



RED NACIONAL DE METROLOGIA

UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN - LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES NACIONALES MAGNITUD MASA

INFORME DE INTERCOMPARACIÓN NACIONAL

INFORME A - FINAL

CALIBRACIÓN DE BALANZAS

2016

M-16

1. INTRODUCCIÓN

La División de Metrología del INN, coordina las actividades involucradas en la operación de un Programa de Ensayo de Aptitud Nacional (Proficiency Testing – PT's), a cargo de la Red Nacional de Metrología (RNM) con la finalidad de disponer esta actividad al servicio de los laboratorios de ensayo y calibración del país.

Desde el año 2010, la RNM ofrece un Programa de Ensayos de Aptitud el cual es parte del "Programa de Fortalecimiento y Reconocimiento de las Mejores Capacidades de Medición en la Red Nacional de Metrología", Programa desarrollado con aportes del Fondo de Innovación para la Competitividad, del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

Los Institutos Designados y Candidatos que componen la RNM cuentan con sistemas de calidad ajustados a los requisitos establecidos en la norma ISO/IEC 17025 con el objeto de establecer la confianza necesaria en sus actividades. Adicionalmente, la organización de los ensayos de aptitud ofertados, se basa en los requisitos establecidos en la norma NCh-ISO 17043.

El Programa anual de Ensayos de Aptitud, se planifica considerando las capacidades de medición y calibración de las organizaciones que componen la RNM, las necesidades de los laboratorios de calibración y ensayo nacionales y, en algunos casos, las necesidades establecidas por un determinado organismo del Estado.

La oferta de los ensayos de aptitud es publicada a través de una programación anual en el sitio web www.metrologia.cl.

Aquellos ensayos de aptitud organizados por la Red Nacional de Metrología que cuenten con financiamiento del Fondo de Innovación para la Competitividad del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, no tendrán costos de inscripción para los participantes y el número de cupos quedará sujeto al diseño del Ensayo de Aptitud y los fondos disponibles. Cualquier otro ensayo de aptitud o intercomparación organizadas por la RNM que no cuenten con este financiamiento, tendrán costo de inscripción para los participantes.

2. OBJETIVO

Evaluar el desempeño y competencia de los participantes en llevar a cabo la calibración de balanza.

3. IDENTIFICACIÓN DEL PROVEEDOR DE ENSAYO DE APTITUD.

El proveedor del ensayo de aptitud fue el Instituto Designado en la Magnitud de Masa, (LCPN-Masa en CESMEC S.A.). Sus instalaciones se ubican en Av. Marathon 2595 Macul, Santiago.

Contacto jefe de LCPN-Masa : Sr. Fernando García G.
Teléfono : (+56 2) 2350 2100 anexo 9739
Email : fernando.garcia@cesmec.cl

4. COORDINACIÓN

Este programa fue coordinado por la División Metrología del Instituto Nacional de Normalización (INN). Sus instalaciones están ubicadas en Av. Libertador Bernardo O'Higgins 1449, Torre Santiago Downtown N° 7, piso 17, Santiago.

Contacto:
Coordinador de ensayo de aptitud : Gerardo Gonzalez V.
Teléfono : (+56 2) 2445 8831
Email : gerardo.gonzalez@inn.cl

El Coordinador realizó las siguientes funciones:

- Difusión de la actividad, en la que participaron todos los laboratorios acreditados o en etapa de acreditación que se inscribieron de acuerdo a las bases y plazos informados en el sitio web.
- Organizó y coordinó con el LCPN-Masa un taller de cierre del Ensayo de Aptitud.
- Asignó a cada participante un código (M-16-XX) con el cual se identifican e informan sus resultados.
- Recopiló los resultados de cada laboratorio, para su consolidación codificada y posterior envío al LCPN-Masa para su análisis.
- Informó a los laboratorios participantes sus respectivos resultados y los del LCPN-Masa
- Distribuyó entre los participantes el informe de la intercomparación entregado por el LCPN-Masa (Informe A, borrador e Informe B, final)

Fue mandatorio para los participantes:

- Respetar lo indicado en el presente protocolo.
- Asumir económicamente los daños debidos a problemas de manipulación o golpes, durante el uso del equipo; de acuerdo a lo indicado en el protocolo de comparación.
- Informar diligentemente, dentro del programa que definió el Coordinador, los resultados de sus mediciones.
- Designar un representante, directamente involucrado con las actividades técnicas del laboratorio, para el intercambio de información con el Coordinador.

LCPN-Masa se encargó de:

- Definir un programa para la ronda de comparación, con fechas, nombre de los laboratorios participantes y un representante directamente involucrado con las actividades técnicas del laboratorio.
- Realizar mediciones de la balanza y enviar al Coordinador los resultados correspondientes.
- Preparar un Informe B (borrador) y A (final) con los resultados de la comparación consolidados por el Coordinador.
- Participar como relator en el taller de y cierre de la intercomparación.

5. SUBCONTRATACIÓN DE ACTIVIDADES

No se subcontrató ninguna de las actividades relacionadas con esta intercomparación.

6. REQUISITOS DE PARTICIPACION

El laboratorio participante debía contar con los patrones de masa necesarios para ejecutar el ejercicio.

Los requisitos técnicos que debía cumplir cada participante son los que indica OIML R 76 respecto a la calibración de balanzas, en la clase que corresponda a las capacidades del laboratorio.

Si en el caso que algún laboratorio no cumpliera con los requisitos técnicos en relación con sus capacidades de medición y calibración del Ensayo de Aptitud y haya enviado su ficha de inscripción, se le notificaría su no incorporación, explicando los motivos que respaldan dicha decisión.

El Formulario de Inscripción, la Carta de Compromiso firmada y los demás antecedentes solicitados para postular, fueron enviados por correo electrónico al Coordinador del ensayo de aptitud dentro del plazo establecido en la letra b. del punto 13 del protocolo de comparación. La Carta de compromiso firmado en

original, debía ser enviada por correo certificado e ingresada por oficina de partes del Instituto Nacional de Normalización a más tardar el 19 de agosto de 2016.

No se aceptó la incorporación, en el ensayo de aptitud, de laboratorios cuya Carta de Compromiso no se haya recibido en el plazo dado anteriormente.

7. DESCRIPCIÓN DE ÍTEM DE ENSAYO CORRESPONDIENTE AL MENSURANDO O PATRÓN VIAJERO.

El objeto calibrado es una balanza cuyas características satisfacen los requisitos de OIML para la clase (II) y de la cual se entrega información en la Tabla 1.

Tabla 1. Características del instrumento calibrado.

| | |
|---|---------------------|
| Objeto calibrado | Balanza electrónica |
| Fabricante | Mettler Toledo |
| Modelo | ICS425k-15LA/f |
| Capacidad Máxima | 15100 g. |
| Capacidad Mínima | 20 g |
| Intervalo de verificación de escala (e) | 10d |

La balanza es propiedad del Instituto de Salud Pública, ISP.



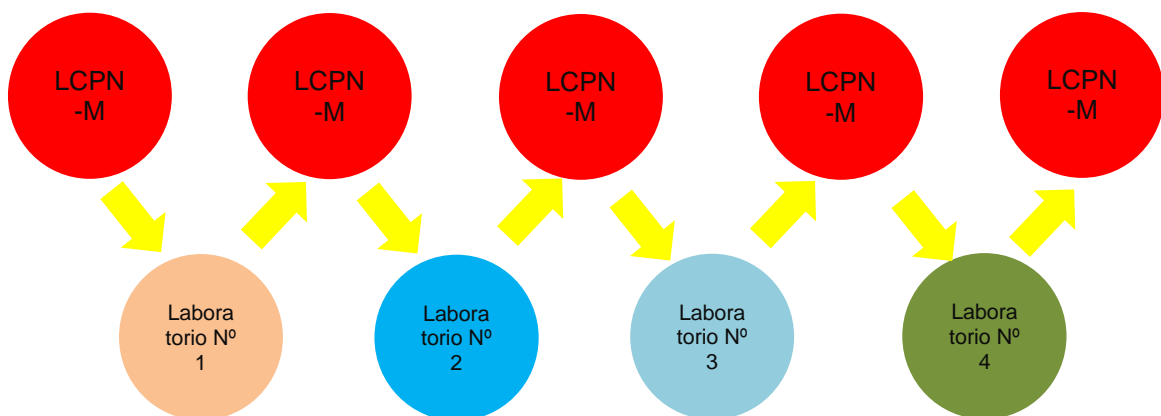
Figura 1. Balanza objeto de la comparación. Vista frontal.



Figura 2. Balanza objeto de la comparación, vista lateral.

Las calibraciones se realizaron en las instalaciones del Instituto de Salud Pública (ISP), en una sala acondicionada para un correcto desempeño ambiental y de estabilidad frente a posibles vibraciones. A partir del programa de comparación, los participantes acudieron al ISP en la fecha y horario indicado, y realizaron la calibración de la balanza sin interferir en ningún caso con la configuración interna del instrumento; de la misma forma, no realizaron ajustes externos. El laboratorio piloto realizó mediciones al inicio de la ronda de comparación, entre cada una de las mediciones de los laboratorios participantes, y al final de la ronda de comparación, como indica la Figura 3.

Figura 3. Esquema del desarrollo del Ensayo de Aptitud.



8. PUNTOS DE MEDICION

Previo a la calibración, los laboratorios participantes podían ejecutar el ajuste interno del instrumento, pero no el externo. Los laboratorios determinaron el error de indicación de la balanza, y la incertidumbre asociada en los siguientes valores nominales:

| Valores nominales /g |
|----------------------|
| 10 |
| 20 |
| 50 |
| 100 |
| 200 |
| 500 |
| 1000 |
| 2000 |
| 5000 |
| 10000 |

Tabla 2. Valores nominales en los cuales se realizó el ejercicio de comparación.

9. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA EN LAS MEDICIONES Y/O ANÁLISIS

El método de calibración o ensayo indicado en el protocolo no debía reemplazar los procedimientos rutinarios de calibración o ensayo utilizados por cada uno de los participantes. Tampoco reemplazaría las normas, guías o recomendaciones internacionales bajo las cuales se han acreditados los participantes. Sin embargo, el protocolo entregó herramientas que podrían ser adoptadas por los participantes e incorporadas en sus sistemas de gestión de la calidad en la medida que no se contraponga a los documentos oficiales.

