1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento de calibración dentro del laboratorio **ZAINMED S.A.S.** de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático, bajo el método "SIM Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático", de la indicación proporcionada por el instrumento en respuesta a una carga aplicada.

2. ALCANCE

Este procedimiento contiene una guía para calibración estática, para los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático auto indicados hasta 200 kg, mediciones a realizar, cálculos de los resultados de la medición, determinación de la incertidumbre de la medición, contenido de los certificados de calibración.

Los resultados están expresados en unidades de masa, el valor de la carga indicada por el instrumento es afectado por la fuerza debido a la gravedad, la temperatura del ambiente y la temperatura de la carga, la densidad del aire ambiente y densidad de la carga.

La incertidumbre de la medición de las características del instrumento a ser calibrado y de las masas del laboratorio empleadas durante el proceso de calibración.

3. RESPONSABLE

Director de laboratorio: Responsable de la elaboración de los documentos y registros del proceso de calibración, socializar el procedimiento y verificar que se cumpla de la forma correcta.

Metrólogo: Responsable de ejecutar el procedimiento de acuerdo con lo establecido en este documento.

4. DEFINICIONES

Calibración: operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes

indicaciones con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Corrección: compensación de un efecto sistemático estimado.

Deriva instrumental: variación continua o incremental de una indicación a lo largo del tiempo, debida a variaciones de las características metrológicas de un instrumento de medida.

Error de medida: Diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia.

Factor de cobertura: Número mayor que uno por el que se multiplica una incertidumbre típica combinada para obtener una incertidumbre expandida.

Histéresis: Propiedad de un instrumento de medida cuya respuesta a una señal de entrada determinada, depende de la secuencia de las señales de entrada precedentes.

Incertidumbre de medida: Parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza.

Indicación: Valor proporcionado por un instrumento o sistema de medida.

Magnitud: Propiedad de un fenómeno, cuerpo o sustancia, que puede expresarse cuantitativamente mediante un número y una referencia.

Medición: Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud.

Proceso: Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan entre sí, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Procedimiento: Forma especificada para llevar a cabo una actividad o un proceso.

Repetibilidad de medida: Precisión de medida bajo un conjunto de condiciones de repetibilidad.

Resolución: Mínima variación de la magnitud medida que da lugar a una variación perceptible de la indicación correspondiente.

Unidad de medida: Obtenida multiplicando una unidad de medida dada por un número entero mayor que uno.

Valor nominal: Valor redondeado o aproximado de una magnitud característica de un instrumento o sistema de medida, que sirve de guía para su utilización apropiada.

5. Actividades

5.1 Manipulación y transporte a sitio de calibración

5.1.1. Se diligencia el registro “GL-R-001 Personal autorizado e instrumentos de calibración para retirar los equipos del laboratorio.

5.1.2. Cada pesa debe ir la caja correspondiente para ser transportada al lugar de calibración,

5.1.3 El termohigrobarmetro empacado de forma segura, para garantizar la calidad de los resultados.

5.1.4. Al trasportar los equipos, se debe tener cuidado que no queden en un lugar sucio, húmedo, evitando transferir humedad a las cajas de las masas y si es posible asegurar los equipos para evitar los golpes durante el transporte.

5.1.5. En sitio de calibración, se debe tener precaución de que no queden las masas y los equipos en un lugar sucio, en el piso o un lugar donde puedan ser golpeados por algún objeto o persona y evitar posibles accidentes.

5.1.6 Se debe tener precaución de no golpear las masas al momento de sacarlas de las cajas y durante la calibración, se deben ubicar encima de los tapetes de manera que entre ellas tengan un espacio que las permita atemperar y evitar que se coloquen en un lugar sucio.

5.1.7. El lugar de calibración debe ser un espacio donde no se produzcan interrupciones, no se presente vibraciones, ni se presente alto flujo de aire, evite contaminación cruzada o accidentes en el momento de la actividad metrológica.

5.1.8. Las cajas deben ser organizadas en un lugar limpio y sin humedad, para volver a ser utilizadas de regreso al laboratorio, cumpliendo las mismas precauciones de seguridad mencionadas anteriormente.

