



## **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 PESAS**

**2015**

**M-15**

## 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.

Por regla general, los ensayos de aptitud ofrecidos por la Red Nacional de Metrología, se realizan durante un año calendario.

Los ítems de ensayo, se distribuyen en un periodo de tiempo definido para su análisis, son enviados en las fechas establecidas en el programa, en las condiciones de embalaje, almacenamiento, seguridad e identificación que aseguren la integridad del ítem.

Cada ensayo de aptitud cuenta con una codificación alfanumérica y a cada laboratorio participante se le hace entrega de un código confidencial.

La oferta de los ensayos de aptitud es publicada a través de una programación anual en el sitio web [www.metrologia.cl](http://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 las calibraciones de pesas.

## 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

: 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 podrán participar todos los laboratorios acreditados o en etapa de acreditación que se inscriban.
- Organizó y coordinó con el LCPN-Masa un taller de inicio y cierre de la intercomparación
- Asignó a cada participante un código (M-15-XX) con el cual se identifican e informan sus resultados.
- El envío de los objetos a ser calibrados a cada participante, de acuerdo al programa fijado y comunicado convenientemente
- 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)

- Proveyó las pesas que serán utilizadas en el marco de la comparación.

Fue mandatorio para los participantes:

- Respetar lo indicado en el presente protocolo.
- Asumir económicamente los daños debidos a problemas de manipulación o golpes, durante la permanencia del equipo en sus instalaciones y traslados; de acuerdo a lo indicado en el protocolo de comparación.
- Informar diligentemente, dentro del programa que defina 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.
- Enviar las pesas al siguiente participante de la comparación según se indica en Anexo 1.

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 las pesas y enviar al Coordinador los certificados 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 inicio y cierre de la intercomparación.

El programa de la comparación se entrega en Anexo 1.

## **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 la infraestructura y patrones acordes con el ejercicio.

Los requisitos técnicos que debía cumplir cada participante son los que indica la norma OIML R 111 respecto a la calibración de pesas en la clase que corresponda a las capacidades del laboratorio.

Además, como requisito se exigió una carta de compromiso formal, en la cual el laboratorio participante, a través de su representante legal, debía hacerse responsable del patrón viajero.

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 (Anexo I) 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 15 de mayo de 2014.

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.

Los objetos calibrados son dos sets de pesas patrones, cuyas características de construcción satisfacen los requisitos de OIML para la clase que corresponda y de la cual se entrega información en la Tabla 1. Las cajas no contenían marcas ni referencias que hagan mención a la clase de las pesas.

Los valores de densidad fueron evaluados de acuerdo al método F1 de *OIML R 111-1 Edition 2004 (E)* [3].

Las pesas son propiedad de INN.

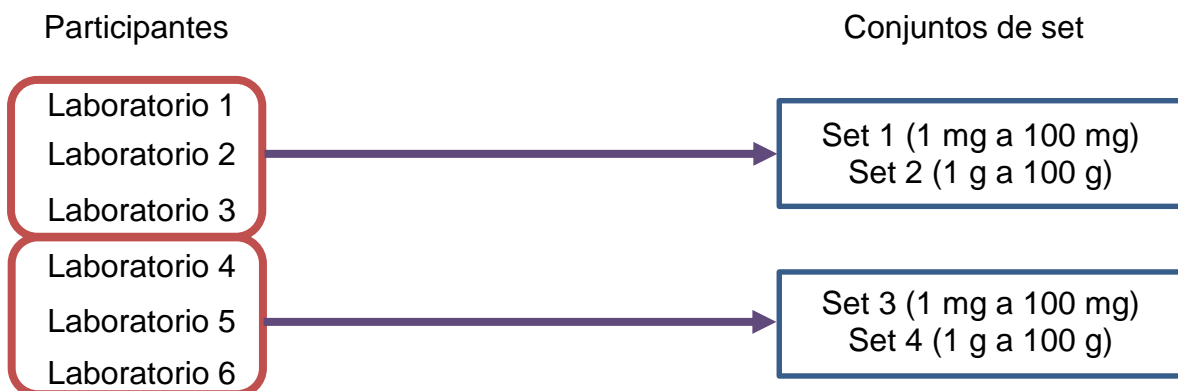


**Figura 1.** Set de pesas de 1 g a 100 g



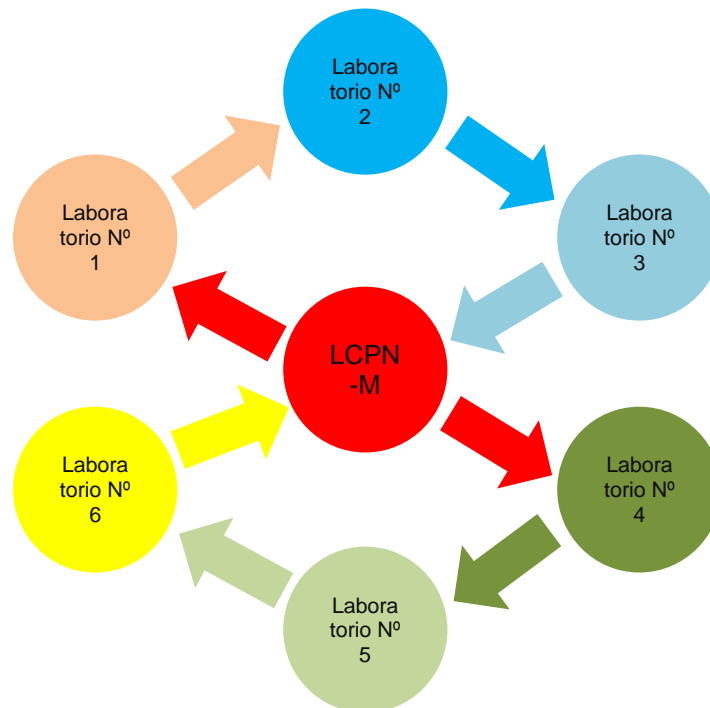
**Figura 2.** Set de pesas de 1 mg a 100 mg

Circularon entre los participantes dos sets de pesas, cada uno en caja separada. El primero contenía las pesas de valores nominales de 1 mg a 100 mg, mientras que el otro las de valores 1 g a 100 g. Cada laboratorio debía recibir, medir y enviar ambos sets. Ambas cajas conforman un conjunto de set. Para este ejercicio, se utilizaron dos conjuntos de set (cuatro set en total). Cada laboratorio debía calibrar sólo un conjunto (dos set). En el programa se entregó información respecto a qué set deberá calibrar cada laboratorio. Un esquema se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Esquema del desarrollo del EA 2015. Cada subgrupo midió los mismos valores nominales.

Cada conjunto de set circuló entre los participantes en la modalidad de pétalo, como indica el siguiente esquema.



## 8. PUNTOS DE MEDICION

Valor nominal	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Incertidumbre expandida de la densidad (k=2) [kg/m <sup>3</sup> ]
1 mg 5 mg 20 mg 100 mg	7950	140
1 g 5 g 20 g 100 g	7950	140

**Tabla 1** Características de las pesas utilizadas.

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

El método de calibración y las condiciones ambientales referidas a dicho método, se abordaron en el taller de inicio, desarrollado por el proveedor del ensayo de aptitud.

El método de calibración o ensayo indicado en el protocolo, no reemplazaba los procedimientos rutinarios de calibración o ensayo utilizados por cada uno de los participantes. Tampoco reemplazaba las normas, guías o recomendaciones internacionales bajo las cuales se han acreditados los



participantes. Sin embargo, el protocolo entregaba 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 las normas, guías o recomendaciones, internacionales.

## 10. DESARROLLO

El ensayo de aptitud se desarrolló conforme las etapas y plazos establecidos en la Tabla 2.

a.-Fecha de inicio de la convocatoria	08 de mayo 2015
b.-Plazo de inscripción	26 de mayo 2015
c.-Reunión de inicio (Taller)	26 de mayo 2015
d.-Desarrollo del EA	junio a octubre de 2015
e.-Recepción de resultados del EA	5 días hábiles después de concluidas las mediciones.
f.- Taller de cierre “II Jornadas Metrología”	11 de diciembre de 2015.
g.- Entrega prevista del Informe Final	11 de diciembre de 2015.

**Tabla 2** Programa de comparación

Durante el desarrollo de la comparación, se presentaron los siguientes eventos:

- a) Se sufrió la pérdida de uno de los patrones viajeros, de valor nominal 1 mg, por parte de uno de los laboratorios participantes. De acuerdo al protocolo de comparación, el laboratorio responsable repuso el patrón, y por su parte, el laboratorio piloto realizó las consideraciones pertinentes al momento de evaluar los niveles de acuerdo de los laboratorios que realizaron la calibración con el patrón extraviado y con el patrón nuevo.
- b) Se reportó un despacho erróneo en una de las rondas de comparación, que provocó el retraso consecutivo en las calibraciones de los participantes posteriores.
- c) Uno de los laboratorios participantes envió los resultados de la comparación al Jefe del LCPN-M, y no al coordinador de la comparación, lo que constituye una falta grave al protocolo.



