



**Universidad
de Cartagena**
Fundada en 1827



**PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION DE BALANZA
ANALITICA MEDIANTE PESAS PATRONES CLASE E SEGÚN LOS
REQUISITOS DE LA OIML R 111-1:2004(E).**

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN METROLOGÍA INDUSTRIAL**

LAURA ATENCIA TALAIGUA

CÓDIGO: 7371620002

LENYS MEZA RODELO

CÓDIGO: 7371620002

ELIANETH ZARATE ZABALETA

CÓDIGO: 7371620003

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN METROLOGÍA INDUSTRIAL

CARTAGENA

2017



**Universidad
de Cartagena**
Fundada en 1827



**PROPUESTA DE PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION DE BALANZA
ANALITICA MEDIANTE PESAS PATRONES CLASE E SEGÚN LOS
REQUISITOS DE LA OIML R 111-1:2004(E).**

**TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN METROLOGIA INDUSTRIAL**

LAURA ATENCIA TALAIGUA

CÓDIGO: 7371620002

LENYS MEZA RODELO

CÓDIGO: 7371620002

ELIANETH ZARATE ZABALETA

CÓDIGO: 7371620003

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN METROLOGIA INDUSTRIAL

CARTAGENA

2017

RESUMEN

En este documento se desarrollaron determinaciones acerca de cómo usar las pesas patrones de clase E1 y E2 en el proceso de calibración de balanzas digitales. El documento muestra un método alternativo para la calibración de pesas (patrón), presenta los modelos físicos y matemáticos de la Masa, entonces realizamos la calibración de un peso de 1 kg de clase E.

Definir un procedimiento para la calibración de pesas clase E1 (según designación OIML).

Realizar un manual de uso y control de las pesas patrones con clasificación E1, E2 según la OIML R111-1:2004.

Por último realizamos una guía de procedimiento para la calibración de balanzas analíticas con pesas patrón de clase E1 y E2, de acuerdo con la norma OIML R111-1:2004.

ABSTRACT

In this document, determinations were made on how to use the E1 and E2 class weights in the calibration process of digital balances. The document shows an alternative method for the calibration of weights (pattern), presents the physical and mathematical models of the mass, then we perform the calibration of a weight of 1 kg of class E.

- Define a procedure for the calibration of weights class E1 (according to OIML designation).
- Make a manual of use and control of the standard weights with classification E1, E2 according to OIML R111-1: 2004.

Finally, we carry out a procedure guide for the calibration of analytical balances with standard weights of class E1 and E2, according to OIML R111-1: 2004.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1	10
INTRODUCCIÓN	10
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.5 TERMINOLOGÍA Y SÍMBOLOS.....	15
CAPITULO 2	16
MARCO TEORICO	16
2.1 CALIBRACIÓN.....	16
2.2 DIVISIÓN DE ESCALA.....	16
2.3 MASA	16
2.4 MAGNETISMO	16
2.5METROLOGIA	17
2.6 SENSIBILIDAD	17
2.7 RESOLUCIÓN DE UN DISPOSITIVO INDICADOR.....	17
2.8 REPETIBILIDAD.....	18
2.9 RUGOSIDAD SUPERFICIAL	18
2.10 PRUEBA CARGA DE EXCENTRICIDAD.....	18
CAPITULO 3	21
DEFINICIÓN DE TERMINOS 3.1 CALIBRACIÓN DE PESAS PATRÓN.....	21
3.2 CLASE DE EXACTITUD DE LAS PESAS.....	21
3.3 CLASES DE EXACTITUD (PESAS).....	21
3.4 DENSIDAD	22
3.5 DESVIACIÓN ESTÁNDAR	23
3.6 ERROR DE LOS PATRONES Y SU DERIVA	24

3.7 INCERTIDUMBRE DE MEDIDA	24
3.8 PATRÓN O PATRONES DE TRABAJO.....	25
3.9 PATRÓN NACIONAL DE MEDICIÓN	25
3.10 PATRÓN INTERNACIONAL DE MEDICIÓN.....	25
3.11 PATRÓN DE MEDIDA.....	25
3.12 PATRÓN DE VERIFICACIÓN.....	26
3.13 PESA (PATRÓN)	26
3.14 RESOLUCIÓN DEL AIRE.....	26
3.15 VALOR CONVENCIONAL DE MASA	26
3.16 MEDIA ARITMÉTICA.....	27
3.17CORRECCIÓN	27
3.18 ERROR ALEATORIO	27
3.19 ERROR DE AJUSTE (DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN).....	27
3.20 ERROR DE CERO (de un instrumento de medición).	28
3.21 ERROR (DE INDICACIÓN) DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN.....	28
3.22. ERROR (de medición).....	28
3.23 ERROR EN EL PUNTO DE CONTROL (DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN)	28
3.24 EXACTITUD DE MEDICIÓN	28
3.25 FACTOR DE COBERTURA (K).....	29
3.26 INCERTIDUMBRE GLOBAL (EXPANDIDA).....	29
3.27 INCERTIDUMBRE TIPICA	29
CAPITULO 4	30
CLASIFICACIÓN DE MASAS OIML (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE METROLOGÍA LEGAL).....	30
4.1 RECOMENDACIONES OIML CONCERNIENTE A PESAS	30
4.1.1 REQUERIMIENTOS PARA MASAS ESTANDAR DE TRABAJO	30
4.1.2 POR SU EXACTITUD	31
4.1.3. FORMA GENERAL DE LAS PESAS.....	31
4.1.4 PESAS DE 1g O MÚLTIPLOS DEL GRAMO.....	31
4.2 DETERMINACIÓN DE LA MASA	31

4.3	CARACTERISTICAS DE PESAS E1 Y E2	32
4.3.1	CARACTERISTICAS ESPECIALES PARA PESAS E1	32
4.3.2	CARACTERISTICAS ESPECIALES PARA PESAS E2	33
4.4	CONTROLES METROLOGICOS	33
4.4.1	APROBACIÓN DE MODELOS	33
4.4.2	CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN PRIMITIVA (INICIAL)	33
4.4.3	CONTROL DE MARCADO	34
4.4.4	MARCA DE CONTROL	34
4.4.5	MARCADO	34
4.5	PESAS DE CLASE E1, E2 Y DIFERENCIAS	35
4.5.1	MARCADO DE USUARIO	35
4.6	CAMPO DE CALIBRACION	36
4.6.1	PESAS USADAS PARA LA CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE PESAJE	36
4.6.2	PESAS USADAS PARA LA CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN DE PESAS DE UNA CLASE DE MENOR A LA EXACTITUD TIPO E1	36
4.6.3	CLASE DE EXACTITUD MÍNIMA DE PESAS USADAS CON INSTRUMENTOS DE PESAJE	37
4.7	CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA PESAR	37
4.7.1	ESCALONES	37
4.7.2	CONSTRUCCIÓN DE LAS PESAS CLASES E	38
4.7.3	PESAS CLASE (E) DE 1 MG A 50 KG	38
4.7.4	PESAS CLASE E2 SUPERIORES A 50 KG	38
4.8	MATERIAL DE LAS PESAS	38
4.8.1	GENERAL	38
4.8.2	PESAS DE CLASE E1 Y E2	39
4.9	DENSIDAD DE LAS PESAS	39
4.9.1	GENERAL	39
4.10	CUALIDADES DE SUPERFICIE	40
4.11	PESAS DE CLASES F1 Y F2	41
4.11.1	PESAS DE CLASES M1, M2 Y M3	41

4.12 ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LA CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN	41
4.13 CONDICIONES AMBIENTALES	43
4.13.1. CONSIDERACIONES PARA CALIBRAR	45
4.13.2. HUMANOS.....	45
4.13.3. CONDICIONES AMBIENTALES	45
4.13.4. EQUIPO Y TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN.....	45
4.13.5. MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE CALIBRACIÓN	46
4.13.6. PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN.....	46
4.14. LIMPIEZA DE LAS PESAS.....	46
4.15 REQUISITOS DE LAS PESAS PATRÓN	47
4.15.1 REQUISITOS TÉCNICOS	47
4.15.2 REQUISITOS METROLÓGICOS.....	47
4.15.3 INCERTIDUMBRE EXPANDIDA.....	47
4.15.4 MASA CONVENCIONAL.....	47
4.15.5 RUGOSIDAD SUPERFICIAL.....	47
4.16. ENSAYO DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL.....	48
4.17. ENSAYO DE MAGNETISMO.....	48
4.18. MAGNETISMO	49
CAPITULO 5	50
METODOLOGÍA.....	50
TIPO DE PROYECTO.....	50
VARIABLES	50
COCLUSIÓN.....	51
ANEXO# 1 MANUAL DE USO SOBRE LAS PESAS PATRONES.....	52
ANEXO #2 EJERCICIO DE PRUEBA DE EXCENTRICIDAD	61
EJERCICIO DE PRUEBA DE REPETTIBILIDAD	61
EJERCICIO DE PRUEBA DE LINEALIDAD	62
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA	63
LABORATORIO DE METROLOGIA	63
BALANZA ANALÍTICA.....	63

ANEXO #3 EJERCICIO DE PRUEBA DE EXCENTRICIDAD	64
EJERCICIO DE PRUEBA DE REPETIBILIDAD	64
EJERCICIO DE PRUEBA DE LINEALIDAD	65
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA	66
LABORATORIO DE METROLOGIA	66
BALANZA ANALÍTICA.....	66
ANEXO#4 EJERCICIO DE VALOR NOMINAL DEL PATRÓN (g).....	67
REFERENCIA.....	68

LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Carga de excentricidad. Fuente internet</i>	18
<i>Ilustración 2. Patrones de masa clase E. Fuente internet</i>	53
<i>Ilustración 3. Pinzas. Fuente internet</i>	53
<i>Ilustración 4. Elevadores auxiliares. Fuente internet</i>	54
<i>Ilustración 5. Guantes de algodón. Fuente internet</i>	54
<i>Ilustración 6. Campana de vidrio para pesas patrones. Fuente internet</i>	54
<i>Ilustración 7. Estuche para el transporte de las pesas. Fuente internet</i>	55
<i>Ilustración 8. Estuche para pesas patrones. Fuente internet</i>	55
<i>Ilustración 9. Pinceles. Fuente internet</i>	56
<i>Ilustración 10. Masas patrones clase E. Fuente internet</i>	58
<i>Ilustración 11. Balanza analítica y patrones. Fuente propia</i>	59
<i>Ilustración 12. Fuente propia</i>	59
<i>Ilustración 13. Fuente propia</i>	60

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Cantidad máxima de marca de usuario</i>	36
<i>Tabla 2. Clases de precisión de pesaje</i>	37
<i>Tabla 3. Límites mínimos y máximos para densidad(ρ_{min} · ρ_{max})</i>	40
<i>Tabla 4. Valores máximos de rugosidad de la superficie</i>	40
<i>Tabla 5. Errores máximos permisibles en verificación primitiva (inicial)</i>	42
<i>Tabla 6. Cambio de temperatura durante la calibración</i>	44
<i>Tabla 7. Rango de humedad relativa</i>	44
<i>Tabla 8. Valores máximos para la rugosidad superficial</i>	48
<i>Tabla 9. Valores máximos para la magnetización permanente</i>	49
<i>Tabla 10</i>	57
<i>Tabla 11</i>	57
<i>Tabla 12. Prueba de excentricidad</i>	61
<i>Tabla 13. Prueba de respetabilidad</i>	61
<i>Tabla 14. Prueba de linealidad</i>	62

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objeto guiar y definir los pasos necesarios para iniciar la medición, la calibración de balanza y masas, en el laboratorio de metrología de la Universidad de Cartagena, se han tomado las recomendaciones internacionales de metrología como base para las especificaciones de los patrones de masas.

