



GUÍA PRÁCTICA: CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES

Serie:
INGENIERÍAS

Guía práctica

CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES

Carlos Andrés Rodríguez Peña

Nelson Emilio Paz Ruiz

Programa de Ingeniería Industrial

Grupo de Investigación

Cadenas de valor

Calle 4 # 8-30
Popayán, Colombia
e-mail: selloeditorial@unicomfacauc.edu.co
Teléfono: 57+(2) 8386000 Ext 148.
www.unicomfacauc.edu.co

Colección: Material docente
Serie: Humanidades

Rectora (E): Claudia Milena García Castillo
Coordinación editorial y edición académica: Paola Martínez Acosta
Diseño y diagramación: Oscar Eduardo Chávarro Vargas
Editor General de Publicaciones: Yesid Ediver Anacona Mopán

© Corporación Universitaria Comfacauc UNICOMFACAUC, 2024
© Carlos Andrés Rodríguez Peña y Nelson Emilio Paz Ruiz

Primera edición en español
noviembre de 2024

ISBN: 978-628-96725-0-3

Texto financiado por la Corporación Universitaria Comfacauc-Unicomfacauc, en el marco de la convocatoria interna de Publicación de Material Docente, coordinada por la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado: electrónico, mecánico, fotocopia, etc., sin permiso previo de los titulares de los derechos de la propiedad intelectual.

CONTENIDO

9	Resumen
11	Introducción
13	Fundamentación Teórica
13	Historia de la Metrología
15	Calibración
16	Balanza
18	Pesos Patrones De Referencia:
18	Masa:
19	Norma Técnica Colombiana Ntc 2031 Instrumentos de pesaje de Funcionamiento No Automáticos. Requisitos metrológicos y técnicos. Pruebas
25	Fundamentación Metodológica
27	Fundamentación curricular y didáctica
29	Capítulo 1
29	Materiales a usar en la práctica:
29	Procedimiento antes del proceso de calibración
30	Procedimiento de calibración de balanzas
30	Proceso de calibración
31	Repetibilidad de las lecturas
31	Efecto del descentramiento de carga (Excentricidad).
32	Corrección de Calibración
34	Toma y tratamiento de datos
35	Resultados
35	Cálculo de Incertidumbres
39	Procedimiento después de la Calibración

41	Capítulo 2. Práctica de sonómetro
41	Características del Sonido
47	Trabajo de Metrología, Calibrador, Tornillo Micrométrico y Definiciones de Metrología
59	Capítulo 3. Práctica de osciloscopio
63	Capítulo 4. Práctica del multímetro
67	Capítulo 5. Práctica de medidor de distan- cia digital
71	Capítulo 6. Práctica de medidor de estrés de temperatura
75	Capítulo 7. Práctica de luxómetro
79	Glosario
83	Referencias
85	Anexos

RESUMEN

El procedimiento de la calibración de equipos de medición se ha estudiado a través de los años por los organismos metrológicos y de normalización tanto nacional como internacional. La calibración de un elemento es esencial en el control de la calidad de un proceso.

La presente guía tiene como objetivo poner en práctica el procedimiento de calibración de balanzas de pesaje no automático, así como la estimación de la incertidumbre durante el proceso de calibración, con el fin de que los estudiantes estén calificados para dirigir a un equipo de técnicos que laboren en el área de control de calidad, laboratorios en el sector industrial, ambiental, farmacéutico, salud, agropecuario, alimentario o cualquier área donde se realicen mediciones de masa.

La incertidumbre de la medición depende significativamente de las propiedades de cada balanza para pesar. Para el caso particular de Colombia, el decreto 1595 de 2015 dicta normas del subsistema nacional de Calidad en la sección 16, Artículo 2.2. 1.7.16. 3 Laboratorio de calibración Industrial (Bogotá, 2015). La Unicomfauca cuenta con un laboratorio de control de Calidad donde se cuenta con patrones de medida y se realiza calibraciones a los procesos industriales y comerciales no sometidos a reglamento técnico y solamente para fines académicos.

A continuación, se genera esta guía de los siguientes equipos con sus respectivas prácticas de ejercicios con los siguientes equipos y/o elementos:

- Sonómetro
- Osciloscopio
- Multímetro
- Tornillo micrométrico
- Calibrador pie de rey
- Medidor de distancia digital
- Luxómetro – medidor de luz
- Medidor de estrés de temperatura



Esta guía incluye un número determinado de cargas, la determinación de los errores de indicación y la incertidumbre de medición asociada a los mismos. El procedimiento de prueba deberá asemejarse tanto como sea posible a las operaciones de pesada habituales de la banda de manufactura de la Corporación Universitaria Confacauca-Unicomfauca.

Palabras Clave: calibración; medición; básculas; incertidumbre de medición; metrología.

INTRODUCCIÓN

Los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático son ampliamente utilizados para determinar la magnitud de una carga en términos de su masa. Mientras que para algunas aplicaciones especificadas por legislaciones nacionales, los instrumentos son sometidos a control metrológico legal, p.e. aprobación de modelo, verificación, etc., existe una creciente necesidad de tener la calidad metrológica certificada por calibración, p.e. como es requerido por las normas ISO 9001 o ISO/IEC 17025 (EURAMET 2009).

Las balanzas son los equipos de medición que más se utilizan en las industrias para el pesaje y el control estadístico de sus procesos, como también en los laboratorios de calidad, centros de I+D, igualmente son muy utilizadas en los laboratorios para el aseguramiento de las especificaciones de producto o para la formulación de nuevos compuestos. La calibración de una balanza es una operación de control sobre las mismas, que aporta información metrológica suficiente para dar conformidad al uso de la misma. Para que la calibración de balanza tenga validez internacional, ensayos como el cálculo de la excentricidad, la repetibilidad o el error de indicación son parámetros que se deben incluir en sus certificados.

La calibración de balanzas es una actividad que se debe realizar bajo condiciones controladas y en un lugar determinado.

Calibrar balanzas es comparar la medida de un patrón de referencia con la medida del equipo de medición. Al calibrar las balanzas se están aportando niveles de fiabilidad y seguridad en los procesos donde la medición resultante del uso del instrumento tenga lugar. Además, se generan los registros pertinentes que documentan un Sistema de Gestión de la Calidad.

La lectura de un equipo de medición es correcta, si el instrumento tiene un certificado de calibración y se le ha realizado su proceso de verificación metrológica, con un patrón de referencia reconocido, y que este patrón sea

trazable a los patrones nacionales mantenidos por el Instituto Nacional de Metrología INM en Colombia.

Las lecturas incorrectas dadas por un equipo por falta de un proceso de calibración, no han sido documentadas en la literatura ya que esto podría provocar demandas por daños y perjuicios. Las básculas con lecturas erróneas en las industrias y comercio ocasiona grandes pérdidas de dinero, ya sea por los sobrecostos de materia prima utilizada, como las demandas ocasionadas por la competencia. Es por esto que necesitamos el desarrollo de unas guías de calibración para así monitorear las básculas y no permitir que se llegue a obtener falsos datos. Según International Organization for Standardization (ISO), la calibración es la operación de comparar la salida de un equipo de medida frente a la salida de un patrón de exactitud conocida como la misma entrada o magnitud medida aplicada a ambos instrumentos utilizados en el proceso.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

HISTORIA DE LA METROLOGÍA

Desde la Antigüedad (ya en Babilonia, Egipto, Judea, Grecia y Roma) el hombre ha manifestado un especial interés por la medición de todo aquello que le rodea: el tiempo, el espacio, la temperatura, la masa, el volumen, la longitud, etc. Esta práctica es la que le ha llevado a desarrollar diferentes sistemas de medidas que le han permitido evaluar y describir el entorno en el que vivía en función de sus necesidades.

De este modo, cada pueblo ha creado un sistema de medidas acorde con su desarrollo cultural y social: en aquellas sociedades que habitan en condiciones de relativa amplitud territorial, el sistema de medición de la superficie está poco desarrollado. Por otra parte, los nómadas del Sahara, donde la exacta apreciación de la distancia entre un pozo de agua y el siguiente tiene una importancia de vida o muerte, poseen una terminología muy rica en cuanto a las medidas de longitud.

La existencia de tan diversa cantidad de sistemas metroológicos generó, hasta la fijación del sistema métrico decimal, cuantiosas dificultades en el desarrollo de las transacciones comerciales. Las equivalencias y los nombres de las unidades de medida solían ser distintos por lo que eran frecuentes las estafas o las equivocaciones en negociaciones entre miembros de comunidades distintas, con lo cual, en cualquier tipo de operación comercial, reinaba un “desorden” constante, por llamarlo de forma eufemística, según Moreu-Rey. Además, las diferencias entre las medidas y sus equivalencias se las podían encontrar no sólo los miembros de comunidades distintas, sino que incluso se podían dar entre habitantes de un mismo pueblo. Este era el motivo principal por el que existía una pre-

ocupación constante por la fijación de un patrón métrico que sirviera de modelo para evitar los engaños.

Es así como en Francia, tras “un milenio de fallidas tentativas de unificación metrológica” y “siendo ésta una de las primeras naciones en presuponer la necesidad de la existencia de un sistema de medidas estable, homogéneo y universal”, se implanta el sistema métrico decimal el 4 de julio de 1837, que servirá de modelo para el resto de países occidentales.

La unificación del sistema métrico decimal francés pareció impulsar de forma definitiva la implantación de un sistema de medidas en España, donde durante siglos (desde Alfonso X5 el Sabio hasta Felipe V) simplemente se habían observado deseos de unificación que nunca habían llegado a ser más que una utopía planteada por la monarquía del momento. Así, mucho antes que en otros países y de forma casi paralela a la implantación del sistema francés, en España se iniciaron los últimos y definitivos intentos de establecimiento de un sistema métrico unificado. El 19 de julio de 1849 se estableció “la que podríamos llamar la primera Ley Fundamental de la Metrología Española” en la que se planteaban los mecanismos y los plazos para adoptar el nuevo sistema metrológico. Sin embargo, la promulgación de la ley no fue suficiente ya que no llegó a implantarse como se esperaba a pesar de haberse intentado en varias ocasiones (1 de julio de 1868; 1 de enero de 1869; 1 de julio de 1871). En 1875, en París, durante la celebración del Convenio Diplomático del Metro, fue cuando se promulgó una ley que resultó ser prácticamente definitiva, pues obligaba a España (junto a otros 17 países de Europa y América) a “impulsar definitivamente el sistema métrico decimal en todos los usos científicos y sociales”. Sin embargo, la ley de 1875 no se consolidó en España hasta después de la Restauración, cuando “el importante decreto del 14 de febrero de 1879 dictaba, por última vez en la historia, la obligación del sistema métrico decimal en todos los actos desde el 1 de julio de 1880”.

Será a partir de este momento cuando las unidades tradicionales, aquellas que habían servido durante años a tantos agricultores, comerciantes o pescadores y que eran herencia de todas las culturas que habían habitado suelo hispano (íberos, celtas, romanos, visigodos y árabes), pasan a tener un papel totalmente secundario ya que no desaparecen definitivamente sino que conviven con una nomenclatura nueva, fruto de una traducción de la francesa, como habría ya sucedido en el caso de la química y en otros sectores de la terminología científica (C. J. Luna 2018).