5.2 Calibración

5.2.1 Al llegar al lugar de calibración y tener las masas en un lugar seguro, se debe colocar el termohigrobarometro, lo mas cerca posible al lugar de calibración

5.2.2 Se abre el archivo GL-R-002 “Plantilla y certificado de calibración de basculas” y se debe diligenciar en la pestaña hoja de datos, los datos del cliente, datos de equipo, datos de calibración y acuerdos con el cliente.

5.2.3 Se verifica las condiciones físicas del instrumento, funcionamiento de los interruptores y funciones de cero y tara si aplica, nivelación y estabilidad de la plataforma.

5.2.4 Determinar la carga máxima y la resolución o la carga máxima prima acordada con el cliente del instrumento, si el instrumento es análogo se debe determinar la resolución si en su caso es menor a la escala.

5.2.5 Determinar los valores y los puntos de repetibilidad, excentricidad y prueba de error de indicación.

5.2.6 La indicación de los valores de pesada no puede ser ambigua y se deben leer fácilmente.

5.2.7 El instrumento y las masas deben tener un tiempo estabilización de temperatura, de 30 minutos, para alcanzar la climatización de las masas o si el funcionamiento del instrumento es electrónico.

5.2.8 Los instrumentos para pesar que están diseñados para ser ajustados regularmente antes del uso no se ajustara antes de la calibración, a menos de que se acuerde lo contrario con el cliente se calibrara el instrumento en las condiciones que se encuentra. El ajuste se debería realizar con los medios normalmente aplicados por el cliente y siguiendo las instrucciones del fabricante, cuando estén disponibles.

5.2.9 Los instrumentos para pesar equipados con la función ajuste automático a cero o un dispositivo de indicación a cero, se deberán calibrar el dispositivo con la función habilitada o deshabilitada, según lo determine el cliente.

5.2.10 La indicación del instrumento para pesar es proporcional a la fuerza ejercida por un objeto de masa al receptor de la carga, el termino en paréntesis

considera la disminución de la fuerza debido al empuje del aire sobre el objeto.

$$I \sim mg(1 - \rho_a / \rho)$$

I (Indicación de un instrumento para pesar)
m (masa)
g (aceleración de gravedad local)
ρ (densidad del aire ambiente)
ρ_a (densidad del objeto)

5.2.11 Se realiza prueba de precarga, en la cual consiste en colocar la mitad de la carga máxima y la carga máxima que soporta el equipo.

5.2.12 Prueba de repetibilidad.

La carga para esta prueba se determina para instrumentos con división de escala (d) constante, una carga dentro del rango de:

$$0{,}5Max \leq L_T \leq Max$$

Para instrumentos multi - intervalo se puede preferir una carga cerca de Max_1, si son 3 intervalos se escoge el Max_1 y el Max_2.

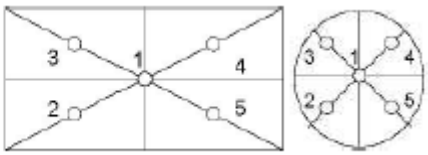
Ambas partes pueden acordar un valor especial de L_T que se justifique considerando la aplicación específica del instrumento.

Antes de la prueba la indicación se ajusta a cero, la carga se debe colocar como mínimo 5 veces, se registra la indicación I_{Li}, por cada colocación de la carga, cada vez que se remueve la carga, se tiene que verificar si la indicación regresa a cero, se debe ajustar en cero si la indicación no regresa a cero y registrar la indicación sin carga I_{0i} y registrar los datos de temperatura, humedad y presión atmosférica en cada medición.

5.2.13 Prueba de excentricidad.

Se debe poner una carga de prueba L_{ecc}, en diferentes posiciones del receptor de carga, de tal manera que el centro de gravedad ocupe tanto como sea posible las posiciones indicadas en la siguiente imagen.

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



Para el calculo de la carga de excentricidad L_{ecc}, debe ser

$$(Max/3)$$

o

$$Max' + (Max' - Min')/3$$

Antes de la prueba la indicación se ajusta a cero la carga de prueba (L_{ecc}), la carga se coloca primero en la posición 1 y después se mueve a las otras 4 posiciones en orden arbitrario, al final se coloca nuevamente en la posición 1, la indicación I_{Li} se registra por cada carga al igual que los datos de temperatura ambiente, humedad y presión atmosférica, después de remover la carga se debe verificar si la indicación regresa a cero y si es necesario se ajusta a cero la indicación y se registra .la indicación sin carga I_{0j}.