Para la calidad de un proceso de medición, en el cual implique cualquier actividad, que involucre análisis, diseño, investigación, fabricación e inspección, el cual permita la confiabilidad de los valores obtenidos en la medición de un equipo o instrumento. En el campo de la medición de masa, no existe ninguna excepción en ese control, de manera que emplearemos unas pesas de calibración; las cuales se encuentran clasificadas, dependiendo de su uso, .Estos patrones comparan las medidas tomadas de las pesas con el instrumento. Sin embargo estas se emplearan de forma detallada en un procedimiento para el uso de estas pesas.

En este procedimiento se aplicara un manual de uso en la calibración de pesas para las balanzas, llevando un control de dichos instrumentos, mediante las pesas patrón denominadas E, las cuales se encuentran certificadas, teniendo un desempeño ideal tanto la calidad del material como el uso de las balanzas. El objetivo final es llevar de manera aplicada el control del equipo para cualquier actividad, llevando así, la reducción de costos y riesgos de la no calidad de las medidas.

1.1 ANTECEDENTES

La instrumentación de todo laboratorio de una universidad, es determinante para el desarrollo integral de su proceso educativo, razón por la cual la universidad de Cartagena ha invertido recursos en la construcción y constante actualización de todos sus laboratorios, en especial el de metrología. A pesar de sus esfuerzos aún no se cuenta con el equipamiento necesario y que cumpla los requerimientos estipulados por las normas internacionales que rigen todos los procesos metrológicos.

Dentro de los procedimientos que garanticen la vida útil y la calidad de los resultados obtenidos en cada equipo, del total de laboratorios de la universidad hay un punto preocupante, y es que la calibración de los equipos no se ha realizado siguiendo los procedimientos establecidos por los entes de regulación internacionales que establecen que cada organización debe contar con los medios humanos e infraestructuras necesarios para su correcta realización y al menos, calibrar externamente los instrumentos que se utilicen como patrones o referencias.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El programa de TECNOLOGÍA EN METROLOGÍA INDUSTRIAL tiene un déficit en pesas patrones; por lo tanto el programa en su directriz principal es poseer patrones de calibración para el uso de los docentes, en pro de los estudiantes del programa; contribuyendo a la formación de los estudiantes. Las Pesas patrones, además de ser concebidas, tendrán un uso para enriquecer mejorando así el conocimiento metrológico y es imperativamente importante, ayudando al mejoramiento académico del programa. Aun que en los laboratorios de la universidad de Cartagena no se están calibrando ni verificando según la norma las balanzas digitales (1g a 50kg). Se propone en el presente proyecto un procedimiento el cual cumple con los requisitos de la norma (OIMLR111-1:2004, 2004)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un procedimiento de calibración de balanzas analítica mediante pesas patrones de clasificación E según los requisitos de la OIML R111-1:2004.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Definir un procedimiento para la calibración de pesas clase E1 (según designación OIML).

Realizar un manual de uso y control de las pesas patrones con clasificación E1, E2 según la OIML R111-1:2004.

Realizar guía de procedimiento para la calibración de la balanza analítica con pesas patrón de clase E1y E2, de acuerdo con la norma OIML R111-1:2004.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En mediciones de masa, existe la necesidad de determinar la cantidad de materia que posee un cuerpo, en condiciones mínimas utilizaremos la balanza analítica de monoplano. Su vital importancia para medidas básicas y su uso para operaciones académicas en cualquier laboratorio, específicamente en uno de metrología, en el cual se ejerce una formación integral.

Teniendo en cuenta que el objetivo de los sistemas de medición es gestionar el riesgo de que los equipos y procesos de medición pudieran producir resultados incorrectos que afecten los experimentos de un laboratorio, o la calidad del producto de una organización, es necesario seguir la normativa establecida para la calibración de los equipos, ya que la metrología de masas tiene interés de tipo legal dado su aplicación académica de la universidad de Cartagena.

1.5 TERMINOLOGÍA Y SÍMBOLOS

La terminología empleada en este documento está basada principalmente en los siguientes documentos:

Características pesas patrón: Para los términos relacionados con las pesas patrón (R111-1, Edition 2004 (E)).

Caracterización Metrológica: Para los términos relacionados con el funcionamiento, la construcción y la caracterización metrológica de los instrumentos para pesaje de funcionamiento no automáticos. (R76-1, 2006).

Vocabulario Internacional de Metrología: Para los términos relacionados con la calibración (VIM, Vocabulario Internacional de Metrología, edición 2012).

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 CALIBRACIÓN

Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones.

Notas:

El resultado de una calibración permite atribuir a las indicaciones, los valores correspondientes del mensurando o determinar las correcciones que se deben aplicar a las indicaciones.

El resultado de una calibración puede ser consignado en un documento, algunas veces llamado certificado de calibración o informe de calibración.

Una calibración puede también determinar otras propiedades metroológicas tales como los efectos de magnitudes de influencia.

2.2 DIVISIÓN DE ESCALA

Parte de una escala comprendida entre dos marcas sucesivas.

2.3 MASA

Es la cantidad de materia que posee un cuerpo. La unidad en el Sistema Internacional es el Kilogramo (kg).

2.4 MAGNETISMO

Es la propiedad de atraer magnéticamente otro cuerpo. El error magnético es una fuerza vertical F_Z que tiene origen magnético pero que puede ser mal interpretada como una fuerza producida por una masa F/g .

2.5 METROLOGIA

Metrología Ciencia de las mediciones y sus aplicaciones.

Nota:

La metrología incluye todos los aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su incertidumbre de medición y su campo de aplicación.

2.6 SENSIBILIDAD

Cambio en la respuesta de un instrumento de medición dividido por el correspondiente cambio del estímulo. Es decir, es un cociente entre la variación de una indicación de un sistema de medida y la variación correspondientes del valor de la magnitud medida.

Notas:

la sensibilidad puede depender del valor de la magnitud medida.

La variación del valor de la magnitud medida debe ser grande en comparación con la resolución. (VIM, Vocabulario Internacional de Metrología, edición 2012).

2.7 RESOLUCIÓN DE UN DISPOSITIVO INDICADOR

La diferencia más pequeña entre las indicaciones de un dispositivo indicador que puede ser distinguido significativamente. Mínima apreciación de un instrumento de medición.

Notas:

Para un dispositivo indicador digital, este es el cambio en la indicación cuando el dígito significativo más pequeño cambia un paso, (o da un salto).

Este concepto se aplica también a un dispositivo registrador.

2.8 REPETIBILIDAD

Aptitud de un instrumento de medición para proporcionar indicaciones próximas entre sí para aplicaciones repetidas del mismo mensurando bajo las mismas condiciones de medición. Es decir, es la repetición de las medidas en un corto periodo de tiempo.

Nota:

La repetibilidad puede expresarse cuantitativamente en términos de las características de dispersión de los resultados.

2.9 RUGOSIDAD SUPERFICIAL

Es el conjunto de irregularidades, esto es, pequeñas crestas y valles que caracterizan una superficie. Esas irregularidades pueden ser evaluadas con instrumentos electrónicos, como por ejemplo un Rugosímetro.

2.10 PRUEBA CARGA DE EXCENTRICIDAD

La prueba consiste en poner una carga en diferentes posiciones del receptor de carga, de tal manera que el centro de gravedad de la carga ocupe, tanto como sea posible.

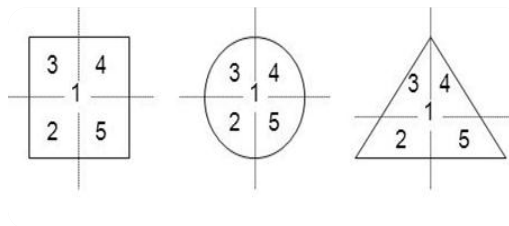


Ilustración 1. Carga de excentricidad. Fuente internet

Posiciones de carga para la prueba de excentricidad:

1. Centro
2. Frontal izquierda
3. Posterior izquierda
4. Posterior derecha
5. Frontal derecha

Antes de la prueba la indicación se ajusta la balanza a cero. La carga de prueba se coloca primero en la posición 1, y después se mueve a las otras 4 posiciones en orden arbitrario. Al final se puede colocar nuevamente en la posición 1. Indicaciones L_i se registran para cada carga. Después de remover cada vez la carga se tiene que verificar si la indicación regresa a cero y si es necesario se ajusta a cero la indicación, se registran las indicaciones sin carga.

Esta prueba proporciona información acerca de la eventual anomalía, debida a cargas excéntricas en el plato del instrumento.