## 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. La información recibida se especifica en las Tablas 3 a 6

Identificación del set de pesas	P-577420150302											
Valores nominales	1 g			5 g			20 g			100 g		
Código del laboratorio	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase
M-15-09	0,0	0,3	--	-1,8	0,3	--	0,0	0,3	--	-3,4	0,3	--
M-15-13	-0,15	0,094	M1	0,71	0,102	M1	-0,11	0,093	M1	1,7	0,166	M1
M-15-21	0,0	0,3	F2	-1,8	0,5	F2	0,0	0,8	F2	-3,5	1,6	F2
M-15-30	-0,1	0,1	--	-1,8	0,1	--	0,0	0,1	--	-3,6	0,5	--
M-15-72	0,06	0,015	F1	-1,884	0,023	M2	-0,045	0,020	E2	-3,595	0,018	M1
M-15-88	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Tabla 3** Resultados de comparación para el set de pesas P-577420150302

Identificación del set de pesas	12257820150319											
Valores nominales	1 mg			5 mg			20 mg			100 mg		
Código del laboratorio	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase
M-15-09	0,0	0,3	--	0,0	0,3	--	0,0	0,3	--	0,0	0,3	--
M-15-13	-0,06	0,050	F2	-0,11	0,05	F2	-0,02	0,052	F2	-0,01	0,046	F2
M-15-21	0,0	0,06	F1	0,0	0,06	F1	0,0	0,1	F1	0,0	0,16	F1
M-15-30	0	0,1	--	0,1	0,1	--	0	0,1	--	0	0,1	--
M-15-72	0,004	0,023	E2	-0,002	0,018	E2	0,008	0,018	E2	-0,002	0,017	E2
M-15-88	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Tabla 4** Resultados de comparación para el set de pesas 12257820150319

Identificación del set de pesas	P-578120150305											
Valores nominales	1 g			5 g			20 g			100 g		
Código del laboratorio	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase
M-15-10	-0,5	0,3	M1	0,0	0,5	M1	0,1	0,8	M1	0,6	1,6	M1
M-15-12	-0,5	0,3	M1	0,0	0,5	M1	0,0	0,8	M1	0,7	1,6	M1
M-15-22	0,0	1	M2	0,0	1,6	M2	0,2	2,5	M2	1,3	5	M2
M-15-31	-0,1	0,1	F2	0,15	0,16	F2	0,11	0,25	F2	0,02	0,5	F2
M-15-39	-0,4	0,3	M1	0,1	0,5	M1	-0,1	0,8	M1	-1,1	1,6	M1
M-15-89	-0,52	0,03	--	0,054	0,05	--	0,009	0,08	--	-0,133	0,16	--

**Tabla 5** Resultados de comparación para el set de pesas P-578120150305

Identificación del set de pesas	15880020150302											
Valores nominales	1 mg			5 mg			20 mg			100 mg		
Código del laboratorio	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase	C/mg	U/mg	Clase
M-15-10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
M-15-12	0,002	0,006	F1	0,004	0,006	F1	0,005	0,01	F1	0,008	0,016	F1
M-15-22	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
M-15-31	--	--	--	--	--	--	0,06	0,06	F2	0,01	0,05	F2
M-15-39	0,1	0,06	M1	-0,2	0,06	M1	-0,1	0,1	M1	0	0,16	M1
M-15-89	0,002	0,006	--	0,003	0,006	--	0,005	0,01	--	0,009	0,016	--

**Tabla 6** Resultados de comparación para el set de pesas 15880020150302

Donde  $C$  es la corrección informada en miligramos, y  $U$  es la incertidumbre expandida informada en miligramos. La codificación en la clasificación de las pesas se encuentra en OIML R-111.

Los valores no informados en las casillas de las tablas anteriores se deben a que:

- i. El laboratorio no realizó mediciones para esos valores nominales de pesas
- ii. El laboratorio no informó los resultados
- iii. El laboratorio informó los resultados fuera del plazo establecido

Por otra parte, los resultados obtenidos por el laboratorio piloto se expresan en las Tablas 7 al 10.

Identificación del set de pesas	P-577420150302							
	1 g		5 g		20 g		100 g	
	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg
LCPN-M inicial	0,058	0,002	-1,823	0,002	0,003	0,003	-3,196	0,005
LCPN-M intermedio	0,058	0,002	-1,832	0,002	-0,028	0,003	-3,496	0,005
LCPN-M final	0,057	0,002	-1,857	0,002	-0,017	0,003	-3,559	0,005

**Tabla 7** Resultados de comparación para el set de pesas P-577420150302

Identificación del set de pesas	12257820150319							
	1 mg		5 mg		20 mg		100 mg	
	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg
LCPN-M inicial	0,002	0,002	0,003	0,002	0,005	0,003	0,009	0,005
LCPN-M intermedio	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,005
LCPN-M final	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,005	0,005

**Tabla 8** Resultados de comparación para el set de pesas 12257820150319

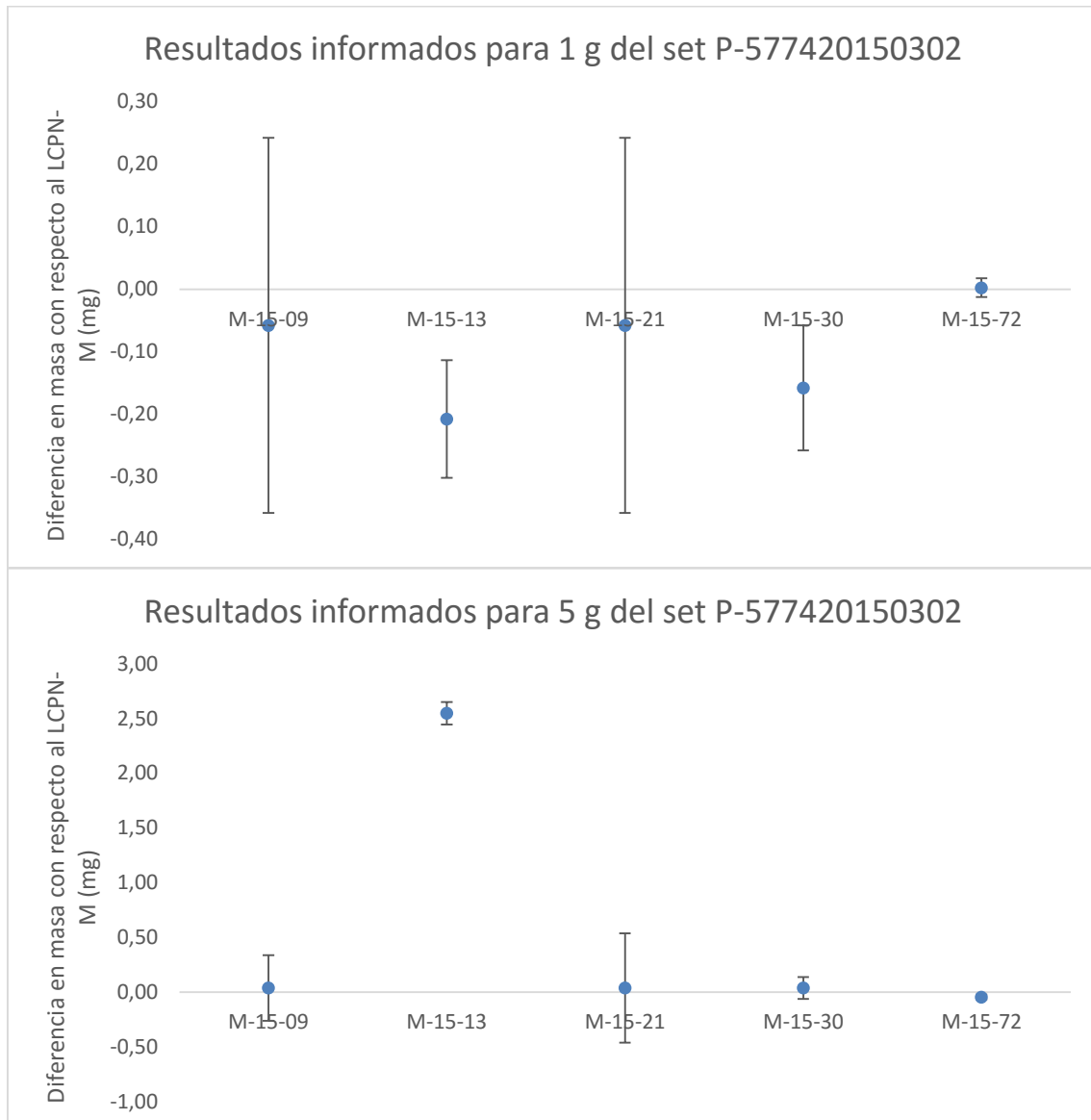
Identificación del set de pesas	P-578120150305							
	1 g		5 g		20 g		100 g	
	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg
LCPN-M inicial	-0,507	0,002	0,030	0,002	0,020	0,003	0,727	0,005
LCPN-M intermedio	-0,518	0,002	0,026	0,002	0,022	0,003	0,577	0,005
LCPN-M final	-0,518	0,002	0,024	0,002	0,008	0,003	-0,795	0,005

