del Laboratorio, así como verificar su realización • Aprueba las calibraciones realizadas • Verificar que los equipos estén calibrados y que tengan un correcto mantenimiento • Generar un buen ambiente de trabajo • Informa al cliente sobre los resultados del servicio desarrollado • Funciona como auditor interno 				
Responsabilidades: <ul style="list-style-type: none"> • Confidencialidad de los resultados de las calibraciones. • Cuidado por las instalaciones y el equipo, así como su óptimo uso. • Respeto y amabilidad con los clientes y el personal del Laboratorio. 	Relaciones <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Internas</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Externas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Con todo el personal del Laboratorio • Dependencia de la universidad encargada de compras </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> • Proveedores • Clientes • Subcontratistas </td> </tr> </tbody> </table>	Internas	Externas	<ul style="list-style-type: none"> • Con todo el personal del Laboratorio • Dependencia de la universidad encargada de compras 	<ul style="list-style-type: none"> • Proveedores • Clientes • Subcontratistas
Internas	Externas				
<ul style="list-style-type: none"> • Con todo el personal del Laboratorio • Dependencia de la universidad encargada de compras 	<ul style="list-style-type: none"> • Proveedores • Clientes • Subcontratistas 				



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
 Revisión.: 0
 Fecha: 20/05/2015
 Página 6 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

Requisitos del cargo		
Educación	Experiencia	Habilidades
Estudios aprobados a nivel profesional en ingeniería y de preferencia con una maestría o doctorado. Ingles 90 %	Mínimo 2 años de experiencia en laboratorios de calibración	<ul style="list-style-type: none"> • Buena comunicación • Responsable y honesto • Objetivo • Liderazgo • Compromiso por resultados • Manejo de personal • Trabajo en equipo • Manejo de equipos de laboratorio (principalmente Calibradores y MMC)

Nombre del cargo: Responsable de Calidad		
Jefe inmediato: Responsable del Laboratorio	Empleados a cargo: Responsable de Documentación	
Función básica: Es el representante de calidad del Laboratorio y supervisa que el Sistema de Gestión de Calidad sea implementado y mantenido de acuerdo a la norma ISO17025	Funciones específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Hacer cumplir con la norma ISO/IEC 17025 • Elaborar el Manual de Calidad y los Procedimientos • Planificar auditorías internas y revisiones por dirección • Supervisar la implantación y cierres de acciones correctivas y preventivas • Coordina las actividades de acreditación • Distribución de los documentos del Sistema de Gestión de Calidad • Verifica que el personal del Laboratorio cumpla con las políticas y los objetivos de calidad • Supervisa la actualización de documentos • Evalúa las encuestas, las quejas y/o reclamos por parte de los clientes y los trabajos no conformes • Funciona como auditor interno 	
Responsabilidades:	Relaciones	
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; text-align: center;">Internas</td> <td style="width: 50%; border: none; text-align: center;">Externas</td> </tr> </table>	Internas
Internas	Externas	



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2015
Página 7 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

<ul style="list-style-type: none"> • Confidencialidad de los resultados de las calibraciones. • Cumplir con la implementación del Sistema de Gestión de Calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal del Laboratorio • Personas de la universidad que necesiten información del Sistema de Gestión de Calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Clientes • Proveedores
--	--	---

Requisitos del cargo

Educación	Experiencia	Habilidades
Estudios aprobados a nivel profesional en ingeniería y de preferencia con un diplomado o maestría	Mínimo 1 año en el área de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo • Manejo de equipos de cómputo y de equipos del Laboratorio • Responsable y honesto • Proactivo • Trabajo en equipo

Nombre del cargo: Responsable de Documentación

Jefe inmediato: Responsable de calidad	Empleados a cargo: ninguno	
Función básica: almacenamiento y mantenimiento de los documentos, registros y copias que se generen de los documentos o registros	Funciones específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento de documentos internos y externos • Almacenamiento de copias de algunos documentos que la requieran • Actualización del Listado Maestro • Comunicación de modificaciones, eliminaciones o creaciones de nuevos documentos • Almacenamiento de registros de calidad 	
Responsabilidades: <ul style="list-style-type: none"> • Confidencialidad de la información del Sistema de Gestión de Calidad 	Relaciones	
	Internas	Externas
	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de Laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> • Ninguna
Requisitos del cargo		
Educación	Experiencia	Habilidades



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal


Código: LM-PRO-SCE
 Revisión.: 0
 Fecha: 20/05/2015
 Página 8 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

Estudios aprobados a nivel ingeniería o técnico	Mínimo seis meses en el área de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo • Responsable • Manejo de equipos de computo • Puntualidad
---	---	---

Nombre del cargo: Técnico de calibración		
Jefe inmediato: Responsable de Laboratorio	Empleados a cargo: ninguno	
Función básica: Realización de las calibraciones requeridas por el cliente	Funciones específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de la documentación necesaria para un informe o certificado de calibración • Identificación y recepción de los ítems • Recepción de los nuevos equipos • Mantenimiento de los equipos e instalaciones del Laboratorio • Realización de inventarios del equipo del Laboratorio • Seguir los instructivos y procedimientos para cumplir con el Sistema de Gestión de Calidad 	
Responsabilidades: <ul style="list-style-type: none"> • Confidencialidad de los resultados de las calibraciones. 	Relaciones	
	Internas	Externas
	<ul style="list-style-type: none"> • Personal del Laboratorio 	Ninguna
Requisitos del cargo		
Educación Técnico en Metrología	Experiencia Mínimo un año en la realización de calibraciones de calibradores y de microscopios estereoscópicos.	Habilidades <ul style="list-style-type: none"> • Manejo de equipo de computo y equipos del Laboratorio • Trabajo en equipo • Ágil • Capacidad para resolver problemas • Responsable

Nombre del cargo: Brigadista


	LABORATORIO DE METROLOGÍA Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal	Código: LM-PRO-SCE Revisión.: 0 Fecha: 20/05/2015 Página 9 de 13
---	---	---

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

Jefe inmediato: Responsable de Laboratorio		Empleados a cargo: ninguno	
Función básica: Dar practicas a los alumnos de la materia de metrología		Funciones específicas: <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento del Laboratorio • Apoyo a los Técnicos de Calibración • Limpieza del Laboratorio 	
Responsabilidades: Ninguna		Relaciones	
		Internas	Externas
		Personal del Laboratorio	Ninguna
Requisitos del cargo			
Educación Alumno de la Facultad de Ingeniería que halla cursado la materia de metrología	Experiencia Ninguna	Habilidades <ul style="list-style-type: none"> • Honesto • Respeto 	

4.2.1. Delegación de autoridad

En caso de ausencia de:	Sera suplido por:
Responsable del Laboratorio	Por el Responsable de Calidad En caso de que sea despedido o cambiado, el encargo de Laboratorios del Área Mecánica y Eléctrica nombrara al sucesor
Responsable de Calidad	Por el Responsable del Laboratorio. En caso de que sea despedido o cambiado, el Responsable del Laboratorio nombrara al sucesor
Responsable de Documentación	Por el Responsable de Calidad. En caso de que sea despedido o cambiado, el Responsable del Laboratorio nombrara al sucesor

	LABORATORIO DE METROLOGÍA Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal	Código: LM-PRO-SCE Revisión.: 0 Fecha: 20/05/2015 Página 10 de 13
---	---	--

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

Técnico de Calibración	Por el Técnico de Calibración que tenga más tiempo laborando dentro del Laboratorio. En caso de que sea despedido o cambiado, el Responsable del Laboratorio nombrará al sucesor
Brigadistas	Por el Brigadista que tenga más tiempo laborando dentro del Laboratorio. En caso de que sea despedido o cambiado, el Responsable del Laboratorio nombrará al sucesor

4.3. Selección del personal

El responsable del Laboratorio es el encargado de seleccionar al personal del Laboratorio y cuando se tenga una vacante, se realiza una convocatoria para los cargos disponibles; teniendo en cuenta las funciones, responsabilidad y requisitos del cargo según el numeral 4.2 de este procedimiento.

4.3.1. Recepción de solicitudes

Toda persona que quiera ocupar la vacante debe primero enviar sus registros personales, es decir, curriculum vitae (CV) o una hoja de solicitud de empleo; estas hojas son recibidas por el Responsable de Documentación que genera una copia de los archivos y los archiva en una carpeta denominada "Selección del Personal" la cual está guardada en el gabinete del Laboratorio de Metrología. El Responsable de Documentación envía los curriculums vitae o las hojas de solicitud de empleo al Responsable del Laboratorio. Una vez recibidos por el Responsable del Laboratorio, analiza las hojas de los candidatos al puesto y depura las hojas que no sean acordes a la vacante.