CALIBRACIÓN

Al aplicar el procedimiento de calibración es necesario conocer aquellas características que definen el equipo de medida y su aplicación. Comenzamos con el rango de medida donde se definen los valores mínimos y máximos de lectura para los cuales el equipo ha sido diseñado. El alcance es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de la variable de entrada del instrumento de medida. La sensibilidad de la medida permite que determinemos la capacidad de medida del equipo las cuales son decisivas a la hora de elegir un equipo. Una de las medidas de sensibilidad lo es la exactitud, la cual es la capacidad de un equipo de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. Otra de estas medidas lo es la fidelidad del instrumento donde caracteriza la capacidad del instrumento de medida para dar el mismo valor de magnitud al medir varias veces en una misma condición. La fidelidad está ligada con los conceptos de repetibilidad y de reproducibilidad donde la repetibilidad es el parámetro que define si un campo es repetible o sea que puede presentarse más de una vez en un registro dado. Los cambios en la calidad de los equipos de medición pueden ser advertidos mediante rutinas de calibración de dichos equipos, protegiendo así la repetibilidad de su proceso

La calibración de los equipos se puede ver alterada por muchas cosas, como instalación inadecuada, daños físicos, entre otros. Estas alteraciones pueden provocar cambios en la calidad del producto. La reproducibilidad se conoce como la capacidad de repetir un determinado experimento en cualquier lugar y por cualquier persona. Cuando el instrumento produce un error constante sobre todo el rango de medida se conoce como desplazamiento y la linealidad indica el grado de proporcionalidad entre la magnitud física y la medida. La sensibilidad ante perturbaciones mide la variación máxima de la medida en relación con una variación unitaria de una condición ambiental. Es importante conocer, además, que la histéresis es la propiedad presente en algunos instrumentos de medida que provoca que la curva de medida difiera según las lecturas se hagan de forma ascendente o en sentido descendente. La zona muerta, que se define como el rango de entrada para el cual no se obtiene lectura en la salida. Umbral es el nivel mínimo necesario para que cuando la entrada del instru-



mento aumente de forma progresiva desde cero, tenga lugar a la salida un cambio suficientemente grande como para ser detectado. Por último, la resolución, que es el nivel mínimo de cambio en la entrada para que produzca un cambio observable en la salida. El resultado de cualquier medida es sólo una aproximación o estimación del verdadero valor de la cantidad sometida a medición. De esta forma, la expresión del resultado de una medida es completa únicamente si va acompañado del valor de la incertidumbre asociada a dicha medida. La incertidumbre de medida incluye generalmente varios componentes como: aquellas que pueden estimarse a partir de cálculos estadísticos obtenidos de las muestras recogidas en el proceso de medida y aquellas que únicamente están basadas en la experiencia o en otras informaciones (Luna, 2018).

BALANZA

Definición: Para poder conocer a fondo el significado del término balanza, hay que comenzar por descubrir su origen etimológico. En este caso, podemos exponer que se trata de una palabra que deriva del latín. En concreto, procede del sustantivo “bilanx”, que es el nombre que se utilizaba para referirse a una balanza que tenía dos platos. Y es que la misma era fruto de la suma de estos dos componentes:

- El prefijo “bi-”, que equivale a “dos”.
- El sustantivo “lanx”, que puede traducirse como “plato” (Rodríguez del Río, 2005).



Figura 1. Balanza del laboratorio de Calidad de la Unicomfacau- ca marca TRUMAX solo peso para sistema POS.

Fuente. Archivo de los autores



El concepto alude al dispositivo que se utiliza para calcular el peso de las cosas.

Existen múltiples tipos de balanzas que permiten pesar elementos de características muy distintas entre sí. Las balanzas, en concreto, miden la masa de los cuerpos: la cantidad de materia que tienen. El kilogramo es la unidad de masa del Sistema Internacional de Unidades.

Son muchos los tipos de balanzas que existen, destacando las de animales, las industriales, las de bolsillo, las que usan para camiones, las de joyería, las digitales, las de farmacia, las de muelle, las pesa bebés... Estas últimas, por ejemplo, como su propio nombre indica, se pueden encontrar tanto en consultas de pediatras como en farmacias, e incluso en hogares, y tienen como objetivo poder conocer el peso que tiene un niño pequeño. De esta manera, se puede saber si está creciendo y ganando peso de forma normal o no.

De la misma forma, no se debe olvidar que hay balanzas que tienen como objetivo proceder a pesar elementos muy concretos. Así, están las de vehículos, las de paquetería, las de animales, las de toneles, las de tolvas, las de laboratorio, las de joyas, las de alimentos.

Además de todo lo expuesto, sea del tipo que sea, se requiere que una balanza sea precisa, fiable, resistente, fácil de utilizar y que pueda disponer de funciones realmente útiles como memoria, por ejemplo.

Aunque existen diferencias entre el peso y la masa, en el lenguaje cotidiano ambas nociones se emplean como equivalentes. Por eso, aunque la balanza revele la masa de algo, se suele decir que informa su peso.

La precisión de las balanzas varía de acuerdo a su uso. En una carnicería, por citar un caso, es suficiente que la balanza trabaje con una precisión de gramos. Así el carnicero puede vender dos kilogramos de costillas (chuletas) o doscientos gramos de carne picada. En cambio, en un laboratorio, se necesitará una balanza con precisión de miligramos para preparar los fármacos con sus proporciones exactas.

En el terreno de la economía, se conoce como balanza a ciertos registros que permiten comparar el estado de los ingresos y los egresos de dinero. La balanza comercial, en este marco, refleja la comparación entre las exportaciones y las importaciones de un país, mientras que la balanza de pagos compara los pagos y los cobros exteriores de una determinada economía (Rodríguez del Río, 2005).

PESOS PATRONES DE REFERENCIA

Masa

El valor correspondiente a la definición de la propiedad física. Se obtiene en el vacío o haciendo correcciones por empuje y otros factores (J. P. P. y. Merino, 2018).

Masa convencional

Según el documento D28 “Conventional value of the result of weighing in air” (OIML D28, 2004), la masa convencional de un cuerpo es igual a la masa de un patrón de densidad igual a 8 000 kg/m³ que equilibra en el aire a dicho cuerpo en condiciones convencionalmente escogidas: temperatura del aire igual a 20° C y densidad del aire igual a 1,2 kg/m³

Esta definición es fundamental para un comercio internacional sin controversias sobre pesajes realizados bajo distintas condiciones de densidad del aire y densidad de los objetos (J. P. P. y. M. Merino 2018).

$$masa\ convencional = m * \left(\frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_c}} \right)$$

m: Masa del objeto

: Densidad del aire

: Densidad de referencia

: Densidad del objeto (J. P. P. y. M. Merino 2018)

Kilogramo

Masa del prototipo internacional del kilogramo, adoptado por la Conferencia General de Pesas y Medidas, este se realiza mediante un cilindro de 39 mm de alto y 39 mm de diámetro, fabricado en una aleación de platino 90% y 10% de iridio (J. P. P. y. M. Merino 2018).





Figura 2. Juego de pesos patrones del laboratorio de calidad de la Unicomfauca marca Trumax

Fuente. Archivo de los autores

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2031 INSTRUMENTOS DE PESAJE DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMÁTICOS. REQUISITOS METROLÓGICOS Y TÉCNICOS. PRUEBAS

Objeto

El presente documento normativo especifica los requisitos metrológicos y técnicos para Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automáticos que son sometidos a controles metrológicos oficiales. Tiene por objeto proporcionar los requisitos y procedimientos de ensayo normalizados para evaluar las características metrológicas y técnicas de manera uniforme y trazable.

Principios técnicos

Unidades de medida

Las unidades de masa a utilizar en un instrumento son:

- kilogramo, kg;
- miligramo, mg;
- gramo, g; y
- tonelada, t.

Para aplicaciones especiales, por ejemplo, el comercio de piedras preciosas, se puede utilizar el quilate métrico (1 quilate = 0,2 g) como unidad de medición. El símbolo del quilate es ct.

Principios de los requisitos metrológicos

Los requisitos se aplican a todos los instrumentos, independientemente de sus principios de medición. Los instrumentos se clasifican según:

- la división de escala de verificación, que representa la exactitud absoluta; y
- el número de divisiones de escala de verificación, que representa la exactitud relativa.

Los errores máximos permitidos son del orden de magnitud de la división de escala de verificación. Estos se aplican a las cargas brutas y, cuando un dispositivo de tara está en funcionamiento, se aplican a las cargas netas. Los errores máximos permitidos no se aplican a los valores netos calculados cuando un dispositivo de tara predeterminada está en funcionamiento. Se especifica una capacidad

Principios de los requisitos técnicos

Los requisitos técnicos generales se aplican a todos los modelos de instrumentos, ya sean mecánicos o electrónicos, y son modificados o complementados con requisitos adicionales para instrumentos usados para una aplicación específica o diseñados para una tecnología especial. Tienen por objeto especificar el funcionamiento de los instrumentos, no su diseño, a fin de no impedir los avances técnicos.

En particular, se deberían permitir las funciones de instrumentos electrónicos no cubiertas por el presente do-



cumento normativo siempre que no interfieran con los requisitos metrológicos y si se asegura la aptitud para el uso y un control metrológico apropiado.

Se proporcionan procedimientos de ensayo para establecer la conformidad de los instrumentos con los requisitos de esta NTC. Es conveniente de aplicarlos y utilizar el Formato de Informe de Ensayo (R 76-2), para facilitar el intercambio y la aceptación de resultados de ensayo por las autoridades metrológicas.

Aplicación de los requisitos

Los requisitos de esta NTC se aplican a todos los dispositivos que realizan las funciones relevantes, ya sea que estén incorporados en un instrumento o fabricados como unidades separadas. Ejemplos:

- Dispositivo de medición de carga;
- Dispositivo indicador; - dispositivo impresor;
- Dispositivo de tara predeterminada; y
- Dispositivo calculador de precio.

Sin embargo, los dispositivos que no están incorporados en el instrumento, pueden, según la legislación nacional y para aplicaciones especiales, ser eximidos del cumplimiento de los requisitos.

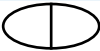
Terminología

La terminología proporcionada en el capítulo T Terminología, debe ser considerada como una parte obligatoria de esta NTC.

Requisitos metrológicos

Principios de clasificación

Clases de exactitud: en la Tabla 1 se dan las clases de exactitud de los instrumentos y sus símbolos. Nótese que las denominaciones de clase utilizadas en la presente NTC no incluyen el óvalo alrededor del número para mayor claridad del texto de la misma.

Nombre	Símbolo marcado en el instrumento	Denominación utilizada en esta NTC
Exactitud espacial		I
Exactitud alta		II
Exactitud media		III
Exactitud ordinaria		IIII

Se permite utilizar óvalos de cualquier forma o dos líneas horizontales unidas por dos semicírculos. No se debe utilizar un círculo porque, de conformidad con OIML R 34 Clases de exactitud de instrumentos de medición, éste se reserva para la designación de clases de exactitud de instrumentos de medición, cuyos errores máximos permitidos se expresan mediante un error relativo constante en %.

Fuente. Elaboración propia

División de escala de verificación

En la Tabla 2, se da la división de escala de verificación para los diferentes modelos de instrumentos.

Modelo de Instrumento	División de escala de verificación
Graduado, sin dispositivo indicador auxiliar	$e = d$
Graduado, con dispositivo indicador auxiliar	e es seleccionado por el fabricante de acuerdo con los requisitos de 3.2 y 3.4.2
No graduado	e es seleccionado por el fabricante de acuerdo con los requisitos de 3.2 3.2

Fuente. Elaboración propia

Clasificación de instrumentos

En la Tabla 3, se proporcionan la división de escala de verificación, el número de divisiones de escala de verificación y la capacidad mínima en función de la clase de exactitud de los instrumentos

Clase de exactitud	División de escala de verificación, e	Número de divisiones de escala de verificación, $n = \text{Max}/e$		Capacidad mínima, Min (Límite inferior)
		mínimo	máximo	
Especial (I)	$0,001 \text{ g} \leq e^*$	50 000**	–	100 e
Alta (II)	$0,001 \text{ g} \leq e \leq 0,05 \text{ g}$ $0,1 \text{ g} \leq e$	100	100 000	20e
		5 000	100 000	50 e
Media (III)	$0,1 \text{ g} \leq e \leq 2 \text{ g}$ $5 \text{ g} \leq e$	100	10 000	20 e
		500	10 000	20 e
Ordinaria (III)	$5 \text{ g} \leq e$	100	1 000	10 e

* Normalmente, no es posible ensayar y verificar un instrumento con $e < 1 \text{ mg}$, debido a la incertidumbre de las cargas de ensayo.

** Véase la excepción del numeral 3.4.4.

Fuente. Elaboración propia

La capacidad mínima se reduce a 5 e para instrumentos de clasificación, es decir, instrumentos que determinan una tasa o tarifa de transporte (por ejemplos, balanzas postales e instrumentos que pesan desechos).

En instrumentos de rango múltiple, las divisiones de escala de verificación son $e_1, e_2, \dots, e_r$ con $e_1 < e_2 < \dots < e_r$. También se utilizan subíndices similares con los términos Min, n y Max.

En instrumentos de rango múltiple, cada rango es tratado como si fuera un instrumento con un solo rango.