La prueba consiste en tomar 5 lecturas colocando la masa en 5 posiciones del plato. La carga debe ser de un tercio de la capacidad del instrumento, es decir, La carga de prueba es de $1/3$ de la capacidad máxima de la balanza. Después de cada lectura es necesario registrar la lectura sin carga (NUNCA SE AJUSTA DE NUEVO A CERO). Las diferentes posiciones se muestran en la imagen anterior, dependiendo de la forma del plato.

Ecuación 1

$$L_{ci} = L_i - \frac{1}{2} (M_{ini} - M_{ini} + 1)$$

Ecuación 2

$$Dif = L_{ci} - L_c 1$$

Ecuación 3

$$Dif. Max = dif L_{max} - dif L_{min}$$

Donde:

Li: lectura de cada posición.

Lci: media entre las lecturas corregidas en la posición.

Dif L max: Diferencia máxima de una de las medidas.

Dif L min: Diferencia mínima de una de las medidas.

Dif Max: Comparación de las diferencias máximas y las diferencias mínima.

CAPITULO 3

DEFINICIÓN DE TERMINOS

3.1 CALIBRACIÓN DE PESAS PATRÓN

Las calibraciones de pesas patrón se realizan con el objetivo de determinar la masa convencional y conocer el error o la desviación respecto al valor nominal de la pesa, con una incertidumbre de medición asociada.

La calibración de patrones consiste en la comparación de un patrón trazable a un patrón de referencia, mediante un método validado y acreditado. Todos los patrones son trazables al patrón nacional.

Calibrar las pesas patrón es un requisito indispensable para asegurar la calidad de sus procesos internos y externos, ya que los patrones son utilizados como pesas de control para la comprobación y verificación de las balanzas, básculas y otros instrumentos de pesaje utilizados en la industria y laboratorios.

3.2 CLASE DE EXACTITUD DE LAS PESAS

Clasificación de las pesas de acuerdo a ciertos requisitos metrológicos, características físicas y límites de tolerancia expuestos en Recomendaciones Internacionales.

La Recomendación Internacional OIML R 111 clasifica las pesas en las siguientes clases de exactitud: E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 y M3.

3.3 CLASES DE EXACTITUD (PESAS)

La pesas por ser patrones, posee alta confiabilidad y trazabilidad en las mediciones. Las condiciones físicas como: densidad, dimensión, tipo de material, propiedades magnéticas y errores permisibles, son los ideales para cualquier tipo de medición másica de calidad. La clase de exactitud de las pesas utilizadas como patrones para la verificación de pesas o instrumentos de pesaje debe estar de acuerdo con los requisitos de las recomendaciones OIML R111-1:2004 pertinente, clasificación de las pesas:

Clase E1: pesas utilizadas para asegurar la trazabilidad entre los patrones nacionales de masa (con valores derivados del prototipo internacional del kilogramo) y pesas de clase E2 y menor. Las pesas o juegos de pesas de clase E1 deben ir acompañadas de un certificado de calibración

Clase E2: son utilizadas en la verificación o calibración de pesas de clase F1 y con instrumentos de pesaje de clase de exactitud especial I. Las pesas o juegos de pesas de clase E2 deben ir acompañadas de un certificado de calibración.

Clase F1: pesas para ser utilizadas en la verificación o calibración de pesas de clase F2 y con instrumentos de pesaje de clase de exactitud especial I y clase de exactitud alta II.

Clase M1: pesas para ser utilizadas en la verificación o calibración de pesas de clase M2 y con instrumentos de pesaje de clase de exactitud media III.

Clase M2: pesas para ser utilizadas en la verificación o calibración de pesas clase M3 y en transacciones comerciales generales y con instrumentos de pesaje de clase de exactitud media III.

Clase M3: pesas para ser utilizadas con instrumentos de pesaje de clase de exactitud media III y clase de exactitud ordinaria IIII.

Clases M1-2 y M2-3: pesas de 50 kg a 5 000 kg de menor exactitud para ser utilizadas con instrumentos de pesaje de clase de exactitud media III.

3.4 DENSIDAD

La densidad de un cuerpo es la masa de dicho cuerpo por unidad de volumen.

La densidad del material usado en las masas patrón debe ser tal que una variación equivalente al 10% de la densidad específica del aire no produzca un error que exceda un cuarto del error máximo permitido.

3.5 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Para una serie de N mediciones del mismo mensurando, es la magnitud S que caracteriza la dispersión de los resultados, dado por la fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Donde:

X_i es el resultado de la i ésima medición y \bar{X} es la media aritmética de los resultados considerados.

\bar{X} Es la medida aritmética de n resultados considerada.

La desviación estándar de la medida en ocasiones se denomina, la incorrectamente, error de la medida.

La expresión s/\sqrt{n} es un estimado de la desviación estándar de la distribución de \bar{X} y es llamada la desviación estándar experimental de la media. (CEM, 2016)

La desviación típica o conocida también desviación estándar se denota con el símbolo σ o s , dependiendo de la procedencia del conjunto de datos. Es una medida de dispersión para variables de razón variables cuantitativas o cantidades racionales y de intervalo. Se define como la raíz cuadrada de la varianza de la variable.

$$S = \sqrt{S_L^2 + \left(\frac{d}{2\sqrt{3}}\right)^2}$$

Donde:

S = Es la desviación estándar del instrumento.

SL = Es la desviación estándar de las lecturas (3 lecturas), con dos grados de libertad,

d = Es la resolución del instrumento.

3.6 ERROR DE LOS PATRONES Y SU DERIVA

Como ya se ha mencionado es importante tener en cuenta la influencia de la deriva en el valor de masa expresado en el informe o certificado de calibración de la pesa sobre el error de indicación del instrumento y su incertidumbre asociada, sobre todo cuando el tiempo transcurrido desde la última calibración de los patrones es apreciable.

3.7 INCERTIDUMBRE DE MEDIDA

Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando.

Notas:

El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo dado de ella), o la mitad de un intervalo de un nivel de confianza determinado.

La incertidumbre de la medición comprende en general muchos componentes. Algunos de estos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden ser caracterizados por desviaciones estándar experimentales. Los otros componentes, que también pueden ser caracterizados por desviaciones estándar, son evaluados admitiendo distribuciones de probabilidad basadas en la experiencia u otra información.

2. Se entiende que el resultado de la medición es el mejor estimado del mensurando, y que todos los componentes de la incertidumbre, incluyendo aquellos que surgen de efectos sistemáticos, tales como componentes asociados a las correcciones ya los patrones de referencia, contribuyen a la dispersión.

3.8 PATRÓN O PATRONES DE TRABAJO

Medida materializada, aparato de medición, material de referencia sistema de medición, destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o varios valores de una magnitud para servir de referencia. Los patrones pueden ser internacionales (reconocidos por acuerdo internacionales) y nacionales (reconocidos por acuerdos nacionales). (Marban R & Pellecer J, 2002)

Notas:

Los patrones de trabajo que se usa frecuentemente para asegurarse que las mediciones se realizan correctamente es llamada un patrón de control.

Los patrones de trabajo son usualmente calibrados contra un patrón de referencia.

3.9 PATRÓN NACIONAL DE MEDICIÓN

Patrón identificado para una decisión nacional en un país, que sirve de base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

3.10 PATRÓN INTERNACIONAL DE MEDICIÓN

Patrón identificado por un acuerdo internacional para utilizarse internacionalmente como base para asignar valores a otros patrones de la magnitud concerniente.

3.11 PATRÓN DE MEDIDA

Realización de la definición de una magnitud dada, con un valor determinado y una incertidumbre de medida asociada, tomada como referencia.

Nota:

Un patrón se utiliza frecuentemente como referencia para obtener valores medidos e incertidumbres de medida asociadas para otras magnitudes de la misma naturaleza, estableciendo así la trazabilidad metrológicas, mediante calibración de otros patrones, instrumentos o sistemas de medida.

3.12 PATRÓN DE VERIFICACIÓN

Patrón que se usa en un proceso de control estadístico para proporcionar una “verificación” con el fin de asegurar que los patrones, los procesos de medición y los resultados están dentro de los límites estadísticos aceptables.

3.13 PESA (PATRÓN)

Medida materializada de masa, regulada de acuerdo a sus características físicas y metrológicas: forma, dimensiones, material, calidad superficial, valor nominal y error máximo permitido. Procedimiento (CEM, s.f.) Edición Digital 1 Página 7 de 44
MINISTERIO DE INDUSTRIA TURISMO Y COMERCIO

3.14 RESOLUCIÓN DEL AIRE

Fuerza elevada que se opone a la fuerza debida al peso, trabaja sobre el cuerpo por el medio que le rodea. La resolución del aire es función de la densidad del medio en el que se encuentra el cuerpo, del volumen del cuerpo y de la aceleración de la gravedad en el lugar donde se encuentra el cuerpo; según la ecuación:

$$E = \rho \cdot V \cdot g$$

Donde:

E = Resolución del aire

ρ = Densidad del medio

g = Aceleración de la gravedad

V = volumen del cuerpo

3.15 VALOR CONVENCIONAL DE MASA

Para un cuerpo a 20 °C, la masa convencional o el valor convencional del resultado de pesaje en el aire es la masa de una pesa de referencia de densidad 8 000 kg·m⁻³ que le equilibra en un aire de densidad 1,2 kg·m⁻³.

3.16 MEDIA ARITMÉTICA

También llamada promedio o media de un conjunto finito de números es el valor característico de una serie de datos cuantitativos, objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

3.17 CORRECCIÓN

Para cada punto calibrado del intervalo de calibración, la corrección, C_i , es la diferencia entre la medida de las lecturas del patrón “p” y la medida de las lecturas del equipo, “e” en ese punto:

$$C_i = p - e$$

3.18 ERROR ALEATORIO

Resultado de una medición menos la media que resultaría de un número infinito de mediciones del mismo mensurando realizadas bajo condiciones de repetibilidad.

Notas:

1. El error aleatorio es igual al error menos el error sistemático.
2. Puesto que solo se puede realizar un número finito de mediciones, es posible determinar solo un estimado del error aleatorio.

3.19 ERROR DE AJUSTE (DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN)

Error sistemático de la indicación de un instrumento de medición.

3.20 ERROR DE CERO (de un instrumento de medición).

Error en el punto de control para un valor cero del mensurando.

3.21 ERROR (DE INDICACIÓN) DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

Indicación de un instrumento de medición menos un valor verdadero de la magnitud de entrada correspondiente. Parte de una escala comprendida entre dos marcas sucesivas.