4.3.2. Entrevista

Los candidatos preseleccionados, se les citan a una entrevista que es hecha de manera oral con el Responsable del Laboratorio. Con esta entrevista se busca conocer más datos relevantes del candidato al puesto, estos datos son registrados por el Responsable del Laboratorio en "Entrevista a Candidatos" identificado como LM-PRO-SCE-EAC.

4.3.3. Elección de la persona



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2015
Página 11 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

Después de haber concluido todas las entrevistas con los precandidatos el Responsable del Laboratorio escoge a la o las personas más aptas para la vacante y luego se reúnen ambas partes para llenar un “Contrato” de trabajo identificado como LM-MGC-ANX-014y se la hace firma la “Carta de Confidencialidad” identificada como LM-MGC-ANX-003.

4.3.4. Inducción del nuevo personal

El Responsable de Laboratorio es el encargado de realizar por el lapso de quince días la inducción al nuevo personal del Laboratorio, en la que cumplirá los siguientes puntos:

- Presentación del Personal del Laboratorio.
- Manejo de los equipos del Laboratorio.
- Conocimiento de la ubicación de los equipos y materiales.
- Conocimiento al Sistema de Gestión de Calidad.
- Conocimiento de las actividades que realizara dentro del Laboratorio.
- Conocimiento del mantenimiento de equipos.
- Conocimiento de las diferentes actividades que se realizan en el Laboratorio.

Una vez terminados estos quince días de inducción el Responsable del Laboratorio y el personal capacitado llenan el formato “Evaluación de la Capacitación de Inducción” identificado como LM-PRO-SCE-ECI.

4.4. Evaluación del personal

La evaluación del personal del Laboratorio debe realizarse por lo menos una vez al año, dicha evaluación es realizada y programada por el Responsable del Laboratorio, que informa de manera oportuna la fecha y hora en que se va a realizar dicha evaluación. El personal que ya tenga más de un año también se le evaluara el cumpliendo los objetivos establecidos en el año anterior y se pondrán nuevos objetivos a cumplirse y se especifica el tiempo necesario para cumplirlos.

4.4.1. Realización de la evaluación

Para esto se cuenta con el formato “Evaluación al Personal” identificado como LM-PRO-SCE-EPL esta evaluación incluye además lo siguiente:

- Educación.
- Formación.
- Relaciones con el personal del Laboratorio (Trabajo en equipo).
- Cumplimiento y aplicación de la norma ISO 17025.



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2015
Página 12 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

- Experiencia apropiada.
- Compromiso y responsabilidad con su trabajo.
- Habilidades.

Todo esto según el cargo que ocupan dentro del Laboratorio, esta evaluación es revisada por la persona que fue evaluada y el Responsable del Laboratorio que fue el evaluador

4.4.2. Calificación y conclusiones de la evaluación

La evaluación del personal contiene preguntas que contienen cuatro opciones diferentes que son:

Opciones	Porcentaje de Calificación
Muy bien	(90%-100%)
Bien	(80%-89%)
Regular	(70%-79%)
Mal	(Menos de 69%)

Al final de la encuesta se realiza una sumatoria de todas las preguntas para obtener una calificación del personal evaluado, se considera aprobada la evaluación cuando cumpla con más del 75% y reprobada cuando cumple con menos del 74.9%, esta calificación es un punto muy importante para el seguimiento o finalización del personal dentro del Laboratorio.

Esta evaluación es muy importante para el Laboratorio porque nos indica las necesidades de capacitación, oportunidades de mejora, incremento de sueldos y que se cumpla con el Sistema de Gestión de Calidad.

4.5. Capacitación del personal

Una vez obtenida la evaluación del personal y obteniendo las necesidades del personal, el Responsable de Laboratorio se encarga de llenar el formato "Calendario Anual de Capacitaciones" identificado como LM-PRO-SCE-CAC, además se incluyen en este formato las capacitaciones a los instructores de la brigadas.

No todas las capacitaciones son para el todo el personal del Laboratorio, estas capacitaciones dependen del puesto y de las exigencias del personal.



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal

Código: LM-PRO-SCE
 Revisión.: 0
 Fecha: 20/05/2015
 Página 13 de 13

ANEXO A. Procedimiento del personal de laboratorio.

La eficacia de las captaciones se mide con la encuesta “Evaluación de Capacitación” identificada como LM-PRO-SCE-EDC y con la “Evaluación del Personal” del próximo año.

5. RESPONSABILIDADES

Actividades	Responsable
Descripción de las responsabilidades y funciones del personal del Laboratorio	Responsable de Laboratorio y Responsable de Calidad
Seleccionar y evaluar al personal del Laboratorio Entrevistar al nuevo personal Inducción al nuevo personal Solicita las capacitaciones Firma de contrato al nuevo personal	Responsable de Laboratorio
Recepción de curriculum vitae y almacenamiento de los mismos	Responsable de Documentación

6. NORMAS DE REFERENCIA

- Norma ISO/IEC 17025, Requisitos generales para las competencias de los laboratorios de ensayos y calibraciones
- Norma ISO 9000, Sistema de Gestión de Calidad,- Fundamentos y vocabulario
- Norma ISO 9001, Sistema de Gestión de Calidad

7. ANEXOS

CLAVE DEL ANEXO	TITULO
LM-PRO-SCE-EAC	Entrevista a Candidatos
LM-PRO-SCE-ECI	Evaluación de la Capacitación de Inducción
LM-PRO-SCE-EPL	Evaluación al Personal
LM-PRO-SCE-CAC	Calendario Anual de Capacitaciones
LM-PRO-SCE-EDC	Evaluación de Capacitación

8. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Descripción de cambios

Elaborado por: _____	Revisado por: _____	Aprobado por: _____
Guillermo Daniel Vélez Sánchez	Dr. Orlando Guarneros García	Dr. Orlando Guarneros García
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____

ANEXO B. Instructivo de operación y mantenimiento del equipo data logger.

MANUAL DE OPERACIÓN DEL DATA LOGGER

Uso

Los data loggers testo 174H (Ver Fig.1) sirven para memorizar y leer valores de medición individuales y series de mediciones. Los valores de medición que se miden con testo 174H, se memorizan y se transfieren a través de la interface al PC, donde se pueden leer y evaluar con ayuda del software testo ComSoft. A través del software también se pueden programar los data loggers individualmente.



Fig. 1 Data logger.

En función del estado de funcionamiento, en el visualizador se puede mostrar diferente información.

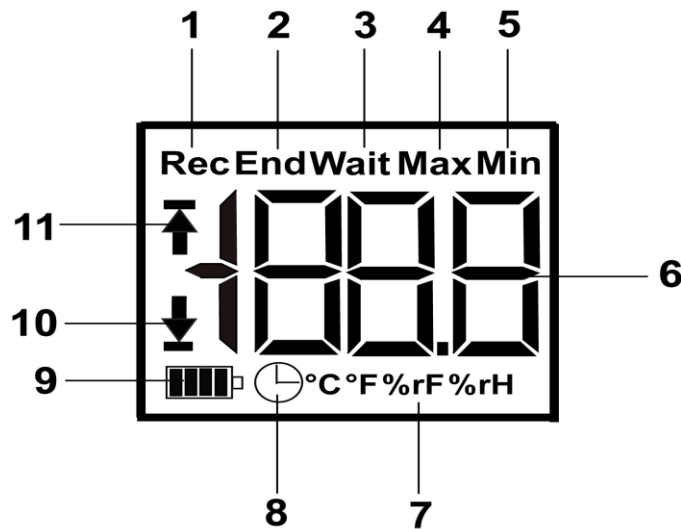


Fig. 2 Pantalla de visualización del data logger.

ANEXO B. Instructivo de operación y mantenimiento del equipo data logger.

- 1 Programa de medición en marcha.
 - 2 Programa de medición finalizado.
 - 3 Esperando el inicio del programa de medición.
 - 4 Lectura más alta memorizada.
 - 5 Lectura más baja memorizada.
 - 6 Lectura.
 - 7 Unidades.
 - 8 Criterio de inicio: fecha/hora programada.
 - 9 Carga de la pila.
 - 10 Valor de alarma inferior:
 - Parpadea: se muestra el valor de alarma programado.
 - Está encendido: no se ha llegado al valor de alarma programado.
 - 11 Valor de alarma superior:
 - Parpadea: se muestra el valor de alarma programado.
 - Está encendido: se ha sobrepasado el valor de alarma programado.
- ✓ Estado de funcionamiento **Wait** y criterio de inicio "inicio por tecla" programado.