A fin de asegurar la confianza en los resultados entregados, cada participante debía entregar al representante del LCPN-Masa (o a quien éste designe), una copia del Anexo 2, en donde se detallen los resultados obtenidos en la calibración. Los valores informados serían contrastados con la información que posteriormente envíen los laboratorios participantes, tal que los cálculos y desarrollo de los resultados finales sean consistentes con el valor informado al momento de la calibración.

Cada laboratorio debía entregar el Anexo 2 inmediatamente después de haber realizado las calibraciones, en formato físico, y completado con lápiz, en letra legible. Además, debía firmar el acta de entrega, para dejar respaldo del cumplimiento.

10. DESARROLLO

El presente ensayo de aptitud se desarrolló conforme las etapas y plazos establecidos en la tabla siguiente:

| | |
|--|-----------------------|
| a.-Fecha de inicio de la convocatoria | Agosto 2016 |
| b.-Plazo de inscripción | Agosto 2016 |
| d.-Desarrollo del EA | Agosto – Octubre 2016 |
| e.-Recepción de resultados del EA | Octubre 2016 |
| f.- Taller de cierre | Diciembre 2016. |
| g.- Entrega estimada del Informe B | Noviembre de 2016 |
| h.- Entrega prevista del Informe Final | Diciembre de 2016. |

Tabla 3. Etapas y fechas del desarrollo del Ensayo de Aptitud.

11. RESULTADOS INFORMADOS POR CADA PARTICIPANTE

Cada laboratorio participante debía elaborar un informe con los resultados obtenidos, de acuerdo a lo señalado al cap. 14 del protocolo de comparación. El resumen de dichos resultados se presenta a continuación.

| | Error de la balanza reportado por cada participante, según valor nominal de la pesa utilizada/ g | | | | | | | | | |
|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 10 g | 20 g | 50 g | 100 g | 200 g | 500 g | 1000 g | 2000 g | 5000 g | 10000 g |
| M-16-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-19 | -0,00007 | -0,00005 | -0,0001 | -0,00060 | -0,00170 | -0,00010 | -0,00170 | 0,00100 | -0,04300 | -0,06400 |
| M-16-21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-25 | -0,00003 | -0,00004 | -0,00005 | -0,00009 | -0,00011 | -0,00033 | 0,00010 | -0,00297 | -0,01560 | -0,01909 |
| M-16-31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,08 | -0,10 |
| M-16-42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-49 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-65 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| M-16-100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| LCPN-M | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 4. Correcciones informadas por cada participante, en los valores nominales indicados en el protocolo de comparación. Se respetó tanto el valor numérico, como la cantidad de cifras significativas informadas.

| | Incertidumbre estándar de los errores reportados / mg | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 10 g | 20 g | 50 g | 100 g | 200 g | 500 g | 1000 g | 2000 g | 5000 g | 10000 g |
| M-16-2 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,70 | 299,58 |
| M-16-13 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,8 |
| M-16-17 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 |
| M-16-19 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 504 | 515 |
| M-16-21 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 |
| M-16-25 | 0,28872 | 0,28875 | 0,28879 | 0,28897 | 0,28933 | 0,28984 | 0,30238 | 0,36295 | 0,62115 | 0,61232 |
| M-16-31 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 | 288,68 |
| M-16-34 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| M-16-38 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 304 | 590 |
| M-16-42 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 | 2,886751 3461 |
| M-16-44 | 288 | 288 | 288 | 288 | 288 | 288 | 288 | 289 | 292 | 300 |
| M-16-49 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 |
| M-16-55 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 |
| M-16-56 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8868 | 2,8869 |
| M-16-65 | 408 | 408 | 408 | 408 | 408 | 408 | 408 | 408 | 408 | 408 |
| M-16-83 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 289 | 290 |
| M-16-89 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,290 |
| M-16-91 | 288,677 | 288,677 | 288,680 | 288,690 | 288,736 | 289,063 | 290,225 | 294,773 | 325,217 | 304,124 |
| M-16-98 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,289 | 0,292 | 0,3 |
| M-16-100 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,8 |
| LCPN-M | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 | 288,7 |

Tabla 5. Incertidumbres estándar informadas para cada corrección determinada en los valores nominales definidos en el Ensayo de Aptitud.

| | T / °C | | u(T) / °C | h / % | | u(h) / % |
|-----------------|--------|-------|-----------|-------|-------|----------|
| | Max | Min | | Max | Min | |
| M-16-2 | 22,5 | 22,5 | 0,5 | 46,9 | 46,9 | 2,5 |
| M-16-13 | 23,3 | 22,6 | 0,2 | 44,1 | 42,3 | 0,7 |
| M-16-17 | 20,97 | 20,48 | 0,31 | 40,97 | 41,47 | 2,56 |
| M-16-19 | 21 | 21 | 0,35 | 54 | 54 | 1,5 |
| M-16-21 | 20,3 | 20,2 | 0,05 | 47 | 47 | 2 |
| M-16-25 | 22,4 | 22 | 0,6 | 40 | 39 | 5,4 |
| M-16-31 | 17,1 | 16,9 | 0,1 | 56 | 57 | 1 |
| M-16-34 | 20,0 | 19,1 | 0,53 | 47 | 49 | 1,65 |
| M-16-38 | 22,5 | 22,3 | 0,6 | 43,3 | 40,6 | 3,0 |
| M-16-42 | 22 | 21 | 0 | 44 | 43 | 0 |
| M-16-44 | 23,5 | 23,6 | 0,3 | 46 | 47 | 1,5 |
| M-16-49 | 23,6 | 22,7 | 0,52 | 42 | 40 | 1,2 |
| M-16-55 | 22,28 | 23,55 | 0,2 | 57,05 | 55,95 | 0,1 |
| M-16-56 | 23 | 23,6 | 0,3 | 38 | 39 | 3,1 |
| M-16-65 | 23,0 | 22,8 | 0,08 | 45,0 | 45,0 | 1,00 |
| M-16-83 | 22,0 | 21,9 | 0,3 | 41 | 41 | 1,5 |
| M-16-89 | 24,5 | 24,5 | 0,1 | 49,1 | 48,7 | 1,9 |
| M-16-91 | 22,3 | 21,7 | 0,0578 | 51,0 | 50,1 | 0,104 |
| M-16-98 | 23,6 | 23,3 | 0,3 | 48 | 47 | 1,5 |
| M-16-100 | 22,0 | 21,7 | 0,3 | 46,5 | 45,6 | 0,9 |
| LCPN-M | 18,3 | 18,3 | 1,0 | 55,0 | 55,0 | 3,0 |

Tabla 6. Temperatura ambiental (T) y humedad relativa (h) reportada por cada laboratorio participante, junto con los valores de incertidumbres estándar (u) de cada una de ellas.

| | Corrección de la pesa utilizada en la calibración, respecto al valor nominal / mg | | | | | | | | | |
|-----------------|---|----------|---------|----------|----------|----------|-----------|---------|---------|----------|
| | 10 g | 20 g | 50 g | 100 g | 200 g | 500 g | 1000 g | 2000 g | 5000 g | 10000 g |
| M-16-2 | -0,005 | 0,048 | 0,1 | 0,19 | -0,02 | -0,42 | 0,1 | -0,6 | 6,7 | 6,7-214 |
| M-16-13 | -0,011 | -0,033 | -0,04 | 0,02 | -0,16 | -0,1 | -0,1 | -1,1 | -1,2 | -93 |
| M-16-17 | 0,014 | 0,033 | 0,004 | 0,01 | 0,03 | 0,15 | 0,41 | 0,3 | 2,5 | 3,31 |
| M-16-19 | 10000,07 | 20000,05 | 50000,1 | 100000,6 | 200001,7 | 500000,1 | 1000001,7 | 1999999 | 5000043 | 10000064 |
| M-16-21 | 0,011 | 0,016 | -0,05 | 0,04 | 0,03 | -0,3 | 1,4 | 8 | 2 | -3 |
| M-16-25 | 0,027 | 0,037 | 0,045 | 0,091 | 0,112 | 0,334 | -0,10 | 2,97 | 15,6 | 19,09 |
| M-16-31 | 0 | 0,1 | -0,1 | 0,1 | 0 | 2 | -1 | -7 | -16 | 28 |
| M-16-34 | -0,01 | -0,01 | -0,06 | -0,06 | 0,0 | 0,5 | -1,2 | -3,4 | -10,2 | -16 |
| M-16-38 | 0,011 | -0,005 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,11 | -0,3 | -0,005 | 79,95 | 102 |
| M-16-42 | 0,03 | 0,09 | 0,03 | 0,14 | 0,2 | 1,4 | 3,1 | 2,4 | 9,4 | 16,3 |
| M-16-44 | 0,12 | 0,05 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 1,0 | 5,3 | 20,0 | 14,0 | 79,3 |
| M-16-49 | 0,01 | -0,03 | 0,00 | -0,02 | 0,05 | -0,11 | -0,33 | -1,60 | -2,70 | -7,03 |
| M-16-55 | 0,07 | 0,01 | 0,30 | 0,49 | 0,20 | -0,40 | 2,50 | 0,10 | 32,30 | 37,20 |
| M-16-56 | 0,09 | 0,03 | -0,03 | 0,42 | 0,4 | 0,7 | 3,6 | 5,72 | 15,52 | 55 |
| M-16-65 | -0,004 | -0,003 | 0,00 | -0,08 | 0,03 | 0,01 | 0,4 | 1,5 | -0,3 | 3,1 |
| M-16-83 | -0,064 | -0,097 | -0,10 | -0,156 | -0,249 | -0,614 | 8,3 | -2,2 | 3,8 | 0,5 |
| M-16-89 | 0,16 | 0,3 | 0,4 | 1,2 | 0,5 | -0,4 | 2,6 | 8 | 8,6 | -86 |
| M-16-91 | 0,8 | 0,9 | -1,4 | -3,2 | -5,2 | 3,5 | -21 | -3 | -56 | -59 |
| M-16-98 | 1,8 | 0,5 | 2,0 | 0,6 | 0,6 | 3,4 | 40 | 16 | 89 | 150 |
| M-16-100 | -0,08 | -0,14 | 0,04 | -0,09 | 0,05 | 0,6 | 2,0 | 1,2 | 9,2 | -8,6 |

Tabla 7. Correcciones de los patrones utilizados en la calibración de la balanza, según los certificados de calibración de los mismos.

