



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41**

1 de 43

---

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los  
Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41**

## **0. Introducción**

Los Laboratorios Nacionales de Calibración (NMI's) con un sistema de gestión de la calidad implementado necesitan desarrollar actividades de comparación que les permita demostrar su competencia técnica, la importancia del desarrollo adecuado de estas actividades ha creado la necesidad de fomentar actividades de capacitación, talleres y prácticas que permitan adquirir destrezas para este fin, con las mismas se garantiza el respaldo de sus sistemas de calidad así como el respaldo de las Mejores Capacidades de Medición (CMC's) que se pueden suministrar a los clientes.

El desarrollo de esta Comparación Piloto para el área de CAMET tiene la finalidad de desarrollar a la región permitiendo un análisis profundo de los resultados con el fin de encontrar puntos en los cuales los participantes puedan mejorar y a la vez desarrollarse.

## **1. Objetivos**

1.1 Proporcionar información técnica relativa a las mediciones reportadas por los laboratorios de calibración, con respecto al valor de masa de patrones viajeros conocidos.

1.2 Brindar un medio para evaluar la competencia técnica de los laboratorios de calibración participantes y la posibilidad de incrementar la experiencia entre los laboratorios participantes en ejercicios de comparación internacionales.

1.3 Proveer a los laboratorios en general una herramienta para que evalúen y demuestren su capacidad de trabajo y una forma de aseguramiento de la calidad de los resultados emitidos para las capacidades de medición reportada ante sus clientes y demás interesados.

1.4 Promover el desarrollo de la infraestructura metrológica nacional y la confianza de los usuarios en la veracidad de los resultados de medición y calibración amparados por dicha infraestructura.

1.5 Desarrollar la capacidad técnica para coordinar comparaciones claves o suplementarias en la región de CAMET.



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

2 de 43

## 2. Laboratorios Participantes

Los laboratorios participantes y sus correspondientes contactos técnicos son enlistados en la Tabla N° 1, presentada a continuación.

Tabla N° 1 Datos de los participantes

| Instituto                                       | Acrónimo            | País        | Contacto Técnico                                |
|---|---------------------|-------------|---|
| Laboratorio Costarricense de Metrología         | <b>LACOMET</b>      | Costa Rica  | Olman Ramos Alfaro<br>Edwin Sequeiro<br>Guevara |
| Centro Nacional de Metrología                   | <b>CENAM</b>        | México      | Luís Omar Becerra<br>Luis Manuel Peña           |
| Laboratorio Nacional de Metrología              | <b>LANAMET</b>      | Nicaragua   | Hugo Torres Cerda                               |
| Laboratorio Nacional de Metrología Legal        | <b>LNML-CONACYT</b> | El Salvador | Claudia Alejandrina<br>Estrada                  |
| Centro Nacional de Metrología de Panamá         | <b>CENAMEP-AIP</b>  | Panamá      | Julio Arturo Dimas<br>Núñez                     |
| Centro Hondureño de Metrología                  | <b>CEHM-COHCIT</b>  | Honduras    | Wendy Lilieth Chinchilla                        |
| Laboratorio Nacional de Metrología de Guatemala | <b>LNMG</b>         | Guatemala   | Rómulo Salguero                                 |

## 3. Patrones viajeros usados

Para el desarrollo del proceso de comparación se dispuso de un juego de pesas suministrado por el PTB, el mismo estaba compuesto por seis pesas de diferente valor nominal de masa.

Los valores del volumen, y su incertidumbre, de los patrones viajeros fueron determinados por el CENAM de México y transmitidos oportunamente previo al envío de los patrones viajeros hacia los laboratorios participantes.

La siguiente tabla y figuras presentan los valores nominales y forma de los patrones viajeros utilizados.