> Presionar la tecla **GO** durante aprox. 3 segundos para iniciar el programa de medición.

- Se inicia el programa de medición y en el visualizador aparece **Rec**.

- ✓ Estado de funcionamiento **Wait**:

> Pulsar la tecla **GO** para alternar entre la visualización del valor de alarma superior, el valor de alarma inferior, la vida de la pila y la última lectura.

- ✓ Estado de funcionamiento **Rec** o **End**:

> Pulsar la tecla **GO** para alternar entre la visualización de la lectura más alta memorizada, la lectura más baja memorizada, el valor de alarma superior, el valor de alarma inferior, la vida de la pila y la última lectura.

ANEXO B. Instructivo de operación y mantenimiento del equipo data logger.

1. Conectar el instrumento al PC.

1. Conectar el cable de conexión de la interface en un puerto USB disponible del PC.
2. Introducir el data logger en el soporte de la interface.
3. Seleccionar **Conectar instrumento** o el menú **Instrumento | Seleccionar instrumento**. (Los dispositivos se visualizan con la imagen en miniatura y la designación del modelo).
4. Seleccionar el instrumento y hacer clic en **[Conectar]**.

2. Configurar instrumento.

1. El instrumento no se encuentra en modo Rec. Dado el caso, hacer clic en **[Parar medición]**.
 2. Seleccionar **Configurar ajustes de servicio** o el menú **Instrumento | Configurar instrumento | Ajustes de servicio**. Establecer las preferencias deseadas (específicas del instrumento).
- Criterios inicio
 - Hora de inicio: el instrumento se enciende a la hora ajustada.
 - Botón de inicio en instrumento: Mantener presionado **[Go]** durante más de 3 segundos.
 - Inicio de software: hacer clic en **[Iniciar medición]**.
 - Fórmula: Con el inicio de fórmula pueden utilizarse determinados resultados de proceso como punto inicial para la medición. Es posible guardar distintas fórmulas para cada canal de medición. El instrumento comienza la medición cuando se sobrepasa el valor límite de la fórmula especificada. La medición finaliza cuando esta se interrumpe a través del software: Hacer clic en **[Detener medición]**.
 - Criterios fin
 - Memoria llena: el instrumento finaliza la medición en cuanto se llena la memoria.

ANEXO B. Instructivo de operación y mantenimiento del equipo data logger.

- Lista circular: Al llenarse la memoria, el instrumento sobrescribe las primeras lecturas registradas en "mediciones anteriores". La medición recién finaliza cuando ésta se interrumpe a través del software: Hacer clic en **[Parar medición]**.
- Número de lecturas: el instrumento finaliza la medición en cuanto haya tomado el número de lecturas definido.

NOTA: El ciclo de memoria determina el ritmo en el que deben almacenarse los valores medidos. El ritmo de memoria debe ser múltiplo del intervalo de medición. El intervalo de medición establece el ritmo con el que pueden determinarse y visualizarse los valores.

3. Cambiar a la ficha **Configuración del instrumento** e Introducir nombre aparato y hacer clic en **[Transmitir a instrumento]**.
4. La configuración se ha completado.

3. Iniciar medición de acuerdo a la configuración del Data Logger.

4. Importar datos de medición al finalizar la medición.

1. Seleccionar **Importar datos de medición** o el menú **Análisis | Importar datos de medición | Importar datos de medición**. (Se visualizan detalles sobre los datos de medición, como nombre del instrumento, número de serie y lugar de medición).
2. Especificar la ruta en la que se deben guardar los datos de medición.
3. Hacer clic en **[Importar]** y la vista cambia a la ficha **Historial de importación**.
4. Una vez finalizada la importación de los datos de medición, la vista cambia a la pantalla **Análisis**.

ANEXO B. Instructivo de operación y mantenimiento del equipo data logger.

5. Analizar datos de medición.

1. Ya que los datos de medición fueron importados. Seleccionar el menú **Análisis | Analizar datos de medición** y se indica el nombre del archivo abierto. (Pueden editarse varias series de datos de medición y se establecen las preferencias para el diagrama de ser necesario.)
2. Exportar los datos de medición seleccionados a un nuevo protocolo o al portapapeles.

6. Imprimir o exportar informe

1. Por medio de **[Imprimir informe]** puede configurarse el formato del informe, mediante **[Iniciar exportación]** se acepta un formato de informe estándar y el archivo se guarda directamente.
2. Si desea enviar datos de medición por correo electrónico: Hacer clic en **[Enviar e-mail]**.

Mantenimiento Preventivo

1. En caso de suciedad, limpie la caja del instrumento con un paño húmedo.
2. Preste atención a que no entre ningún líquido en el interior de la caja durante la limpieza porque hay posibilidad de dañar el sensor.
3. Instalación de pilas.
 - Poner el data logger cara abajo.
 - Abrir la tapa del compartimento para pilas de la parte posterior del data logger girándola hacia la izquierda.
 - Sacar las pilas agotadas del compartimento para pilas.
 - Colocar dos pilas nuevas (pilas de botón de 3 V, CR 2032 litio) en el instrumento, de modo que quede visible el polo positivo.
4. Colocar la tapa del compartimento para pilas en el compartimento para pilas y cerrarla girando hacia la derecha.

ANEXO B. Instructivo de operación y mantenimiento del equipo data logger.

Datos técnicos

Características	Valores
Tipo de sonda	Sensor de temperatura NTC y sensor de humedad capacitivo interno
Rango de medición	De 0 a 100% HR (atmosfera sin condensación), de -20 a +70 °C
Exactitud de humedad	±3% HR (de 2%HR a 98%HR) ±1 dígito +0,03%HR/K
Exactitud de temperatura	±0,5 °C (de -20 a +70 °C)
Resolución	0,1%HR, 0,1 °C
Temperatura de funcionamiento	De -20 a +70 °C
Temperatura de almacenamiento	De -40 a +70 °C
Tipo de pila	2 pilas de botón de 3 V (2 CR 2032 litio)
Vida de la pila	1 año (intervalo de medición de 15 min, +25 °C)
Clase de protección	IP20
Intervalo de medición	De 1 min a 24 h (seleccionable)
Memoria	2 x 8.000 lecturas
Software	Compatible con Windows XP, Vista, Win7
Garantía	24 meses, condiciones de garantía : véase la página web www.testo.com/warranty
Directiva CE	2004/108/CE

Tabla F. 1 Datos técnicos del data logger



Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage
Protocollo di collaudo • Informe de calibración

Gerät / Module type /

Modèle / Modelo:

testo 174H

Messbereich / Measuring range /

Etendue de mesure / Rango de medición :

Temperature: -20...70°C

Humidity: 0...100%rF% rH

Serien-Nr. / Serial no. /

N°. de série / Número de serie:

36622883

Segmenttest / Display test /

Test d'affichage / Test del visualizador:

OK

Messwerte / Measured values / Valeurs mesurées / Valores medidos:		
Sollwert / Reference / Référence / Referencia:	Zulässige Toleranz / Permissible tolerance / Tolérance admise / Tolerancia permitida :	Istwert / Actual Value / Valeur réelle / Valor medido :
Temperature :		
25.0 °C	±0.5 °C	24.9 °C
Humidity:		
43.1 %rH	±3.0 %rH	43.4 %rH

J. Young

Prüfer / Inspector /
Responsable / Verificador

	<p style="text-align: center;">LABORATORIO DE METROLOGÍA Procedimiento Manejo de Equipos</p>	<p>Código: LM-PRO-PME Revisión.: 0 Fecha: 20/05/2011 Página 1 de 7</p>
---	--	--

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

PROCEDIMIENTO MANEJO DE EQUIPOS

“LABORATORIO DE METROLOGÍA”



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento Manejo de Equipos

Código: LM-PRO-PME
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 2 de 7

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

ÍNDICE

CARÁTULA	1
ÍNDICE	2
1. PROPÓSITO	3
2. ALCANCE	3
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	3
4. DESARROLLO	3
4.1. Identificación y codificación de equipos	3
4.2. Elaboración de registro de equipos	3
4.3. Mantenimiento y conservación	4
4.4. Manejo de equipos	4
4.5. Daños en los equipos	4
4.6. Transporte y almacenamiento	5
4.7. Plan de mantenimiento, verificación y calibración	5
4.7.1. Plan de mantenimiento	5
4.7.2. Plan de calibración	5
4.7.3. Plan de verificación	6
5. RESPONSABILIDADES	6
6. NORMAS DE REFERENCIA	6
7. ANEXOS	6
8. CONTROL DE CAMBIOS	6



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento Manejo de Equipos

Código: LM-PRO-PME
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 3 de 7

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

1. PROPÓSITO

Establecer la manipulación, el transporte, almacenamiento, uso, calibración o verificación y mantenimiento del equipo y patrones utilizados en el Laboratorio con el fin de asegurar el funcionamiento correcto, la no contaminación o deterioro del equipo.