| | Clase (OIML o ASTM) del patrón utilizado, según su valor nominal | | | | | | | | | |
|-----------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|
| | 10 g | 20 g | 50 g | 100 g | 200 g | 500 g | 1000 g | 2000 g | 5000 g | 10000 g |
| M-16-2 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | F1 | F1 + Clase 6 |
| M-16-13 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | Clase 4 |
| M-16-17 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 |
| M-16-19 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | M1 | M1 |
| M-16-21 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | F1 | F1 | F2 | F2 | F2 |
| M-16-25 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | F1 | F1 | F1 | F1 |
| M-16-31 | F2 | F2 | F2 | F1 | F1 | F1 | F1 | F2 | M1 | M2 |
| M-16-34 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 |
| M-16-38 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | F2 | F2 |
| M-16-42 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 |
| M-16-44 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | M1 | M1 | M1 |
| M-16-49 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 | Clase 1 |
| M-16-55 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 |
| M-16-56 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | M1 + F1 | M1 |
| M-16-65 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 | E2 |
| M-16-83 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F2 | F1 | F1 | F1 |
| M-16-89 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 | F2 |
| M-16-91 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | F2 |
| M-16-98 | M2 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 | M1 |
| M-16-100 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 | F1 |

Tabla 8. Clase de las pesas patrones utilizadas en la calibración de la balanza.

| | INM o LC de donde se obtiene la trazabilidad de cada pesa patrón, según su valor nominal | | | | | | | | | |
|-----------------|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|
| | 10 g | 20 g | 50 g | 100 g | 200 g | 500 g | 1000 g | 2000 g | 5000 g | 10000 g |
| M-16-2 | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec | LC-Cesmec |
| M-16-13 | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN | CESMEC - LCPN |
| M-16-17 | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC | DAkKS - ILAC |
| M-16-19 | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M |
| M-16-21 | LCP - MASA | LCP - MASA | LCP - MASA | LCP - MASA | LCP - MASA | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC |
| M-16-25 | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo |
| M-16-31 | ENAER | ENAER | ENAER | ENAER | ENAER | ENAER | ENAER | ENAER | ENAER | ENAER |
| M-16-34 | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. |
| M-16-38 | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | LCPN-M | CESMEC | SERVINC AL |
| M-16-42 | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC |
| M-16-44 | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | PESAMAT IC | PESAMAT IC | PESAMAT IC |
| M-16-49 | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER | TROEMNER |
| M-16-55 | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC |
| M-16-56 | LCPNM | LCPNM | LCPNM | LCPNM | LCPNM | LCPNM | LCPNM | LCPNM | LCPNM + Servicios Pesamatic | Servicios Pesamatic |
| M-16-65 | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC | LCPN-Masa CESMEC |
| M-16-83 | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | Mettler Toledo | SMI | IDIC | IDIC | IDIC |
| M-16-89 | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. | CESMEC S.A. |
| M-16-91 | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC | CESMEC |
| M-16-98 | Cesmec | Cesmec | Cesmec | Cesmec | Cesmec | Cesmec | Cesmec | Cesmec | Cesmec | Cesmec |
| M-16-100 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 | IDIC LC 001 |

Tabla 9. Trazabilidad de las pesas patrones utilizadas en el ejercicio de comparación.

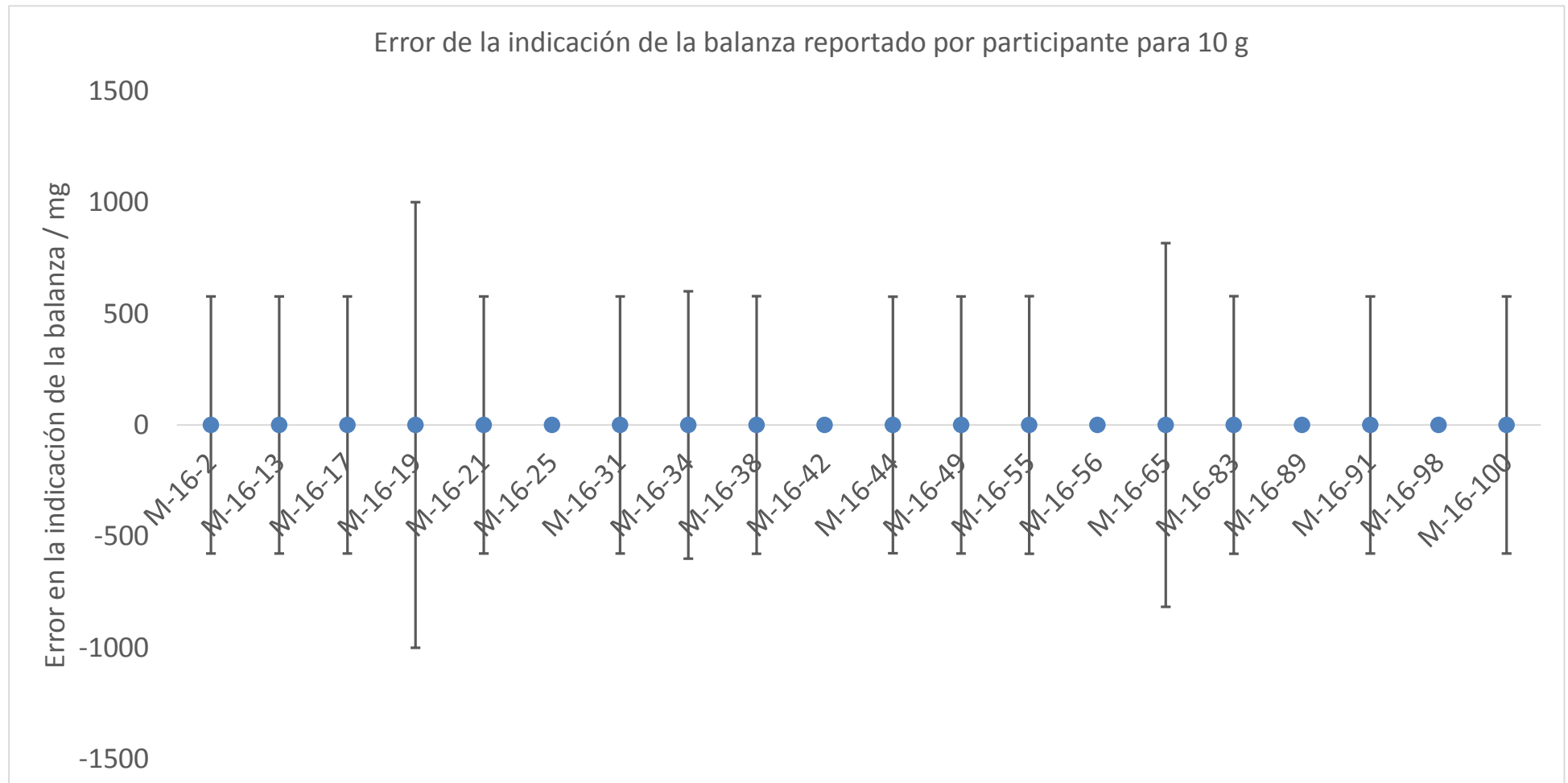
| Fecha del último certificado de calibración de los patrones de masa, según su valor nominal | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------------|----------------------------------|
| | 10 g | 20 g | 50 g | 100 g | 200 g | 500 g | 1000 g | 2000 g | 5000 g | 10000 g |
| M-16-2 | 29-06-2014 | 30-06-2014 | 01-07-2014 | 02-07-2014 | 03-07-2014 | 04-07-2014 | 05-07-2014 | 06-07-2014 | 09-04-2015 | 09/04/2015 18 y 20/02/2014 |
| M-16-13 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | jul-16 | jul-16 | abr-16 | oct-16 | ene-15 |
| M-16-17 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 | 12-03-2015 |
| M-16-19 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 | 24-11-2015 |
| M-16-21 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 | 02-02-2016 |
| M-16-25 | 25-03-2016 | 25-03-2016 | 25-03-2016 | 25-03-2016 | 25-03-2016 | 25-03-2016 | 01-04-2016 | 01-04-2016 | 01-04-2016 | 01-04-2016 |
| M-16-31 | 19-05-2016 | 19-05-2016 | 19-05-2016 | 19-05-2016 | 19-05-2016 | 19-05-2016 | 19-05-2016 | 19-05-2016 | 18-04-2016 | 18-04-2016 |
| M-16-34 | 02-09-2015 | 02-09-2015 | 02-09-2015 | 02-09-2015 | 02-09-2015 | 25-11-2015 | 25-11-2015 | 25-11-2015 | 25-11-2015 | 24-11-2015 |
| M-16-38 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | ago-16 | mar-16 | ene-16 |
| M-16-42 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 | 17-03-2016 |
| M-16-44 | 01-06-2015 | 01-06-2015 | 01-06-2015 | 01-06-2015 | 01-06-2015 | 01-06-2015 | 01-06-2015 | 04-01-2016 | 04-01-2016 | 04-01-2016 |
| M-16-49 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 | 05-11-2015 |
| M-16-55 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 | 31-12-2016 |
| M-16-56 | 10-12-2014 | 10-12-2014 | 10-12-2014 | 10-12-2014 | 10-12-2014 | 10-12-2014 | 10-12-2014 | 10-12-2014 | 10-12-2014 + 10-06-2013 | 04-07-2014 |
| M-16-65 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 | 22-01-2016 |
| M-16-83 | 17-11-2014 | 17-11-2014 | 17-11-2014 | 17-11-2014 | 17-11-2014 | 17-11-2014 | 24-03-2016 | 08-04-2016 | 08-04-2016 | 08-04-2016 |
| M-16-89 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 19-06-2015 | 02-07-2015 |
| M-16-91 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 | 02-09-2016 |
| M-16-98 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 22-04-2015 | 14-05-2015 |
| M-16-100 | 05-06-2014 | 05-06-2014 | 05-06-2014 | 05-06-2014 | 25-06-2014 | 30-07-2014 | 29-12-2014 | 29-12-2014 | 29-12-2014 | 13-06-2014 |