**Tabla 9** Resultados de comparación para el set de pesas P-578120150305

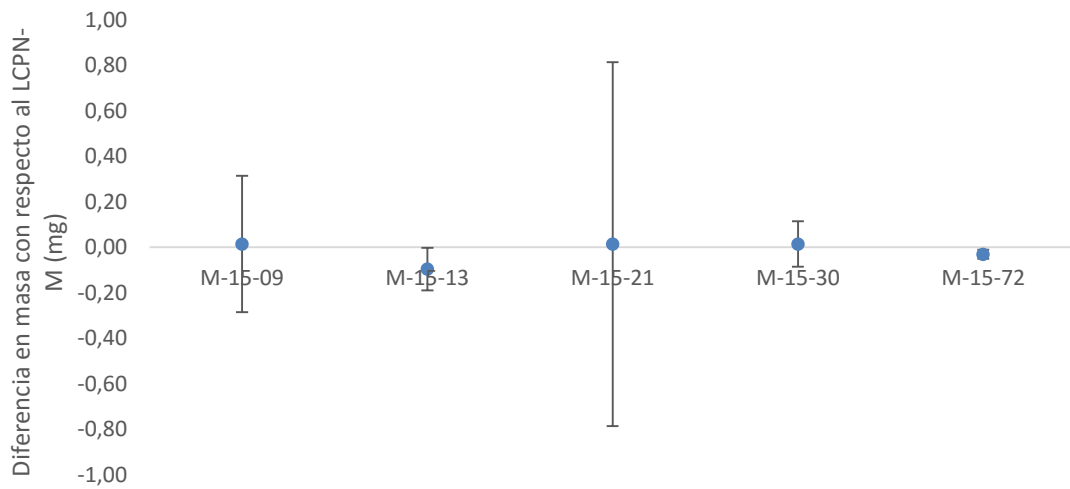
Identificación del set de pesas	15880020150302							
	1 mg		5 mg		20 mg		100 mg	
	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg	C /mg	U /mg
LCPN-M inicial	0,002	0,002	0,003	0,002	0,005	0,003	0,009	0,005
LCPN-M intermedio	0,002	0,002	0,003	0,002	0,005	0,003	0,009	0,005
LCPN-M final	0,002	0,002	0,003	0,002	0,005	0,003	0,010	0,005

**Tabla 10** Resultados de comparación para el set de pesas 15880020150302

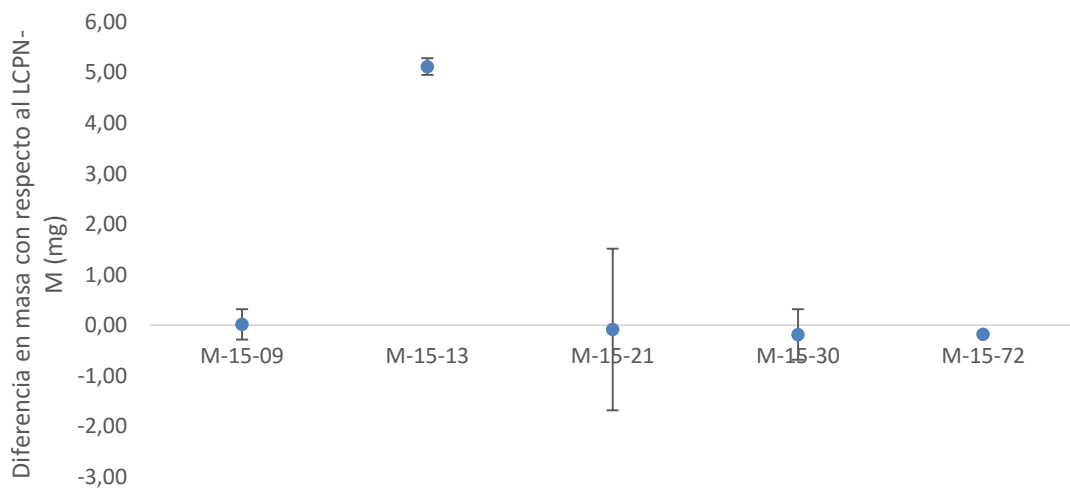
Se realizó un gráfico por cada set en evaluación, y separado por cada valor nominal, tomando como referencia el valor reportado por el laboratorio piloto.



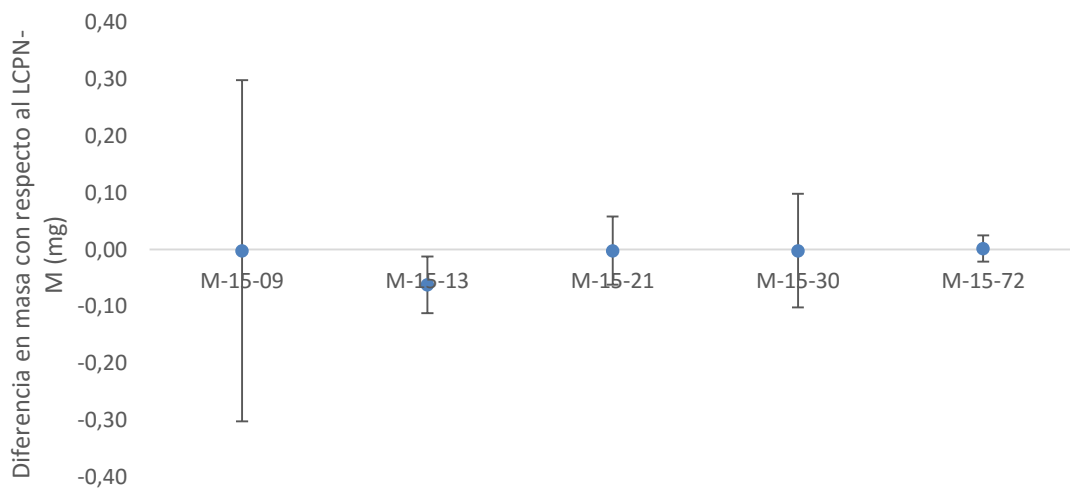
### Resultados informados para 20 g del set P-577420150302



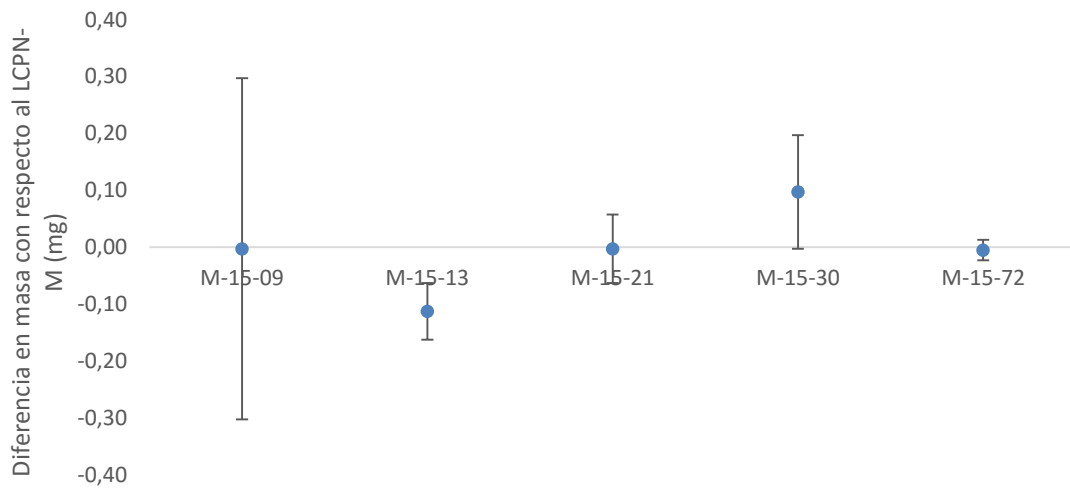
### Resultados informados para 100 g del set P-577420150302



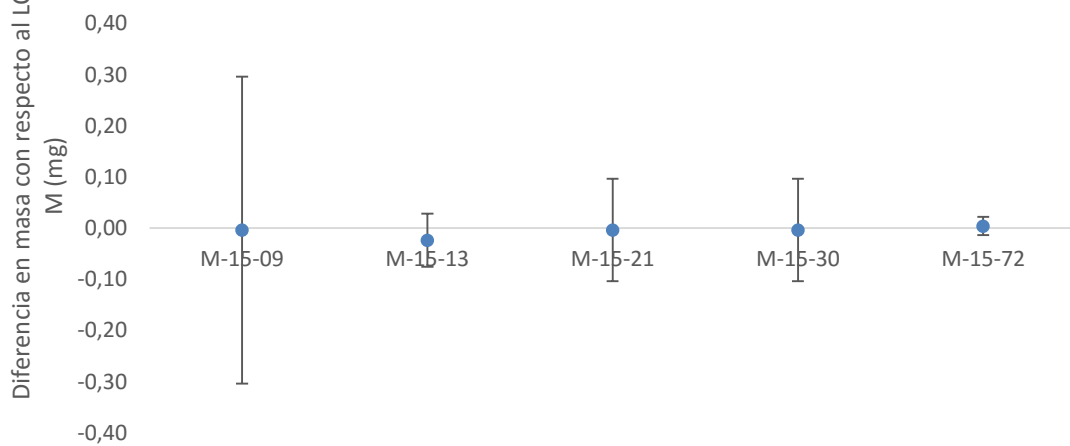
### Resultados informados para 1 mg del set 12257820150319