2. ALCANCE

Aplica a todos los equipos y patrones utilizados para la realización de calibraciones incluyendo las computadoras y el software del Laboratorio.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Almacenamiento: Acción y resultado de reunir y guardar cosas en un lugar.

Equipo: Conjunto de instrumentos, utensilios y objetos necesario para la realización de cierta actividad.

Equipo de medición: Instrumento de medición necesario para llevar a cabo un proceso de medición.

Mantenimiento: Conservar una cosa en su ser o estado.

4. DESARROLLO

4.1. Identificación y codificación de equipos

Todos los equipos del Laboratorio están identificados de manera única y tienen una etiqueta de identificación en donde se encuentra la información siguiente:

- Clave
- Equipo
- Marca
- Modelo
- Serie
- Resolución

Además de esta identificación cuentan con un color en donde dependiendo el color te dice si esta calibrado, próximos a calibrar, urgente calibración o pocos días para la calibración, dicho "Código de Colores de Calibración" está identificado como LM-PRO-PME-COD.

4.2. Elaboración de registro de equipos

El Laboratorio cuenta con un inventario que tiene los equipos del Laboratorio, incluyendo los equipos para realizar las calibraciones y los equipos computacionales, este "Inventario

	LABORATORIO DE METROLOGÍA Procedimiento Manejo de Equipos	Código: LM-PRO-PME Revisión.: 0 Fecha: 20/05/2011 Página 4 de 7
---	--	--

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

de equipo y Registro de Calibraciones” está identificado como LM-PRO-PME-IEC y contiene la siguiente información:

- Nombre del equipo
- Clave del equipo
- Modelo
- Marca
- Lugar de instalación
- Resolución
- Trazabilidad
- Manual de operación(si lo tiene)
- Código de manual de operación
- Imagen el equipo
- Calibración del equipo(fecha de calibración, resultado de la calibración y próxima calibración)

4.3. Mantenimiento y conservación

El mantenimiento y conservación se realiza de acuerdo con las instrucciones del fabricante y a los mantenimientos preventivos y correctivos programados en el transcurso de vida del equipo. Para ello se cuenta con manuales de operación e instructivos de trabajo de cada equipo, estos instructivos son considerados como documentos externos por cual contienen un código de documento, como lo hace mención el “Procedimiento Control de Documentos”.

4.4. Manejo de equipos

Los equipos serán manipulados únicamente por las personas que designe el Responsable del Laboratorio y siguiendo los manuales o procedimientos de cada equipo. El personal es designado por sus competencias para operar los equipos y se asegura mediante el “Procedimiento de Selección, Capacitación y Evaluación del Personal”, que el personal se competente para operar los equipos.

4.5. Daños en los equipos

Los equipos que han sido detectados con problemas, fallas, hayan sido sobrecargados, defectuosos, den resultados dudosos o estén fuera de los límites de especificación son retirados de circulación y se coloca un rotulo que dice “Fuera de servicio” hasta que es reparado para seguir trabajando correctamente y autorizado por el Responsable del



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento Manejo de Equipos

Código: LM-PRO-PME
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 5 de 7

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

Laboratorio. Para esto se cuenta con la “Bitácora de Funcionamiento de Equipos” identificada como LM-PRO-PME-BDE.

Cuando un equipo arroje un resultados fuera de los límites específicos de las calibraciones, se retira de circulación y se coloca un rotulo que dice “Fuera de servicio” hasta que es reparado y se autoriza su uso por parte del Responsable del Laboratorio, y se trata como un trabajo no conforme y se aplica el “Procedimiento de Control de Trabajo de Calibraciones No Conformes” identificado como LM-PRO-CTN.

4.6. Transporte y almacenamiento

El transporte se realiza de manera personal por el personal del Laboratorio, ya que los equipos se pueden mover sin necesidad de usar un equipo para su movimiento a excepción de las mesas de mármol y el microscopio que necesitan ser movidas con una grúa.

Cada equipo tiene su lugar de almacenamiento, en caso de que llegue equipo nuevo, se registra en el inventario y se le da un lugar para su almacenamiento esto lo realiza el Técnico de Calibración. Todos los patrones, calibradores y micrómetros se encuentran en una gaveta que cuenta con llave y en el interior de la gaveta indica donde va posicionado cada equipo.

4.7. Plan de mantenimiento, verificación y calibración

El laboratorio cuenta con planes de mantenimiento, verificación y calibración de los equipos como parte fundamental del Sistema de Calidad.

4.7.1. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se realiza de acuerdo con los requerimientos del trabajo de cada equipo, para esto se cuenta con “Mantenimiento de Equipos” identificado como LM-PRO-PME-MES, donde se establece las fechas ya sea del mantenimiento correctivo o preventivo.

Los Técnicos de Calibración son los encargados de llevar acabo el mantenimiento preventivo del equipo, para esto cuentan “Programa de Mantenimiento Preventivo” identificado como LM-PRO-PME-PMP, donde establece cuando se realizó el cambio de pila, su mantenimiento programado y su mantenimiento realizado.

4.7.2. Plan de calibración



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento Manejo de Equipos

Código: LM-PRO-PME
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 6 de 7

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

El Laboratorio cuenta con un plan de calibración de cada uno de sus equipos esto con la finalidad de asegurar la fiabilidad de los equipos con un grado de incertidumbre apropiado al rigor de la medición requiera, para esto se cuenta con “Inventario de equipo y Registro de Calibraciones” está identificado como LM-PRO-PME-IEC y un “Código de Colores de Calibración” está identificado como LM-PRO-PME-COD.

Para realizar las calibraciones se cuenta con procedimientos de calibración para cada equipo y en el caso de los patrones son calibrados por un organismo certificado que provee la trazabilidad descrita en el punto 5.6.2.1 del Manual de Calidad del Laboratorio de Metrología.

4.7.3. Plan de verificación

Se cuenta con el “Programa de Verificación de Equipos” identificado como LM-PRO-PME-PVE, esta verificación se realiza con el propósito de verificar que los patrones y equipos son adecuados y aptos para su utilización.

Nota: una verificación y un ajuste no es una calibración

5. RESPONSABILIDADES

Actividades	Responsable
Realizar los inventarios de equipos. Realiza los planes de mantenimiento, calibración y verificación de equipos. Transporte y almacenamiento de equipos.	Técnicos de Calibración
Designa quien puede utilizar los equipos. Autoriza que el equipo daño vuelva a ser utilizado después de haber sido reparado.	Responsable del Laboratorio

6. NORMAS DE REFERENCIA

- Norma ISO/IEC 17025, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibraciones.
- Norma ISO 9000, Sistema de Gestión de Calidad,- Fundamentos y vocabulario.

7. ANEXOS

CLAVE DEL ANEXO	TITULO
LM-PRO-PME-COD	Código de Colores de Calibración.
LM-PRO-PME-IEC	Inventario de equipo y Registro de Calibraciones.
LM-PRO-PME-PVE	Programa de Verificación de Equipos.



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento Manejo de Equipos

Código: LM-PRO-PME
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 7 de 7

ANEXO C. Procedimiento de manejo de equipos.

LM-PRO-PME-MES	Mantenimiento de Equipos.
LM-PRO-PME-PMP	Programa de Mantenimiento Preventivo.
LM-PRO-PME-BDE	Bitácora de Funcionamiento de Equipos.

8. CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Descripción de cambios

Elaborado por: _____	Revisado por: _____	Aprobado por: _____
Guillermo Daniel Vélez Sánchez	Dr. Orlando Guarneros García	Dr. Orlando Guarneros García
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____

ANEXO D. Certificado de calibración de bloques patrón.

Mitutoyo

LM-JBP-01-CI

Certificate number S11G00573
page 1 of 3

CERTIFICATE OF INSPECTION

APPLICANT: Name _____
Address _____

INSTRUMENT: (1 set of 46) Gauge Block Material: Steel
Code No. : 516-995-10 Manufacturer: Mitutoyo
Type: BMI-46-0/PD Basis of Test: ISO3650/DIN861/JIS B7506
Serial No. : 1105629
Grade: 0 (JIS)

DATE OF INSPECTION: 13th Jul. 2011

INSPECTION METHOD: The length of gauge block is determined by comparing it, using a gauge block comparator, with a reference gauge block of the same nominal length. Both gauge blocks were placed in a vertical position on the comparator with their left or unmarked measuring face down. For determining the deviation / variation of length, d_c / d_{max} / d_{min} / v is measured at the center point and the four corner points about 1.5 mm from the face edges.