3.22. ERROR (de medición)

Resultado de un mensurando menos un valor verdadero del mensurando.
Notas:

1. Puesto que un valor verdadero no puede ser determinado, en la práctica se utiliza un valor convencionalmente verdadero
2. Cuando es necesario distinguir error de error relativo, el primero es a veces llamado error absoluto de medición. Este no debe confundirse con valor absoluto del error, que es el módulo del error.

3.23 ERROR EN EL PUNTO DE CONTROL (DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN)

Error de un instrumento de medición para una indicación especificada o para un valor especificado del mensurando, elegido para la verificación del instrumento.

3.24 EXACTITUD DE MEDICIÓN

Proximidad de concordancia entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

3.25 FACTOR DE COBERTURA (K)

Factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre típica combinada, para obtener la incertidumbre expandida.

NOTA Un factor de cobertura k típico, toma valores comprendidos entre 2 y 3.

3.26 INCERTIDUMBRE GLOBAL (EXPANDIDA)

Es el producto del factor de cobertura (K) y la incertidumbre típica (UT) asociada a la calibración del equipo.

$$U_{\text{expandida}} = \pm K * UT$$

3.27 INCERTIDUMBRE TIPICA

Está asociada a la calibración del equipo para ese punto. Se calcula sumando todas las incertidumbres.

CAPITULO 4

CLASIFICACIÓN DE MASAS OIML (ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE METROLOGÍA LEGAL)

4.1 RECOMENDACIONES OIML CONCERNIENTE A PESAS

Lo más fundamental para los trabajos internacionales y tratados internacionales son, sin embargo, los errores máximos de permisibilidad más que la forma de las pesas. La recomendación OIML R111-1:2004 es en este compostura es la más importante. Esta recomendación cubre solamente la precisión de pesas de clases E1, E2, F1, F2, y M1. La recomendación de la OIML R111-1:2004; cubre todas las pesas (excepto pesas de prueba de alto peso) e incluye los pesos usados para la comercialización ordinaria, pesas ordinarias hasta 1g.

Permítase simplemente mencionar que la clase E1 es poco realista en lo que concierne a las tolerancias de ajuste y existe la posibilidad de ser desechada considerando que los pasos con ajuste E2 y un certificado de calibración detallado incluyendo las correcciones de densidad, llenaran los requisitos para estos pasos normales primarios.

4.1.1 REQUERIMIENTOS PARA MASAS ESTANDAR DE TRABAJO

Para comparar los errores individuales en los instrumentos de pesaje contra los límites de errores máximos permisibles, es necesario que el equipo usado en la verificación tenga errores que sean mucho menores que los limites aceptados para los instrumentos que se están probando. Dentro de la OIML se considera, generalmente, que el límite de error del equipo de comparación (patrón) debe ser, por lo menos, tres veces menor que el limite prescrito para el instrumento que se va utilizar. Es hacer notar que estos límites son absolutos y no desviación estándar. En la práctica, esto significa que la influencia de errores efectivos en una verificación de masas de trabajo verificadas, es tres veces más baja en el promedio.

Las tolerancias de ajuste de las diferentes clases de masas utilizadas como patrones de referencia o para verificación, se dan en la recomendación internacional OIML R111-1:2004.

4.1.2 POR SU EXACTITUD

Las pesas se clasifican, según su grado de precisión, en las siguientes clases:

Clase E1, pesas de precisión muy alta.

Clase E2, pesas de precisión alta.

Clase F1, pesas de precisión muy fina.

Clase F2, pesas de precisión muy fina.

Clase M1, pesas de precisión media o de trabajo.

Clase M2, pesas de precisión media o de trabajo.

Clase M3, pesas de precisión ordinaria.

4.1.3. FORMA GENERAL DE LAS PESAS

La pesa de 1 gramos puede tener la forma de los múltiplos o de los submúltiplos del _____ gramo.

4.1.4 PESAS DE 1g O MÚLTIPLOS DEL GRAMO

Las pesas de un gramo pueden tener la forma de las pesas de la clase de precisión _____ media.

4.2 DETERMINACIÓN DE LA MASA

Ya que un objeto sumergido en un fluido experimenta dos fuerzas: la fuerza de gravedad tirando hacia abajo y la fuerza de empuje hacia arriba, el método que se utiliza con más frecuencia para determinar la masa de un cuerpo es comparando la fuerza de gravedad que se ejerce sobre el plato receptor de carga de una balanza debida al cuerpo contra la fuerza ejercida por una pesa de valor conocido (patrón de referencia) del mismo valor nominal, otra fuerza que interviene en el resultado de ésta comparación es la fuerza debida al empuje del aire. Las fuerzas que actúan sobre la pesa son la fuerza de gravedad, el empuje del

aire y la fuerza normal ejercida por el plato de la balanza sobre la pesa. Existen además dos fuerzas adicionales, una fuerza debida a la convección del aire cuando la pesa no se encuentra en estabilidad térmica con éste, la cual puede despreciarse si deja estabilizar en el ambiente del laboratorio donde se realizará la calibración y otra fuerza debida a la interacción magnética entre la pesa y la balanza, que se ha supuesto es lo suficientemente pequeña para el alcance de este trabajo.

4.3 CARACTERISTICAS DE PESAS E1 Y E2

Pesas iguales o mayores de 1g, la dureza y resistencia del material debe ser similar o mejor que el acero inoxidable austenítico, las pesas deben ser una sola pieza constituida por un cuerpo cilíndrico, teniendo en su parte superior una cabeza en forma de botón plano para su manejo. Las pesas de 10 kg a 100 g, ambas inclusive, deben llevar una cavidad de ajuste; para las pesas de 50 y 20 g la cavidad de ajuste es facultativa, Las pesas de 10, 5, 2 y 1 g. deben ser macizas, sin cavidad de ajuste.

Las pesas E1 son utilizadas para asegurar la trazabilidad entre los patrones nacionales de masa (con valores derivados del Prototipo Internacional del kilogramo) y pesas de clase E2 y menor. Estas deben ir acompañadas de un certificado de calibración. Mientras que las pesas E2, se usan en la verificación o calibración de pesas de clase F1 y con instrumentos de pesaje de clase de exactitud especial I, y al igual que las E1, deben ir acompañados de un certificado de calibración.

Pueden utilizarse como pesas de clase E1 si cumplen con los requisitos de rugosidad superficial, susceptibilidad magnética y magnetización de las pesas de clase E1 y, si su certificado de calibración proporciona los datos apropiados. Fabricadas en acero inoxidable con acabado de brillo espejo, de diseño cilíndrico hasta 1g. Las pesas inferiores a 1g son en láminas poligonales, que permiten verificar su peso por medio de su forma, Sin cavidad de ajuste y alta resistencia a la corrosión.

4.3.1 CARACTERISTICAS ESPECIALES PARA PESAS E1

Cavidad de ajuste no permitida.

Sin marcas y en una sola pieza

Marcas de usuarios para distinguir de otras piezas E1 y E2.

La clase debe ser indicada en el estuche de resguardo.

4.3.2 CARACTERISTICAS ESPECIALES PARA PESAS E2

Sin marcas y en una sola pieza

Cavidad de ajuste no permitida.

Puede colocarse en un punto de la parte superior para distinguir de la clase E1.

Pesas mayores de 50Kg pueden tener cavidad de ajuste y deben ser ajustadas con el mismo material.

4.4 CONTROLES METROLOGICOS

4.4.1 APROBACIÓN DE MODELOS.

Cada modelo de pesas nuevas que se haga debe cumplir con los requisitos metrológicos para cada clase establecidos en esta norma, o en su caso presentar certificado de conformidad con el modelo aprobado, de una entidad debidamente reconocida, dicha aprobación debe ser enviada a la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Metrología, ente aprobatorio de del modelo, además se ha de remitir, documentos descriptivos de la pesa (dibujo, forma y dimensiones) y características metrológicas (valor nominal, valor convencional, densidad, error, incertidumbre) las especificaciones o componentes del sistema de medición utilizado. Luego de que el modelo se aprueba no debe ser modificado sin una autorización especial.

4.4.2 CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN PRIMITIVA (INICIAL)

Las pesas destinadas a emplearse como patrones o bien para la calibración o verificación de instrumentos de pesaje no automático afectado por el reglamento de metrología, se deben calibrar o verificados por el Laboratorio Nacional de Metrología o por otra entidad metrológicas debidamente acreditada por la Oficina Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para tal fin. Esta debe estar acompañado de un certificado que de al menos la masa convencional de cada pesa, su incertidumbre expandida, y el valor del factor de cobertura k , además el valor nominal.

Los valores de masa convencional de cada pesa y la información requerida para certificados de clase E1, las pesas de clase E2 o juego de pesas siempre han de estar acompañadas por un certificado de calibración; ellas pueden ser usadas como pesas de clase E1 si cumplen con los requerimientos de rugosidad de superficie y susceptibilidad magnética de las pesas de clase E1 y si su certificado de calibración provee los datos apropiados.

4.4.3 CONTROL DE MARCADO

Los controles de marcas no son requeridos en las pesas cuando un certificado de calibración ha sido entregado. Para pesas de clase E1 y E2, los controles de marca se fijan en los estuches que las contengan.

4.4.4 MARCA DE CONTROL

Para indicar no se requiere las marcas de control en los pesos cuando existe un certificado de calibración.

Las pesas de clase E1 y E2. Para estas pesas los controles de marca se fijan en los estuches que las contengan.

4.4.5 MARCADO

Frecuentemente las pesas de tipo E se encuentran marcado de las maneras siguientes:

Descartar las pesas de clases E1 y E2, las pesas de un gramo y múltiplos de un gramo debe ser marcado para indicar claramente su valor nominal.

Los numerales que indican el valor nominal de la masa de las pesas deben representar:

Kilogramos – para masas de 1 kg en adelante.

Gramos – para masas desde 1 g hasta 500 g.

Las pesas duplicadas o triplicadas en un juego deben ser claramente distinguidas por medio de uno o dos asteriscos o puntos en el centro de la superficie, excepto para pesas en forma de alambre las cuales deben ser distinguidas por medio de uno o dos ganchos.