5.2.14 Prueba para errores de indicación.

Esta prueba se realizan mínimo con 5 diferentes cargas de pruebas (L_T) o más si se acuerdan con el cliente, distribuidas uniformemente sobre el alcance normal de medición o sobre puntos de prueba individuales acordados por el cliente.

Cuando fue acordado un alcance de calibración significativamente mas pequeño, por consecuencia se puede reducir el numero de cargas de prueba, si existen por lo menos 3 puntos de prueba incluyendo Max' y Min' y la diferencia entre dos cargas de pruebas consecutivas es no mayor al $0{,}15\ Max$.

Las cargas de prueba L_{TJ},se aplican de las siguientes maneras:

Aumentando por pasos con descarga entre los mismos, cuando los instrumentos de pesaje bloquean la indicación.

Aumento continuo por pasos, cuando la indicación del instrumento de pesaje es de acuerdo con la carga colocada en la plataforma y no bloquea la indicación cuando se aumenta o disminuye la carga.

Las indicaciones I_{Lj} se registran para cada carga, si se descarga entre cargas se debe registrar la indicación sin carga I_{0j} y en cada medición registrar los datos de temperatura, humedad y presión atmosférica.

5.3. Resultados de la medición

5.3.1. Repetibilidad

En esta prueba se calcula la desviación estándar s_j, según el numero de repeticiones por defecto son 5 mediciones y se calcula:

$$s(I_j) = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(I_{ji} - \bar{I}_j)^2}$$

Con

$$\bar{I}_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_{ji}$$

5.3.2 Efectos de carga excéntrica

De las indicaciones I_i obtenidas en las diferentes posiciones de carga, la diferencia ΔI_{ecc} se calcula:

$$\Delta I_{ecc} = I_i - I_1$$

Si la carga de prueba consistió en pesas patrón, los errores de indicación se pueden calcular de la siguiente manera:

$$E_{ecci} = I_i - m_N$$

5.3.3 Error de indicación

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

$$E_j = I_j - m_{refj}$$

Donde la indicación I_j es el promedio de mas de una lectura, m_{ref}es la pesa de referencia m_N o valor verdadero de la carga m_c.

El valor nominal

$$m_{refj} = m_{Nj}$$

Valor convencional

$$m_{refj} = m_{cj} = (m_{Nj} + \delta m_{cj})$$

Cuando la carga de prueba se forma con mas de una pesa, m_{Nj} se remplaza $\sum m_N$ y δm_c, es sustituida $(\sum \delta m_c)_j$

Cuando un error y/o indicación se menciona, se debe presentar siempre en relación con el valor nominal m_N de la carga:

$$E_j = I_j - m_{Nj} = (I'_j - \delta m_{cj}) - m_{Nj}$$

5.4Fuentes de incertidumbre

5.4.1 Incertidumbre estándar de la indicación

Se considera las fuentes de variabilidad de la indicación, se complementa con los términos de corrección δI_{xx} como se muestra a continuación.

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

5.4.1.1 δI_{dig0} considera el error de redondeo de la indicación sin carga.

$$U(\delta I_{dig0}) = d_0/(2\sqrt{3}) = d_0/\sqrt{12}$$

5.4.1.2 δI_{digL} considera el error de redondeo de la indicación con carga.

$$U(\delta I_{digL}) = d_L/(2\sqrt{3}) = d_0/\sqrt{12}$$

5.4.1.3 δI_{rep} considera el error debido a la imperfecta repetibilidad.

$$U(\delta I_{rep}) = s(I_j)$$

Si una indicación I_j es el promedio de n lecturas, la incertidumbre estándar correspondiente es:

$$u(\delta I_{rep}) = s(I_j)/\sqrt{n}$$

Si se determinan varias S_j, con diferentes cargas de prueba, se debería usar el mayor valor de S_j.

5.4.1.4 δI_{ecc} considera el error debido a la colocación del centro de gravedad de la carga de la prueba fuera de la posición central del receptor de carga del instrumento.