ENVIRONMENT: Air temperature (20 ± 1.0) °C

RESULTS: The results apply to the reference temperature of 20°C (ITS-90). For correction of the thermal expansion, an expansion coefficient of the gauge block of $(6.0 \pm 0.3) \times 10^{-6}/F$ [$(10.8 \pm 0.5) \times 10^{-6}/K$] is used. The result of the calibration are presented on the next page.

Expanded Uncertainty: $(0.06 + 0.5L / 1000) \mu m$ (L = Nominal length) L:mm
(For Central Deviation)

(k=2)

The uncertainty presented above is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor of k=2, which provides a confidence level of approximately 95%. The standard uncertainty has been determined in accordance with EAL-R2.

TRACEABILITY: Traceable to NIST No.821/276375-08
(NIST=National Institute of Standard and Technology)

Traceable to PTB via No.4937 PTB 06
(PTB=Physikalisch-Technische Bundesanstalt)

Date 13th Jul. 2011



A. Matsuura

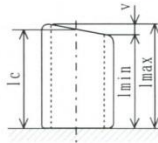
ANEXO D. Certificado de calibración de bloques patrón.



Certificate number S11G00573

page 2 of 3

Result: The following table states for each gauge block the measured deviation from the nominal length at the center point and the measured deviation / variation of length.



Nominal Length	l_n	Maximum Deviation	$d_{max}=l_{max}-l_n$
Central Length	l_c	Minimum Length	l_{min}
Central Deviation	$d_c=l_c-l_n$	Minimum Deviation	$d_{min}=l_{min}-l_n$
Maximum Length	l_{max}	Variation	$v=l_{max}-l_{min}$

Unit: μm

Nominal Length l_n mm	Ident. No.	Central Dev. d_c	Max. Dev. d_{max}	Min. Dev. d_{min}	Var. v
1	110096	+0.04	+0.05	+0.01	0.04
1.001	110522	-0.03	0.00	-0.05	0.05
1.002	110390	+0.03	+0.05	+0.02	0.03
1.003	110040	+0.03	+0.03	0.00	0.03
1.004	110656	-0.01	0.00	-0.05	0.05
1.005	110110	+0.02	+0.03	-0.01	0.04
1.006	110996	+0.03	+0.05	-0.03	0.08
1.007	110443	+0.02	+0.04	-0.01	0.05
1.008	110601	+0.04	+0.05	+0.01	0.04
1.009	110946	-0.02	-0.01	-0.04	0.03
1.01	110949	0.00	+0.01	-0.02	0.03
1.02	110790	+0.01	+0.02	-0.01	0.03
1.03	110905	-0.01	+0.01	-0.02	0.03
1.04	110164	+0.03	+0.03	-0.01	0.04
1.05	110395	0.00	+0.01	-0.04	0.05
1.06	110091	+0.02	+0.04	-0.01	0.05
1.07	110036	-0.01	+0.02	-0.04	0.06
1.08	110148	+0.01	+0.04	-0.03	0.07
1.09	110787	-0.01	+0.01	-0.05	0.06
1.1	110970	-0.04	+0.01	-0.06	0.07
1.2	110070	-0.02	-0.01	-0.03	0.02
1.3	110716	-0.01	+0.02	-0.04	0.06
1.4	110158	-0.02	+0.01	-0.05	0.06
1.5	110077	+0.02	+0.02	-0.02	0.04
1.6	110343	+0.01	+0.02	-0.01	0.03
1.7	110430	+0.03	+0.06	0.00	0.06
1.8	110242	+0.03	+0.06	+0.01	0.05
1.9	110012	+0.01	+0.04	-0.03	0.07
2	110189	+0.01	+0.03	-0.02	0.05
3	110800	+0.03	+0.03	+0.01	0.02
4	110199	+0.02	+0.04	-0.01	0.05
5	110412	+0.02	+0.04	-0.02	0.06
6	112069	+0.01	+0.04	-0.02	0.06
7	111320	-0.02	-0.01	-0.03	0.02
8	111956	0.00	+0.02	-0.02	0.04
9	111824	0.00	+0.03	-0.01	0.04
10	113639	+0.02	+0.06	0.00	0.06
20	113256	+0.07	+0.07	-0.01	0.08
30	111536	+0.05	+0.08	+0.03	0.05



**LABORATORIO DE
METROLOGÍA
Procedimiento de
Manipulación de los Ítems**

Código: LM-PRO-MIT
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 1 de 5

ANEXO E. Procedimiento de manipulación de ítems.

PROCEDIMIENTO DE MANIPULACIÓN DE LOS ÍTEMS

“LABORATORIO DE METROLOGÍA”



LABORATORIO DE METROLOGÍA Procedimiento de Manipulación de los Ítems

Código: LM-PRO-MIT
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 2 de 5

ANEXO E. Procedimiento de manipulación de ítems.

ÍNDICE

CARÁTULA	1
ÍNDICE	2
1. PROPÓSITO	3
2. ALCANCE	3
3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	3
4. DESARROLLO	3
4.1. Recepción de los ítems.	3
4.2. Identificación de los ítems.	3
4.3. Transporte y almacenamiento de los ítems.	3
4.4. Protección de los ítems.	3
4.5. Manipulación de los ítems.	4
4.6. Entrega de los ítems.	4
5. RESPONSABILIDADES	4
6. NORMAS DE REFERENCIA	4
7. ANEXOS	4
8. CONTROL DE CAMBIOS	4



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Manipulación de los Ítems

Código: LM-PRO-MIT
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 3 de 5

ANEXO E. Procedimiento de manipulación de ítems.

1. PROPÓSITO

Establecer un procedimiento para el transporte, recepción, manejo, protección, almacenamiento, conservación y la disposición final de los ítems de calibración, incluidas las disposiciones necesarias para proteger la integridad del ítem de a calibrar.

2. ALCANCE

Aplica a todos los ítems de calibración recibidos por el Laboratorio.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Ítem: puede ser cualquier cosa. Incluye procesos, productos, servicios, equipo y/o programa de computadoras.

4. DESARROLLO

4.1. Recepción de los ítems

El Laboratorio tiene un horario para la recepción de ítems de calibración desde las 8:00 am hasta las 3:00pm de lunes a viernes, cuando el cliente lleve un ítem uno de los técnicos de calibración registra el ítem en el formato "Recepción de Ítems de Calibración" identificado como LM-PRO-MIT-RIC, y verifica las condiciones en que se esta recibiendo el ítem. El ítem puede rechazarse si se encuentra en muy malas condiciones para lo cual se le tiene que informar al Responsable del Laboratorio y él le informa al cliente directamente.

4.2. Identificación de los ítems

El Técnico de Calibración al momento de ingresar el ítem le proporciona un código de identificación que es de forma numérica consecutiva iniciando desde el 1 es puesto en una etiqueta y es conservado por el ítem hasta el momento que es entregado, y este código queda registrado también el formato "Recepción de Ítems de Calibración".

4.3. Transporte y almacenamiento de los ítems

El transporte se realiza de manera personal por los Técnicos de Calibración, ya que los ítems se pueden mover sin necesidad de usar un equipo o instrumento para su movimiento. Los ítems son almacenados en una gaveta que se encuentra en donde se realizan las calibraciones a los equipos y se encuentra con temperatura controlada de $20 \pm 2^\circ \text{C}$.

4.4. Protección de los ítems

Para asegurar la protección de los ítems, el área donde son almacenados los ítems solo tiene llave el Responsable de Laboratorio y los Técnicos de Calibraciones, y solo si el cliente



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Manipulación de los Ítems

Código: LM-PRO-MIT
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 4 de 5

ANEXO E. Procedimiento de manipulación de ítems.

lo desea puede entrar a ver su calibración llenando el formato “Autorización de Entrada” identificado como LM-MGC-ANX-011, y si no se esta realizando ninguna otra calibración y queda registrado en el formato “Recepción de Ítems de Calibración”.

4.5. Manipulación de los ítems

El Responsable de Laboratorio asigna a uno de los técnicos de Calibración a llevar acabo la calibración del ítem para cual usa el “Procedimiento de Calibración” identificado como LM-PRO-CAL, para realizar dicha calibración.