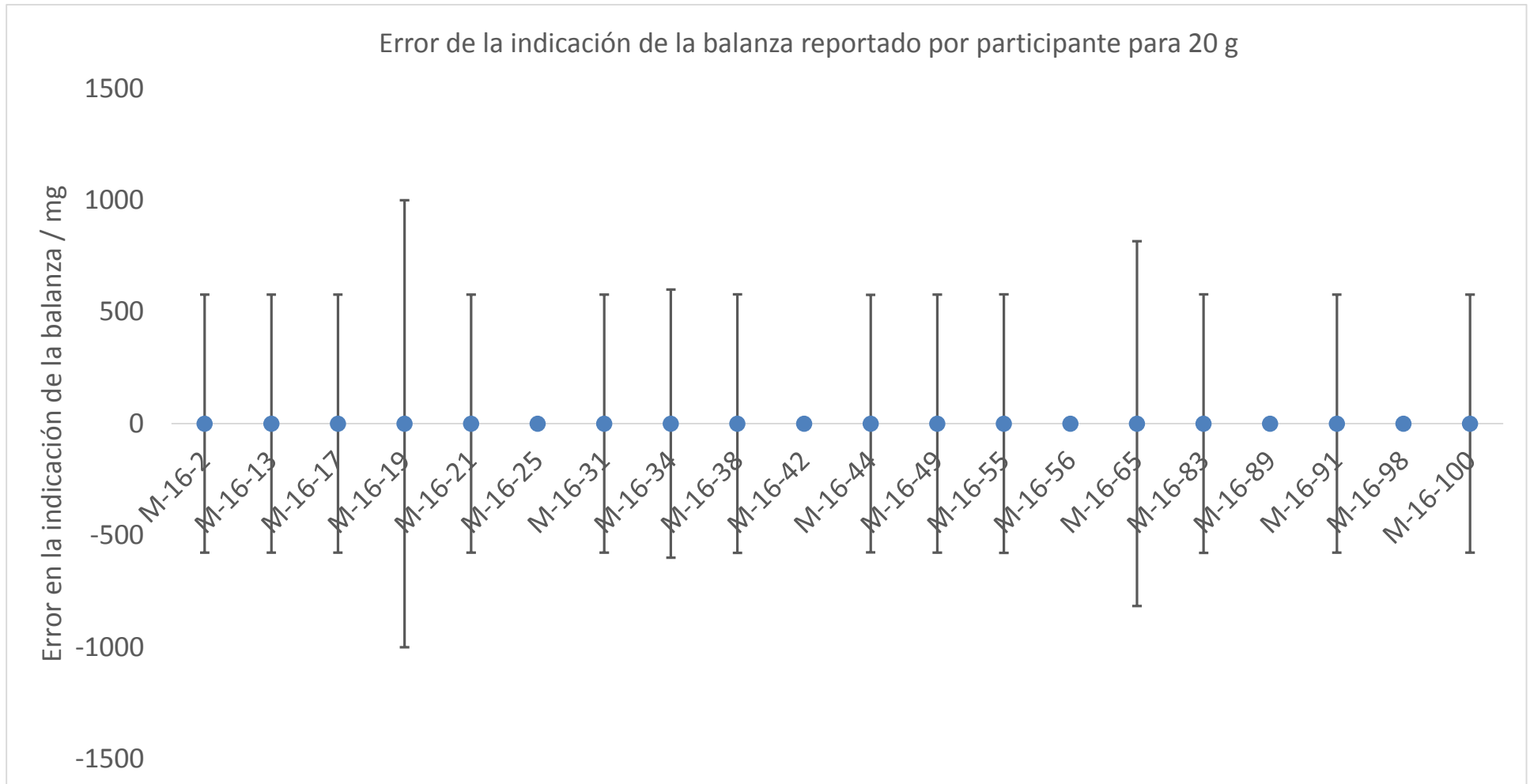
Tabla 10. Fechas del último certificado de calibración emitido para las pesas patrones utilizadas para la calibración de la balanza.

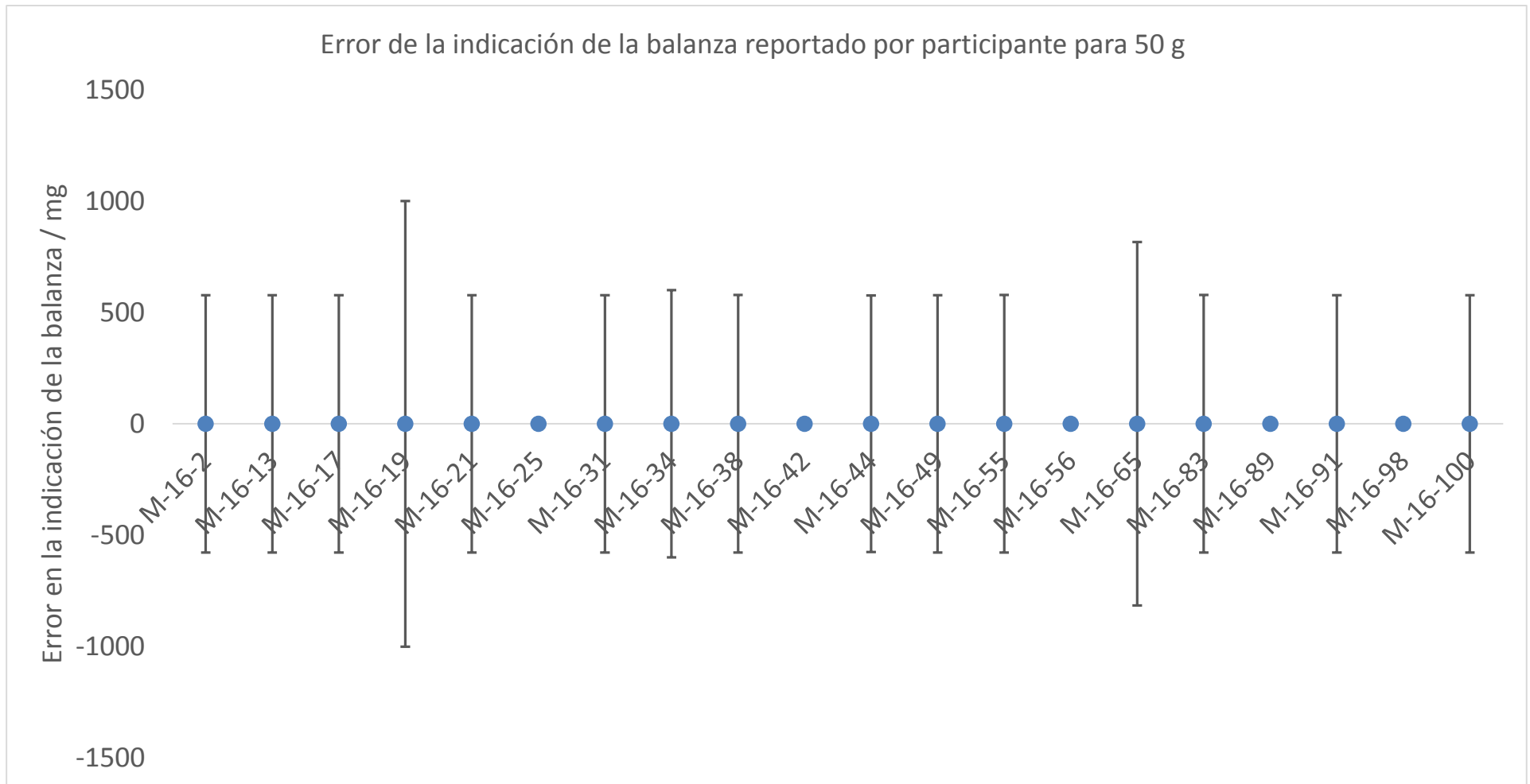


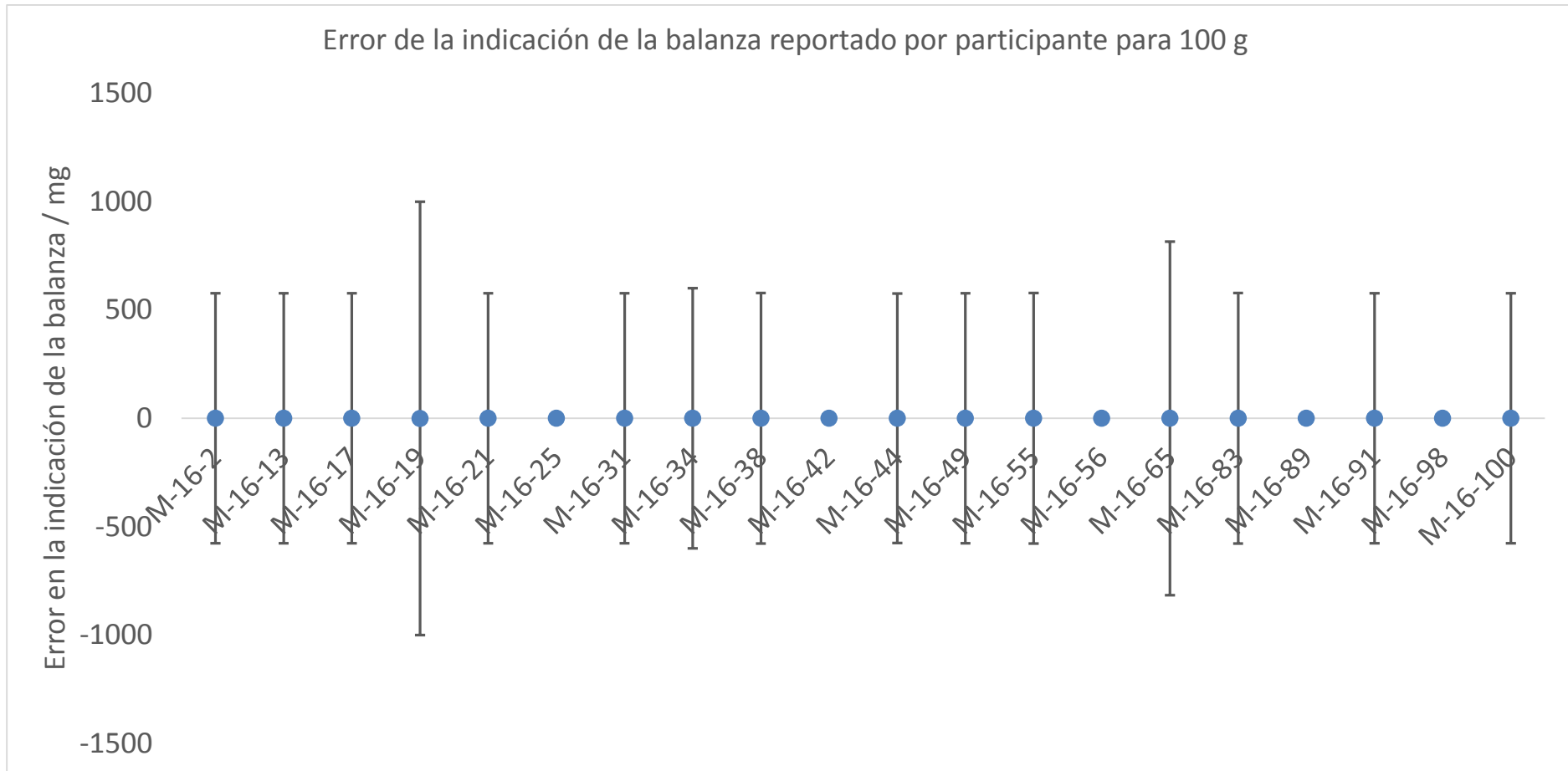
12. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

De acuerdo a las Tablas 4 y 5, los errores de indicación de la balanza se presentan en los gráficos precedentes, de acuerdo al valor nominal de la pesa utilizada.