Las pesas laminares o de alambres desde 1 mg hasta 1 g no debe llevar ninguna directriz de valores nominales o referencias de clases.

4.5 PESAS DE CLASE E1, E2 Y DIFERENCIAS

Las pesas de clase E1 y E2 no deben llevar ninguna indicación del valor nominal o referencia de clase; la clase debe estar indicada sobre la cobertura del estuche de las pesas. La clase debe ser indicada como E1, E2

Las pesas de clase E2 pueden llevar un punto fuera del centro en la superficie superior para distinguirlas de las pesas de clase E1.

4.5.1 MARCADO DE USUARIO

Es una buena práctica para un usuario identificarlas pesas individuales ya que ello ayuda a conectar una pesa con su certificado de calibración o su documento de verificación. Los valores máximos aceptables para las marcas de usuario se indican en la tabla.

CANTIDAD MÁXIMA DE MARCA DEL USUARIO

Clase	Valor nominal	Altura de la letra	Cantidad máxima de signos, numerarles o letras
E,F,M1 y M2	< 1 g	1 mm	2

E1	≥ 1 g	2 mm	3
E2	≥ 1 g	3 mm	5
F1 a M2	1 g o 100 g	3 mm	5
F1 a M2	200 g o 10 g	5 mm	5
F1 a M2	≥ 20 kg	7 mm	5

Tabla 1. Cantidad máxima de marca de usuario

4.6. CAMPO DE CALIBRACION

Los requisitos metrológicos para usar las pesas usadas se deben aplicar:

1. Para la calibración o verificación de instrumentos de pesaje.
2. Para la calibración o verificación de pesas que sean de clases de menor exactitud.
3. Para instrumentos de pesaje, es decir, los valores nominales de las masas de las pesas posee desde 1 mg a 50kg.

4.6.1 PESAS USADAS PARA LA CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE PESAJE

Para la calibración o verificación de instrumentos de pesaje la clase de exactitud de las pesas usadas deberá ser de acuerdo al instrumento de medición.

4.6.2 PESAS USADAS PARA LA CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN DE PESAS DE UNA CLASE DE MENOR A LA EXACTITUD TIPO E1

Las pesas con valores derivados modelo internacional de kilogramo se usa para asegurar la trazabilidad entro los estándares nacionales y pesas de clases E2 y menor, seguido con el (Comité Técnico Metrológico, s.f.)

Las pesas de clase E1: Deben siempre estar acompañados por un certificado de calibración.

Las pesas de clase E2: Pesas para ser usadas en la calibración o verificación elemental (inicial) de pesas de clase F1. Este juego de pesas E2 también deben

de estar acompañadas por un certificado de calibración, asimismo pueden ser usadas como pesas de clase E1.

4.6.3 CLASE DE EXACTITUD MÍNIMA DE PESAS USADAS CON INSTRUMENTOS DE PESAJE

Pesas F1, E2; F2; M1; M2; M3.

F1, E2: se utilizan para instrumentos de pesaje con clase de exactitud (I).

F2: son usadas para instrumentos de pesaje de clase de exactitud (III).

M1: son usadas en instrumentos de pesaje con clase de exactitud (II).

M2: usadas para los instrumentos de pesajes de clase de exactitud (III).

M3: usadas en instrumentos de pesaje con clases de exactitud (III) y (IIII).

4.7 CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA PESAR

Los instrumentos para pesar se clasifican de acuerdo a la OIML en cuatro clases de exactitud, esta clase de exactitud estará determinada de acuerdo al número de escalones de verificación que depende de la capacidad máxima del instrumento y del escalón de verificación, escalones:

4.7.1 ESCALONES

CLASES SE PRECISIÓN DE PESAJE

PRECISION	CLASE	SIMBOLO
Especial	1	I
Fina	2	II
Media	3	III
Ordinaria	4	IIII

Tabla 2. Clases de precisión de pesaje

Teniendo estos datos (“e” y “n”) y con la siguiente tabla, se puede determinar la clase de precisión de la balanza y la carga mínima, estableciendo “n” (número de divisiones de escala de verificación) y “e” (escala de verificación) en el rango que corresponda.

4.7.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS PESAS CLASES E

Las pesas de las clases E1 y E2 deben ser sólidas y no debe tener aberturas abiertas a la atmósfera, deben de cumplir con una construcción íntegra, es decir, que solo este construida por una sola pieza de material.

4.7.3 PESAS CLASE (E) DE 1 MG A 50 KG

Las pesas clase E de 1 mg a 50Kgdeben ser sólidas y no deben tener cavidades abiertas a la atmósfera. Deben ser de una sola pieza de material.

4.7.4 PESAS CLASE E2SUPERIORES A 50 KG

Las pesas clase E2superiores a 50 kg pueden tener una cavidad de ajuste cuyo volumen no debe exceder 1/1 000 del volumen total de la pesa. La cavidad se debe poder sellar y debe ser hermética al aire y al agua (por ejemplo, por medio de una junta). La cavidad se debe cerrar común tapón roscado con una ranura para destornillador o un dispositivo de manipulación como una perilla, una manija, un ojal, etc. El material del tapón debe ser igual al del cuerpo de la pesa y debe cumplir con los requisitos de superficie de la Clase E2.

4.8 MATERIAL DE LAS PESAS

4.8.1 GENERAL

Las pesas deben ser resistentes a la corrosión. En la metrología la calidad del material en los cambios de la masa de las pesas debe ser despreciable en la

relación a los errores máximos permitidos en su clase de exactitud.

4.8.2 PESAS DE CLASE E1 Y E2

El metal o aleación usada para pesas de las clases E1 y E2 deben ser prácticamente no magnético (la susceptibilidad magnética no debe exceder $k = 0,01$ para clase E1 y $k = 0,03$ para clase E2). Estas pesas expresan la dureza de éste material y su resistencia al uso debe ser similar o mejor que el de acero inoxidable austenítico.

4.9 DENSIDAD DE LAS PESAS

4.9.1 GENERAL

El material de las pesas debe tener una desviación del 10% de la densidad del aire especificado ($1,2 \text{ kg/m}^3$) no produce un error que exceda un cuarto del error máximo permisible. Estos límites están dados en la siguiente tabla:

LÍMITES MÍNIMOS Y MÁXIMOS PARA DENSIDAD ($\rho_{min} \cdot \rho_{max}$)

Valor Nominal	$\rho_{min} \cdot \rho_{max} (10^3 \text{ Kg} \cdot \text{m}^3)$					
	Clase E1	Clase E2	Clase F1	Clase F2	Clase M1	Clase M2
$\geq 100\text{g}$	7,934...8,067	7,81...8,21	7,39...8,73	6,4...10,7	$\geq 4,4$	$\geq 2,3$
50 g	7,92...8,08	7,74...8,28	7,27...8,89	6,0...12,0	$\geq 4,0$	
20 g	7,84...8,17	7,50...8,57	6,6...10,1	4,8...24,0	$\geq 2,6$	
10 g	7,74...8,28	7,27...8,89	6,0...12,0	$\geq 4,0$	$\geq 2,0$	
5 g	7,62...8,42	6,9...9,6	5,3...16,0	$\geq 3,0$		

2 g	7,27...8,89	6,0...12,0	$\geq 4,0$	$\geq 2,0$		
1g	6,9...9,6	5,3...16,0	$\geq 3,0$			
500 mg	6,3...10,9	$\geq 4,4$	$\geq 2,2$			
200 mg	5,3...16,0	$\geq 3,0$				
100 mg	$\geq 4,4$	$\geq 2,3$				
50 mg	$\geq 3,4$					
20 mg	$\geq 2,3$					

Tabla 3. Límites mínimos y máximos para densidad (ρ_{min} · ρ_{max}).

4.10 CUALIDADES DE SUPERFICIE

Las calidades de la superficie deben ser tal que cualquier perturbación de la masa de la pesa es despreciable con respecto al error máximo permisible.

La superficie de las pesas incluyendo la base y esquinas debe ser lisa y los bordes deben ser redondeados. La superficie de las pesas de clases E1, E2, F1 y F2 no debe ser agujereado, esponjoso, perforado, filtrable y abierto. Deberán presentar un aspecto brillante cuando se examinan visualmente.

Si se encuentra un caso de una incertidumbre acerca de la calidad de la superficie de una pesa, los siguientes valores máximos de la rugosidad de superficie, pico promedio de la altura del valle Rz (ISO), debe observarse para determinar la superficie de esa pesa:

Valores máximos de la rugosidad de superficie

Clases de pesa	E1	E2	F1	F2
RZ (μm)	0,5	1	2	5

Tabla 4. Valores máximos de rugosidad de la superficie

4.11. PESAS DE CLASES F1 Y F2

Las pesas sólidas deben ser ajustadas por abrasión, esmerilado o cualquier método apropiado que no altere la superficie. Las pesas con aberturas de ajuste pueden ser ajustadas con el mismo material del cual ellas están fabricadas o con estaño.

4.11.1 PESAS DE CLASES M1, M2 Y M3

Las pesas desde 100 g hasta 50 kg deben ser ajustadas usando materiales densos y metálicos tales como trozos de plomo.

4.12 ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LA CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN

Los errores máximos permisible en la verificación inicial hacen parte de los requisito metrológicos, para cada pesa, la incertidumbre expandida U para $k=2$ de la masa convencional debe ser menor o igual a un tercio del error máximo permisible dado en la tabla 5. Excepto para las pesas de clase E1, en estas clases de pesa no es un requisito específico relacionado a U para pesas de clase E1, sin embargo, U debe ser significativamente menor que el error máximo permisible.