4.6. Entrega de los ítems

Una vez que se concluye con el “Procedimiento de Calibración” identificado como LM-PRO-CAL, y se tiene el certificado de calibración de los ítems este se le entrega al cliente al igual que el ítem y queda registrado en el formato “Recepción de Ítems de Calibración”. Después de la entrega del certificado y del ítem se tiene un tiempo de 15 días para quejas o reclamos después de ese tiempo ya no serán recibidas.

Nota: este certificado no puede ser entregado hasta que haya sido pagado el servicio de calibración por parte del cliente.

5. RESPONSABILIDADES

Actividades	Responsable
Transportan y almacenan los ítems. Recepción de ítems. Entrega de los ítems y del certificado de calibración.	Técnico de Calibración
Asigna a un técnico de calibración a llevar acabo el procedimiento de calibración. Informa al cliente si se rechaza su ítem.	Responsable de Laboratorio

6. NORMAS DE REFERENCIA

- Norma ISO/IEC 17025, Requisitos generales para la competencias de los laboratorios de ensayos y calibraciones
- Norma ISO 9000, Sistema de Gestión de Calidad,- Fundamentos y vocabulario

7. ANEXOS

CLAVE DEL ANEXO	TITULO
LM-PRO-MIT-RIC	Recepción de Ítems de Calibración

8. CONTROL DE CAMBIOS



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Procedimiento de Manipulación de los Ítems

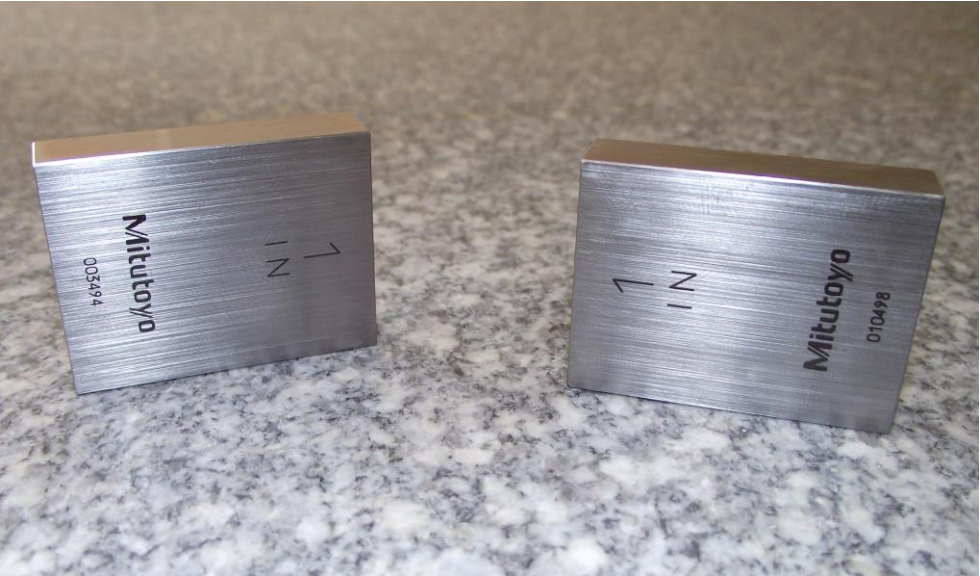
Código: LM-PRO-MIT
Revisión.: 0
Fecha: 20/05/2011
Página 5 de 5

ANEXO E. Procedimiento de manipulación de ítems.

Versión	Fecha	Descripción de cambios

Elaborado por: _____	Revisado por: _____	Aprobado por: _____
Guillermo Daniel Vélez Sánchez	Dr. Orlando Guarneros García	Dr. Orlando Guarneros García
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____

ANEXO F. Instrucciones de operación de los bloques patrón.

SECUENCIA	OPERACIÓN
1	<p>DESCRIPCIÓN DEL BLOQUE PATRON</p> <p>El bloque patrón es un instrumento de medición que representa una medida materializada, es decir, una medida definida con la cual puede realizarse la calibración y comparación de instrumentos de medición.</p> <p>Los bloques patrón deben representar las siguientes características</p> <ol style="list-style-type: none">1. Exactitud dimensional y geometría2. Longitud, paralelismo y planitud3. Capacidad de adherencia con otros bloques4. Estabilidad dimensional a través del tiempo5. Dureza y resistencia al desgaste6. Bajo coeficiente de expansión térmica7. Resistencia a la corrosión 
2	<p>ADHERENCIA DE LOS PATRONES</p> <p>Debido a que los patrones no vienen en medidas específicas, sino en juegos de bloques con medidas estandarizadas, es posible crear cierta medida mediante la adherencia de dos o más patrones, pero para ello hay que considerar los siguientes puntos:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Utilice el mínimo número de bloques patrón para formar la medida.2. Seleccione bloques gruesos siempre que sea posible3. Seleccione bloque patrón que tenga el mínimo dígito significativo requerido.
3	<p>CUIDADOS SOBRE LA ADHERENCIA</p>

ANEXO F. Instrucciones de operación de los bloques patrón.

4	<ol style="list-style-type: none">1. Los bloques patrón deben manejarse sobre un plano de referencia libre de suciedad.2. Asegúrese de no golpearlos uno con otro y nunca dejarlos caer al piso.3. Limpie el aceite con un trapo limpio empapado con gasolina blanca y cuidando no rayar las caras.4. Asegúrese de que no haya raspaduras, rebabas y oxido sobre la cara de medición y la periferia, ya que esto dificulta la adherencia de las caras. Estas deben verificarse con el plano óptico.5. Antes de unirlos, limpie las caras de tal manera que estén libres de polvo.6. Aplique una pequeña cantidad de aceite de baja viscosidad en la cara de medición y distribúyala uniformemente sobre la superficie.7. Cuando adhiera bloques gruesos, coloque los dos bloques patrón en ángulo recto uno con otro y gírelos a 90° mientras los presiona ligeramente. Si la condición de las caras de contacto es perfecta, los bloques patrón pueden adherirse adecuadamente. Cuando quiera adherir un bloque delgado a uno grueso coloque un extremo del primero sobre un extremo del segundo de modo que queden paralelos uno con otro. Cuidadosamente deslice un bloque sobre el otro mientras se aplica una pequeña presión y los dos bloques se mantendrán juntos como si se mantuvieran mediante vacío.8. Si se detecta una anomalía en la unión hay que prepararla y comprobar las caras de medición.9. Si hay oxido o moho en la cara de medición quítelo cuidadosamente.10. Si el bloque patrón cae y su cara se raspa, la raspadura debe corregirse.11. Si el uso puede desgastar el bloque, coloque los bloques patrón de protección al desgaste en ambas caras del bloque.12. Cuando dos bloques patrón delgados vayan a unirse, una un bloque delgado a uno grueso y luego una el otro bloque de patrón delgado; ya que estén ajustados quite el bloque grueso y así los dos bloques delgados no se flexionan.13. Los bloques patrón deben unirse y ajustarse con rapidez. Si los bloques patrón se mantienen en la mano por algunos pocos minutos, hay que ponerlos en la mesa para que se estabilicen a la temperatura del cuarto. <p>CUIDADOS QUE DEBEN TENERSE CON LOS BLOQUES DESPUÉS DE USARLOS</p> <ol style="list-style-type: none">1. Cuando se termine de usar los bloques patrón hay que separarlos y limpiar sus caras. Después es necesario inspeccionarlos y ponerles aceite antioxidante; enseguida deben cubrirse con papel volátil inhibidor de la oxidación y almacenarlos.2. Limpiar el plano de referencia para eliminar cualquier rastro de suciedad.3. Si el bloque patrón no va a usarse durante un periodo largo, debe guardarse en un cuarto libre de la acción de la luz solar y la humedad.4. Un bloque patrón que no se usa con frecuencia debe comprobarse, quitándole el aceite, la oxidación tres veces al año.
---	--

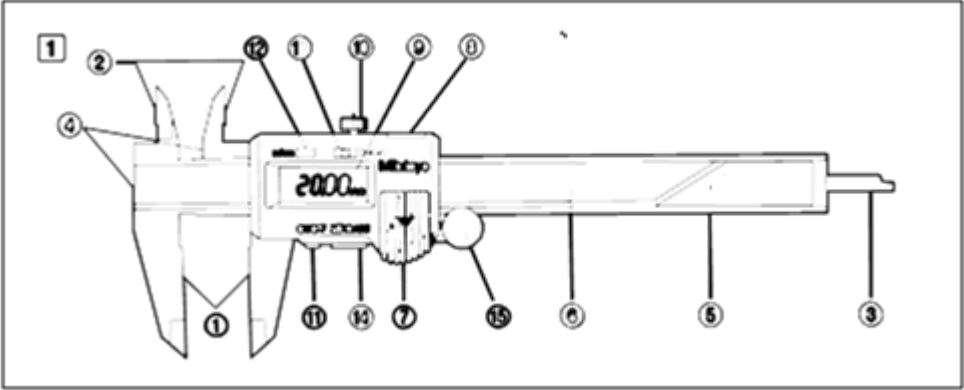
ANEXO F. Instrucciones de operación de los bloques patrón.