Para aplicaciones especiales que están claramente indicadas en el instrumento, éste puede tener rangos de pesaje de clases I y II o de clases II y III. En ese caso, el instrumento en su conjunto debe cumplir con los requisitos más estrictos de 3.9 aplicables a cualquiera de las dos clases (ICONTEC 2014).

Errores máximos permitidos

Valores de los errores máximos permitidos en la verificación inicial En la Tabla 4, se proporcionan los errores máximos permitidos para cargas crecientes y decrecientes.



Errores máximos permitidos en la verificación inicial	Para cargas, m, expresadas en divisiones de escala de verificación, e			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IIII
$\pm 0,5 e$	$0 \leq m \leq 50\,000$	$0 \leq m \leq 5\,000$	$0 \leq m \leq 500$	$0 \leq m \leq 50$
$\pm 1,0 e$	$50\,000 < m \leq 200\,000$	$5\,000 < m \leq 20\,000$	$500 < m \leq 2\,000$	$50 < m \leq 200$
$\pm 1,5 e$	$200\,000 < m$	$20\,000 < m \leq 100\,000$	$2\,000 < m \leq 10\,000$	$200 < m \leq 1\,000$

Fuente. Elaboración propia

Nota: El valor absoluto del error máximo permitido es 0,5 e, 1,0 e ó 1,5 e, es decir, es el valor del error máximo permitido sin el signo positivo o negativo.

Valores de los errores máximos permitidos en servicio: los errores máximos permitidos en servicio deben ser iguales al doble de los errores máximos permitidos en la verificación inicial.

Reglas básicas referentes a la determinación de errores. Factores de influencia: los errores deben ser determinados en condiciones de ensayo normales. Cuando se evalúa el efecto de un factor, todos los demás factores deben mantenerse relativamente constantes, con valores próximos a la normal.

Eliminación del error de redondeo: se debe eliminar el error de redondeo incluido en una indicación digital si la división de escala real es superior a 0,2 e.

Errores máximos permitidos para los valores netos: los errores máximos permitidos se aplican al valor neto para cada carga de tara posible, salvo los valores de tara predefinidos.

Dispositivo de pesaje de la tara: los errores máximos permitidos en un dispositivo de pesaje de la tara son, para cualquier valor de tara, los mismos que los del instrumento para el mismo valor de carga (ICONTEC 2014).



FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA

Modelo Pedagógico de la Corporación Universitaria Comfacauca. Conscientes de los retos que presenta la educación superior en los años venideros, Unicomfacauca le apuesta a la consideración permanente de su Proyecto Educativo Institucional, el cual comprende la revisión y la modernización curricular de sus programas académicos, incorporando los fundamentos de una formación integral y permanente en el desarrollo de las disciplinas y profesiones vigentes en el contexto global del conocimiento. Para lograr dicho cometido, el programa Ingeniería Industrial perfila un enfoque pedagógico que se apoya tanto en fundamentos teóricos (filosóficos, conceptuales, disciplinares), como en la comprensión del contexto sociocultural, pluriétnico y económico; de la región y el mundo; por lo que le apuesta a un enfoque integral del desarrollo humano, que incorpora la alfabetización en tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la internacionalización de su perfil profesional mediante la implementación de una segunda lengua, el desarrollo de competencias sociohumanísticas, ciudadanas, científicas y tecnológicas, y el emprendimiento, al tiempo que se implementan actividades didácticas e innovadoras que enriquecen el perfil del egresado para contrarrestar las brechas que la producción y distribución del conocimiento viene ahondando en el contexto mundial.

Por consiguiente, la siguiente práctica de calibración de la balanza de producto terminado de la línea de producción del laboratorio de manufactura de Unicomfacauca, tiene un enfoque integral del desarrollo humano incorporando las tecnologías dispuestas por los laboratorios de calidad y manufactura de la Corporación.

Se procederá primero realizando grupos de trabajo para que determinen la cantidad de mediciones y límites de la estimación de la incertidumbre, donde se realiza los siguientes pasos para poder desarrollar la práctica:



Figura 3: Línea de producción del laboratorio de manufactura de Unicomfauca

Fuente. Archivos de los autores

- Clase magistral donde se exponen los conceptos como aceleración gravitacional, masa, calibración e incertidumbre entre otros conceptos de metrología industrial.
- Taller de gestión metrológica para definir capacidad de trabajo de equipos de medición.
- Ajuste interno y externo de la balanza antes del proceso de calibración.
- Toma de datos del proceso de calibración, donde se procede a realizar pruebas de error de indicación, prueba de repetibilidad y prueba de movilidad.
- Estimación de la incertidumbre de medición del proceso de calibración, incluyendo la incertidumbre tipo A: desviación estadística, Incertidumbres tipo B como por ejemplo el empuje del aire, material de referencia.
- Entrega del certificado de calibración bajo los lineamientos de la Norma ISO 17025:2017, requisitos generales para la competencia de laboratorios de calibración y ensayo.

La práctica busca la apropiación y producción de conocimiento en procesos de interacción conjunta entre pares, donde el modelo pedagógico es el trabajo colaborativo, en el cual los estudiantes son los gestores de su propio aprendizaje; y el profesor se convierte facilitador, colaborador y orientador del desarrollo de la práctica de calibración de balanzas. Ello conlleva un cambio estructural en el quehacer educativo del docente que soporte la inserción de las tecnologías en el ambiente de aprendizaje con sentido pedagógico y la asimilación de la teoría con la práctica.



FUNDAMENTACIÓN CURRICULAR Y DIDÁCTICA

Este guía de calibración de balanzas presenta el diseño de una estrategia didáctica basada en los conceptos de magnitud, medición y calibración, en la perspectiva del desarrollo de habilidades tecno-científicas, para ser aplicada con estudiantes de noveno semestre del programa de Ingeniería Industrial de la Corporación Universitaria de Comfacaucá, en la electiva de profundización II, con el objetivo de desarrollar un proceso de fundamentación que les permita acceder de manera competente a las características del trabajo en las áreas de Control de Calidad y laboratorios, y a la consolidación de un cuerpo de conocimientos y actitudes que los aproximen progresivamente a una cultura metrológica, contextualizada y aplicable a su vida profesional. El estudio del concepto de magnitud, el trabajo experimental de medición y calibración para poder desarrollar habilidades tecno-científicas, conforman la estructura de esta estrategia didáctica.

CAPÍTULO 1.

MATERIALES A USAR EN LA PRÁCTICA

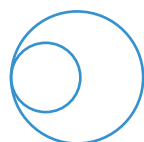
- Juego de pesas patrón del laboratorio de control de calidad de Unicomfauca
- Brocha de cerdas suaves
- Termohigro-barómetro
- Pinzas para pesas
- Manual de la balanza
- Guates de látex
- Pañitos húmedos

PROCEDIMIENTO ANTES DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN

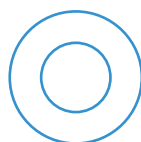
- Ingresar al laboratorio de control de calidad con los implementos de seguridad adecuados.
- Limpiar las pesas a utilizar con un pañito húmedo, utilizar los guantes para evitar el contacto directo con la piel, ya que ésta puede adherir sustancias (grasa) que alteran la medición.
- Limpiar con la brocha la superficie de la balanza garantizando que no exista polvo sobre el platillo.
- Limpiar con el pañito húmedo la superficie exterior de la balanza.
- Colocar la balanza en una superficie lisa, nivelada y libre de vibraciones.



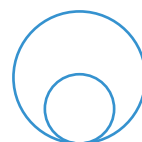
- Nivelar la burbuja de aire que contiene la balanza en la parte posterior o en un costado (dependiendo del modelo), auxiliándose de las “patas” niveladoras de ella.



a. Nivelado incorrecto



b. Nivelado correcto



c. Nivelado incorrecto

Figura 4. Nivelado
Fuente. Elaboración propia

- Elaborar la ficha técnica de la balanza antes de iniciar la calibración. (Anexo. 1)
- Determinar la temperatura, humedad relativa (Hr) y la presión atmosférica (HpA) del laboratorio y registrarla en el formato de calibración (Anexo. 1).
- Realizar observaciones adicionales a cada uno de los componentes de la balanza, y registrarlas en el formato de calibración (Anexo. 1)

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS

El procedimiento que se desarrolla a continuación es el Procedimiento ME-05 para la calibración de balanzas mono- plato del centro Español de Metrología:

Proceso de calibración

La calibración se realizará determinando la corrección de calibración, así como su incertidumbre, suponiendo que la balanza se va a utilizar para la realización de medidas absolutas. Se realizarán las siguientes pruebas:



1. Repetibilidad de las lecturas
2. Efecto del descentramiento de carga (excentricidad).
3. Corrección de calibración

Repetibilidad de las lecturas

La repetibilidad de la balanza es una medida de lo bien que ésta será capaz de medir de forma repetitiva una masa. Junto con el resto de las pruebas a realizar, nos asegura que el valor de la masa obtenido es el correcto.

La repetibilidad de las medidas se expresa normalmente en términos de la desviación típica obtenida de una serie de lecturas repetidas, como mínimo 5 veces y 3 veces como mínimo en el caso en que la pesa o pesas sean mayores de 100 kg. Para una buena balanza el valor obtenido de esta diferencia nunca debería exceder tres veces su resolución.

La repetibilidad deberá realizarse siempre de manera que simule lo más realmente posible la utilización habitual de la balanza.

La manera de realizar el estudio de repetibilidad será, una vez ajustado el cero, colocar y quitar la masa o masas patrón un número de veces acorde con lo descrito anteriormente, anotando, cada vez que se obtenga la estabilidad, el valor indicado. Después de cada retirada de la masa se deberá comprobar que la indicación es cero ajustándose si no fuese así antes de continuar (Instituto Nacional de Metrología de Colombia 2018).

Efecto del descentramiento de carga (excentricidad).

Este efecto se produce cuando el centro de masas de las pesas a medir no coincide con el centro del platillo, dando lugar a desviaciones o defectos de descentramiento.

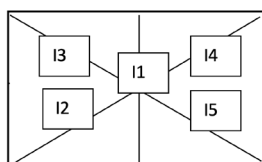
Es difícil dar valores que puedan utilizarse para corregir las lecturas de la balanza, porque el efecto, no siempre es lineal con respecto a la carga o la posición. Este ensayo, se realiza para estudiar las diferencias en las lecturas de la balanza, cuando las cargas se sitúan fuera del centro geométrico del plato.

El efecto es fácil de medir, se realizará mediante el siguiente proceso:

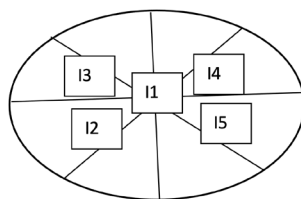
- Situar la masa o masas Patrón en el centro del platillo y efectuar la lectura. Después realizar la misma operación con las masas desplazadas del centro a las posiciones 1, 2, 3 y 4 indicadas en la figura 1, haciendo la lectura correspondiente en cada posición y anotando los resultados en una tabla adecuada. También pueden colocarse las cargas en los ejes de simetría, tal como se indica en la siguiente figura 5, pero siempre deberá indicarse en la hoja de toma de datos y en el correspondiente certificado
- La medida de este efecto vendrá dada por la diferencia entre el valor obtenido en la posición central y cada uno de los valores obtenidos en el resto de las posiciones.
- Los errores observados dependerán de lo lejos que se sitúen las masas del centro del platillo.
- Este efecto se medirá a 1/3 ó mitad del rango total de la balanza. Puesto que el efecto no es lineal, no tienen por qué obtenerse mayores valores a cargas más grandes, evitando así el producir algún daño en el mecanismo de la balanza al situar grandes cargas lejos del eje del platillo.

El error de excentricidad E_{ecc} : vendrá dado por la máxima diferencia entre el valor de la posición l_i y la posición central l_1 encontrado entre las cuatro posiciones descentradas (Instituto Nacional de Metrología de Colombia 2018).

$$E_{ecc} = l_i - l_1 \quad (1)$$



Plato Rectangular



Plato circular

Figura 5. Plano rectangular y circular

Fuente. Elaboración Propia

Corrección de calibración

Cuando una balanza se va a utilizar para medida directa deberán comprobarse a lo largo de toda la escala los valores indicados con respecto a un juego de pesas



calibradas, esto servirá para comprobar cuánto se desvía la balanza respecto a los valores nominales y aplicar por tanto las correcciones necesarias.