± δm en mg							
Valor Nominal	Clase E₁	Clase E₂	Clase F₁	Clase F₂	Clase M₁	Clase M₂	Clase M₃
50 kg	25	75	250	750	2 500	7 500	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000	3 000	10 000
10 kg	5	15	50	150	500	1 500	5 000
5 kg	2.5	7.5	25	75	250	750	2 500
2 kg	1.0	3.0	10	30	100	300	1 000
1 kg	0.5	1.5	5	15	50	150	500
500 g	0.25	0.75	2.5	7.5	25	75	250
200 g	0.10	0.30	1.0	3.0	10	30	100
100 g	0.05	0.15	0.5	1.5	5	15	50
50 g	0.030	0.10	0.30	1.0	3.0	10	30
20 g	0.025	0.080	0.25	0.8	2.5	8	25
10 g	0.020	0.060	0.20	0.6	2	6	20
5 g	0.015	0.050	0.15	0.5	1.5	5	15
2 g	0.012	0.040	0.12	0.4	1.2	4	12
1 g	0.010	0.030	0.10	0.3	1.0	3	10
500 mg	0.008	0.025	0.08	0.25	0.8	2.5	
200 mg	0.006	0.020	0.06	0.20	0.6	2.0	
100 mg	0.005	0.015	0.05	0.15	0.5	1.5	
50 mg	0.004	0.012	0.04	0.12	0.4		
20 mg	0.003	0.010	0.03	0.10	0.3		
10 mg	0.002	0.008	0.025	0.08	0.25		
5 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20		
2 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20		
1 mg	0.002	0.006	0.020	0.06	0.20		

Tabla 5. Errores máximos permisibles en verificación primitiva (inicial)

Nota:

Las condiciones de referencia aplicable al ajuste de pesas patrones son las siguientes:

- La densidad del aire en el ambiente es de: 1,2 kg/m³.
- La densidad del patrón de referencia es de: 8 000 kg/m³.
- El pesado en el aire a 20°C, sin corrección para empuje del aire.

También los errores máximos permisibles en la verificación inicial y las subsecuentes para cada pesa individual se encuentran en la tabla 5. Estos errores máximos permisible se relacionan a la masa convencional.

Para pesas de clase E1 y E2, los cuales están siempre acompañados por certificados que proveen los datos apropiados, la desviación del valor nominal $|m_c - m_o|$, deben ser tomados en cuenta por el usuario.

Para cada pesa, la masa convencional, m_c (determinada con una incertidumbre expandida) no diferiría por más que la diferencia:

Error máximo permisible δm menos la incertidumbre expandida, del valor nominal de la pesa M_o .

$$M_o - (\delta m - U) \leq m_c \leq M_o + (\delta m - U)$$

4.13 CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración de las pesas se debe realizar en condiciones ambientales estables, bajo presión atmosférica ambiente, a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente (1). Los valores típicos recomendados se dan en la Tabla siguiente:

Condiciones ambientales durante la calibración los valores típicos recomendados para tener resultados exitosos

Clase de pesa	Cambio de temperatura durante la calibración
E1	$\pm 0,3$ °C por h con un máximo de $\pm 0,5$ °C para 12 h
E2	$\pm 0,7$ °C por h con un máximo de ± 1 °C para 12 h
F1	$\pm 1,5$ °C por h con un máximo de ± 2 °C para 12 h

F2	± 2 °C por h con un máximo de $\pm 3,5$ °C para 12 h
M1	± 3 °C por h con un máximo de ± 5 °C para 12 h

Tabla 6. Cambio de temperatura durante la calibracion

Rango de humedad relativa del aire

Clase de pesa	Rango de humedad relativa (h) del aire
E1	40% a 60% con un máximo de $\pm 5\%$ para 4 h
E2	40% a 60% con un máximo de $\pm 10\%$ para 4 h
F	40% a 60% con un máximo de $\pm 15\%$ para 4 h

Tabla 7. Rango de humedad relativa

Notas:

También es importante que la diferencia en la temperatura entre las pesas y el aire dentro del comparador de masa sea lo más pequeño posible. Conservar la pesa de referencia y la de ensayo dentro del comparador de masa antes y durante la calibración puede reducir esta diferencia de temperatura.

Este es el cambio en la temperatura del laboratorio. La estabilización térmica de las balanzas y las pesas requiere que la temperatura del laboratorio se mantenga con una estabilidad durante 24 horas antes de la calibración. Para las pesas de clase E1 y E2 requiere una temperatura entre 18 °C y 27 °C, las condiciones ambientales deben cumplir las especificaciones del instrumento de pesaje.

4.13.1. CONSIDERACIONES PARA CALIBRAR

4.13.2. HUMANOS

Las calibraciones deben ser conducidas por personal competente, capaz no solo de seguir el procedimiento, sino de conocer y manejar correctamente los patrones y equipos auxiliares que intervienen en la calibración, conocer el elemento de calibración, sus especificaciones, requisitos técnicos y metrológicos y saber interpretar los resultados de las pruebas en la medida en que se van obteniendo, lo cual debería ser evaluado rigurosamente, Deberá leerse el manual de instrucciones de la balanza si se dispone de él, y en cualquier caso estar familiarizado con el uso de la balanza y sus opciones.

4.13.3. CONDICIONES AMBIENTALES

Aquí no solo es importante considerar que los procedimientos de los laboratorios de calibración deben ser homogéneos lo cual puede lograrse a través de guías de calibración. “El laboratorio debe asegurar que las condiciones ambientales no invaliden los resultados o afecten adversamente la calidad requerida de cualquier medición...” Cuando se calibran instrumentos con más de 10000 divisiones la medición de los parámetros ambientales es importante para corregir el error debido al empuje diferente del aire durante la calibración así como su contribución a la incertidumbre asociada a los errores del instrumento.

4.13.4. EQUIPO Y TRAZABILIDAD DE LA MEDICIÓN

Aplicable tanto para clientes como para proveedores del servicio establece lo siguiente: “El laboratorio debe tener un programa y un procedimiento para la calibración de sus patrones de referencia. Los patrones de referencia deben ser calibrados antes y después de cualquier ajuste”. Así como las pesas, los equipos auxiliares de medición ser los apropiados y estar debidamente calibrados para lograr la trazabilidad de las mediciones (17025, s.f.).

4.13.5. MANEJO DE LOS ELEMENTOS DE CALIBRACIÓN

Los instrumentos para pesar se deben manejar siguiendo las instrucciones del fabricante. Como el ajuste de la escala es un procedimiento que de manera sistemática realiza el propietario del instrumento, el proveedor del servicio de calibración debería realizarlo de la misma forma que el cliente.

4.13.6. PROCEDIMIENTOS DE CALIBRACIÓN

En general, la calibración a menudo se contempla junto con el proceso de ajuste del resultado de un instrumento de medida, de manera que esté de acuerdo con un estándar preestablecido, y dentro de una precisión especificada.

4.14. LIMPIEZA DE LAS PESAS

Si las pesas tuvieron que ser limpiadas, este procedimiento debe ser hecho antes de cualquier ensayo, pues la limpieza de las pesas puede modificar el valor de las mismas. Las pesas deben ser manipuladas y almacenadas de modo que permanezcan limpias. Antes de la calibración se debe retirar el polvo que pueda contener las pesas a través de un flujo de aire (no usar gas comprimido). La limpieza no deberá remover cantidad alguna de material de las pesas. Si la limpieza fue hecha con solventes, las pesas necesitarán de un tiempo para estabilización.

En OIML la clase E1 su limpieza corresponde de este modo:

Los valores nominales < 1 g solo deberían soplar con un fuelle para eliminar las partículas de polvo adheridas a ellos.

Los valores nominales > 1 g podrán limpiarse también con un pincel para eliminar el polvo si fuera necesario.

Si se hace necesaria una limpieza con líquidos como alcohol puro, agua destilada o algún otro tipo de disolventes, ésta podría modificar de forma significativa el valor de masa de las pesas. Incluso la eliminación de huellas dactilares con paños de algodón o micro fibras en valores nominales < 100 g debe valorarse de forma crítica, ya que pueden modificarse los valores de masa calibrados.

4.15 REQUISITOS DE LAS PESAS PATRÓN

4.15.1 REQUISITOS TÉCNICOS

Son requisitos relacionados con los aspectos operacionales de las masas patrón.

Forma, Construcción, Material, Magnetismo, Densidad, Condiciones de la superficie, Ajustes, Marcaciones, Forma de Presentación.

4.15.2 REQUISITOS METROLÓGICOS

Son aquellos relacionados con los errores obtenidos en la calificación de las pesas patrón.

4.15.3 INCERTIDUMBRE EXPANDIDA

Para cada patrón de masa, la incertidumbre expandida U , para $k = 2$ da masa convencional, debe ser inferior o igual a un tercio del error máximo admisible.

4.15.4 MASA CONVENCIONAL

Para cada patrón de masa, la masa convencional m_c (determinada con una incertidumbre expandida U) no debe diferir más de la diferencia del error δm máximo admisible, menos la incertidumbre expandida, en relación al valor nominal de la pesa m_0 .

4.15.5 RUGOSIDAD SUPERFICIAL

En las condiciones normales de uso, la calidad de las superficies debe ser tal que cualquier alteración de la masa de las pesas sea despreciable con relación al error máximo permitido. Cada patrón de masa debe ser individualmente evaluado para determinar si es aceptable. La superficie de los patrones de masa (incluida la base

y las esquinas) debe ser suave y los bordes deben ser arredondados. La superficie de los patrones de masa de las clases E1, E2, no debe ser porosa y debe presentar una apariencia pulida durante el examen visual.

Clases	E1	E2	F1	F2
Ra [μm]	0,1	0,2	0,4	1
RZ [μm]	0,5	1	2	5

Tabla 8. Valores máximos para la rugosidad superficial

4.16. ENSAYO DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL

La estabilidad de la masa de un patrón de masa es altamente dependiente de la estructura de su superficie. Una superficie lisa tiene un área eficaz menor y colecta menos “suciedad” que una superficie rugosa. Una vez que la superficie sea contaminada la superficie lisa es más fácil de limpiar. Se puede, por tanto, esperar que un patrón de masa con una superficie lisa sea más estable que un patrón de masa con una superficie rugosa; siempre que las otras características permanecen iguales. También es importante que la superficie del patrón de masa este limpia durante la evaluación de la rugosidad de la superficie.

4.17. ENSAYO DE MAGNETISMO

Fuerzas magnéticas pueden afectar de manera adversa el proceso de pesaje ya que, sin la investigación sistemática, estas fuerzas no puedan ser distinguidas de las fuerzas gravitacionales en la determinación de la masa. Las fuerzas magnéticas pueden surgir de la interacción mutua de dos patrones de masa, bien como entre un patrón y una masa, del comparador de masa usado en el pesaje, y entre otros objetos magnéticos en su vecindad. Las propiedades magnéticas, como el magnetismo y la susceptibilidad, de los patrones de masa deben ser determinadas antes de la calibración de masa.