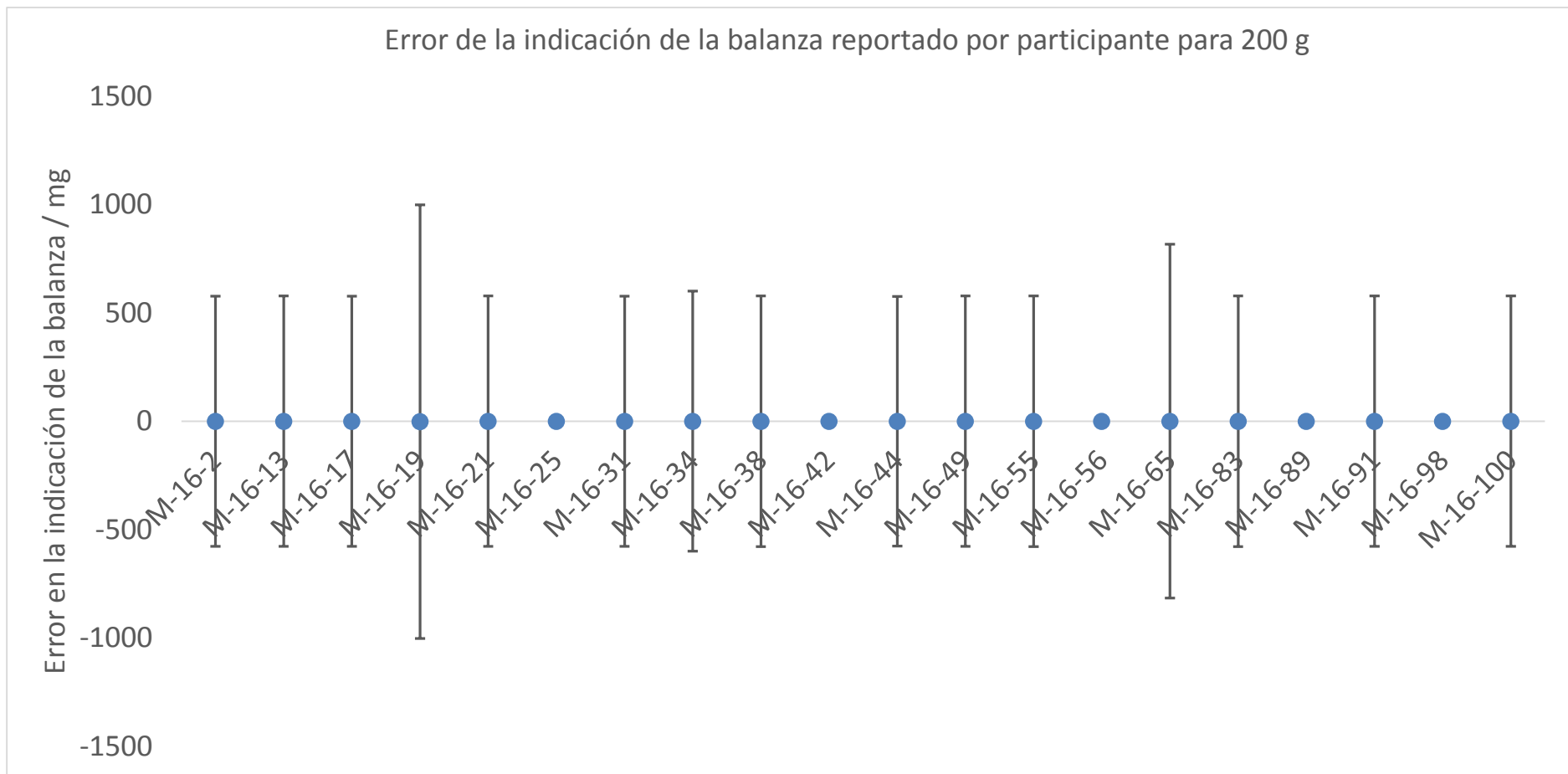


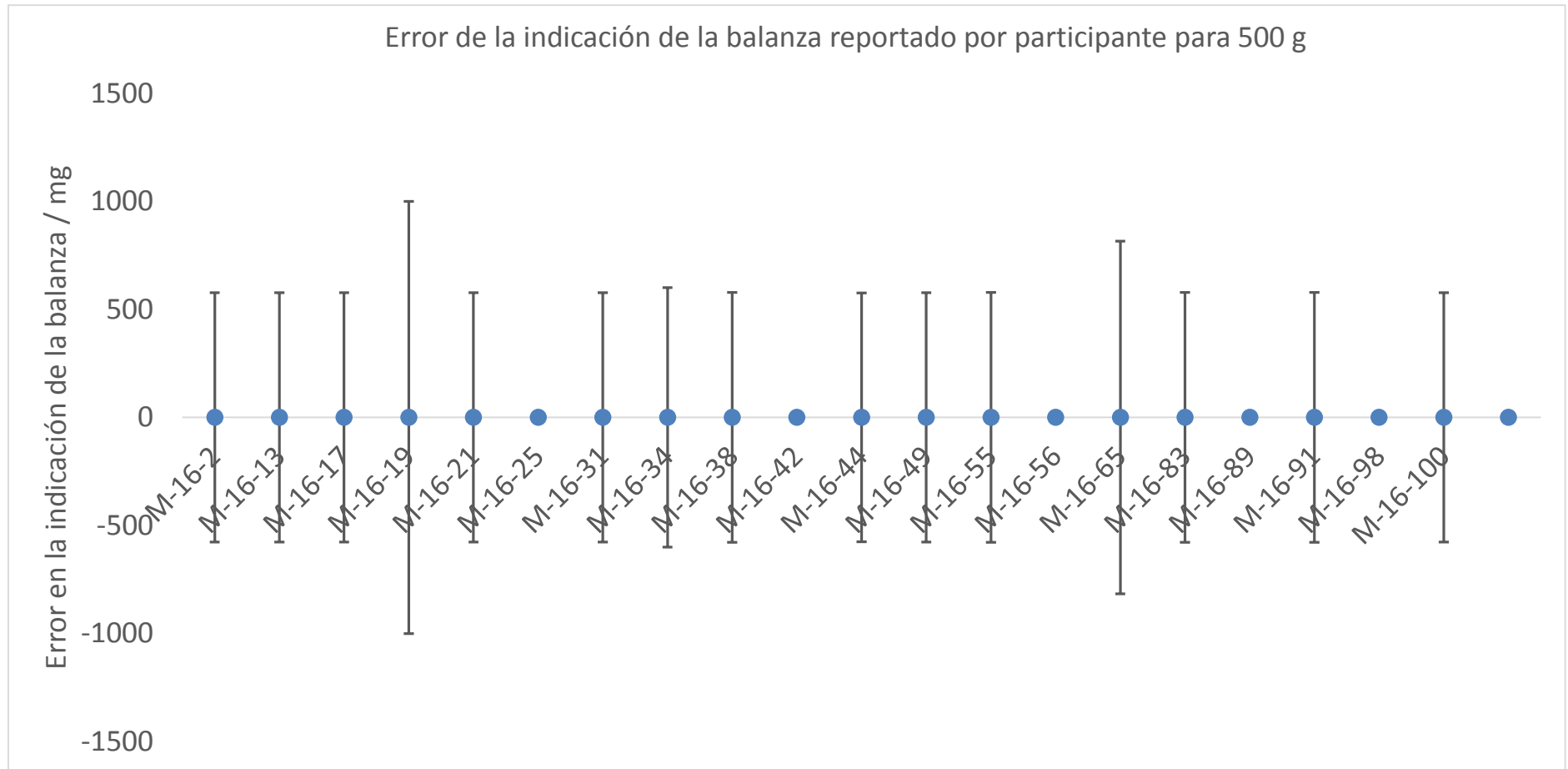






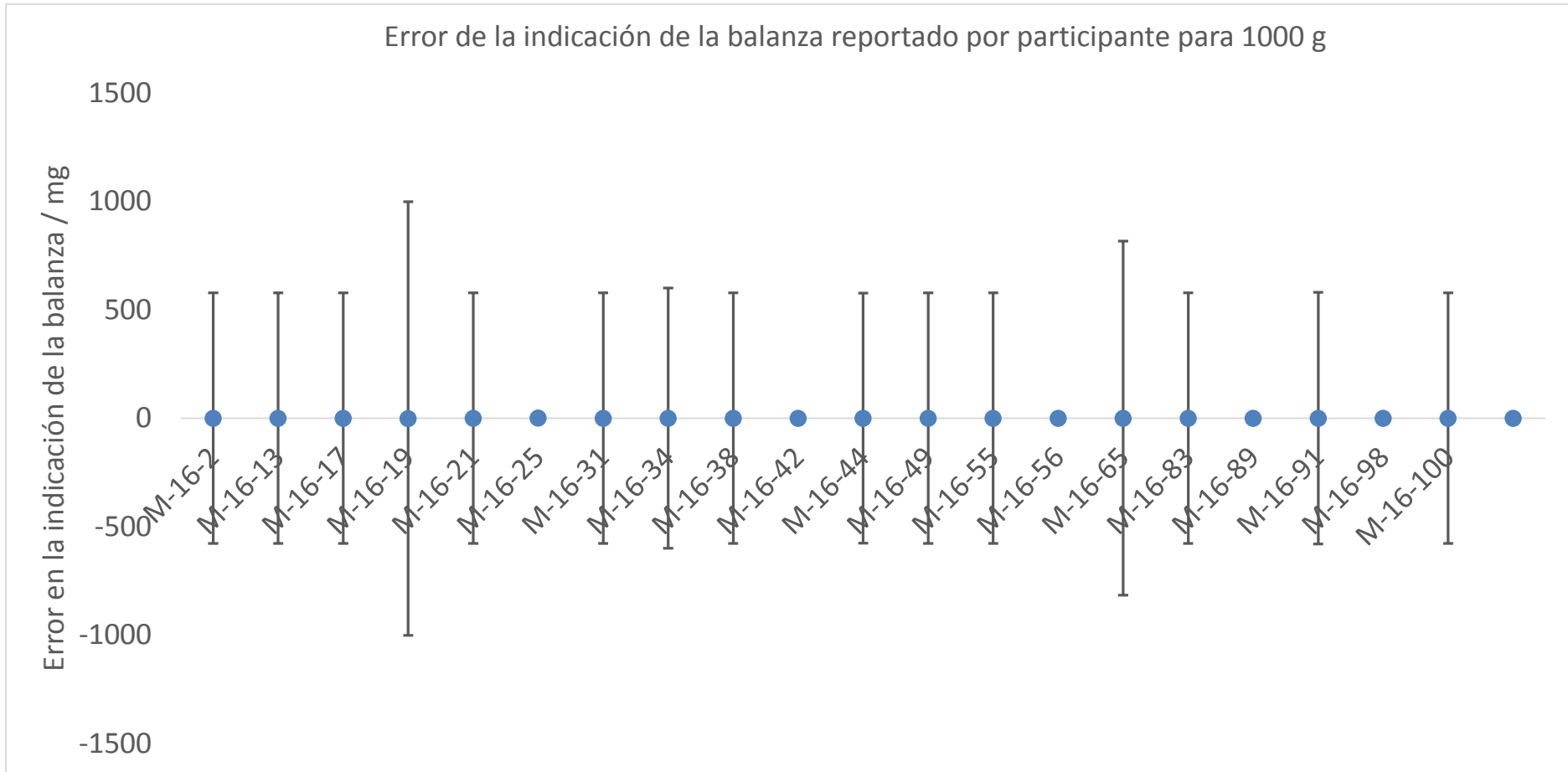
CESMEC

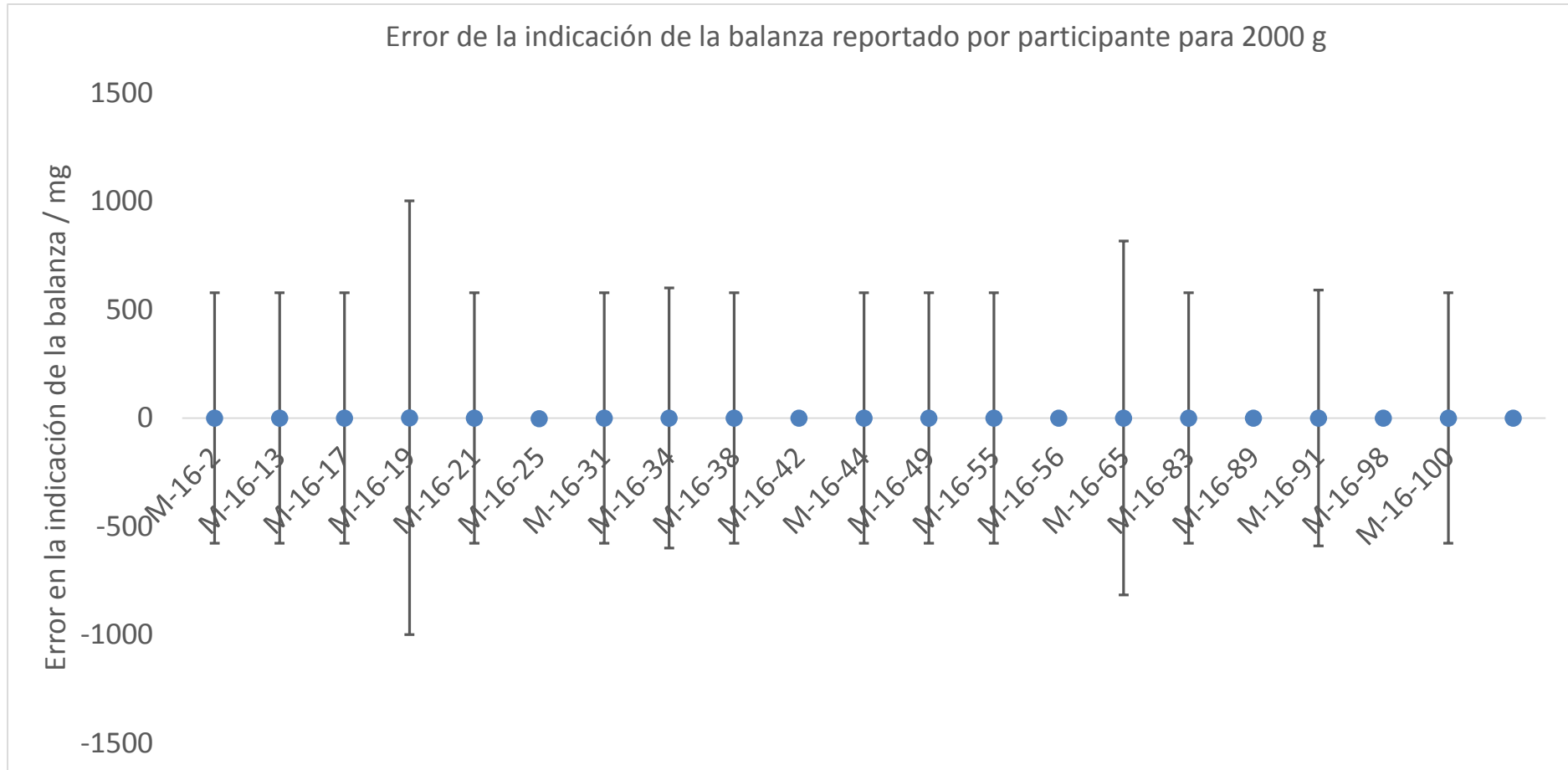




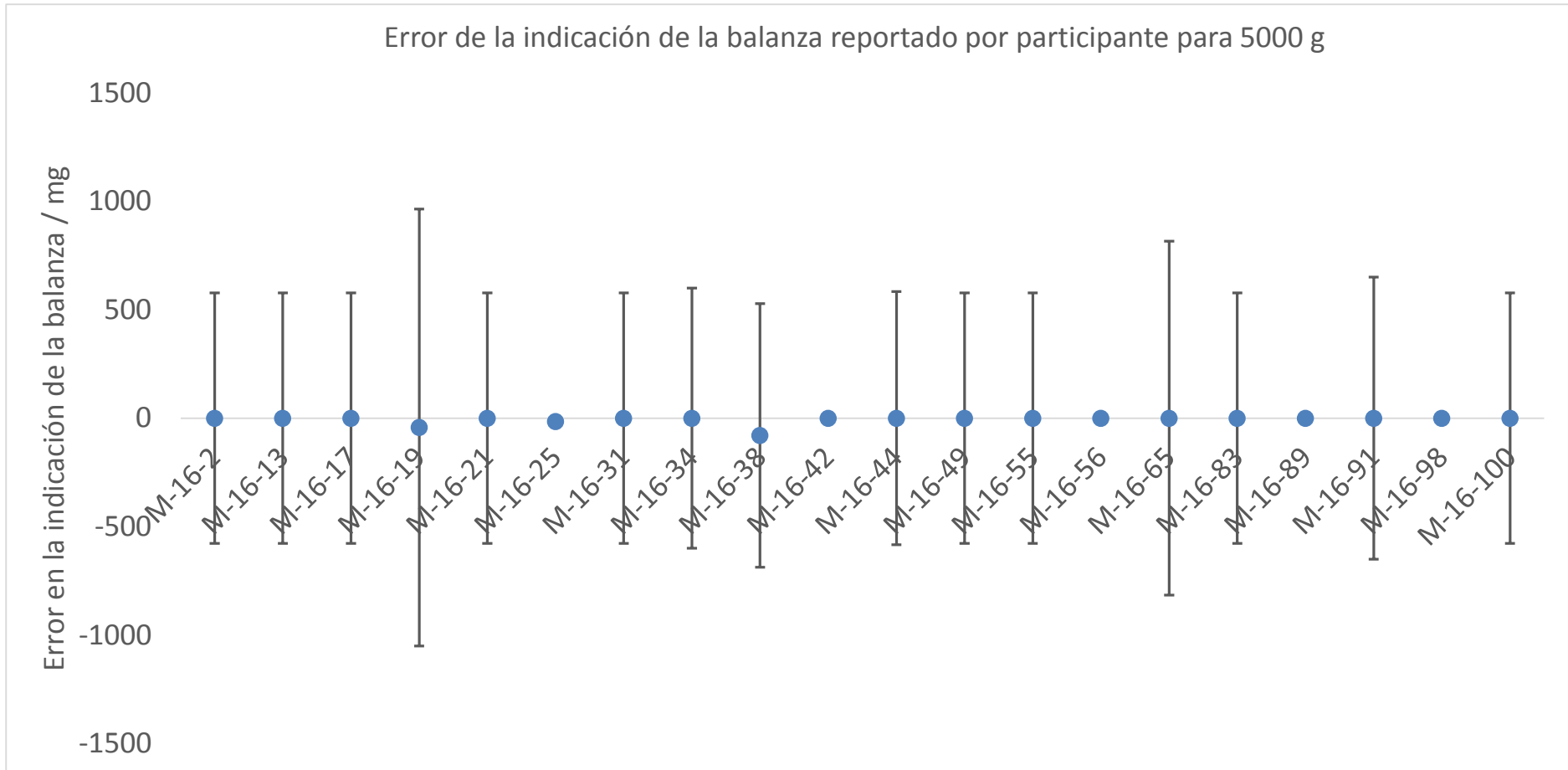


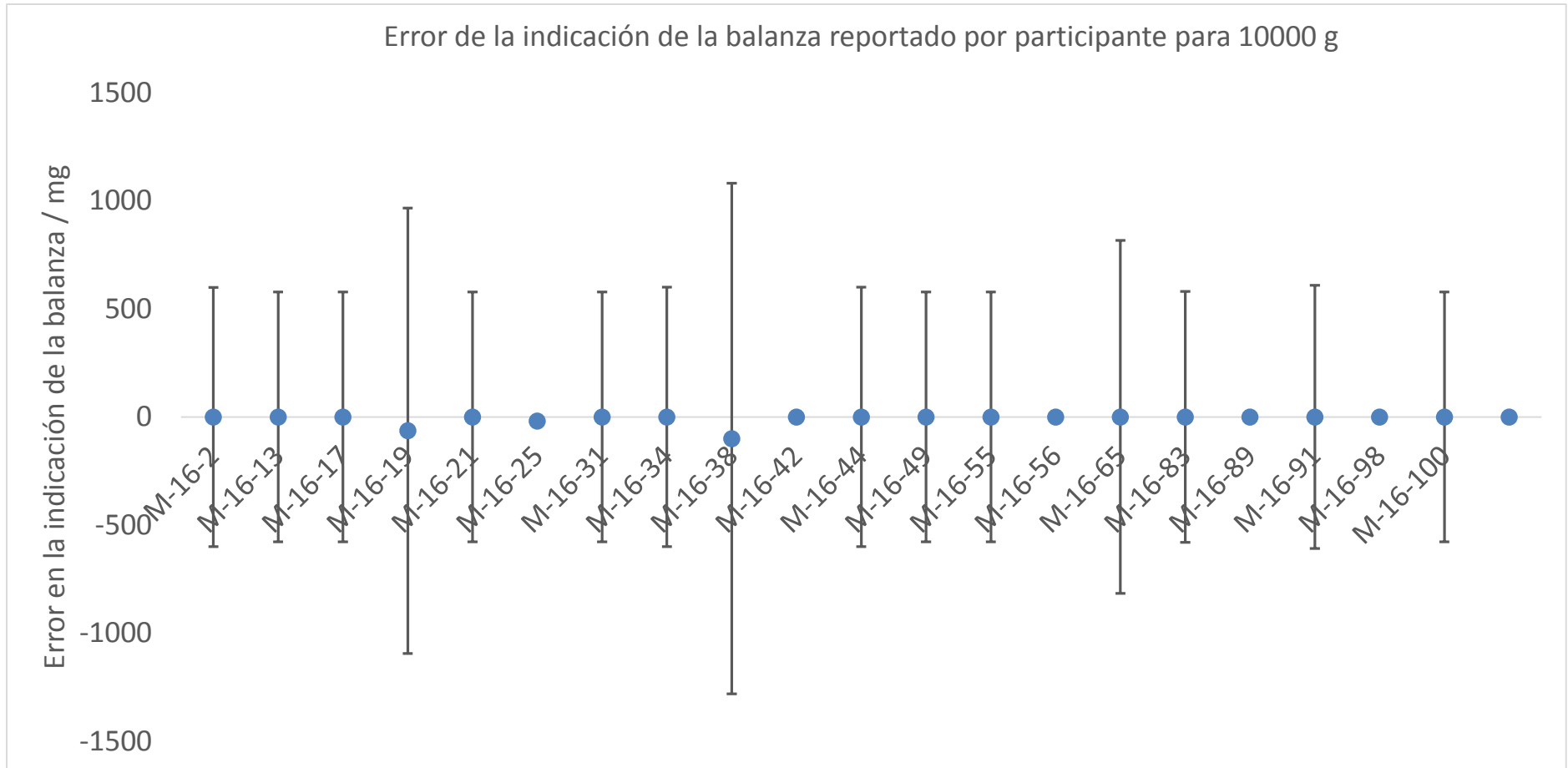
CESMEC





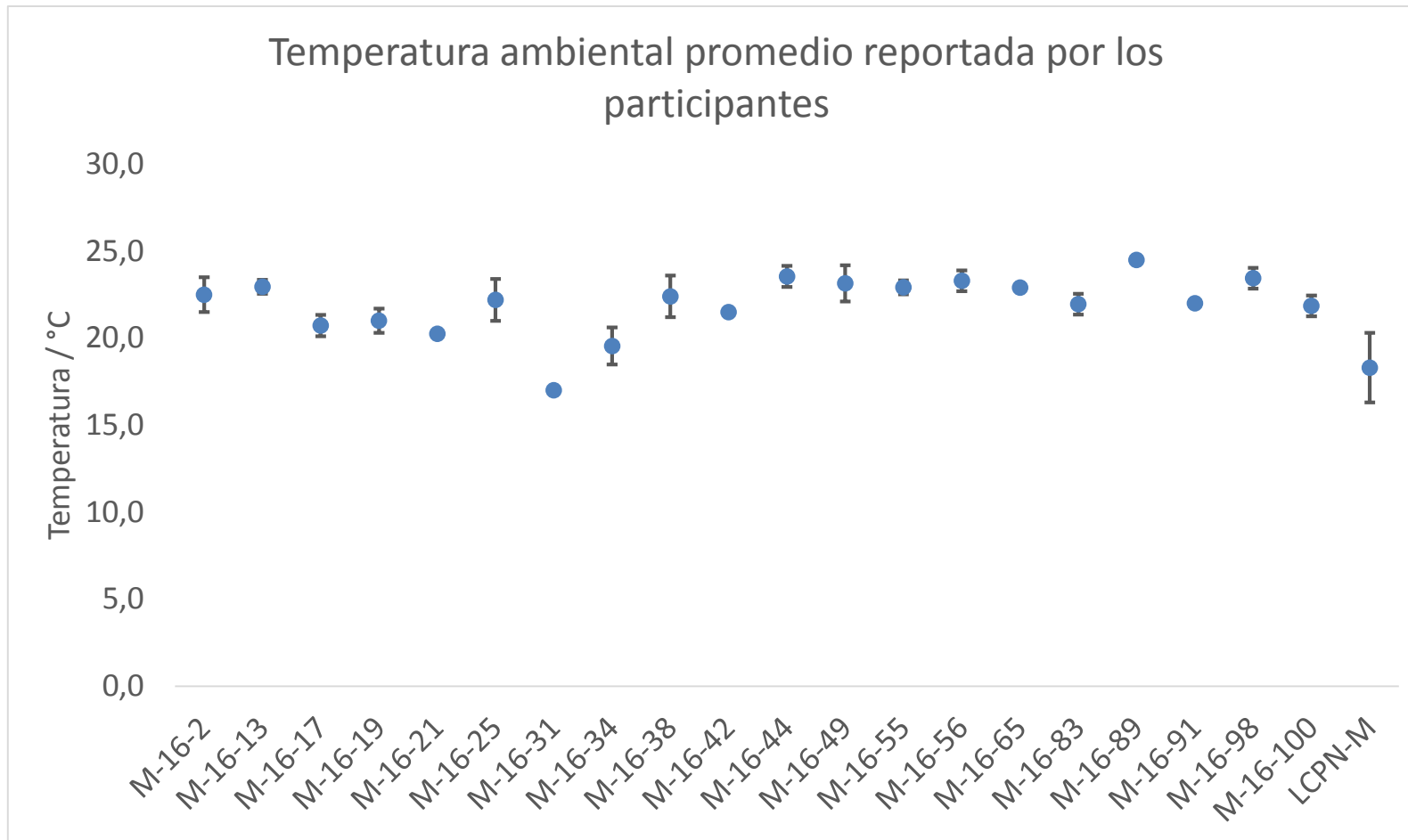