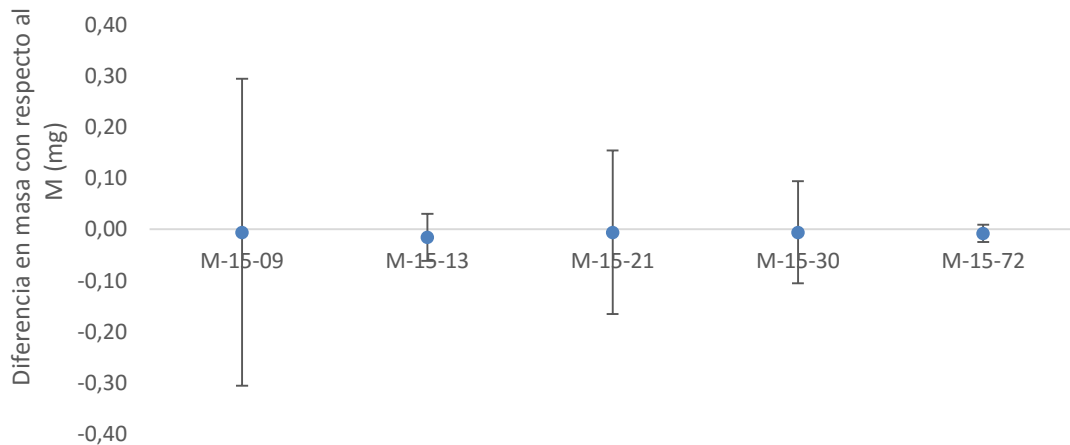
### Resultados informados para 5 mg del set 12257820150319



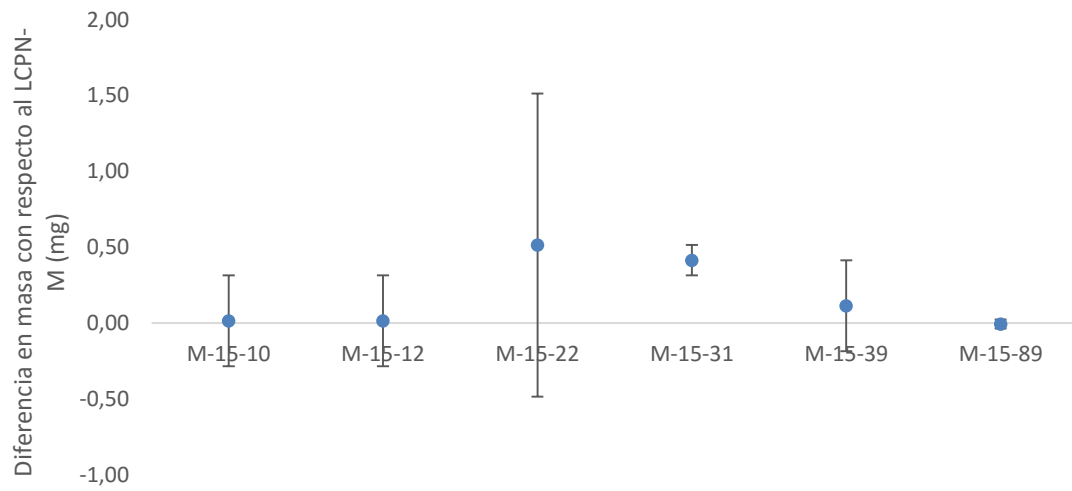
### Resultados informados para 20 mg del set 12257820150319



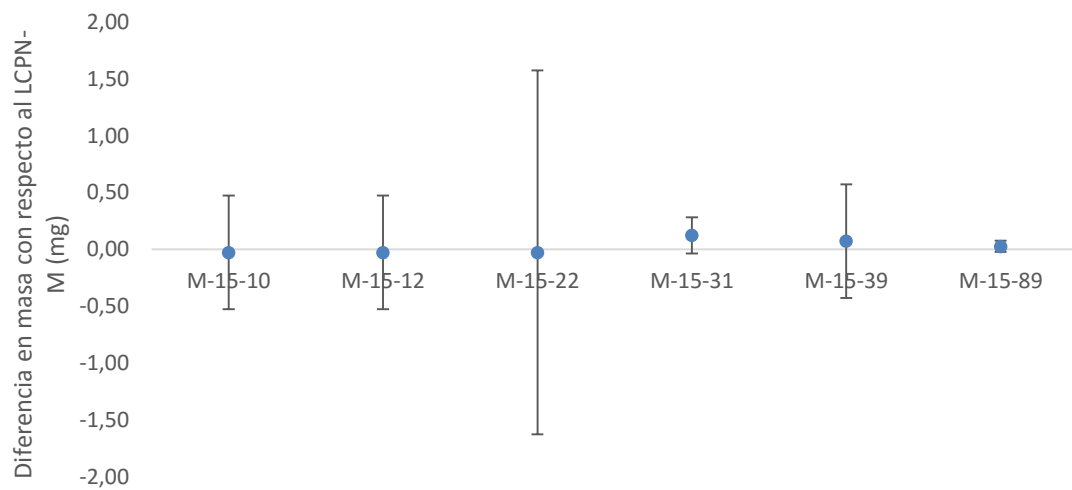
### Resultados informados para 100 mg del set 12257820150319



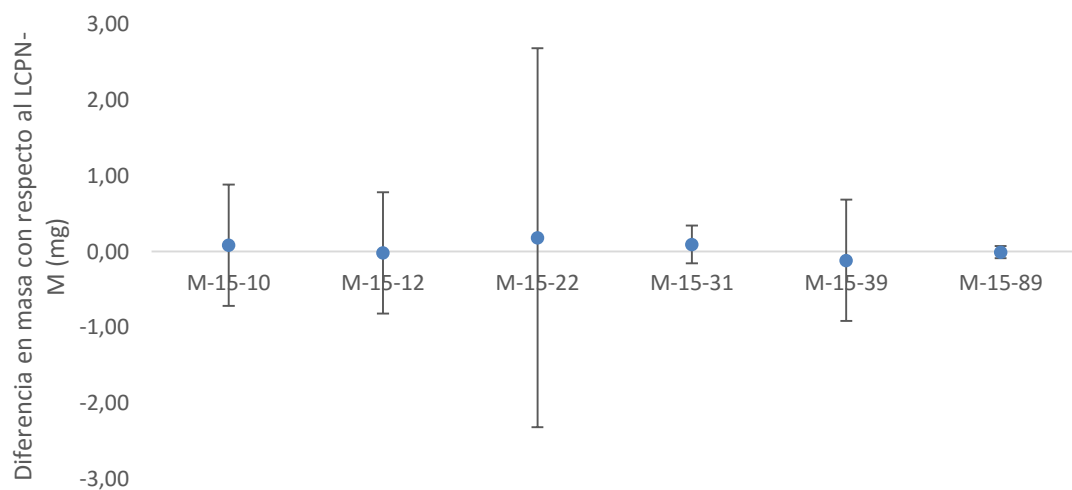
### Resultados informados para 1 g del set P-578120150305



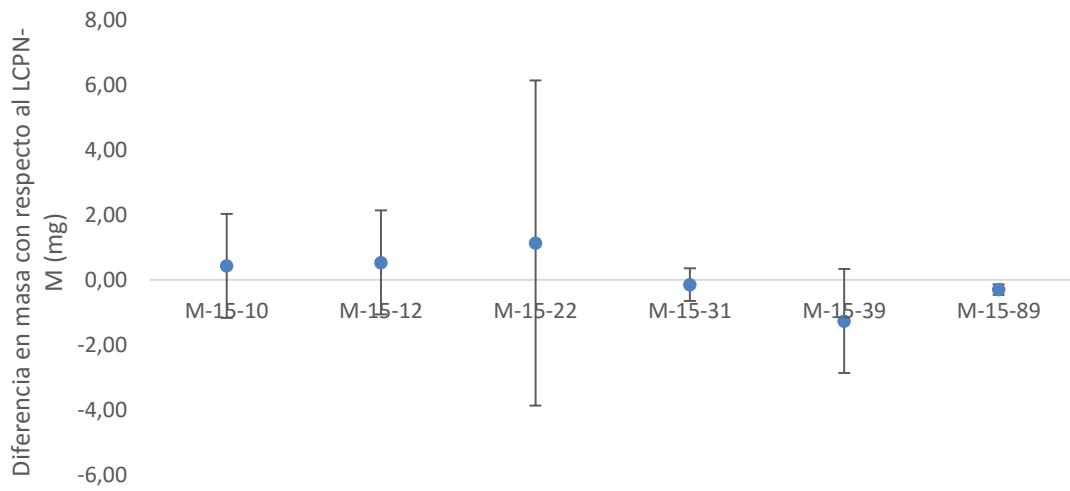
### Resultados informados para 5 g del set P-578120150305



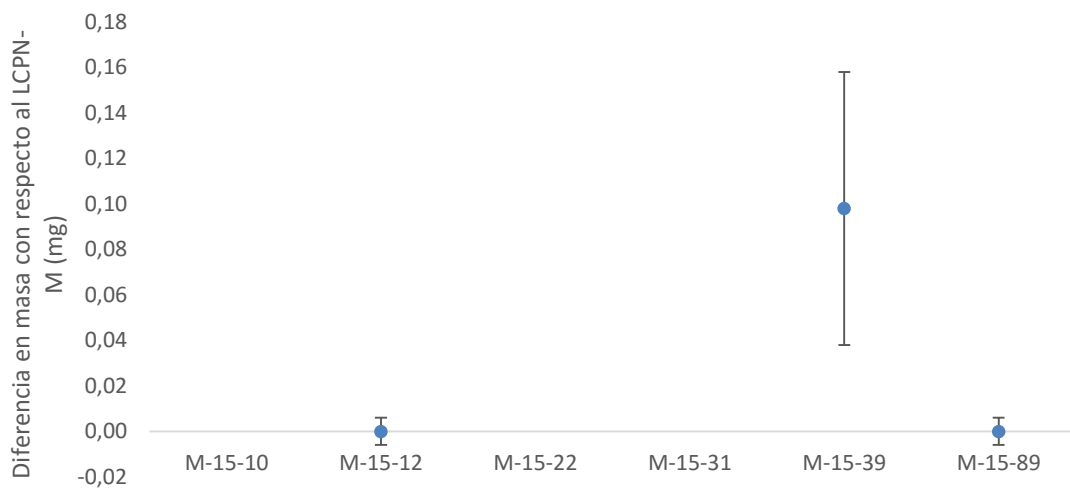
### Resultados informados para 20 g del set P-578120150305