Esta prueba se realiza con $kL \geq 5$ cargas de prueba diferentes L_j , $1 \leq j \leq kL$, distribuidas de forma razonablemente uniforme en el alcance de pesada normal (alcance máximo), o en puntos de prueba individuales acordados.

Cuando se ha acordado un alcance de calibración significativamente menor, puede reducirse consecuentemente el número de cargas de prueba, siempre que haya al menos 3 puntos de prueba incluyendo Min' y Max' , y que la diferencia entre dos cargas de prueba consecutivas no sea mayor que $0,15 \times Max$.

Es necesario que las cargas de prueba estén formadas por patrones de masa adecuados a la clase y características de la balanza.

La prueba, o las cargas individuales pueden repetirse para combinarse con la prueba de repetibilidad.

Se registran las indicaciones I_j para cada carga. Después de la retirada de cada carga, como mínimo se debería comprobar que la indicación sea cero, y puede ajustarse a cero si no lo es, anotando las indicaciones sin carga I_{0j} (Instituto Nacional de Metrología de Colombia 2018).

Para cada carga de prueba L_{Tj} , el error de indicación se calcula de la manera siguiente:

$$E = I_j - m_{refj} \quad (2)$$

Siendo m_{refj} los valores de masa convencional de los Patrones utilizados en la lectura j e I la indicación de la balanza para esos valores. Cuando una indicación I_j es la media de más de una lectura, se entiende que I_j es el valor medio de estas (Instituto Nacional de Metrología de Colombia 2018).

Los valores de corrección se especificarán en los anexos de la presente guía.

TOMA Y TRATAMIENTO DE DATOS

Las variables y resultados los denominaremos de la siguiente forma:

I_{ij} : lectura (indicación) de la balanza cuando realizamos el estudio de repetibilidad con las masas patrón, donde $i = 1$ a n , (valores de repetición); y $j = 1$ a 3 (puntos donde se realiza el estudio de repetibilidad)

I_i : indicación de la balanza cuando realizamos la determinación de la corrección de calibración ($j = 1$ a n), y se incluyen los puntos donde se ha estudiado la repetibilidad.
 m_{refj} : Valor de la masa patrón (según certificado) correspondiente al punto j de calibración.

Se calcularán:

$\bar{I}_j$: Valor medio de los valores indicados por la balanza en cada punto j de estudio de la repetibilidad.

$$\bar{I}_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n I_{kj} \quad (3)$$

s_j : Desviación típica de los valores indicados por la balanza al medir la masa Patrón en un punto j .

$$s_j^2 = 1/(n-1) \sum_{k=1}^n (I_{kj} - \bar{I}_j)^2 \quad (4)$$

E : Es la corrección local de calibración en cada punto j

$$\begin{aligned} E &= m_{refj} - \bar{I}_j && (\text{puntos de } n \text{ medidas}) \\ E &= m_{refj} - I_j && (\text{puntos de 1 medidas}) \end{aligned}$$

Deberán rechazarse de la calibración todas aquellas medidas que no cumplan las exigencias siguientes:

- Cualquier duda sobre la bondad de la medida por parte del operador.
- Todas aquellas medidas que se hagan fuera de las condiciones ambientales del Laboratorio o cuya variación de temperatura sea superior a 3° C por hora.

Aquellas en que no se consiga una buena estabilidad de al menos dos veces la resolución del instrumento a ca-



librar (Instituto Nacional de Metrología de Colombia 2018).

Todas las anotaciones y observaciones que se realicen durante la calibración, deberán quedar reflejadas en la correspondiente hoja de calibración o de toma de datos, ver anexos. Los datos mínimos que deben figurar en la correspondiente hoja serán los siguientes

- Número asignado de calibración.
- Identificación clara del patrón o patrones utilizados y del instrumento.
- Rango máximo y resolución de la balanza.
- Anomalías detectadas, antes o durante la calibración.
- Condiciones ambientales durante la calibración.
- Fechas de realización.
- Técnico que realizó la calibración.
- Datos de la calibración, e incertidumbres asociadas.
- Densidad de las masas Patrón utilizadas

RESULTADOS

Una vez finalizada la calibración, y obtenidos los valores de descentramiento de carga, repetibilidad, etc, es necesario analizar los resultados finales y asignar unos valores de incertidumbre. Estos resultados se darán de forma clara, indicando los valores encontrados de los errores o de las correcciones y su incertidumbre.

Cálculo de incertidumbres

Contribuciones a la incertidumbre La ecuación de la calibración, como ya se describió anteriormente es

$$E = I_j - mref_j \quad (2)$$

y las varianzas correspondientes:

$$u^2(E) = u^2(I) + u^2(mref) \quad (5)$$

El valor de referencia de masa viene dado por las correcciones:

$$mref = m_N + \delta m_c + \delta m_D + \delta m_B + \delta m_{conv} + \delta m \dots \quad (6)$$



Donde:

m_c es el valor nominal de la masa.

δm_c es la corrección a m_c para obtener la masa convencional real m_c dada en el certificado de calibración. Su incertidumbre típica es:

$$u(\delta m_c) = \frac{U}{k} \quad (7)$$

En el caso de utilización de varias masas Patrón t , de un mismo juego en el punto j , estimaremos una correlación total, de tal forma que la composición de las incertidumbres típicas del conjunto de masas utilizado sea mediante una ley lineal:

$$u(\delta m_c)_j = \sum_{k=1}^n u(\delta m_c)_i \quad (8)$$

Cuando la masa Patrón se usa con valor nominal y está conforme a las especificaciones de clase dados en R111 (Instituto Nacional de Metrología de Colombia 2018).

, $\delta m_c = 0$ y se le supone una distribución rectangular, quedando:

$$u(\delta m_c) = \frac{Tol}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

Siendo Tol el error máximo permitido en R111 (Instituto Nacional de Metrología de Colombia 2018).

, para la clase de la masa Patrón.

δm_D es la corrección por posible deriva de m_c desde la última calibración. Si no es posible tener este dato, D puede estimarse en función de la calidad y la frecuencia de su uso con la siguiente formula:

$$D = k_D U(m_c) \quad (10)$$

donde k_D es un factor comprendido entre 1 y 3.

No se aconseja aplicar una corrección y se puede suponer una distribución rectangular, con lo que la incertidumbre típica quedaría como:

$$u(\delta m_D) = \frac{D}{\sqrt{3}} \quad (11)$$



δm_B es la corrección por empuje del aire. La balanza se ha ajustado justo antes de la calibración:

$$\delta m_B = -m_N(\rho_a - \rho_0) \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_c} \right) \quad (12)$$

ρ = densidad de la masa
 $\rho_0 = 1.2 \text{ kg/m}^3$ densidad referencia de aire
 $\rho_c = 8000 \text{ kg/m}^3$ densidad referencia del acero y su incertidumbre típica relativa

δm_{conv} es la corrección para los efectos de convección. No se aconseja aplicar una corrección, sino suponer una distribución rectangular, siendo la incertidumbre típica

$$u\delta m_{conv} = \frac{\Delta m_{conv}}{\sqrt{3}} \quad (14)$$

Δm_{conv} Se tomará de la siguiente tabla:

Tabla 5. Cambio de masa aparente

Cambio Δm_{conv} en mg para pesas patrón, para diferencias de temperatura seleccionadas ΔT								
	$\Delta T / K$							
m en kg	20	15	10	7	5	3	2	1
50	113,23	87,06	60,23	43,65	32,27	20,47	14,30	7,79
20	49,23	38,00	26,43	19,25	14,30	9,14	6,42	3,53
10	26,43	20,47	14,30	10,45	7,79	5,01	3,53	1,96
5	14,30	11,10	7,79	5,72	4,28	2,76	1,96	1,09
2	6,42	5,01	3,53	2,61	1,96	1,27	0,91	0,51
1	3,53	2,76	1,96	1,45	1,09	0,72	0,51	0,29
0,5	1,96	1,54	1,09	0,81	0,61	0,40	0,29	0,17
0,2	0,91	0,72	0,51	0,38	0,29	0,19	0,14	0,08
0,1	0,51	0,40	0,29	0,22	0,17	0,11	0,08	0,05
0,05	0,29	0,23	0,17	0,12	0,09	0,06	0,05	0,03
0,02	0,14	0,11	0,08	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01
0,01	0,08	0,06	0,05	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01

Fuente. Tomado de Guía SIM (año)

La incertidumbre típica de la masa de referencia se obtiene de:

$$u^2(m_{ref}) = u^2(m_c) + u^2(m_D) + u^2(m_B) + u^2(m_{conv}) \quad (15)$$

El valor de la de la indicación se compone de las correcciones:

$$I = I_L + \delta I_{digL} + \delta I_{rep} + \delta I_{ecc} - I_0 - \delta I_{dig0} \quad (16)$$

Como estas correcciones tienen una esperanza matemática nula sus incertidumbres típicas son:

δI_{ecc} es la corrección del error de redondeo de la indicación con carga. Se le supone una distribución rectangular con lo que:

$$u(\delta I_{digL}) = \frac{d_I}{2\sqrt{3}} \quad (17)$$

δI_{rep} es la corrección del error de redondeo de la indicación sin carga. Se le supone una distribución rectangular con lo que:

$$u(\delta I_{dig0}) = \frac{d_0}{2\sqrt{3}} \quad (18)$$

δI_{dig0} es la corrección del error debido a la repetibilidad. Se le supone una distribución normal y se estima por:

$$u(\delta I_{rep}) = s(I_j) \quad (19)$$

Si la indicación I_j es la media de n lecturas, la incertidumbre típica será:

$$u(\delta I_{rep}) = \frac{s(I_j)}{\sqrt{n}} \quad (20)$$

δI_{digL} es la corrección por descentramiento. Se le supone una distribución rectangular con lo que:

$$u(\delta I_{ecc}) = |\Delta I_{ecc,i}|_{max} / 2L_{ecc} \sqrt{3} \quad (21)$$

donde $\Delta I_{ecc,i}$ es el valor de la lectura en la posición i , y L_{ecc} es el valor nominal de la pesa que se ha utilizado.

En incertidumbre relativa quedaría:

$$\dot{W}(I_{ecc}) = |\Delta I_{ecc,i}|_{max} / (2L_{ecc} \sqrt{3}) \quad (22)$$



La incertidumbre típica de la indicación se obtendría de:

$$u^2(I) = \frac{d_0^2}{12} + \frac{d_I^2}{12} + S^2(I) + W^2(I_{ecc}) \quad (23)$$

Con lo que la incertidumbre típica u_2 (E) quedaría como:

$$u^2(I) = \frac{d_0^2}{12} + \frac{d_I^2}{12} + S^2(I) + W^2(I_{ecc}) + u^2(m_c) + u^2(m_D) + u^2(m_B) + u^2(m_{conv}) \quad (24)$$

PROCEDIMIENTO DESPUÉS DE LA CALIBRACIÓN

- Apagar la balanza al concluir las determinaciones.
- Guardar las pesas utilizadas.
- Realizar los cálculos requeridos en el anexo No. 2.

CAPÍTULO 2.

PRÁCTICA DE SONÓMETRO

CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

Tono o altura: el tono de un sonido se relaciona con la frecuencia (f) de la onda sonora, de modo que cuanto más agudo sea el sonido, mayor será su frecuencia, y cuanto más grave sea, menor será su frecuencia.

Intensidad: la intensidad (I) es una propiedad del sonido que se relaciona con la energía de la vibración de la fuente que emite la onda sonora. Cuanto mayor sea la cantidad de energía por unidad de tiempo que una onda de sonido transporta hasta el oído de una persona, tanto mayor será la intensidad (volumen) del sonido que percibirá.

El sonido audible consiste en ondas de presión, por lo que una manera de cuantificar el sonido es establecer la cantidad de variación de la presión causada por el sonido, con relación a la presión atmosférica. Para determinar la intensidad o la presión sonora a la que está expuesto un individuo, se define por la siguiente ecuación (P. Herrera, A. Vélez, O. Bonnot 2018).

Ecuación 1. Intensidad de sonido

$$I(dB) = 1020 \left(\frac{P}{P_0} \right)$$



Dónde: I (dB):

- Presión sonora a la que está expuesto un individuo.
- P: Presión sonora medida
- $P_0: 2 \cdot 10^{-5}$ Newton / m²
- I: Intensidad del sonido
- I_0 : Umbral de audición = 10-12 watts / m².