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

5.4.2 Incertidumbre estándar de la masa de referencia.

El valor de la masa de referencia es

$$m_{ref} = m_N + \delta m_c + \delta m_B + \delta m_D + \delta m_{conv} + \delta m_{...}$$

5.4.2.1 δm_c es la corrección a m_N para obtener el valor de masa convencional m_c, esta se obtiene del certificado de calibración para las pesas patrón, en conjunto con la incertidumbre de calibración U y el factor de cobertura k.

$$u(\delta m_c) = U/k$$

Cuando la pesa patrón ha sido calibrado con tolerancias especificas (Tol) o error máximo permitido (EMP), donde se usa con su valor nominal m_N , se asume distribución rectangular.

$$u(\delta m_c) = Tol/\sqrt{3}$$

5.4.2.2. δm_B es la corrección por empuje del aire se basa en el caso B1 de la guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático, (SIM MWG7) del numeral 4.2.4 caso B1 calibraciones "in situ".

Caso B1:

$$\delta m_B = -m_{cCal}\left[(\rho_a - \rho_0)(1/\rho - 1/\rho_c) + \delta\rho_{az}/\rho_c\right]$$

con la incertidumbre estándar relativa obtenida de

$$\hat{w}^2(m_B) = u^2(\rho_a)(1/\rho - 1/\rho_c)^2 + (\rho_a - \rho_0)^2 u^2(\rho)/\rho^4 + u^2(\delta\rho_{az})/\rho_c^2$$

La guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático, (SIM MWG7) del numeral 7.1.2.2, Donde este establecida la conformidad de las pesas patrón a R 111, y no este disponible ninguna información sobre $\rho_.$ y ρ_a, se puede recurrir a la sección 10 de la R 111. Al no aplicar ninguna corrección, la incertidumbre relativa es:

$$\hat{w}(m_B) \approx (0{,}1\rho_0/\rho_c + mpe/(4m_N))/\sqrt{3}$$

5.4.2.3. δm_D es la corrección para la posible deriva de m_c desde la ultima calibración, el valor de deriva (D) se asume de mejor manera basado en la diferencia evidente en m_c de certificados de calibraciones consecutivos de las pesas patrón.

En ausencia de tal información, se puede estimar D considerando la calidad de las pesas, la frecuencia y el cuidado de su uso, como un múltiplo de su incertidumbre expandida $U(m_c)$:

$$D = k_D U(m_c)$$

Donde k_d puede ser elegido de 1 a 3, para este proceso por la frecuencia y el cuidado de uso el valor para $k_d = 2$.

Se asume una probabilidad uniforme (distribución rectangular)

$$u(\delta m_D) = D/\sqrt{3}$$

5.4.2.4. δm_{conv} es una corrección para efectos de convección, de acuerdo al documento TENDENCIAS ACTUALES DE LA CALIBRACION DE INSTRUMENTOS PARA PESAR DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO numeral 4.9, si la temperatura de la pesa (t_p), es diferente a la temperatura ambiente (t), se manifiesta una diferencia de temperatura $\Delta T = t_p - t$.

Cuando se coloca la pesa sobre el receptor de carga, $\Delta T > 0$ genera un flujo de aire y fuerzas parasitas que provocan un cambio aparente en su masa convencional Δm_c, el signo de Δm_c es opuesto a ΔT.

La incertidumbre se puede estimar asumiendo una distribución rectangular con limites $\pm \Delta m_c$.

La corrección se determina por la expresión.

$$C_{conv} = -k_v M_c^{3/4} \frac{\Delta T_{conv}}{|\Delta T_{conv}|^{1/4}} - k_h M_c \Delta T_{conv}$$

para ΔT>0 $k_v = 215 * 10^{-9}$, y $k_h = 75{,}4 * 10^{-9}$
para ΔT<0 $k_v = 119 * 10^{-9}$ y $k_h = 20{,}2 * 10^{-9}$
para ΔT<0 $C_{conv} = 0$.
$C_{conv} = \Delta m_c$.

entonces la incertidumbre por empuje del aire se determina como:

$$u(\delta m_{conv}) = \Delta m_{conv}/\sqrt{3}$$

$$u(C_{conv}) = C_{conv}/\sqrt{3}$$

5.4.3 Incertidumbre expandida en la calibración

La incertidumbre expandida del error es

$$U = k * u_c$$

Nota 1: La incertidumbre expandida debe expresarse con dos cifras significativas.