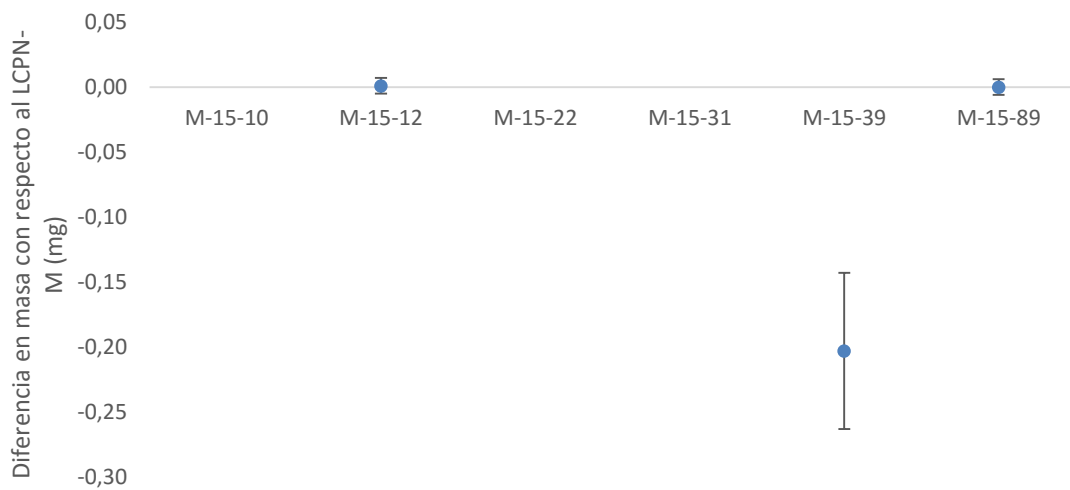
### Resultados informados para 100 g del set P-578120150305



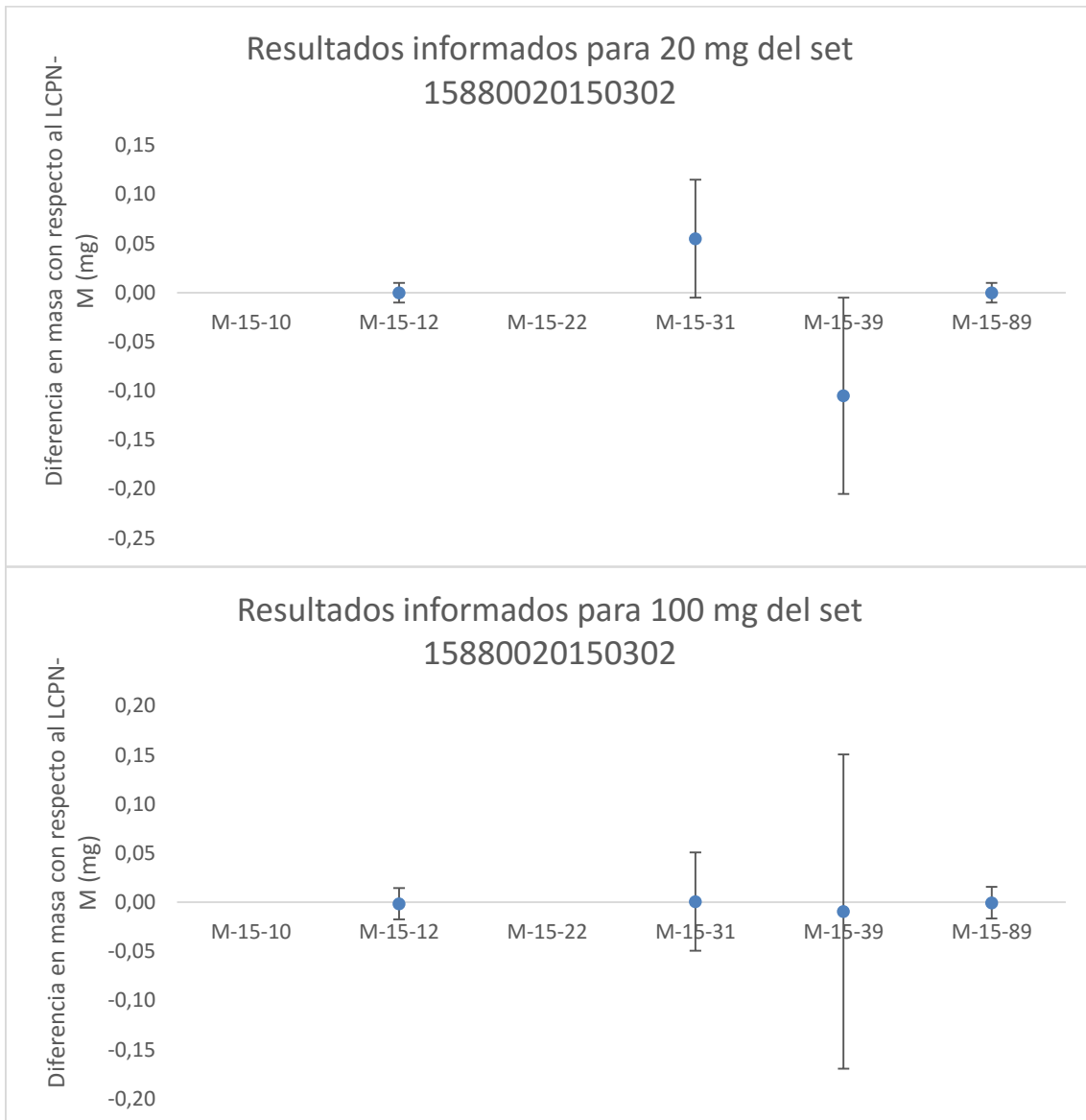
### Resultados informados para 1 mg del set 15880020150302



### Resultados informados para 5 mg del set 15880020150302







Adicionalmente, los laboratorios debían entregar información relativa al procesamiento de datos, modelos de medición, descripción de equipos y patrones, condiciones ambientales y los componentes de la incertidumbre. Una tabla resumen con la información recibida por el coordinador de la comparación, se presenta en la Tabla 11.

Código del Laboratorio	Procesamiento matemático y lecturas	Descripción de equipos	Modelo de medición	Condiciones ambientales	Incertidumbre y componentes
M-15-09	OK				OK
M-15-10	OK	OK		OK	OK
M-15-12	OK	OK	OK	OK	OK
M-15-13	OK	OK	OK	OK	OK
M-15-21	OK	OK		OK	OK
M-15-22	OK	OK		OK	OK
M-15-30					
M-15-31					
M-15-39			OK	OK	OK
M-15-72	OK	OK	OK	OK	OK
M-15-88	--	--	--	--	--
M-15-89	OK			OK	

**Tabla 11** Sumario de entrega de información solicitada a los participantes. El estado “OK” indica que el laboratorio informó al coordinador de la comparación.

## 12. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

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 en caso contrario se les comunicará oficialmente al laboratorio que sus resultados no serán incorporados en el informe.

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 (ver cálculo en Anexo 1)

El criterio de evaluación del error normalizado indica que:

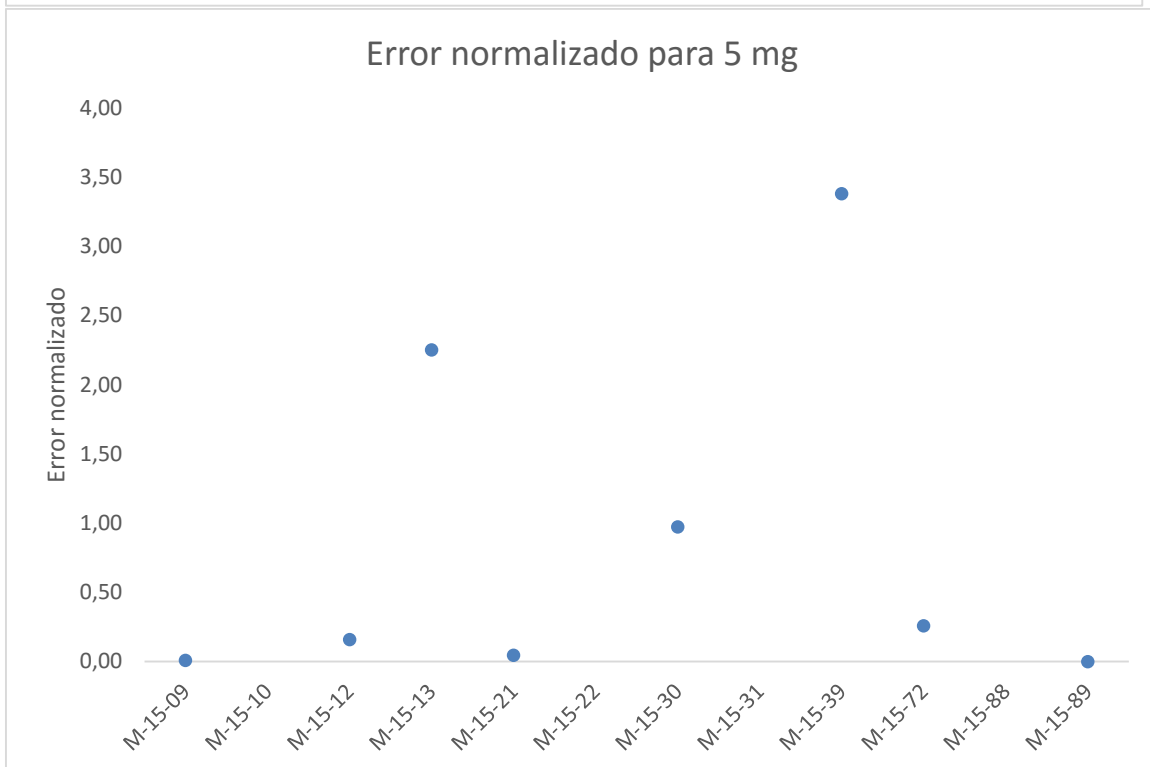
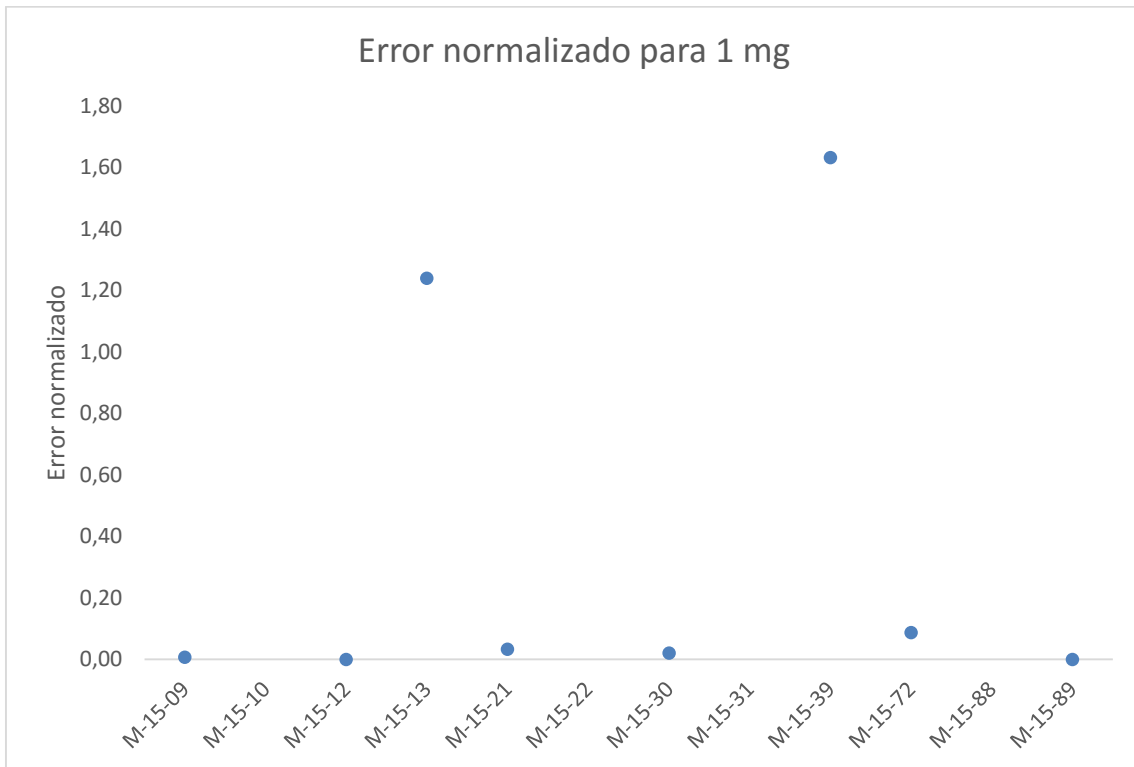
- Si  $E_n \leq 1$ , existe acuerdo entre las mediciones.
- Si  $E_n > 1$ , no existe acuerdo entre las mediciones

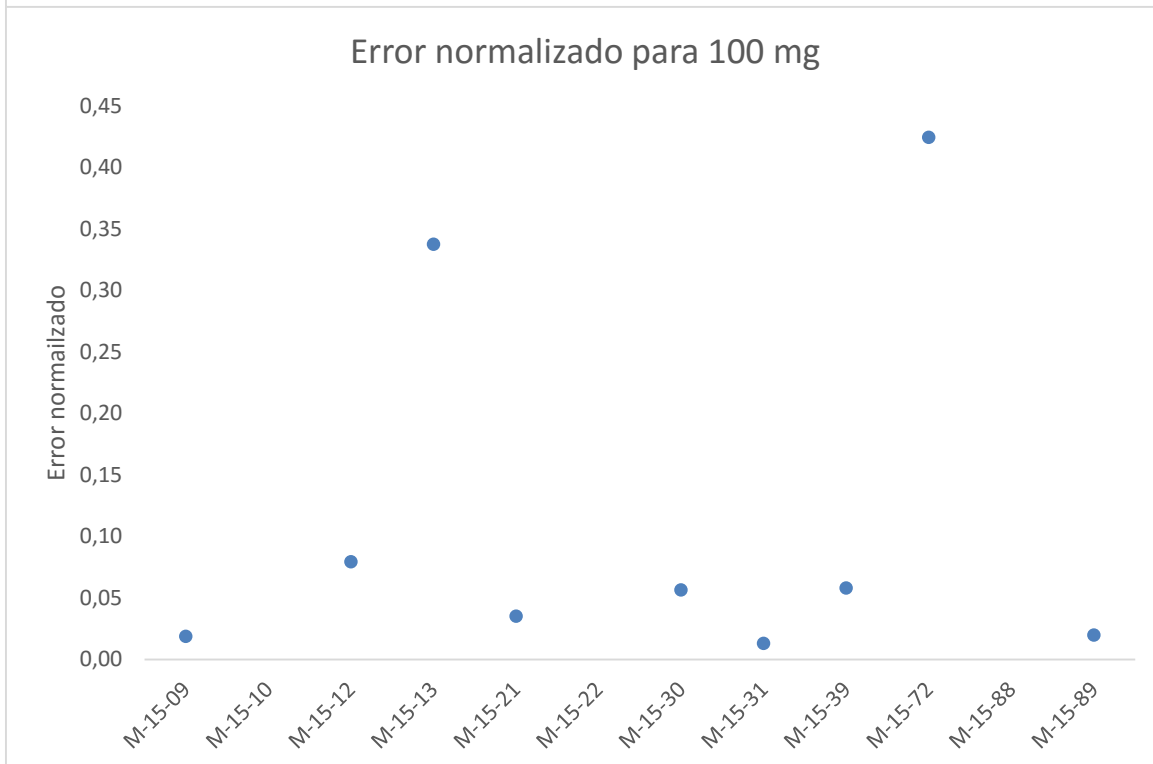
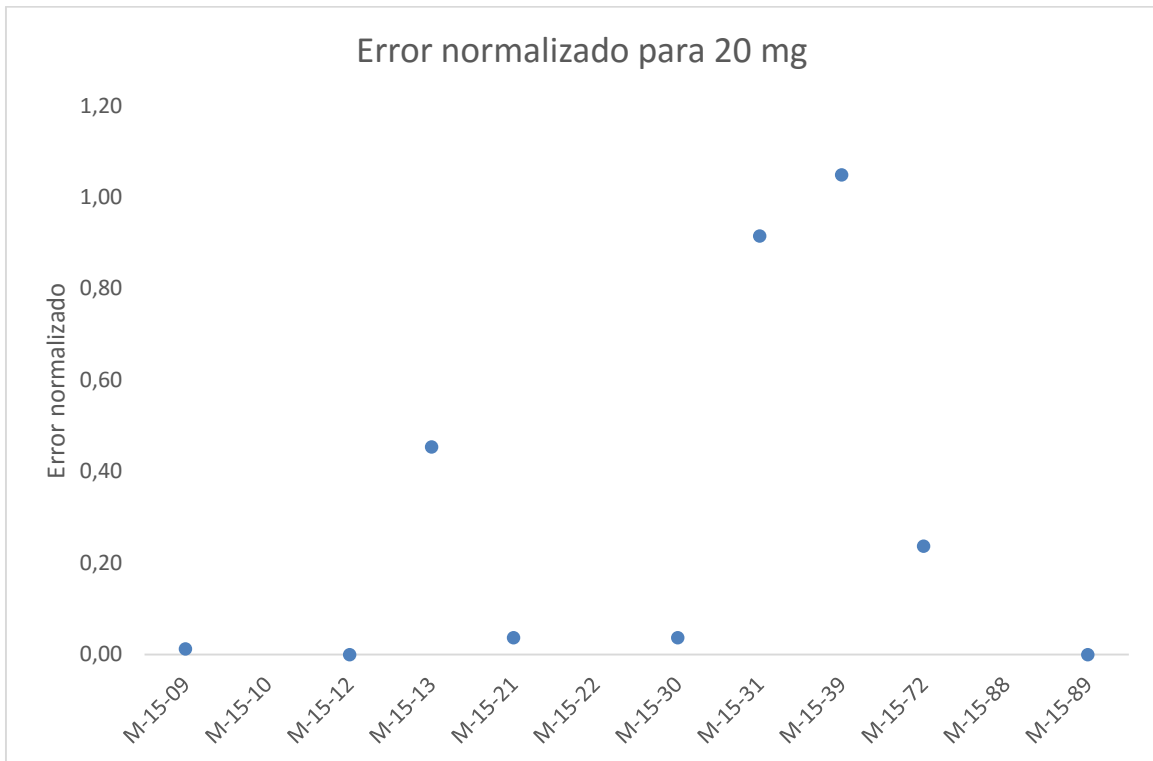
De los resultados expresados en el capítulo anterior, se tiene que los errores normalizados calculados para cada laboratorio son los que se muestran en la Tabla 12.