Timbre: cuando se distinguen dos sonidos de la misma frecuencia e intensidad, emitidos por objetos distintos, debido a que la forma de las ondas sonoras emitidas es distinta, se dice que ambos sonidos tienen diferente timbre (Coluccio, 2022).

Tono: cada sonido se caracteriza por su velocidad específica de vibración, que impresiona de manera peculiar al sentido auditivo. Esta propiedad recibe el nombre de tono. El tono presenta una relación directa con la frecuencia, estableciendo que a mayor frecuencia mayor es el tono (Conceptos básicos del ruido ambiental 2023).

Al realizar las respectivas medidas del nivel de ruido se implementó el sonómetro 407736, el cual mide de 35 a 130 dB con una precisión de 1,5 dB. Dispone de tiempo de respuesta rápido/lento en 2 gamas, ponderación A/C, retención máxima y salida analógica CA/CC para conectar a un analizador o grabador y cumple las normas ANSI e IEC Tipo 2.

Características

- Precisión de 1,5 dB con resolución de 0,1 dB
- Peso ponderado A y C
- Rangos de medición alto y bajo: Bajo 35 dB a 90 dB, alto 75 dB a 130 dB
- Respuesta rápida y lenta
- Retención de máximos con botón para restablecer
- Cumple las normas ANSI S1.4-1983, IEC 60651 en 60651 Tipo 2
- Pantalla LCD grande de 0,5" y 3 ½ dígitos.
- prueba de calibración integrado (94 dB)
- Complemento con estuche de vinilo y batería de 9V





Figura 6: Sonómetro Digital
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la resolución 0627 de 2006 en el Artículo 21. Informe técnico. Los informes técnicos de las mediciones de ruido y ruido ambiental, debe contener como mínimo la información del informe técnico. Estos informes deben estar disponibles para su revisión y evaluación por parte de las autoridades competentes.

Tabla 6. Informe Técnico

INFORMACIÓN GENERAL	
Fecha de medición	
Responsables del informe	
Propósito de la medición	Caracterizar las zonas críticas donde se presenta mayor contaminación en la Corporación Universitaria Comfacaucá- Unicomfacaucá.
INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA	
Tipo de instrumentación utilizada	Número de serie del equipo: 407736
Datos de calibración	Ajustes del instrumento de medida: · Meets ANSI and IEC Type 2 specifications · Measures from 35 dB to 130dB in ranges · Internal calibration check
Fecha de vencimiento del certificado de calibración del dinamómetro.	1 de mayo de 2023

Fuente. Elaboración propia



En la Tabla 7. Se expresa de manera detallada la sensación provocada y/o efectos que puede tener el sistema auditivo al estar expuesto en un ambiente o actividad.

Tabla 7. Nivel de intensidad del sonido

Presión sonora (dB)	Ambiente o actividades	Sensación / Efectos en el oído
140 - 160	Explosión petardo a 1 m	Daños permanentes inmediatos del oído, rotura tímpano
130	Avión en despegue a 10 m, disparo de arma de fuego	Umbral del dolor
120	Motor de avión en marcha, martillo neumático pilón (1 m)	Daños permanentes del oído a exposición de corta duración
110	Concierto de rock, motocicleta a escape libre a 1 m	Sensación insoportable y necesidad de salir del ambiente
100	Sierra circular a 1 m, discute, sirena de ambulancia a 10 m	Sensación molesta daños permanentes al oído a explosión a largo tiempo
90	Calle principal a 10 m, taller mecánico	
80	Bar animado, calle ruidosa a 10 m	Ruido de fondo incómodo para conversar
70	Coche normal a 10 m, aspirador a 1 m, conversación en voz alta	
60	Conversación animada, televisión a volumen normal a 1 m	Ruido de fondo agradable para la vida social
50	Oficina, conversación normal a 1 m de distancia	
40	Biblioteca, conversación susurrada	
30	Frigorífico silencioso, dormitorio	Nivel de fondo necesario para descansar
20	Habitación muy silenciosa, rumor suave de las hojas de un árbol	
10	Respiración tranquila	
0	Umbral de audición	Silencio

Fuente. Elaboración propia



De acuerdo a la Tabla 4, se establece las clasificaciones por colores en las zonas de la corporación, esto con la ayuda de los planos arquitectónicos suministrados.

Tabla 8. Intensidad de sonidos en dB

Zona de Ruido dB (A)	Color	Sombreado
Menor de 45	Verde	Puntos medianos, media densidad
45 a 55	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
55 a 65	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
65 a 75	Rojo	Sombreado cruzado, meda densidad
65 a 85	Azul	Franjas verticales anchas

Fuente. Elaboración propia

Información experimental y mediciones

Tabla 9. Resultados de niveles de ruido en la Corporación Universitaria ComfacaUCA UnicomfacaUCA, primer periodo académico 2019.
Fuente: Elaboración propia

PROMEDIO DE DATOS TOMADOS					
PLANTA	ZONA	FRANJA HORARIA – (dB)			PROMEDIO TOTAL
		MAÑANA	MEDIO DIA	TARDE	
Sótano	Lab. Procesos de manufactura				
Sótano	Lab. Logística				
Sótano	Lab. Calidad				
Sótano	Zona de Est. Las Garzas				



Planta 1B	Cocina gastro- nomía				
Planta 1B	Zonas verdes				
Planta 1B	Entrada prin- cipal				
Planta 1B	Lobby				
Planta 2B	Fotocopiadora				
Planta 2B	Pasillo 2B				
Planta 3B	Ciencias básicas				
Planta 3B	Pasillo 3B				
Planta 3B	Lab. Mecatró- nica				
Planta 4B	Pasillo 4B				
Planta 5B	Zona de Est. 5B				
Planta 1D	Cafetería				
Planta 1D	Biblioteca				
Planta 2D	Zona rectoría				
Planta 2D	Facultad de contaduría				
Planta 3D	Laboratorio de fabricación digital				
Planta 3D	Lab electrome- cánica				
Planta 4D	Zona de Est. Interior				
Planta 5D	Zona de Est. 5D				

Fuente. Elaboración propia



TRABAJO DE METROLOGÍA, CALIBRADOR, TORNILLO MICROMÉTRICO Y DEFINICIONES DE METROLOGÍA

Para la siguiente práctica se debe definir:

- Método de medición.
- Procedimiento de medición.
- Magnitud a medir.
- Desviación estándar.
- Entorno laboral para poder llevar a cabo el procedimiento de calibración. (ambiente, temperatura, equipos)

1. Cálculo del área de un triángulo:

- Calcule el área del triángulo de la figura.
- Las características metrológicas de la regla son las siguientes:
- Las mediciones se desarrollaron de la siguiente forma:

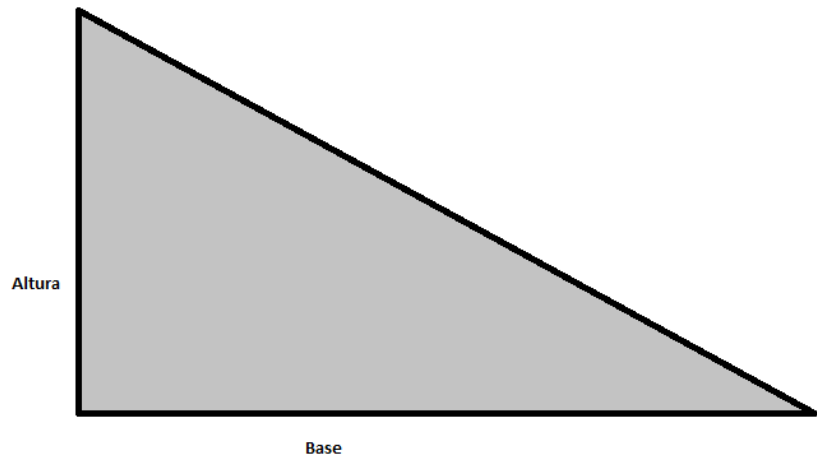


Figura 7. Triángulo
Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Mediciones del triángulo

Magnitud	Número de mediciones										Valor medio	Desviación estándar
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Base (mm)												
Altura (mm)												

Fuente. Elaboración propia

2. Identificar cada una de las partes que componen un calibrador y un tornillo micrométrico y sus funciones respectivas.
- Adquirir destreza en el uso del calibrador y del tornillo micrométrico como instrumento de medida de pequeñas longitudes.
 - Expresar los resultados de las mediciones con el número correcto de cifras significativas.
 - Calcular el área de diferentes monedas con los diámetros medidos y expresar el resultado con el número correcto de cifras significativas.

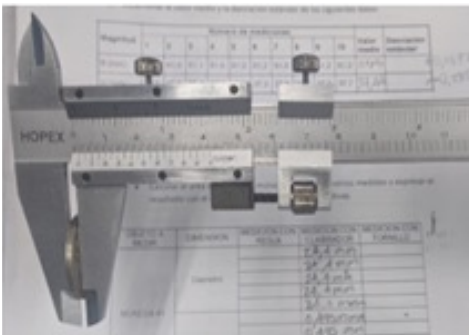


Figura 8. Pie de rey digital y análogo
Fuente. Elaboración propia





Figura 9. Tornillo micrométrico
Fuente. Elaboración propia

Tabla 11. Medición regla, calibrador y tornillo

Objeto a medir	Dimensión	Medición con regla	Medición con calibrador	Medición con tornillo
Moneda #1	Diámetro			
	Espesor			

Moneda #2	Diámetro			
	Espesor			
Moneda #3	Diámetro			
	Espesor			

Tabla 12. Mediciones de arandelas

Objeto a medir	Dimensión	Estudiante # 1	Estudiante # 2	Estudiante # 3	Estudiante # 4
Arandela # 1	Diámetro Interno				
	Diámetro Externo				
Arandela # 2	Diámetro Interno				
	Diámetro Externo				

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13. Mediciones de balines

Objeto a medir	Estudiante # 1	Estudiante # 2	Estudiante # 3	Estudiante # 4
Balín # 1 (Diámetro)				
Balín # 2 (Diámetro)				
Balín # 3 (Diámetro)				

Fuente. Elaboración propia

1. Definir los siguientes términos:

Términos generales de metrología	
1. Repetibilidad	
2. Reproducibilidad	
3. Trazabilidad	
4. Incertidumbre	
5. Error	
6. Resolución	
7. Calibración	
8. No repetible y No Exacto	
9. Repetible y Exacto	
10. Exacto y No Repetible	
11. Repetible y No exacto	

Fuente. Elaboración propia

2. El sistema Internacional se fundamenta en las siguientes unidades básicas:

Magnitud	Unidad básica	Símbolo
Longitud		
Masa		
Tiempo		
Corriente eléctrica		
Temperatura termodinámica		
Cantidad de sustancia		
Intensidad luminosa		

Fuente. Elaboración propia

3. Defina el concepto de normalización en el área de metrología.
4. En sus propias palabras explique los diferentes tipos de Metrología dentro de cada uno de sus contextos.
5. ¿Cuál es la diferencia entre una medición directa y una medición indirecta?
6. La metrología es la _____ de la medición, cuyo objetivo principal es garantizar la _____ de las mediciones.
7. La metrología puede dividirse en las siguientes Clases:
8. Determine si es Falso o Verdadero:

8.1. La Calibración es un proceso por medio del cual se ubica un instrumento en un estado de funcionamiento adecuado para su uso ().

8.2. La palabra “Error” significa duda, y por lo tanto, en un sentido más amplio “error de medición” significa duda en la validez del resultado de una medición. El Error del resultado de una medición refleja la falta de conocimiento exacto del valor del mensurando ().

9. Coloque el nombre correcto de la unidad en caso de que sea necesario

Unidad	Forma correcta de escribir la unidad
kelvin	
metro	
kilogramo	
ampere	
Kelvin	
Metro	
Kilogramo	
Ampere	
niutonio	
julio	
amperio	

Fuente. Elaboración propia



En sus propias palabras explique los diferentes tipos de Metrología dentro de cada uno de sus contextos.