Error de la indicación de la balanza reportado por participante para 5000 g

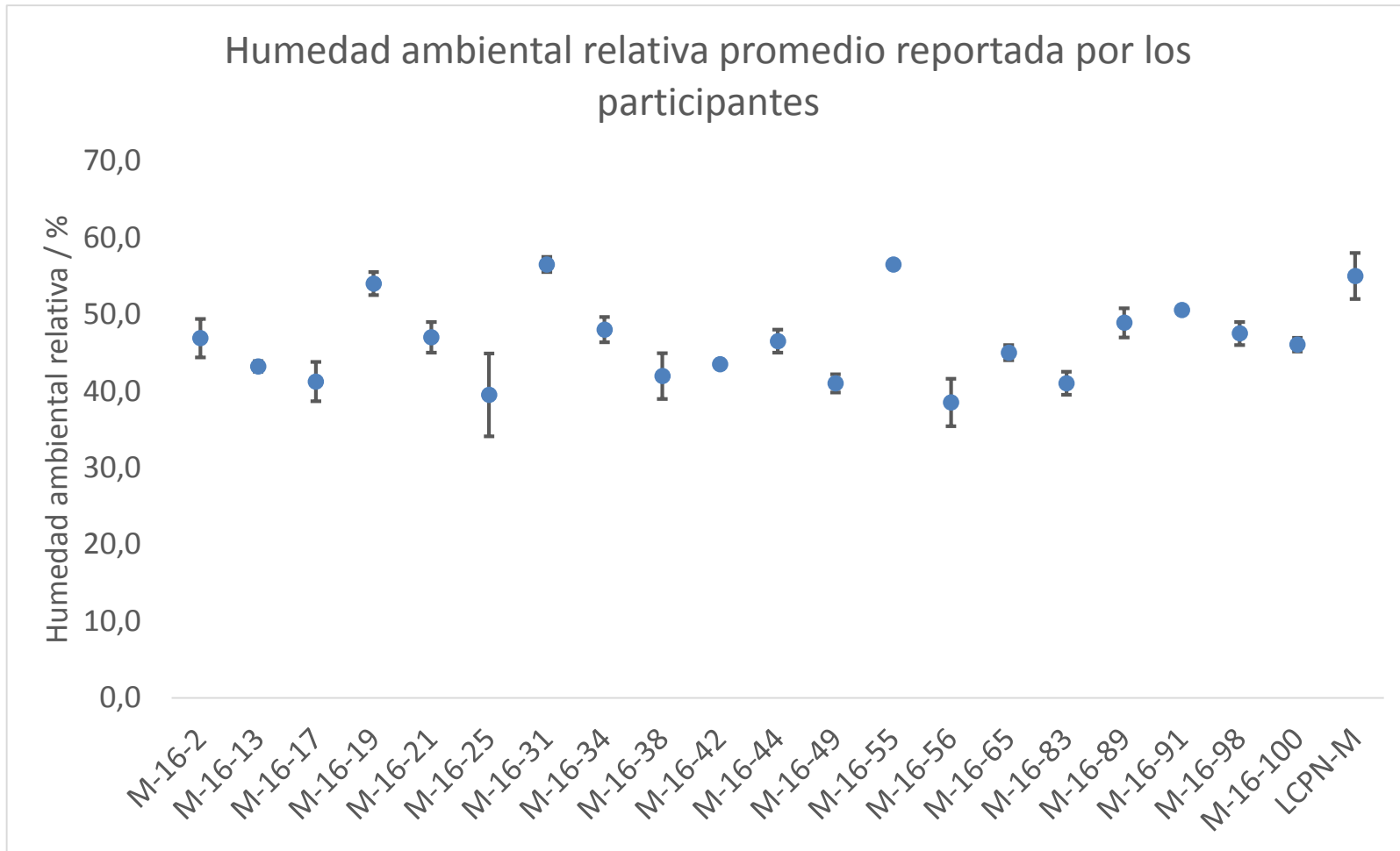




De los gráficos anteriores es posible apreciar que, en general, existe un buen grado de acuerdo entre las mediciones de los participantes. No obstante, y si bien la mayoría de ellos informa una incertidumbre similar en cada uno de los valores nominales en los cuales se realiza la calibración, existen algunos casos en los cuales se aprecian diferencias significativas. Ello no es posible justificarlo en función de la clase de las pesas patrones utilizadas (ver Tabla 8), ya que la similitud de la mismas asegura un impacto en la incertidumbre informada no mayor a $1/3$ de la incertidumbre del patrón de la clase correcta.