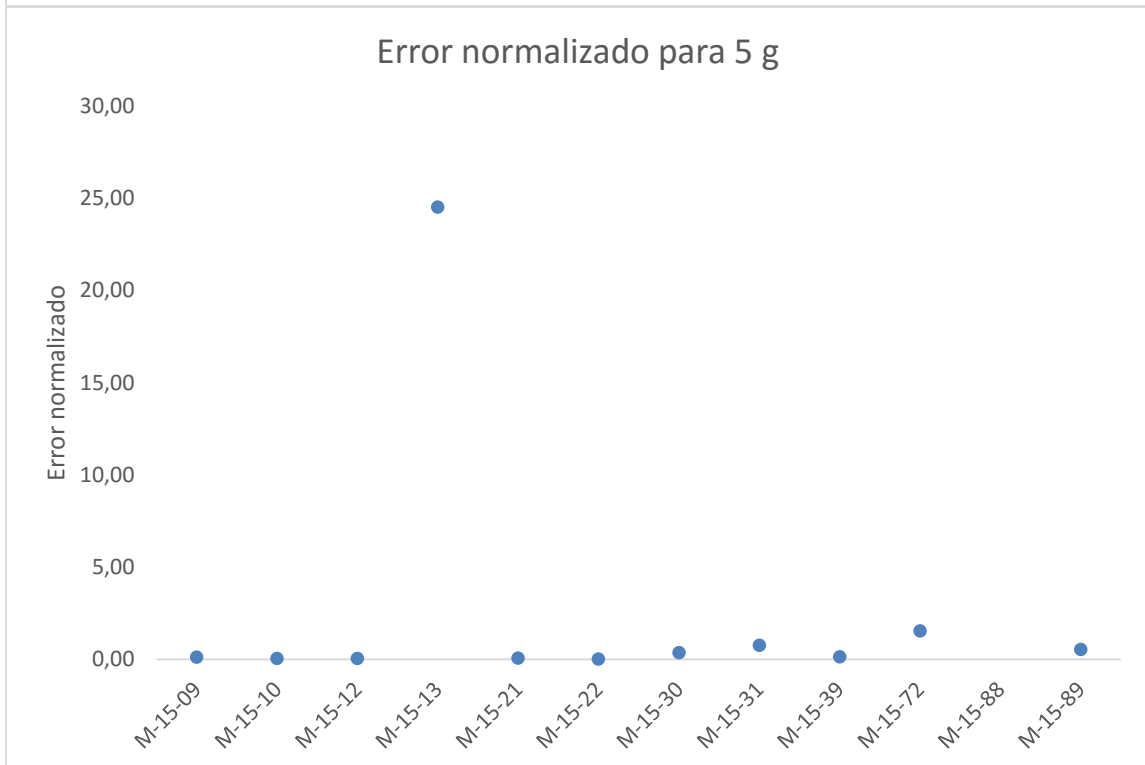
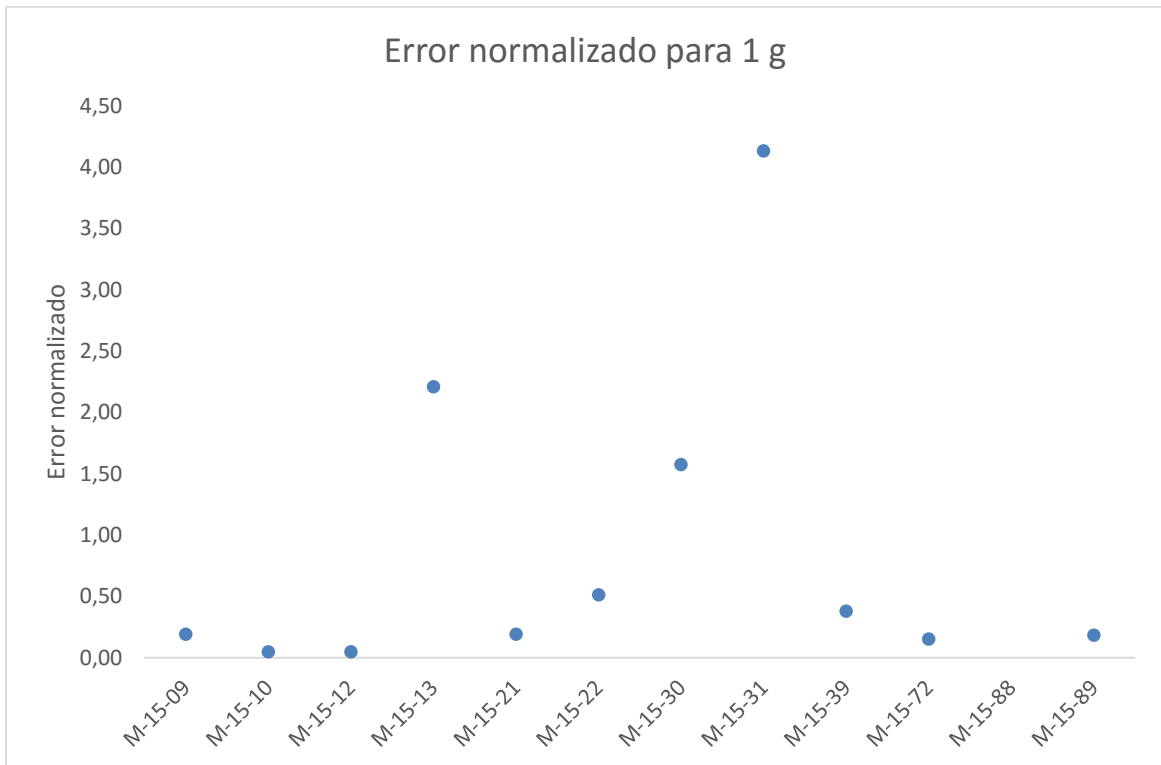
Código del laboratorio	1 mg	5 mg	20 mg	100 mg	1 g	5 g	20 g	100 g
M-15-09	0,01	0,01	0,01	0,02	0,19	0,12	0,05	0,05
M-15-10	--	--	--	--	0,05	0,05	0,10	0,24
M-15-12	0,00	0,16	0,00	0,08	0,05	0,05	0,02	0,29
M-15-13	1,24	2,25	0,45	0,34	2,21	24,52	1,01	19,14
M-15-21	0,03	0,04	0,04	0,04	0,19	0,07	0,02	0,05
M-15-22	--	--	--	--	0,51	0,02	0,07	0,22
M-15-30	0,02	0,97	0,04	0,06	1,58	0,37	0,14	0,34
M-15-31	--	--	0,92	0,01	4,13	0,77	0,37	0,15
M-15-39	1,63	3,38	1,05	0,06	0,38	0,15	0,15	0,70
M-15-72	0,09	0,26	0,24	0,42	0,15	1,54	1,15	0,85
M-15-88	--	--	--	--	--	--	--	--
M-15-89	0,00	0,00	0,00	0,02	0,18	0,54	0,10	0,34