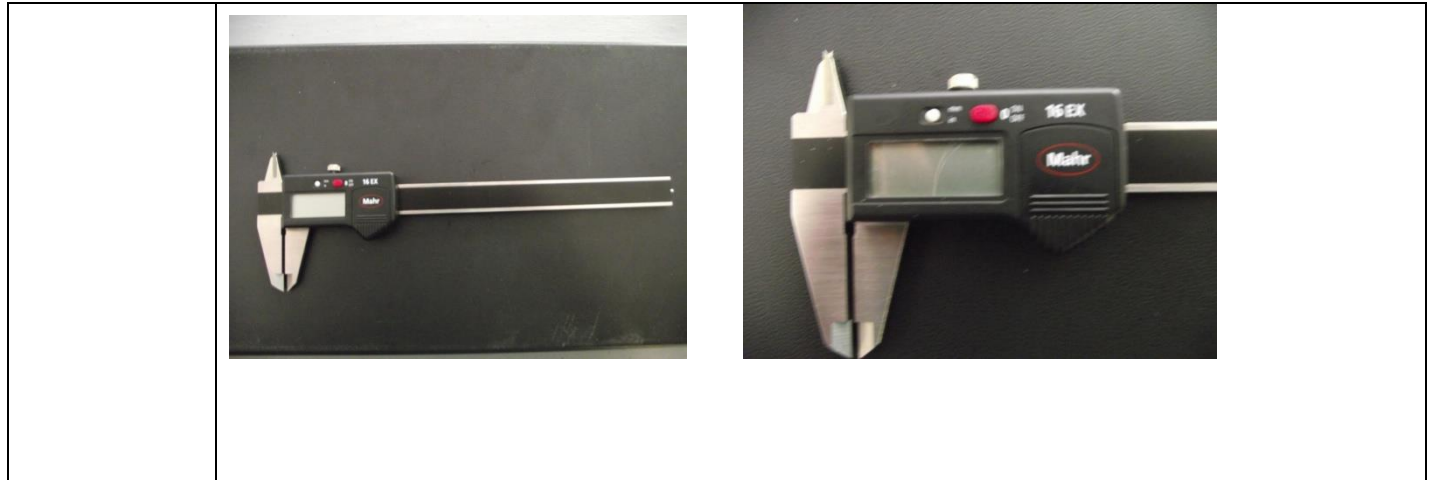
POLÍTICAS DE SEGURIDAD

- 1) No se permite operar el equipo sin la debida autorización del responsable del Laboratorio.
- 2) El manejo de este equipo es responsabilidad del usuario.
- 3) No lo coloqué en un espacio donde pueda sufrir algún daño.
- 4) No se permite el uso de aretes, anillos, gorras o cualquier otro artículo que represente cualquier impedimento para operar el equipo con soltura.
- 5) No consumirá ningún alimento dentro del laboratorio.

ANEXO G. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del calibrador digital.

<p>1</p>	<p>Identifica los nombres y las funciones de cada parte (Ver Figura No.1).</p> <ol style="list-style-type: none">1) Puntas para medición de exteriores.2) Puntas para medición de interiores.3) Barra para medición de profundidades.4) Superficies para medición de peldaño.5) Brazo.6) Escala principal.7) Cubierta de compartimiento para batería.8) Conector de salida.9) Pantalla (LCD).10) Tornillo de fijación del cursor.11) Tecla de Encendido/Apagado.12) Tecla para conversión de pulgadas/mm.13) Tecla ORIGIN (para fijado del origen absoluto).14) Tecla ZERO/ABS (cambia entre los modos de medición absoluto y comparativo).15) Rodillo para el pulgar (dependiendo del modelo)  <p>Figura No.1 Partes principales de un Calibrador Digital.</p> <p>2 Encienda el equipo con la tecla 11.</p> <p>3 Cierre las puntas y si marca un valor de cero prosiga con su trabajo y sí no mantenga oprimida la tecla de ORIGIN por más de un segundo. Esto traerá 0.00' a la pantalla LCD.</p> <p>4 Para una medición comparativa (INC) y medición absoluta (ABS) sigas las siguientes instrucciones.</p> <p>a) • Lleve a cabo mediciones comparativas (modo INC) como sigue: Lleve el cursor a la posición en la cual el punto caro va a ser colocado, entonces presione y libere (en menos de un segundo) la tecla ZERO/ABS. Esto pone cero en la pantalla y la indicación 'INC' aparecerá en la pantalla LCD. Ahora esta listo para medir dimensiones refiriéndose a este punto cero.</p> <p>b) • Lleve a cabo mediciones absolutas (modo ABS) como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Al encender el calibrador estará en el modo ABS v mostrará una dimensión desde el origen.</u>• Si "INC" no es mostrado en la pantalla LCD, usted puede continuar con mediciones absolutas.• Si "INC" es mostrado en parte superior izquierda de la pantalla LCD, mantenga oprimida la tecla ZERO/ABS por unos de dos segundos. Esto hará que la indicación "INC" desaparezca, quedando listo para la medición.
----------	---

ANEXO G. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del calibrador digital.

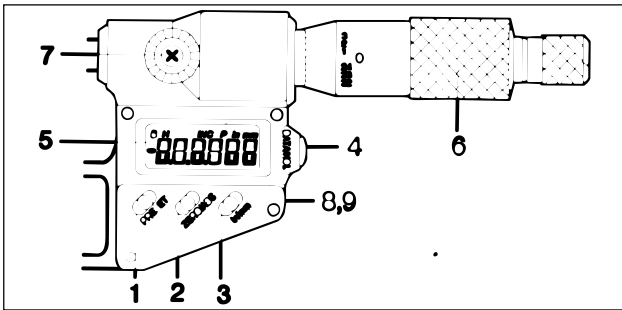



POLÍTICAS DE SEGURIDAD

- 1) No se permite operar el equipo sin la debida autorización del responsable del Laboratorio.
- 2) El manejo de este equipo es responsabilidad del usuario.
- 3) No lo coloque en un espacio donde pueda sufrir algún daño.
- 4) No se permite el uso de aretes, anillos, gorras o cualquier otro artículo que represente cualquier impedimento para operar el equipo con soltura.
- 5) No consumirá ningún alimento dentro del laboratorio.

SECUENCIA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
1	<p>Señales de error: si nota una Indicación "B" significa que el voltaje de la batería está bajo. Solicite se remplace la batería tan pronto como sea posible.</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Una vez finalizado el trabajo limpie con un paño que no suelte pelusa. b) Antes y después de la medición quite el polvo las rebabas del cursor y de las caras de medición de las puntas con papel cuyas fibras no se desprendan fácilmente. c) Las caras de medición exteriores pueden limpiarse colocando papel grueso libre de fibrillas sueltas entre las puntas.

ANEXO H. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del micrómetro digital.

SECUENCIA	OPERACIÓN
1	<p>Nombre de cada parte del equipo (Ver Figura No.1):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Botón de preselección (PRESET). 2. Botón ZERO/ABS. 3. Botón selección Inc/mm. 4. Botón DATA/HOLD. 5. Visualizador de cristal líquido (LCD). 6. Cursor de avance husillo. 7. Tornillo de bloqueo. 8. Conector de salida de datos (detrás). 9. Compartimiento de batería (detrás). <div style="text-align: center;">  <p>El diagrama muestra un micrómetro digital con las siguientes partes numeradas: 1. Botón de preselección (PRESET), 2. Botón ZERO/ABS, 3. Botón selección Inc/mm, 4. Botón DATA/HOLD, 5. Visualizador de cristal líquido (LCD), 6. Cursor de avance husillo, 7. Tornillo de bloqueo, 8. Conector de salida de datos (detrás), 9. Compartimiento de batería (detrás).</p> </div> <p style="text-align: center;">Figura No.1 Partes principales de un Micrómetro Digital.</p> <div style="text-align: center;">  <p>La fotografía muestra un micrómetro digital real con una pantalla LCD que muestra la lectura '-3706'. El micrómetro tiene un cuerpo metálico y un cursor de avance husillo.</p> </div>
2	<p>PRECAUCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La pantalla de cristal líquido (LCD) se apagara automáticamente una vez transcurridos 20 minutos, no siendo utilizado. Para recuperar la lectura gire levemente el husillo o pulse el botón ZERO/ABS. <p>Botón PRESET: Sirve para preseleccionar una cota y llamar a la memoria del origen. Botón DATA/HOLD: Envía el dato en pantalla a un procesador de datos conectado. También sirve para retener la cota visualizada.</p>

ANEXO H. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del micrómetro digital.