4.18. MAGNETISMO

Las magnetizaciones no deben superar los valores máximas dados en la Tabla 9.

Clases	E1	E2	F1	F2	M1	M2	M3
Magnetización máxima	3	10	30	100	300	1000	3000

Tabla 9. Valores máximos para la magnetización permanente

CAPITULO 5

METODOLOGÍA

TIPO DE PROYECTO

El tipo de proyecto que se utiliza es evaluativo y además con carácter expositivo. En el cual con la donación de patrones al laboratorio del programa de metrología de la universidad de Cartagena ayudará al entendimiento y buen manejo de estas herramientas, consecuente a esto se facilitará el aprendizaje de los atributos de eficacia, calidad y eficiencia de los patrones tipo E1 y E2 para balanzas.

VARIABLES

Para la ejecución de este proyecto es necesaria la obtención de información relacionada con las magnitudes físicas y de las normas metrológicas estipuladas para la clasificación del tipo de herramienta donada al laboratorio, para la calibración de pesas, así como lo es OIML R 111 (Organización Internacional de Metrología Legal).

COCLUSIÓN

En este proyecto se desarrolló una guía de procedimiento para la calibración de las balanzas analíticas utilizando pesas patrones de clasificación E1 y E2, cual principal propósito fue definir un procedimiento para la calibración de balanza digitales con el uso de pesas patrones clasificación “E” siguiendo una serie de especificaciones de la norma OIML R111 – 1:2004, en sus anexos, recopila una serie de información sobre su funcionamiento, propósito, manipulación, limpieza, almacenamiento y calibración de las pesas patrones de clasificación E, información con la cual se elaboró un manual de uso y control sobre pesas patrones de clasificación E1, E2.

ANEXO# 1 MANUAL DE USO SOBRE LAS PESAS PATRONES

MANUAL DE USO Y CONTROL SOBRE LAS PESAS PATRONES DE CLASIFICACIÓN E1 y E2

PATRONES DE MASA

Son una representación física de una unidad de medición. Estas deben poseer alta confiabilidad y trazabilidad en las mediciones, cumpliendo así las recomendaciones de la norma OIML R111-1:2004. Los patrones de clasificación E están destinados a la calibración de instrumentos de especial exactitud tipo I.

La clasificación de los patrones de masa de E son los siguientes.

Clase E1: pesos destinados a garantizar la trazabilidad entre las normas nacionales de masa y pesos de clase E2 e inferiores.

Clase E2: Pesas destinadas a utilizarse en la verificación o calibración de pesos de la clase F1 y para su uso con Instrumentos de pesaje de la clase de precisión especial I. Pueden ser utilizados como pesos de clase E1 si cumplen

Con los requerimientos de rugosidad superficial, susceptibilidad magnética y magnetización para clase E1, y si su certificado de calibración proporciona los datos apropiados especificados en OIML R111-1:2004.

Los pesos de clase E1 y E2 deben estar acompañados Por un certificado de calibración.

FUNCION O PROPOSITO

La importancia que tienen las pesas patrones certificadas es garantizar seguridad en los procesos de control en los instrumentos de pesaje, garantizando así la trazabilidad del patrón nacional de una manera directa.

Es esencial disponer de patrones de masas, estos deben poseer una exactitud superior a las masas las cuales serán calibradas, y con valores nominales convenientes para realizar una comparación directa.



Ilustración 2. Patrones de masa clase E.
Fuente internet

MANIPULACIÓN

Para que se pueda confiar durante mucho tiempo en las pesas y patrones de masas se debe prestar especial atención a la hora de manipularlas.

Antes de empezar cualquier práctica se debe realizar una inspección visual en busca de daños en la superficie como cualquier tipo de corrosión, impurezas, humedad, huellas dactilares o el desgaste mecánico, porque estas pueden modificar los valores de masa. Al ser los patrones clase E los de mayor precisión, el cuidado que habrá que tener a la hora de manipularlas debe ser riguroso.

La norma OIML R111-1:2004 establece que los medios auxiliares deben presentar unas características determinadas de forma que su uso no dañe o modifique la superficie de las pesas.

OIML CLASE E1

Se recomienda utilizar exclusivamente pinzas con punta de carbono, horquillas para pesas, pinzas de pesas o medios auxiliares de elevación.

OIML CLASES E2 Y F1

Para la manipulación de pesas que entran en las clases E2 y F1 de la OIML se recomienda los siguientes medios auxiliares:

- Para pesas < 1 kg utilizar únicamente pinzas con puntas protegidas (silicona especial o carbono). (Ilustración 3).
- Para pesas ≥ 500 g es favorable emplear horquillas, pinzas o elevadores auxiliares. (Ilustración 4).
- Para pesas ≥ 1 kg es suficiente con utilizar guantes de algodón. (Ilustración 5.)



Ilustración 3. Pinzas. *Fuente internet*



Ilustración 4. Elevadores auxiliares. Fuente internet



Ilustración 5. Guantes de algodón. Fuente internet

ALMACENAMIENTO

Antes de empezar o terminar cualquier práctica las pesas patrones deben someterse a una inspección visual, la cual determina si existe algún daño o rastro de impurezas. Esta inspección se hace con el fin de hacer perdurar nuestro material de trabajo y así sea confiable por mucho tiempo.

Al terminar una práctica luego de la inspección visual y una limpieza se deben tener en cuenta las recomendaciones de la OIML R111-1:2004 para el almacenamiento de las piezas, para su plena conservación.

OIML CLASE E1

Las pesas de esta clase deberán guardarse en el interior de campanas de vidrio (*Ilustración 6*), además que el lugar este libre de polvo dentro el laboratorio, climatizado, lo ideal sería un armario con cerradura. Antes de usar los patrones de masa es necesario asegurarse de la temperatura de estas esté adaptada a las condiciones del entorno del lugar de pesaje. Los estuches deberían utilizarse únicamente para el transporte fuera del laboratorio. (*Ilustración 7*).



Ilustración 6. Campana de vidrio para pesas patrones. Fuente internet



Ilustración 7. Estuche para el transporte de las pesas. Fuente internet



Ilustración 8. Estuche para pesas patrones. Fuente internet

OIML CLASES E2 Y F2

Para esta clase de patrones deberán guardarse bajo campanas de vidrio o en el interior de estuches apropiados (*Ilustración 8*). Los orificios y huecos integrados en los estuches para alojar las pesas deben forrarse con material suave y que no desprenda pelusas. Los materiales utilizados como madera o plástico, así como los pegamentos no deben exhalar vapores o gases para impedir que se depositen en la superficie de las pesas y las consecuentes modificaciones. Antes de usar las pesas es necesario asegurarse que la temperatura de las mismas esté adaptada a las condiciones del entorno del lugar de pesaje. Para ello deberá abrir los estuches o sacar las pesas de los mismos durante un tiempo necesario para su climatización.

LIMPIEZA

OIML clase E1

Los valores nominales < 1 g solo deberían soplar con un fuelle para eliminar las partículas de polvo adheridas a ellos. Los valores nominales > 1 g podrán limpiarse también con un pincel para eliminar el polvo si fuera necesario (Figura 8). Si se hace necesaria una limpieza con líquidos como alcohol puro, agua destilada o algún otro tipo de disolventes, ésta podría modificar de forma significativa el valor de masa de las pesas. Incluso la eliminación de huellas dactilares con paños de algodón o microfibras en valores nominales < 100 g debe valorarse de forma crítica, ya que pueden modificarse los valores de masa calibrados.

OIML clases E2 y F1

Las partículas de impurezas y polvo ligeramente adheridas deberían eliminarse con un fuelle o un pincel de polvo. En valores nominales > 50 g, las huellas dactilares y las impurezas superficiales ligeras pueden retirarse adicionalmente con un paño de algodón o microfibras. La eliminación de deposiciones húmedas o pegajosas debe valorarse como un acto crítico y puede conllevar la modificación de los valores de masa. Si se hace necesaria una limpieza con líquidos como alcohol puro, agua destilada o algún otro tipo de disolventes, ésta podría modificar de forma significativa el valor de masa de las pesas. En ningún caso deben sumergirse completamente en un líquido las pesas con cámaras de ajuste (p. ej. de la clase F1 con cabeza roscada).



Ilustración 9. Pinceles. Fuente internet

PROCESO PREVIOS A LA CALIBRACIÓN

Previo de iniciar cualquier calibración se debe realizar una serie de operaciones para la calidad de esta, como lo son. (PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS , s.f.)

Antes de la determinación de la masa, se debe conocer la densidad de los pesos con suficiente precisión.

Las condiciones ambientales y las características metrológicas de los instrumentos de pesaje utilizados en la determinación de masa deben ser conocidos con suficiente precisión.

Fórmulas para la determinación de la masa convencional y su incertidumbre

Condiciones ambientales

La calibración de los pesos debe realizarse en un lugar adecuado, libre de vibraciones y perturbaciones que puedan afectar el valor de la medida, además este sitio debe estar bajo una presión atmosférica ambiente y a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente.

Los valores típicos para los patrones de clase E, recomendados por la OIML R111:2004 son:

Clase de patrón	Cambio de temperatura durante la calibración
E1	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ por hora con un máximo de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 12 horas.
E2	$\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ por hora con un máximo de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 12 horas.

Tabla 10

Clase de patrón	Rango de humedad relativa (hr) del aire
E1	40% a 60% con un máximo de $\pm 5\%$ por a 4 horas.
E2	40% a 60% con un máximo de $\pm 10\%$ por 4 horas.

Tabla 11

Para los pesos de clase E1 y E2, la temperatura debe estar entre 18°C y 27°C . Las condiciones ambientales deben estar dentro de las especificaciones del instrumento de pesaje.

Acondicionamiento del equipo de medida

Las características metrológicas del instrumento de pesaje utilizado deben conocerse a partir de mediciones su resolución, linealidad, respetabilidad y

excentricidad, debe ser tal que la incertidumbre requerida pueda ser alcanzada.

Los instrumentos deben conectarse previo a su uso, según indiquen las instrucciones de este para cerciorar la estabilidad térmica.

PROCESO DE CALIBRACIÓN

Lo primero es determinar la desviación al nominal de la muestra y ajuste de esta si es necesario.