- ¿Por qué considera usted que la Metrología es importante en el mundo actual como ciencia de la medida?
- ¿Cuál es la diferencia entre una medición directa y una medición indirecta?
- ¿Cuál cree usted que sea la diferencia entre error e incertidumbre?
- En los tratados de libre comercio ¿en qué cree usted que tiene importancia la Metrología?
- ¿En qué radica la importancia de utilizar el lenguaje y escritura del SI acordes con las normas internacionales?
- ¿Cree usted que la metrología es solo importante en las zonas industriales o también en el ámbito de la ciencia?

Práctica medición

Para desarrollar

1. Tome dos monedas de diferente valor y realice 5 mediciones de su diámetro y espesor usando la regla, el calibrador y el tornillo micrométrico. Todos los miembros del grupo deben hacer mediciones. No se aceptará en esta o ninguna práctica que unos midan y otros apunten, consigne los datos en la tabla.
2. Tome una arandela y mida 5 veces el diámetro interno y externo usando el calibrador. En cada medición retire el calibrador y cambie el lugar de contacto sobre la arandela. Anote los datos en la tabla.
3. Tome los dos balines suministrados y mida 5 veces su diámetro usando el tornillo micrométrico. Registre los datos en la tabla.
4. Tome un cabello y determine su espesor usando el tornillo micrométrico. Repita la medición 10 veces en distintos puntos del cabello.
5. Halle para cada uno de los diámetros medidos en sus monedas el área respectiva, recuerde el trabajo con cifras significativas y el redondeo de números para este y todos los cálculos requeridos posteriormente. Consigne los datos en la tabla.
6. Calcule el área promedio de las respectivas monedas para cada uno de los instrumentos utilizados, consigne los datos en la tabla.



7. Con los datos de los instrumentos elabore una tabla con toda la información disponible: resolución de los instrumentos, error de cero si lo tiene, tolerancia.
8. Calcule la incertidumbre de las medidas directas (diámetro interno y externo de las arandelas y diámetro de los balines) siguiendo el procedimiento descrito en la guía # 3, como ayuda durante el proceso consigne los valores pedidos en la tabla.
9. Exprese el resultado final con su incertidumbre y el número adecuado de cifras significativas.

Tabla 14. Mediciones de áreas de diferentes monedas

	Medición con regla	Medición con calibrador	Medición con Tornillo
Área moneda # 1 (mm ^{^2})			
Área promedio (mm ^{^2})			
Área moneda # 2 (mm ^{^2})			
Área promedio (mm ^{^2})			
Área moneda # 3 (mm ^{^2})			
Área promedio (mm ^{^2})			

Fuente. Elaboración propia

¿A qué atribuye la diferencia en las medidas del diámetro y el espesor de las monedas?

¿A qué atribuye la diferencia en las medidas de los diámetros de la arandela?

¿Con cuántas cifras decimales escribe usted sus medidas cuando utiliza consecutivamente una regla graduada en milímetros, un calibrador y un tornillo micrométrico?

¿A qué cree que se deban las diferencias encontradas por usted, al realizar las medidas con el tornillo micrométrico, el calibrador y la regla graduada en milímetros?

CAPÍTULO 3.

PRÁCTICA DE OSCILOSCOPIO

INTRODUCCIÓN

Un osciloscopio digital es una herramienta fundamental en la electrónica y la ingeniería para visualizar y analizar señales eléctricas. En este laboratorio, aprenderás a utilizar un osciloscopio digital de manera efectiva.

Objetivos

1. Familiarizarse con las partes y controles de un osciloscopio digital.
2. Aprender a configurar el osciloscopio para medir señales eléctricas.
3. Comprender cómo interpretar las formas de onda en la pantalla del osciloscopio.
4. Practicar la medición de parámetros eléctricos, como amplitud, frecuencia y período.

Material Necesario

- Osciloscopio digital
- Generador de señales
- Cables de prueba
- Señal de prueba (por ejemplo, una onda sinusoidal)



Procedimiento

1. Encendido del osciloscopio:
 - Conecta el osciloscopio a una fuente de alimentación adecuada.
 - Presiona el botón de encendido/apagado.
 - Ajusta el brillo y el contraste de la pantalla si es necesario.
2. Conexión de la señal de prueba:
 - Conecta un cable de prueba a la entrada del canal 1 del osciloscopio.
 - Conecta el otro extremo del cable de prueba al generador de señales.
 - Asegúrate de que el generador de señales esté configurado para generar una onda sinusoidal.
3. Configuración del osciloscopio:
 - Ajusta la escala de voltaje del canal 1 para que sea adecuada para la señal de prueba.
 - Establece la base de tiempo para observar la forma de onda de manera adecuada.
 - Ajusta la acoplación del canal (DC o AC) según sea necesario.
4. Adquisición de datos:
 - Presiona el botón de inicio/paro para ver la forma de onda en la pantalla.
 - Utiliza los controles de posición y escala para centrar y escalar la forma de onda de manera óptima.
5. Medición de parámetros:
 - Mide la amplitud, frecuencia y período de la señal de prueba.
 - Utiliza las funciones de medición automáticas si es necesario.
6. Análisis de la señal:
 - Observa la forma de onda y describe sus características.



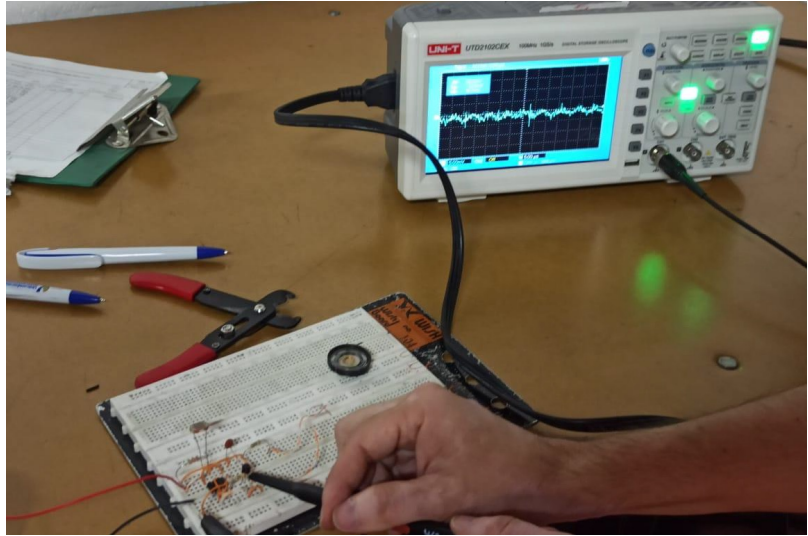


Figura 10. Osciloscopio
Fuente. Propia

Preguntas

1. ¿Qué es un osciloscopio digital?
2. ¿Cuál es la función principal de un osciloscopio digital?
3. ¿Cuáles son las partes clave de un osciloscopio digital?
4. ¿Por qué es importante ajustar la escala y el desplazamiento en el osciloscopio?
5. ¿Cómo se conecta una señal de prueba al osciloscopio?
6. ¿Qué parámetros se pueden ajustar en un generador de funciones para modificar la señal de prueba?
7. ¿Qué es el acoplamiento DC en un osciloscopio?
8. ¿Por qué se utilizan resistencias y condensadores en experimentos con osciloscopios?
9. ¿Cuál es la diferencia entre el disparo DC y AC en un osciloscopio?
10. ¿Qué función tiene la perilla de nivel de disparo en un osciloscopio?
11. ¿Para qué se utiliza la función de almacenamiento en un osciloscopio?
12. ¿Cómo se realiza la medición de la amplitud en un osciloscopio?
13. ¿Cuál es la relación entre la frecuencia y el período de una señal?

14. ¿En qué unidad se mide la frecuencia en un osciloscopio?
15. ¿Cuál es la diferencia entre una sonda de voltaje $\times 1$ y $\times 10$?
16. ¿Qué es el «trigger» o disparo en un osciloscopio?
17. ¿Cómo afecta la impedancia de la sonda a la medición en un osciloscopio?
18. ¿Cuándo se utilizaría la función de «holdoff» en un osciloscopio?
19. ¿Cómo se calcula el ancho de banda de un osciloscopio?
20. ¿Qué información proporciona la pantalla de un osciloscopio?
21. ¿Por qué es importante ajustar correctamente la posición vertical y horizontal de la señal en la pantalla?
22. ¿Cuándo se utiliza la función de «autoset» en un osciloscopio?
23. ¿Cómo se realiza la medición de la frecuencia de una señal en un osciloscopio?
24. ¿Cuál es la función de la compensación de sonda en un osciloscopio?
25. ¿Cómo se mide el tiempo de subida de una señal en un osciloscopio?
26. ¿Qué es la «ground reference» en una sonda de osciloscopio?
27. ¿Por qué es importante seleccionar la escala de tiempo adecuada al medir una señal en un osciloscopio?
28. ¿Cuál es la diferencia entre el «trigger» de borde y el «trigger» de nivel en un osciloscopio?
29. ¿Cómo se utiliza la función de medida automática en un osciloscopio?
30. ¿Qué precauciones se deben tomar al utilizar un osciloscopio para evitar daños?

Esta guía y las preguntas te ayudarán a comprender los conceptos básicos del manejo de un osciloscopio digital. Asegúrate de realizar prácticas en el laboratorio para aplicar estos conocimientos de manera práctica.



CAPÍTULO 4.

PRÁCTICA DEL MULTÍMETRO

INTRODUCCIÓN

Un multímetro digital es una herramienta esencial en la electrónica y la ingeniería para medir voltaje, corriente y resistencia eléctrica. En este laboratorio, aprenderás a utilizar un multímetro digital de manera efectiva.

Objetivos

1. Familiarizarse con las partes y funciones de un multímetro digital.
2. Aprender a medir voltaje en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC).
3. Practicar la medición de resistencia eléctrica y continuidad.
4. Comprender la importancia de la seguridad al utilizar un multímetro.

Material Necesario

- Multímetro digital
- Cables de prueba
- Batería de 9V (para comprobar la continuidad)
- Resistencias de valores conocidos (por ejemplo, 100 ohmios, 1 kilohmio)
- Fuentes de voltaje DC y AC (opcional)





Figura 11: Multímetro digital
Fuente: Propia

Procedimiento

1. Conexión de cables de prueba:
 - Conecta los cables de prueba al multímetro. El cable negro generalmente se conecta al terminal común (COM), y el cable rojo se conecta al terminal para medir voltaje y resistencia ($V\Omega$).
2. Medición de voltaje en corriente continua (DC):
 - Conecta el cable rojo al punto donde deseas medir el voltaje DC.
 - Conecta el cable negro al punto de referencia (tierra o común).
 - Ajusta el multímetro en la posición de voltaje DC.
 - Lee el valor en la pantalla del multímetro.
3. Medición de voltaje en corriente alterna (AC) (opcional):
 - Ajusta el multímetro en la posición de voltaje AC.
 - Conecta los cables de prueba de la misma manera que para la medición de voltaje DC.
 - Lee el valor en la pantalla del multímetro.
4. Medición de resistencia eléctrica:
 - Asegúrate de que el circuito esté apagado y sin alimentación.
 - Ajusta el multímetro en la posición de resistencia (Ω).
 - Conecta los cables de prueba al componente o resistor cuya resistencia deseas medir.
 - Lee el valor en la pantalla del multímetro.
5. Comprobación de continuidad:



- Ajusta el multímetro en la posición de continuidad (símbolo de diodo o tono).
 - Conecta los cables de prueba al circuito o componente.
 - Si hay continuidad (el circuito está cerrado), el multímetro emitirá un tono.
6. Apagado y desconexión:
- Cuando hayas terminado de usar el multímetro, apágalo y desconecta los cables de prueba.