5.4.3.1 Incertidumbre combinada

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_{B1}^2 + u_{Bn}^2}$$

5.4.3.2 Factor k

El factor de cobertura k se debería elegir tal que la incertidumbre expandida corresponda a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %.

El valor $k = 2$, que corresponde a una probabilidad del 95,5 %, aplica cuando:

a) se puede asumir una distribución normal (Gaussiana) para el error de la indicación, y
b) la incertidumbre estándar u(E) es suficientemente confiable tiene un número suficiente de grados de libertad.

5.4.3.2,1 Grados efectivos de libertad

$$\nu_{eff} = \frac{{u_C}^4}{\frac{{u_A}^4}{n-1} + \frac{{u_{B1}}^4}{r_i} + \frac{{u_{B2}}^4}{r_i} + \frac{{u_{B3}}^4}{r_i}}$$

Dónde $r_i = \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^{-2}$, y son los grados parciales de libertad de cada incertidumbre. $\left(\frac{\Delta U}{U}\right)$, es denominado nivel de desconfianza.

Para analizar el nivel de desconfianza, debemos partir del nivel de confianza con el que trabajamos, que es del 95%, por lo tanto, el nivel de desconfianza será del 5%, (0.05), por tanto $\left(\frac{\Delta U}{U}\right) = 0{,}05$, para este caso será de $r_i = 200$ que corresponde a los grados parciales de libertad.

Una vez conocido el valor de los grados efectivos de libertad v_{eff} se puede conocer el valor de k con la tabla t-Student o en el programa utilizado con la fórmula $= TINV(0{,}05; v_{eff})$. Para algunos casos, el factor de cobertura k es especificado por el documento utilizado.

5.5 Reporte de resultados

El certificado de calibración expedido deberá contener la información requerida en la norma ISO/IEC 17025:2017 NUMERAL 7.8.

Adicionalmente se tendrá en cuenta la siguiente información:

5.5.1. Información general

Información del laboratorio de calibración, Identificación del instrumento calibrado (fabricante, tipo de instrumento, Max, d), identificación del certificado(número de calibración, fecha de expedición, numero de páginas), advertencia de que el certificado puede ser reproducido solo de manera íntegra a menos de que el laboratorio de calibración autorice lo contrario por escrito.

5.5.2. Información acerca del procedimiento de calibración

Fecha de las mediciones, lugar de calibración y lugar de instalación del instrumento, en caso de que estos sean diferentes, condiciones ambientales y/o uso que pueda afectar a los resultados de la calibración, información acerca del instrumento (ajuste realizado, cualquier anormalidad del funcionamiento), referencia del procedimiento aplicado.

Acuerdos con el cliente sobre el alcance de calibración limitado, especificaciones metrológicas para las cuales se ha declarado conformidad, Información acerca de la trazabilidad de los resultados de la medición.

5.5.3. Resultados de medición

Las indicaciones y los errores para las cargas de prueba aplicadas o los errores

relacionados a las indicaciones, la incertidumbre expandida de medición para los resultados declarados, Indicación del factor de cobertura k, con el comentario acerca de la probabilidad de cobertura.

6. Registros

- GL-R-001 Personal autorizado e instrumentos de calibración para retirar los equipos del laboratorio.
- GL-R-002 Plantilla y certificado de calibración de basculas

BIBLIOGRAFIA

[1] Guía para la calibración de los instrumentos para pesar de funcionamiento no automático, SIM MWG7 /CG-01 / V.00.

[2] VIM- Vocabulario Internacional de Metrología conceptos fundamentales y generales y términos asociados. 3a edición en español, Centro español de Metrología.

[3] Tendencias actuales de la calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático.

7. Control de cambios:

Versión anterior	Descripción del cambio	Nombre quien ~~elaboro~~elaboró y cargo	Nombre quien ~~revisó~~ revisó y cargo	Nombre quien ~~aprobación~~ aprobó y cargo
1	Elaboración de procedimiento	Sandra Milena Parra Pico Calidad		

Tabla No. 5 Control de cambios