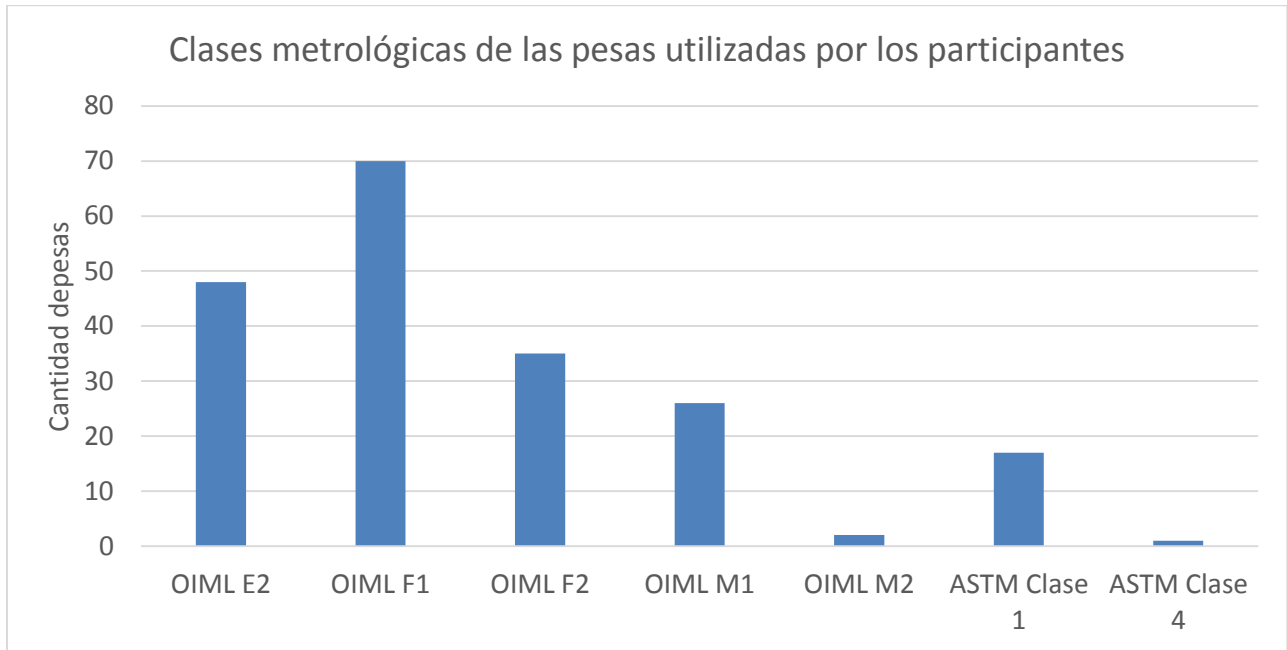
De igual forma a la anterior, se presentan a continuación los resultados de las condiciones ambientales (temperatura ambiental y humedad relativa) reportadas por los participantes, en los siguientes gráficos.





De acuerdo a lo informado por los laboratorios, la dispersión de los datos de temperatura ambiental y humedad relativa del ambiente se mantuvo dentro de las recomendaciones de OIML R 76 respecto a la calibración de instrumentos de pesaje no automáticos. No obstante, y respecto a las incertidumbres informadas, sigue existiendo una diferencia en la magnitud de los valores indicados por cada participante.

Respecto a las clases de las pesas utilizadas por los participantes, se tiene la siguiente estadística.



Se observa que la clase de la pesa más utilizada en este ejercicio fue la OIML F1, seguido de OIML E2 y en tercer lugar OIML F2.

Según las fechas de calibración de los certificados de calibración de las pesas utilizadas en esta actividad, se tiene lo siguiente.



La mayoría de los participantes utilizó pesas calibradas en el presente año, y de manera decreciente el orden por antigüedad. Cabe señalar que esta estadística está basada en la información que los mismos participantes entregaron, y el LCPN-Masa no corroboró la veracidad de la misma.

Sobre la trazabilidad de las pesas utilizadas, la información se resume en lo siguiente.



Se observa que la mayoría de las pesas utilizadas en este ejercicio tienen trazabilidad al laboratorio de calibración de CESMEC S.A., en segundo lugar al LCPN-Masa, y en tercer y cuarto lugar a los fabricantes de pesas Mettler-Toledo y Troemner. Respecto a estos últimos, cabe la duda si los certificados a los que hacen referencia los participantes son certificados de calibración acreditados en ISO/IEC 17025, o corresponden a certificados emitidos por fabricantes, los cuales no están acreditados en la norma antes mencionada.

El desempeño de cada laboratorio fue evaluado de acuerdo al error normalizado. Para realizar la evaluación sólo fueron considerados los laboratorios que calcularon de forma correcta la incertidumbre de medición.

La evaluación mediante el uso del error normalizado es un criterio especificado en la NCh-ISO 17043 'Ensayos de aptitud mediante comparaciones interlaboratorio – Parte 1: Desarrollo y operación de los programas de ensayos de aptitud'. Dicho error normalizado es calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_n = \frac{LAB - REF}{\sqrt{U_{LAB}^2 + U_{REF}^2}}$$

Dónde:

E_n : Error normalizado

LAB, U_{LAB} : Resultado e incertidumbre expandida del laboratorio participante

REF, U_{REF} : Resultado e incertidumbre expandida del laboratorio de referencia

El criterio de evaluación del error normalizado indica que:

- Si $E_n \leq 1$, existe acuerdo entre las mediciones.
- Si $E_n > 1$, no existe acuerdo entre las mediciones

De los resultados expresados en el capítulo anterior, se tiene que los errores normalizados calculados para cada laboratorio son los que se muestran en la Tabla 11.

| | Error normalizado, según los valores nominales de los puntos de calibración | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| | 10 g | 20 g | 50 g | 100 g | 200 g | 500 g | 1000 g | 2000 g | 5000 g | 10000 g |
| M-16-2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-13 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-17 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-19 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| M-16-21 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-25 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-31 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-34 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-38 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| M-16-42 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-44 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-49 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-55 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-56 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-65 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-83 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-89 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-91 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-98 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M-16-100 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Tabla 11 Errores normalizados por participante. Los valores en color rojo corresponden a aquellos mayores a 1.

De forma gráfica, se muestran los resultados mencionados en la Tabla 11.

Es posible observar que todos los participantes obtuvieron un buen grado de acuerdo entre sus mediciones y las del laboratorio piloto, LCPN-Masa.

13. CONCLUSIONES

Se desarrolló el EA M-16, que contó con la participación de 20 instituciones, entre laboratorios de calibración (acreditados y en proceso de acreditación), de ensayo, de análisis químico, entre otros.

Los participantes cumplieron con el programa de la actividad, así como en la entrega oportuna de los resultados. Todos ellos realizaron las mediciones en el rango completo de calibración propuesto, así como las mediciones de condiciones ambientales.

El 100% de los participantes obtuvo un error normalizado menor a 1, lo que sentencia el buen grado de acuerdo entre sus resultados y el laboratorio piloto.

No obstante lo anterior, se aprecian diferencias significativas en las incertidumbres estándar informadas por los participantes.

14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO/IEC 17043:2011, Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud.
- [2] ISO/IEC 13528:2015 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison.
- [3] JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement.
- [4] OIML R 111-1:2004 Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 and M3. Part 1: Metrological and technical requirements
- [5] OIML R 76-1:2006 Non-automatic weighing instruments. Part 1: Metrological and technical requirements – Test.

15. ANEXO

Dentro del pétalo respectivo, los grados de equivalencia entre cada participante y el laboratorio piloto, el LCPN-M, se expresan mediante el par de valores $(d_{ip}, U(d_{ip}))$, donde

$$d_{ip} = x_i - \frac{p_i + p_f}{2} + \delta_{deriva} \quad (1)$$

- d_{ip} : Diferencia entre el resultado de la medición del laboratorio participante i y el promedio de las mediciones del laboratorio piloto.
- p_i : Resultado de la medición inicial del laboratorio piloto dentro del pétalo.
- p_f : Resultado de la medición final del laboratorio piloto dentro del pétalo.
- x_i : Resultado de la medición del laboratorio i .
- δ_{deriva} : Corrección para la deriva del valor de masa de la pesa. Se asume que $\langle \delta_{deriva} \rangle = 0$ y $u(\delta_{deriva}) = \frac{|p_i - p_f|}{2\sqrt{3}}$ y que es una determinación independiente.

Luego, la incertidumbre estándar de d_{ip} está dada por:

$$u(d_{ip}) = \sqrt{\left(\frac{\partial d_{ip}}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i) + \left(\frac{\partial d_{ip}}{\partial p_i}\right)^2 u^2(p_i) + \left(\frac{\partial d_{ip}}{\partial p_f}\right)^2 u^2(p_f) + 2 \frac{\partial d_{ip}}{\partial p_i} \frac{\partial d_{ip}}{\partial p_f} u(p_i, p_f) + 2 \frac{\partial d_{ip}}{\partial p_i} \frac{\partial d_{ip}}{\partial x_i} u(p_i, x_i) + 2 \frac{\partial d_{ip}}{\partial p_f} \frac{\partial d_{ip}}{\partial x_i} u(p_f, x_i) + u^2(\delta_{deriva})}$$

$$u(d_{ip}) = \sqrt{u^2(x_i) + \frac{1}{4}u^2(p_i) + \frac{1}{4}u^2(p_f) - \frac{3}{2}u^2(x_{patrón}) + \left(\frac{p_i - p_f}{2\sqrt{3}}\right)^2}$$

- $u(p_i)$: Incertidumbre estándar de la medición inicial del laboratorio piloto.
- $u(p_f)$: Incertidumbre estándar de la medición final del laboratorio piloto.



$u(x_{patrón})$: Incertidumbre estándar del patrón de referencia del laboratorio piloto. En principio todos los resultados de los laboratorios están correlacionados con el laboratorio piloto, pues es el que les daría trazabilidad a través de ese patrón. En todo caso, su contribución es despreciable.