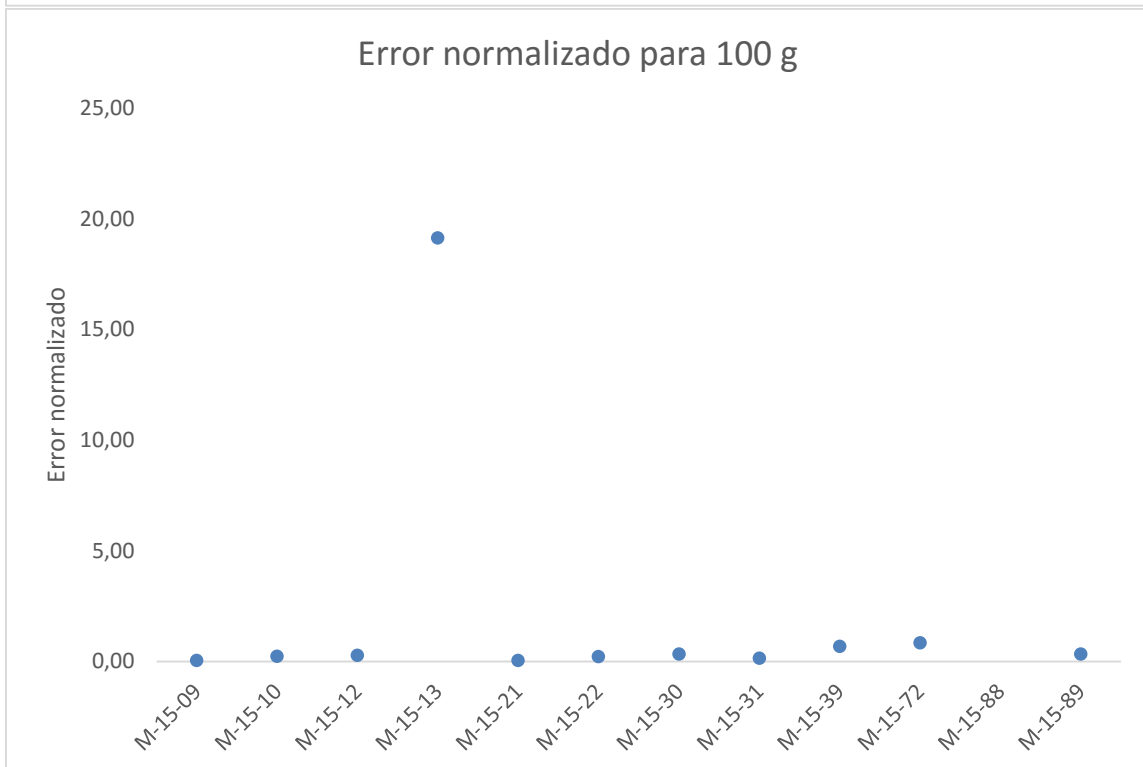
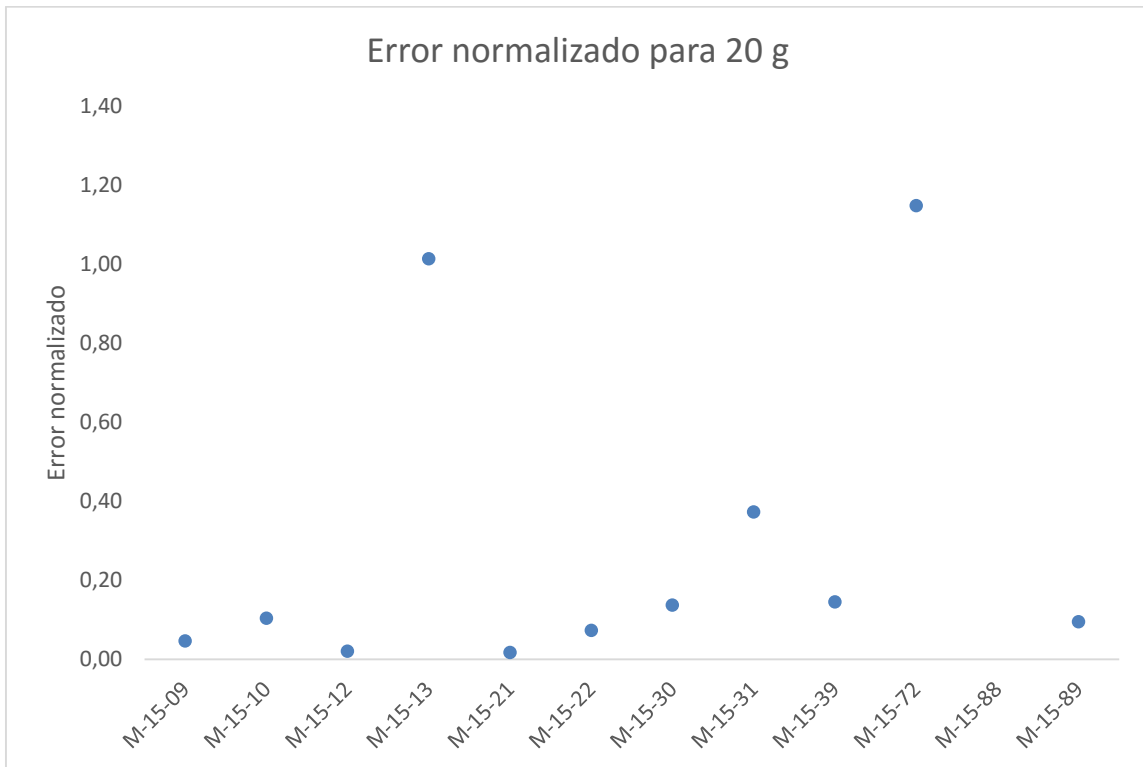
**Tabla 12** Errores normalizados por laboratorio. Los valores en color rojo corresponden a aquellos mayores a 1.

De manera gráfica, se muestran los siguientes resultados, separados por cada uno de los valores nominales en los cuales se desarrolló el ensayo de aptitud.











Respecto a la clase de las pesas declaradas por los participantes, se presentan los resultados en las tablas 13 y 14.

Código del laboratorio	1 mg	5 mg	20 mg	100 mg	1 g	5 g	20 g	100 g
M-15-09	--	--	--	--	--	--	--	--
M-15-13	M1	M1	M1	M1	F2	F2	F2	F2
M-15-21	F2	F2	F2	F2	F1	F1	F1	F1
M-15-30	--	--	--	--	--	--	--	--
M-15-72	F1	M2	E2	M1	E2	E2	E2	E2
M-15-88	--	--	--	--	--	--	--	--
LCPN-M	E	E	E	E	M	M	F	M

**Tabla 13** Clases de las pesas declaradas por los participantes. La última fila corresponde a la clase real de las pesas, reportada por el LCPN-M.

Código del laboratorio	1 mg	5 mg	20 mg	100 mg	1 g	5 g	20 g	100 g
M-15-10	M1	M1	M1	M1	--	--	--	--
M-15-12	M1	M1	M1	M1	F1	F1	F1	F1
M-15-22	M2	M2	M2	M2	--	--	--	--
M-15-31	F2	F2	F2	F2	--		F2	F2
M-15-39	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1	M1
M-15-89	--	--	--	--	--	--	--	--
LCPN-M	E	E	E	E	M	F	F	F

**Tabla 14** Clases de las pesas declaradas por los participantes. La última fila corresponde a la clase real de las pesas, reportada por el LCPN-M.

Con respecto al grado de cumplimiento de los participantes, se realizó una evaluación en función de tres puntos, evaluados en escala porcentual: cumplimiento en la entrega de la información solicitada y acordada en el protocolo de comparación, resultados favorables del Error Normalizado, y capacidad del participante en realizar las mediciones en todo el rango de comparación. Los resultados se resumen en la Tabla 15.

Código del Laboratorio	Información entregada por los participantes						Estadísticas del EA		EVALUACIÓN FINAL
	Procesamiento matemático y lecturas	Descripción de equipos	Modelo de medición	Condiciones ambientales	Incertidumbre y componentes	% de cumplimiento	% de resultados favorables de error normalizado	Capacidad del laboratorio en el rango del EA	
M-15-09	OK	--	--	--	OK	40%	100%	100%	80%
M-15-10	OK	OK	--	OK	OK	80%	100%	50%	77%
M-15-12	OK	OK	OK	OK	OK	100%	100%	100%	100%
M-15-13	OK	OK	OK	OK	OK	100%	25%	100%	75%
M-15-21	OK	OK	--	OK	OK	80%	100%	100%	93%
M-15-22	OK	OK	--	OK	OK	80%	100%	50%	77%
M-15-30	--	--	--	--	--	0%	88%	100%	63%
M-15-31	--	--	--	--	--	0%	88%	75%	54%
M-15-39	--	--	OK	OK	OK	60%	63%	100%	74%
M-15-72	OK	OK	OK	OK	OK	100%	75%	100%	92%
M-15-88	--	--	--	--	--	--	--	--	--
M-15-89	OK	--	--	OK	--	40%	100%	100%	80%

**Tabla 15** Resumen de la información entregada por cada participante, su evaluación respecto a los resultados favorables (error normalizado), y capacidad para medir en el rango de medición del EA. La evaluación final se obtiene con el promedio de los tres porcentajes anteriores.

### 13. CONCLUSIONES

- Se realizó el Ensayo de Aptitud M-15 en los valores nominales de 1 mg, 5 mg, 20 mg, 100 mg, 1 g, 5 g, 20 g, y 100 g.
- Se segmentó el grupo de participantes en dos conjuntos. Cada uno de ellos calibró en los mismos valores nominales.
- Los participantes realizaron las calibraciones de acuerdo a sus propios procedimientos, y respetaron los acuerdos establecidos en el Taller de Inicio y en el protocolo de comparación, en cuanto a la recepción, despacho y transporte de los patrones.
- De los 12 laboratorios participantes,
  - 5 obtuvieron errores normalizados mayores a 1. Se recomienda a dichos laboratorios realizar una investigación.
  - 4 laboratorios no realizaron mediciones en todo el rango de comparación.
  - Sólo 3 laboratorios entregaron toda la información solicitada en el protocolo de comparación.
  - Sólo 1 laboratorio cumplió con todos los puntos solicitados en el protocolo, realizó calibraciones en todo el rango de valores nominales, y obtuvo resultados de error normalizado menor a 1.
  - Ningún laboratorio logró identificar la clase de todas las pesas de acuerdo a OIML R 111
- Se reportó el extravío de una de las pesas de 1 mg por parte de un participante. El encargado del laboratorio reportó el hecho al coordinador de la comparación, y se siguieron los procedimientos de acuerdo a lo establecido en el protocolo. La pesa fue reemplazada por el participante, y se siguió con el curso de la comparación, en tanto que el proveedor del EA tomó en cuenta las diferencias en los resultados, a fin de realizar una evaluación segmentada de acuerdo a los participantes que calibraron la pesa antes de la pérdida, y los posteriores a ella. No se reportaron mayores inconvenientes relacionados al hecho, y la comparación siguió su curso establecido.
- Existió un retraso importante en la ejecución del programa de comparación para uno de los grupos de participantes. Ello generó la ejecución de medidas de contención en cuanto a modificar los tiempos de entrega de resultados, y la correspondiente medición final del LCPN-M. La situación afectó a la fecha de envío del Informe Borrador (B) a los participantes.
- Uno de los participantes no fue evaluado en cuanto a su nivel de acuerdo de las mediciones con respecto al LCPN-M, y a ningún otro parámetro propio de la comparación, debido a que no respetó los puntos de acuerdo del protocolo de comparación.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO/IEC 17043:2011, Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud
- [2] 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

## 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  $i$ .
- $\delta_{deriva}$  : 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.