Para la tomar los datos de las condiciones ambientales tales como temperatura, presión atmosférica y humedad relativa. Estos se deben tener en cuenta al inicio y al final de la calibración.

En las calibraciones se busca repetibilidad y linealidad del equipo como de los patrones de masa para una mayor confiabilidad. Para ello se realiza un ciclo de medida, según la secuencia que se elija, un ejemplo de esto sería patrón – muestra – muestra – patrón (p – m – m – p). La repetición de este ciclo de medida debe ser mayor a 3.

Por último la estimación del valor de masa convencional de las masas a calibrar y la estimación de sus incertidumbres asociadas.



*Ilustración 10. Masas patrones clase E.
Fuente internet*



Ilustración 11. Balanza analítica y patrones. Fuente propia

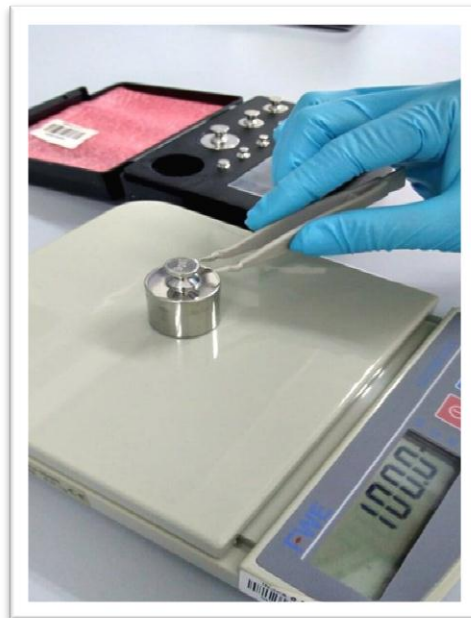


Ilustración 12. Fuente propia

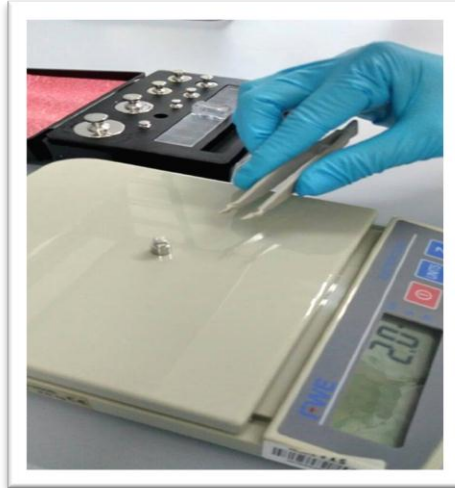


Ilustración 13. Fuente propia

ANEXO #2 EJERCICIO DE PRUEBA DE EXCENTRICIDAD

PRUEBA DE EXCENTRICIDAD				
Numero de sección	Lectura 1 (g)	Lectura 2 (g)	Lectura 3 (g)	Promedio de lecturas
1	50	50	50	50
2	50	50	50	50
3	50	50	50	50
4	50	50	50	50
5	50.1	50	50	50.03
EXCENTRICIDAD	$50.033 - 50 = 0.03g$			

Tabla 12. Prueba de excentricidad

EJERCICIO DE PRUEBA DE REPETTIBILIDAD

PRUEBA DE REPETIBILIDAD						
Masa patrón (g)	Lectura 1 (g)	Lectura 2 (g)	Lectura 3 (g)	\bar{X}	S	SL
60	60	60	60	60	0	0
120	120	120	120	120	0	0
180	180.1	180	180	180.03	0.058	0.044
210	210	210	210.1	210.03	0.058	0.044

Tabla 13. Prueba de respetabilidad

EJERCICIO DE PRUEBA DE LINEALIDAD

PRUEBA DE LINEALIDAD				
carga (g)	Lectura ascendente (g)	Lectura descendente (g)	\bar{X}	ci
0	0	0	0	0
1	1	1	1.0	0
3	3	3	3	0
5	5	5	5	0
10	10	10	10	0
20	20	20	20	0
40	40	40	40	0
60	60	60	60	0
110	110	110.1	110.03	0.1
210	210	210.1	210.03	0.1

Tabla 14. Prueba de linealidad

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
LABORATORIO DE METROLOGIA
BALANZA ANALÍTICA**

CALIBRACIÓN INTERNA		Folio: _____
BALANZA ANALÍTICA MONOPLATO		Próxima calibración: _____
Analógico ()	Digital (x)	

DATOS GENERALES		
Marca: FEJ Series	Número de serie: N/A	Capacidad: 250 g
Modelo: FEJ-250B	Determinante: N/A	División de la escala: 0.1 g
Patrón utilizado: masas F1		

CARACTERÍSTICAS DE LA CALIBRACIÓN		
PROCEDIMIENTO EMPLEADO	TEMPERATURA (T °C)	HUMEDAD (Hr)
SIM MWG7/cg-01/v.00	20	57%

INSPECCIONES VISUALES ANTES DE LA CALIBRACIÓN				
Estado general:	Optimo			
Estado del displaye:	Optimo			
Estado de la fuente de poder:	Optimo			
Lugar de instalación:	Optimo			
Observaciones adicionales:				
Realizado por:	Firma	Fecha	Supervisado por	Firma

ANEXO #3 EJERCICIO DE PRUEBA DE EXCENTRICIDAD

PRUEBA DE EXCENTRICIDAD				
Numero de sección	Lectura 1 (g)	Lectura 2 (g)	Lectura 3 (g)	Promedio de lecturas
1				
2				
3				
4				
5				
Excentricidad=				

EJERCICIO DE PRUEBA DE REPETIBILIDAD

PRUEBA DE REPETIBILIDAD						
Masa patrón (g)	Lectura 1 (g)	Lectura 2 (g)	Lectura 3 (g)	\bar{X}	S	SL

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
LABORATORIO DE METROLOGIA
BALANZA ANALÍTICA**

CALIBRACIÓN INTERNA		Folio: _____
BALANZA ANALÍTICA MONOPLATO		Próxima calibración:
Analogico ()	Digital ()	_____

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CALIBRACIÓN		
PROCEDIMIENTO EMPLEADO	TEMPERATURA (T °C)	HUMEDAD (Hr)

INSPECCIONES VISUALES ANTES DE LA CALIBRACIÓN				
Estado general:				
Estado del display:				
Estado de la fuente de poder:				
Lugar de instalación:				
Observaciones adicionales:				
Realizado por:	Firma	Fecha	Supervisado por	Firma

ANEXO#4 EJERCICIO DE VALOR NOMINAL DEL PATRÓN (g)

VALOR NOMINAL DEL PATRÓN

Lectura	VALOR NOMINAL DEL PATRÓN (g)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	25	50	75	100	125	150	175	200
1	25,0	50,0	75,1	100,0	125,1	150,0	175,0	200,0
2	25,0	50,0	75,0	100,0	125,0	150,0	175,0	200,0
3	25,0	50,1	75,0	100,0	125,0	150,1	175,1	200,1
4	25,0	50,0	75,0	100,0	125,1	150,1	175,0	200,0
5	25,0	50,1	75,0	100,0	125,0	150,1	175,1	200,0
6	25,0	50,0	75,1	100,0	125,0	150,1	175,0	200,1
7	25,0	50,0	75,0	100,0	125,1	150,0	175,0	200,0
8	25,0	50,0	75,0	100,0	125,0	150,0	175,0	200,1
9	25,0	50,0	75,1	100,0	125,0	150,0	175,0	200,1
10	25,1	50,0	75,0	100,0	125,0	150,1	175,0	200,1
Xi (media)	25,0	50,0	75,0	100,0	125,0	150,1	175,0	200,1
S (Desviación)	0,03	0,04	0,05	0	0,05	0,05	0,04	0,1
ci	0,01	0,02	0,03	0	0,03	0,05	0,02	0,05
ui	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,08	0,08
u medida	0,06	0,07	0,08	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08
uc	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
U expandida	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
U corregida	0,00 2	0,004	0,07	0,0	0,08	0,01	0,004	0,01

REFERENCIA

17025, I. (s.f.). *ISO*. Obtenido de ISO: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-2:v1:es>

CEM. (s.f.). *PROCEDIMIENTO ME- 012 PARA LA CALIBRACIÓN DE MASAS PATRÓN (MASA REAL)* . Obtenido de PROCEDIMIENTO ME- 012 PARA LA CALIBRACIÓN DE MASAS PATRÓN (MASA REAL) : <http://www.cem.es/sites/default/files/me-012e.pdf>

Comité Técnico Metrológico, M. D. (s.f.). *NORMA TECNICA NICARAGÜENSE*. Obtenido de NORMA TECNICA NICARAGÜENSE: <http://www.mific.gob.ni/Portals/0/Documentos%20DNM/Catalogo%20de%20Normas/7%20Metrologia/NTON%2007%20001%20-%20099%20Exigencias%20%20para%20Pesas%20de%20la%20Clases%20%20E1,%20E2,%20F1,%20F2,%20M1,%20M2%20Y%20M3.pdf>

Marban R & Pellecer J, 2. (2002). *METROLOGIA PARA NO METROLOGOS* . Obtenido de <https://es.scribd.com/document/323382769/Metrologia-Para-No-Metrologos-Longitudes>

OIMLR111-1:2004. (MAY de 2004). *INTERNATIONAL RECOMMENDATION*. Obtenido de INTERNATIONAL RECOMMENDATION: https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r111-1-e04.pdf

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS . (s.f.). Obtenido de PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE BALANZAS : http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Practica1b_22582.pdf

R111-1, O. (Edition 2004 (E)). *INTERNATIONAL* . Obtenido de RECOMMENDATION: https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r111-1-e04.pdf

R76-1, O. (2006). *INTERNATIONAL RECOMMENDATION*. Obtenido de INTERNATIONAL RECOMMENDATION: https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r076-1-e06.pdf

VIM. (edición 2012). *Vocabulario Internacional de Metrología*. Obtenido de Vocabulario Internacional de Metrología: <http://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>

VIM. (edición 2012). *Vocabulario Internacional de Metrología*. Obtenido de Vocabulario Internacional de Metrología: <http://cmap.upb.edu.co/rid=1LYKF3N6R-M7X3LD-JN/vim%202012%20esp.pdf>