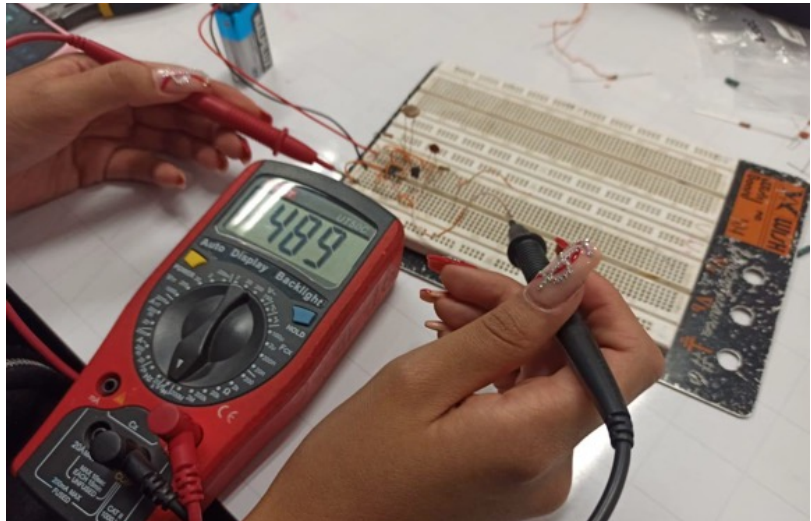


Figura 12. Multímetro digital, puesta en práctica
Fuente. Elaboración propia

Preguntas

1. ¿Qué es un multímetro digital?
2. ¿Cuáles son las partes principales de un multímetro digital?
3. ¿Cuál es la función principal de un multímetro?
4. ¿Cómo se conectan los cables de prueba al multímetro para medir voltaje?
5. ¿Qué debe ajustarse en el multímetro para medir voltaje en corriente continua (DC)?
6. ¿Cómo se mide el voltaje en un circuito con un multímetro?
7. ¿Cuál es la diferencia entre medir voltaje en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC)?
8. ¿Cómo se mide la resistencia eléctrica con un multímetro?

9. ¿Qué significa «continuidad» en un multímetro?
10. ¿Cómo se comprueba la continuidad con un multímetro?
11. ¿Por qué es importante apagar y desconectar el multímetro después de su uso?
12. ¿Qué precauciones de seguridad se deben tomar al utilizar un multímetro?
13. ¿Qué medidas de seguridad se deben tomar al medir voltaje?
14. ¿Qué ocurre si se conectan los cables de prueba en los terminales incorrectos del multímetro?
15. ¿Cuál es la función del terminal común (COM) en el multímetro?
16. ¿Por qué es importante apagar o desconectar una fuente de voltaje antes de medir resistencia o continuidad?
17. ¿Cómo se selecciona la función de medición de resistencia en un multímetro?
18. ¿Qué valor muestra el multímetro si no hay continuidad en un circuito?
19. ¿Qué precauciones se deben tomar al medir resistencia en un circuito?
20. ¿Cuándo se usa la función de continuidad en un multímetro?

Esta guía y las preguntas te ayudarán a comprender los conceptos básicos del manejo de un multímetro digital. Asegúrate de practicar en el laboratorio y seguir las precauciones de seguridad al utilizar esta herramienta.

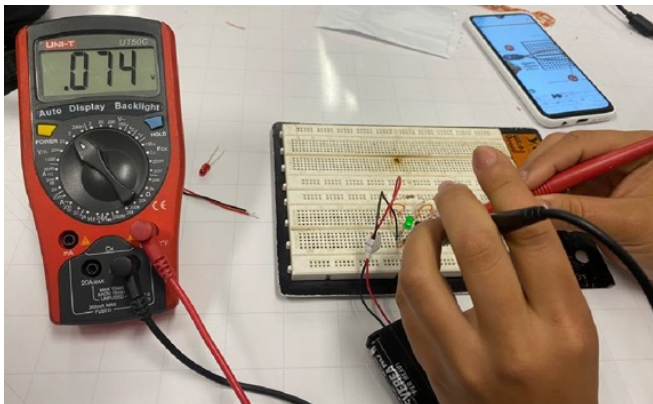


Figura 13. Verificación de montaje de circuito electrónico en protoboard y toma de medidas utilizando multímetro
Fuente. Elaboración Propia



CAPÍTULO 5.

PRÁCTICA DE MEDIDOR DE DISTANCIA DIGITAL

INTRODUCCIÓN

Un medidor de distancia digital es una herramienta que permite medir distancias con alta precisión en diversos campos, como la construcción, la topografía y la industria. En este laboratorio, aprenderás a utilizar un medidor de distancia digital y realizar mediciones de longitud de manera efectiva.

OBJETIVOS

1. Familiarizarse con las partes y funciones de un medidor de distancia digital.
2. Aprender a medir distancias utilizando el medidor con precisión.
3. Comprender cómo interpretar las lecturas y configuraciones del medidor.
4. Practicar la medición de distancias en situaciones de laboratorio.



MATERIAL NECESARIO

- Medidor de distancia digital
- Objetos o marcas de referencia
- Bloc de notas y lápiz
- Regla o cinta métrica

PROCEDIMIENTO

1. Familiarización con el Medidor:
 - Examina las partes del medidor, como la pantalla, el láser, los botones de control y el trípode (si está presente).
 - Asegúrate de que el medidor esté en buenas condiciones y tenga batería.
2. Encendido y Configuración:
 - Enciende el medidor y selecciona la unidad de medida (metros, pies, pulgadas, etc.) adecuada.
 - Ajusta la configuración del medidor según tus necesidades (por ejemplo, medición indirecta, suma, resta, etc.).
3. Apuntar y Medir:
 - Apunta el láser hacia el objeto o punto que deseas medir.
 - Presiona el botón de medición. El medidor emitirá un láser y calculará la distancia.
4. Registro de Datos:
 - Registra las lecturas de distancia en un bloc de notas, junto con la descripción de lo que estás midiendo.
5. Mediciones Adicionales:
 - Realiza varias mediciones en diferentes situaciones, incluyendo mediciones indirectas, de áreas o volúmenes, si es aplicable.
6. Comparación de Resultados:
 - Compara las mediciones del medidor de distancia con mediciones realizadas con una regla o cinta métrica para verificar la precisión.
7. Apagado y Almacenamiento:
 - Apaga el medidor cuando hayas terminado de usarlo.
 - Almacénalo en un lugar seguro y seco.





Figura 14. Medidor de distancia digital
Fuente. Propia

PREGUNTAS

1. ¿Qué es un medidor de distancia digital?
2. ¿Cuál es la función principal de un medidor de distancia digital?
3. ¿Cuáles son las partes clave de un medidor de distancia digital?
4. ¿Por qué es importante seleccionar la unidad de medida adecuada en el medidor?
5. ¿Cómo se enciende y apaga un medidor de distancia digital?
6. ¿Qué hace el láser en el medidor de distancia digital?
7. ¿Cómo se realiza una medición con un medidor de distancia digital?
8. ¿Qué factores pueden afectar la precisión de las mediciones con un medidor de distancia digital?
9. ¿Cuándo se utiliza la medición indirecta en un medidor de distancia digital?
10. ¿Qué es la función de suma y resta en un medidor de distancia digital?

11. ¿Cuál es la ventaja de utilizar un medidor de distancia digital en comparación con una cinta métrica?
12. ¿Qué debe hacerse para mantener la precisión del medidor de distancia?
13. ¿Qué tipo de batería suele utilizarse en un medidor de distancia digital?
14. ¿Qué es la medición de áreas y volúmenes en un medidor de distancia digital?
15. ¿Cómo se realiza una medición indirecta utilizando un medidor de distancia digital?
16. ¿Qué tipos de mediciones son ideales para un medidor de distancia digital?
17. ¿Por qué es importante registrar las mediciones realizadas con un medidor de distancia digital?
18. ¿Cuál es la precisión típica de un medidor de distancia digital?
19. ¿Puede un medidor de distancia digital utilizarse en exteriores?
20. ¿Qué precauciones se deben tomar al utilizar un medidor de distancia digital?



CAPÍTULO 6.

PRÁCTICA DE MEDIDOR DE ESTRÉS DE TEMPERATURA

INTRODUCCIÓN

Un medidor de estrés de temperatura digital es una herramienta utilizada para medir la temperatura y controlar los cambios de temperatura en diversos procesos industriales y experimentos científicos. En este laboratorio, aprenderás a utilizar un medidor de estrés de temperatura digital y realizar mediciones precisas de la temperatura.

OBJETIVOS

1. Familiarizarse con las partes y funciones de un medidor de estrés de temperatura digital.
2. Aprender a tomar mediciones de temperatura de manera precisa y eficiente.
3. Comprender cómo configurar y calibrar el medidor de temperatura.
4. Realizar mediciones de temperatura en situaciones de laboratorio.



MATERIAL NECESARIO

- Medidor de estrés de temperatura digital
- Muestras de diferentes temperaturas
- Fuente de calor o refrigeración (opcional)
- Bloc de notas y lápiz

PROCEDIMIENTO

1. Familiarización con el Medidor:
 - Examina las partes del medidor, incluyendo la pantalla, los botones de control y el sensor de temperatura.
 - Asegúrate de que el medidor esté en buenas condiciones y tenga batería.
2. Encendido y Configuración:
 - Enciende el medidor y selecciona la unidad de medida de temperatura (por ejemplo, grados Celsius o Fahrenheit).
 - Ajusta la configuración de la resolución de la medición si es necesario.
3. Calibración:
 - Verifica si el medidor requiere calibración según las instrucciones del fabricante.
 - Realiza la calibración si es necesario utilizando una fuente de referencia de temperatura conocida.
4. Medición de Temperatura:
 - Coloca el sensor de temperatura en contacto con la muestra de temperatura que deseas medir.
 - Espera hasta que la lectura en la pantalla se estabilice y registra la temperatura.
5. Mediciones Adicionales:
 - Realiza mediciones de temperatura en diferentes muestras con temperaturas variables.
 - Puedes calentar o enfriar las muestras según sea necesario.
6. Comparación de Resultados:
 - Compara las mediciones del medidor de estrés de temperatura con las mediciones de referencia si están disponibles.



7. Apagado y Almacenamiento:
 - Apaga el medidor cuando hayas terminado de usarlo.
 - Almacénalo en un lugar seguro y seco.



Figura 15. Medidor de estrés térmico
Fuente. Elaboración Propia

PREGUNTAS

1. ¿Qué es un medidor de estrés de temperatura digital?
2. ¿Cuál es la función principal de un medidor de estrés de temperatura digital?
3. ¿Cuáles son las partes clave de un medidor de estrés de temperatura digital?
4. ¿Por qué es importante seleccionar la unidad de medida de temperatura adecuada en el medidor?
5. ¿Cómo se enciende y apaga un medidor de estrés de temperatura digital?
6. ¿Cómo se realiza una medición de temperatura con un medidor de estrés de temperatura digital?
7. ¿Qué factores pueden afectar la precisión de las mediciones de temperatura?
8. ¿Cuándo es necesaria la calibración de un medidor de estrés de temperatura digital?

9. ¿Qué es la resolución de medición en un medidor de temperatura?
10. ¿Cuál es la ventaja de utilizar un medidor de estrés de temperatura digital en comparación con termómetros tradicionales?
11. ¿Cómo se mide la temperatura en un objeto caliente o peligroso para tocar?
12. ¿Cuál es la precisión típica de un medidor de estrés de temperatura digital?
13. ¿Qué es la temperatura ambiente y por qué es importante tener en cuenta?
14. ¿En qué situaciones se utiliza un medidor de estrés de temperatura digital?
15. ¿Cuál es la importancia de la calibración en un medidor de temperatura?
16. ¿Qué medidas de seguridad se deben seguir al medir temperaturas extremadamente altas o bajas?
17. ¿Puede un medidor de estrés de temperatura digital utilizarse en exteriores?
18. ¿Por qué es importante esperar a que la lectura de temperatura se estabilice antes de registrarla?
19. ¿Cuál es la importancia de mantener el sensor de temperatura limpio?
20. ¿Cómo se almacena un medidor de estrés de temperatura digital?



CAPÍTULO 7.

PRÁCTICA DE LUXÓMETRO

INTRODUCCIÓN

Un luxómetro, también conocido como medidor de luz, es una herramienta esencial para medir la intensidad de la luz en diferentes entornos. En este laboratorio, aprenderás a utilizar un luxómetro digital para realizar mediciones precisas de la iluminación en diversos lugares.

OBJETIVOS

1. Familiarizarse con las partes y funciones de un luxómetro digital.
2. Aprender a tomar mediciones de intensidad luminosa de manera precisa.
3. Comprender cómo configurar y calibrar el luxómetro.
4. Realizar mediciones de iluminación en situaciones de laboratorio.