	<p>Si pulsara dos veces el botón PRESET en el modo HOLD, el valor retenido será registrado como origen.</p> <p>Botón ZERO/ABS: si pulsamos este botón, colocaremos el visualizador en cero. Si lo mantuviéramos pulsado, obtendríamos el valor pulsado desde origen.</p> <p>Indicaciones en display</p> <p>INC: Modo de medición incremental para valoración comparativa (mediante la función ZERO/ABS).</p> <p>B: indicación de baterías con carga insuficiente.</p> <p>H: El valor en el display queda congelado hasta volver a pulsar el botón DATA/HOLD.</p> <p>E-oS: Mensaje de error debido a un efecto acústico o por un movimiento excesivamente rápido del husillo.</p> <p>ESTABLECIMIENTO DEL ORIGEN</p> <p>Preselección del valor de origen (Ejemplo: Preseleccionar la cota 125.000 mm).</p> <p>Preseleccione el origen de acuerdo con la barra patrón apropiado a cada caso, o realice un cero de origen.</p> <p>(1) Pulse el botón PRESET. La letra "P" parpadeará mientras se lee el valor introducido anteriormente (tras el cambio de batería la lectura será de "000.000").</p> <p>(2) Mantenga pulsada la tecla PRESET hasta que parpadee el indicador del dígito primero (más a la izquierda).</p> <p>(3) Pulse de forma breve hasta colocar un 1 en el primer espacio.</p> <p>(4) Mantenga la presión hasta situarse en el segundo dígito.</p> <p>(5) Repita los pasos (3) y (4) para seleccionar el "2", "5" y "0" correspondientes a la cota deseada.</p> <p>(6) Mantenga la presión sobre el botón PRESET hasta que la "P" vuelva a parpadear.</p> <p>(7) Presiónelo brevemente otra vez para dar por concluida la presión (la "P" desaparece).</p> <p>- Si desea cancelar la preselección, pulse el botón ZERO/ABS. El valor preseleccionado previamente quedará anulado.</p> <p>- Durante la preselección de cota, el valor en display permanece "invariable a pesar del movimiento del husillo". La función HOLD es también inutilizada.</p> <p>Ejecución del origen.</p> <p>(1) Limpie bien las superficies de medición, retirando completamente el polvo y aceite existentes.</p> <p>(2) Haga contacto con las dos superficies de medición o bien coloque la barra patrón correspondiente entre ambas caras. Utilice el trinquete posterior para que la presión sea constante y controlada.</p> <p>(3) Pulse el botón PRESET para recuperar el valor preseleccionado, la "P" parpadeará.</p> <p>(4) Si el valor es el deseado, basta con pulsar PRESET para completar la presección y eliminar el indicativo "P".</p>
--	--

POLÍTICAS DE SEGURIDAD

- 1) No se permite operar el equipo sin la debida autorización del responsable del Laboratorio.
- 2) El manejo de este equipo es responsabilidad del usuario.
- 3) No lo coloque en un espacio donde pueda sufrir algún daño.
- 4) No se permite el uso de aretes, anillos, gorras o cualquier otro artículo que represente cualquier impedimento para operar el equipo con soltura.
- 5) No consumirá ningún alimento dentro del laboratorio.

SECUENCIA	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
1	No utilice un lápiz eléctrico para marcar sobre el micrómetro.
2	Limpie bien las superficies de medición, retirando completamente el polvo y aceite existentes.
3	Aplicar vaselina para evitar la oxidación en las superficies de medición con acabado especial.
4	Una vez finalizado el trabajo limpie con un paño que no suelte pelusa (no cierre completamente las superficies de medición) y guarde el equipo.

ANEXO H. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del micrómetro digital.

5	En el caso de que el micrómetro indique las baterías con carga insuficiente solicite al responsable del laboratorio que replacé las pilas.
---	--

	ELABORÓ	VALIDO
PUESTO	Brigadista	PROFESOR DE TIEMPO COMPLETO
FECHA	30-04-12	21//10/10
NOMBRE Y FIRMA	Daniel Alejandro Salazar Martínez Miguel Ángel Gámez Hernández	ORLANDO GUARNEROS GARCÍA

ANEXO H. Instrucciones de operación y mantenimiento preventivo del micrómetro digital.

	<p>INSTALACIÓN DE LA BATERÍA La batería que incluye el equipo Standard no esta instalada en el momento de la adquisición de este micrómetro digital. Colóquela en el compartimento dedicado a este fin.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilice únicamente la pila-botón SR44. El polo positivo quedara siempre visible hacia el exterior. 																												
	<p>ESPECIFICACIONES 1.- Especificaciones particulares de cada serie.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Serie n²</th> <th style="width: 25%;">Error de precisión (μ m) *1</th> <th style="width: 25%;">Presión de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>293</td> <td>± (L/75)</td> <td>5 – 10 N</td> </tr> <tr> <td>314</td> <td>± (3+L/25)</td> <td>5 – 10 N</td> </tr> <tr> <td>324 (Contactos intercambiables para la serie 124 – Opcionales).</td> <td>± (3+L/75)</td> <td>5 – 10 N</td> </tr> <tr> <td>326 (Contactos intercambiables para la serie 126 – Opcionales).</td> <td>± (2+L/75)</td> <td>5 – 10 N</td> </tr> <tr> <td>329 (Error admisible en barra patrón: ± (2+L/75).</td> <td>± 3 (Unidad principal) ± (4+L/75)</td> <td>5 – 10 N 5 – 10 N</td> </tr> <tr> <td>340 (Sechs auswechselbare Ambosse werden als Standardzubehör mitgeliefert).</td> <td>± (4+L/25)</td> <td>5 – 10 N</td> </tr> <tr> <td>345</td> <td>± (1+L/75)</td> <td>5 – 10 N</td> </tr> <tr> <td>350</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>*1: Medido a 20° C, excluido el error de cuantificación. El valor es redondeado. La L corresponde al valor máximo medido.</p> <p>2.- Especificaciones comunes a todas las series.</p> <p>Resolución : 0.001 mm (.00005") Error de cuantificación : ±1 conteo Display : Cristal liquido LCD (6 dígitos y signo negativo) Alimentación : Pila botón SR44 (pieza) Vida batería : 8 meses Temperatura de uso : 5° C a 40° C Temperatura de almacenaje : -10° C a 60° C Accesorios Standard : Llave (Ref. 200877) Barra patrón (para las series 293, 314, 326 y 340)</p>		Serie n ²	Error de precisión (μ m) *1	Presión de medición	293	± (L/75)	5 – 10 N	314	± (3+L/25)	5 – 10 N	324 (Contactos intercambiables para la serie 124 – Opcionales).	± (3+L/75)	5 – 10 N	326 (Contactos intercambiables para la serie 126 – Opcionales).	± (2+L/75)	5 – 10 N	329 (Error admisible en barra patrón: ± (2+L/75).	± 3 (Unidad principal) ± (4+L/75)	5 – 10 N 5 – 10 N	340 (Sechs auswechselbare Ambosse werden als Standardzubehör mitgeliefert).	± (4+L/25)	5 – 10 N	345	± (1+L/75)	5 – 10 N	350		
Serie n ²	Error de precisión (μ m) *1	Presión de medición																											
293	± (L/75)	5 – 10 N																											
314	± (3+L/25)	5 – 10 N																											
324 (Contactos intercambiables para la serie 124 – Opcionales).	± (3+L/75)	5 – 10 N																											
326 (Contactos intercambiables para la serie 126 – Opcionales).	± (2+L/75)	5 – 10 N																											
329 (Error admisible en barra patrón: ± (2+L/75).	± 3 (Unidad principal) ± (4+L/75)	5 – 10 N 5 – 10 N																											
340 (Sechs auswechselbare Ambosse werden als Standardzubehör mitgeliefert).	± (4+L/25)	5 – 10 N																											
345	± (1+L/75)	5 – 10 N																											
350																													
	<p>FUNCIONES DE SALIDA DE DATOS Cable de conexión a salida: Ref. 937387 (1 m), Ref. 965013 (2 m). Sujete por la zona A para introducirlo y B para desconectarlo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad para conectar a periféricos compatibles con la salida estándar para CEP (SPC) de Mitutoyo. Detalles sobre especificaciones de entrada y salida son disponibles si se conectan otro tipo de periféricos. 																												