MATERIAL NECESARIO

- Luxómetro digital
- Fuente de luz (lámpara, linterna, etc.)
- Áreas con diferentes niveles de iluminación
- Bloc de notas y lápiz

PROCEDIMIENTO

1. Familiarización con el Luxómetro:
 - Examina las partes del luxómetro, incluyendo la pantalla, los botones de control y el sensor de luz.
 - Asegúrate de que el luxómetro esté en buenas condiciones y tenga batería.
2. Encendido y Configuración:
 - Enciende el luxómetro y selecciona la unidad de medida de intensidad luminosa (lux).
 - Ajusta la configuración de la resolución de la medición si es necesario.
3. Calibración:
 - Verifica si el luxómetro requiere calibración según las instrucciones del fabricante.
 - Realiza la calibración si es necesario utilizando una fuente de luz conocida.
4. Medición de Intensidad Luminosa:
 - Coloca el sensor del luxómetro en el área que desees medir.
 - Asegúrate de que el sensor esté orientado hacia la fuente de luz.
 - Registra la lectura de intensidad luminosa que se muestra en la pantalla.
5. Mediciones en Diferentes Áreas:
 - Realiza mediciones en áreas con diferentes niveles de iluminación, como interiores y exteriores.
 - Experimenta con diferentes fuentes de luz y distancias.
6. Comparación de Resultados:
 - Compara las mediciones del luxómetro con las recomendaciones de iluminación estándar si están disponibles.
7. Apagado y Almacenamiento:



- Apaga el luxómetro cuando hayas terminado de usarlo.
- Almacénalo en un lugar seguro y seco.



Figura 16. Luxómetro digital

Fuente. Propia

PREGUNTAS

1. ¿Qué es un luxómetro digital?
2. ¿Cuál es la función principal de un luxómetro?
3. ¿Cuáles son las partes clave de un luxómetro digital?
4. ¿Por qué es importante seleccionar la unidad de medida de intensidad luminosa adecuada en el luxómetro?
5. ¿Cómo se enciende y apaga un luxómetro digital?
6. ¿Cómo se realiza una medición de intensidad luminosa con un luxómetro?
7. ¿Qué factores pueden afectar la precisión de las mediciones de intensidad luminosa?
8. ¿Cuándo es necesaria la calibración de un luxómetro digital?
9. ¿Qué es la resolución de medición en un luxómetro?
10. ¿Cuál es la ventaja de utilizar un luxómetro digital en comparación con métodos tradicionales?
11. ¿Cómo se mide la intensidad luminosa en lux?

12. ¿En qué situaciones se utiliza un luxómetro digital?
13. ¿Qué es la calibración de un luxómetro y por qué es importante?
14. ¿Qué unidades se utilizan comúnmente para medir intensidad luminosa además de lux?
15. ¿Qué es la iluminancia y cómo se relaciona con la intensidad luminosa medida por un luxómetro?
16. ¿Puede un luxómetro digital utilizarse en exteriores?
17. ¿Cuál es la importancia de la orientación del sensor al realizar mediciones con un luxómetro?
18. ¿Cómo afecta la distancia a la fuente de luz a las mediciones de un luxómetro?
19. ¿Qué nivel de iluminación se considera adecuado en entornos de trabajo o lectura según las normas estándar?
20. ¿Qué precauciones se deben tomar al utilizar un luxómetro digital?



GLOSARIO

Metrología: La ciencia de la medición y sus aplicaciones, que involucra el estudio, desarrollo y mantenimiento de estándares de medición y la calibración de instrumentos para garantizar mediciones precisas y reproducibles.

Magnitud Física: Una propiedad cuantificable de un objeto o fenómeno, como longitud, masa, tiempo, temperatura, electricidad, entre otras.

Unidad de Medida: Un estándar aceptado para expresar una magnitud física, como el metro para longitud o el kilogramo para masa.

Estándar de Medida: Un objeto o procedimiento utilizado como referencia para la calibración y la verificación de instrumentos de medición.

Calibración: Proceso de ajustar o verificar la precisión de un instrumento de medición en relación con un estándar conocido.

Exactitud: La cercanía de una medición al valor verdadero o al estándar de referencia.

Precisión: La repetibilidad y consistencia de las mediciones realizadas con el mismo instrumento.

Error de Medición: La diferencia entre una medición y el valor verdadero de la magnitud.

Error Sistemático: Errores predecibles que afectan todas las mediciones de manera consistente.

Error Aleatorio: Errores impredecibles que varían de medición a medición.

Tolerancia: La variación permitida en una medición dentro de un rango aceptable.

Trazabilidad: La capacidad de rastrear mediciones a estándares internacionales reconocidos.



Incertidumbre de Medición: La falta de conocimiento completo sobre el valor verdadero de una magnitud.

Instrumento de Medición: Dispositivo utilizado para realizar mediciones, como un termómetro, un calibrador o un osciloscopio.

Estándar Internacional de Medición (SI): Sistema de unidades estándar utilizado a nivel mundial.

Magnitud Derivada: Magnitud que se expresa en términos de unidades básicas del SI.

Laboratorio de Metrología: Entorno especializado para realizar mediciones y calibraciones de alta precisión.

Normas de Calidad: Reglas y procedimientos para garantizar mediciones precisas y confiables.

Calibrador Vernier: Instrumento que utiliza un vernier o escala deslizante para mediciones precisas de longitud o diámetro.

Masa: Magnitud que mide la cantidad de materia en un objeto.

Volumen: Magnitud que mide el espacio ocupado por un objeto o sustancia.

Tiempo: Magnitud que mide la duración entre dos eventos.

Longitud: Magnitud que mide la distancia entre dos puntos.

Temperatura: Magnitud que mide la intensidad térmica de un objeto.

Calibración de Instrumentos: Proceso de ajuste y verificación de la precisión de un instrumento.

Medición de Corriente: Determinación de la cantidad de carga eléctrica que fluye por unidad de tiempo.

Presión: Magnitud que mide la fuerza por unidad de área.



Densidad: Relación entre la masa y el volumen de una sustancia.

Amperio: Unidad de medida de la corriente eléctrica en el SI.

Voltio: Unidad de medida del voltaje eléctrico en el SI.

Ohmio: Unidad de medida de la resistencia eléctrica en el SI.

Hertz: Unidad de medida de la frecuencia en el SI.

Celsius: Escala de temperatura que utiliza el punto de congelación y ebullición del agua.

Kelvin: Unidad de temperatura absoluta en el SI.

Calibración de Termómetro: Ajuste de la lectura de un termómetro para que refleje la temperatura real.

Platino-Iridio: Material utilizado en la fabricación de estándares internacionales de longitud.

Micrómetro: Instrumento de medición de longitud con alta precisión.

Interferometría: Método de medición de longitudes utilizando interferencia de ondas luminosas.

Tolerancia Geométrica: Especificaciones que definen la calidad de la forma y la posición de características geométricas.

Contador Geiger-Müller: Instrumento de medición de radiación.

Candela: Unidad de medida de la intensidad luminosa en el SI.

Luminosidad: Magnitud que mide la cantidad de luz emitida por una fuente.

Radián: Unidad de medida de ángulos en el SI.



Segundo: Unidad de tiempo en el SI.

Unidad de Masa Atómica: Unidad de medida de masa utilizada en química.

Ingeniería Metrología: Aplicación de la metrología en la industria y la ingeniería.

Metrología Legal: Rama de la metrología que se enfoca en la regulación de las mediciones para garantizar la equidad en el comercio.

Metrología Dimensional: Rama de la metrología que se centra en la medición de dimensiones de objetos.

Metrología Industrial: Aplicación de la metrología en procesos de manufactura y control de calidad.

Metrología Científica: Investigación y desarrollo de métodos de medición de alta precisión para la ciencia.



REFERENCIAS

- Coluccio, E. (2022, 22 de febrero). Sonido, para concepto. Recuperado de <https://concepto.de/sonido/>
- Conceptos básicos del ruido ambiental. (s.f.). Recuperado de <https://sicaweb.cedex.es/wp-content/uploads/2021/08/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>
- EURAMET. (2009). Guidelines on the calibration of non-automatic weighing instruments. Organización de los Estados Americanos
- EURAMET. (2009). sim-metrologia. Recuperado de <http://www.sim-metrologia.org.br/spanol/3.pdf>
- Herrera, P., Vélez, A., & Bonnot, O. (2018, 15 de diciembre). Trastornos psiquiátricos secundarios a enfermedades neurometabólicas. Revista Colombiana de Psiquiatría (English Ed). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034745017300604?via%3Dihub>
- ICONTEC. (2014). INSTRUMENTOS DE PESAJE DE FUNCIONAMIENTO, REQUISITOS METROLOGICOS Y TÉCNICOS. Bogotá, D.C.
- Instituto Nacional de Metrología de Colombia. (2015, 9 de octubre). Introducción a las magnitudes masa y fuerza. Recuperado de http://rcm.gov.co/images/eventos/2015/Presentacion_Introduccion_a_las_Magnitudes_Masa_y_Fuerza.pdf
- Instituto Nacional de Metrología de Colombia. (2016). rcm. Recuperado de http://rcm.gov.co/images/eventos/2016/Principios_basicos_de_laboratoris_de_pesaje_20160428_EXT.pdf
- Luna, C. J. (2013, 21 de marzo). Industria & empresas. Recuperado de <http://www.industriasyempresas.com.ar/node/1955>
- M. & M. Asociados. (2010). Clasificaciones de Pesas OIML R 111, ASTM E 617 y NIST F. México
- Merino, J. P. P., & Merino, M. (2016). Definicion.de. Recuperado de <https://definicion.de/balanza/>
- METROLOGÍA, C. E. D. (s.f.). PROCEDIMIENTO ME-005 PARA LA CALIBRACIÓN DE BALANZAS MONOPLATO. Madrid
- Ministerio de Industria y Comercio de la República de Colombia. (2015). Decreto 1595. Bogotá

OIML. (2013). Inacal. Recuperado de http://www.inacal.gob.pe/inacal/files/metrologia/Otras%20publicaciones/VIML_INACAL.pdf

Susana L. Rodríguez del Río, B. C. R. (2005). Guías Prácticas para Calibrar Básculas de Pesaje de Camiones. En Third LACCEI International Latin and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LAC-CET'2005) "Advances in, Cartagena



ANEXOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN BALANZA ANALÍTICA

CALIBRACIÓN INTERNA		No. Cert: _____
BALANZA ANALÍTICA MONOPLATO		Próxima calibración:
Analógico ()	Digital ()	_____

DATOS GENERALES		
Marca:	Número de serie:	Capacidad:
Modelo:	Rango de Medida:	División de la escala:
Patrón utilizado:		

CARACTERÍSTICAS DE LA CALIBRACIÓN			
PROCEDIMIENTO EMPLEADO	TEMPERATURA (T °C)	HUMEDAD (Hr)	PRESION ATMOSFERICA (HPa)
	INICIO: FINAL: PROMEDIO:	INICIO: FINAL: PROMEDIO:	INICIO: FINAL: PROMEDIO:

INSPECCIONES VISUALES ANTES DE LA CALIBRACIÓN	
Estado general:	
Estado del display:	
Estado de la fuente de poder:	
Lugar de instalación:	



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

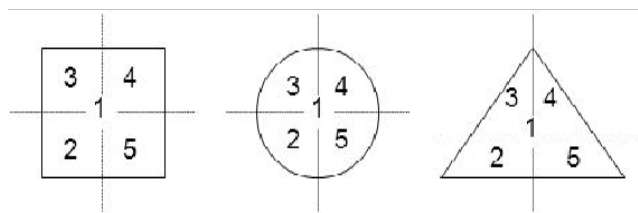
BALANZA ANALÍTICA

1. Prueba de repetibilidad

Cargas (Kg)			
n	Indicación (Kg)		
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Desvest			
MAX			

2. Prueba Excentricidad Carga (Kg):

Posición	Indicación (Kg)	Diferencia (Kg)
1		
2		
3		
4		
5		
Dif max:		



3. Prueba Errores de indicación

Carga (Kg)	Indicación (Kg)	Indicación 0	Indicación C	Error (Kg)

Estimación de la Incertidumbre:

Cálculo de la Incertidumbre							
Cargas (kg)						Tipo de Distribución	Grados de Libertad
Fuentes							
1. Indicación							
1.1.Repetibilidad							
1.2. Excentricidad							
1.3. Resolución con carga							
1.4. Resolución sin carga							
2. Patrón							
2.1. Trazabilidad							
2.2. Deriva							
2.3. Empuje							
2.4. Convección							
Incertidumbre combinada							
Grados de libertad efectivos							
Factor de cobertura							
Incertidumbre expandida							