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

3 de 43

Tabla N° 2 Características de los patrones viajeros

| Valor Nominal | Volumen                 | Incertidumbre           |
|---------------|-------------------------|-------------------------|
| 2 kg          | 249,68 cm <sup>3</sup>  | 0,10 cm <sup>3</sup>    |
| 1 kg          | 124,894 cm <sup>3</sup> | 0,010 cm <sup>3</sup>   |
| 200 g         | 24,985 cm <sup>3</sup>  | 0,010 cm <sup>3</sup>   |
| 50 g          | 6,240 3 cm <sup>3</sup> | 0,002 5 cm <sup>3</sup> |
| 1 g           | 0,125 4 cm <sup>3</sup> | 0,002 0 cm <sup>3</sup> |
| 200 mg        | 0,025 2 cm <sup>3</sup> | 0,000 5 cm <sup>3</sup> |



Figura N° 1 y N° 2 Patrones viajeros

#### 4. Circulación de los patrones viajeros

Para la circulación de los patrones se estableció un cronograma de distribución de llegadas y salidas para los patrones de acuerdo con la situación geográfica de los participantes. Se estableció de antemano la recomendación de realizar este transporte en la modalidad de “transporte mano a mano”, de tal forma que se asegurara una mayor consistencia en las características metrológicas de los patrones viajeros. Todos los participantes realizaron el transporte de los patrones viajeros en la modalidad “mano a mano”.

La siguiente fue la distribución realizada para la comparación:

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

4 de 43

Tabla N° 3 Cronograma de llegadas y salidas de las pesas viajeras

| Ref | Cronograma de llegadas y salidas de las pesas viajeras |                        |                  |                         |
|-----|--|------------------------|------------------|-------------------------|
| Nº  | País   | Nombre del Laboratorio | Fecha de llegada | Fecha de salida         |
| 1   | México   | CENAM                  | 2008-11-24       | 2008-12-19              |
| 2   | Costa Rica   | LACOMET                | 2008-12-19       | 2009-01-26 a 2009-01-30 |
| 3   | Guatemala  | LNMG                   | 2009-02-02       | 2009-02-23 a 2009-02-27 |
| 4   | El Salvador  | LNML - CONACYT         | 2009-03-02       | 2009-03-23 a 2009-03-28 |
| 5   | Honduras   | CEHM - COHCIT          | 2009-02-30       | 2009-04-27 a 2009-05-01 |
| 6   | Nicaragua  | LANAMET                | 2009-05-04       | 2009-05-25 a 2009-05-29 |
| 7   | Panamá   | CENAMEP AIP            | 2009-06-01       | 2009-06-22 a 2009-06-26 |
| 8   | Costa Rica   | LACOMET                | 2009-06-29       | 2009-07-20 a 2009-07-24 |
| 9   | México   | CENAM                  | No necesaria     | No necesaria            |

Originalmente se organizó el cronograma con el fin de realizar una medición de control en el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México, en el caso de que los patrones presentaran alguna inconsistencia en su valor convencional de masa al realizarse una segunda medición de control en el Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET) de Costa Rica. Al realizarse la segunda medición de control en LACOMET los patrones presentaron una adecuada consistencia por lo que no se consideró necesaria una segunda medición en el CENAM. De esta forma la distribución quedó de la siguiente forma:

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

5 de 43

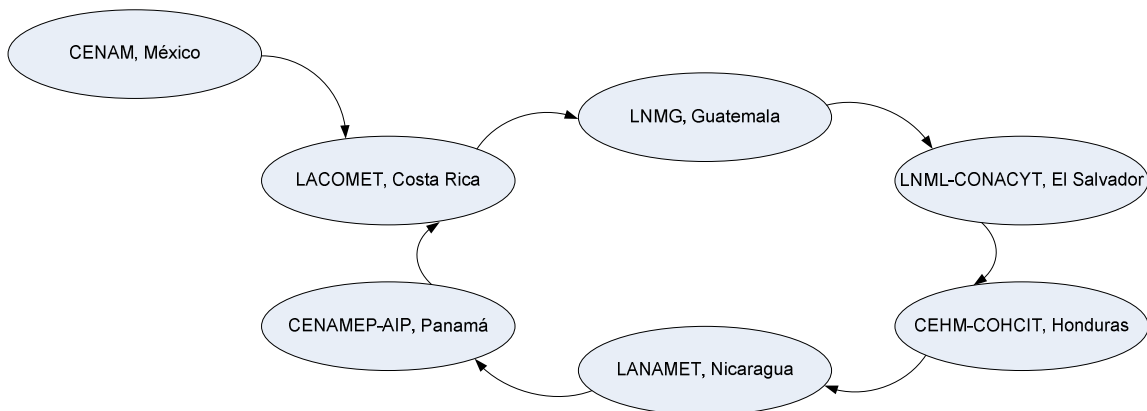


Figura N° 3 Secuencia de transporte y de calibración de los patrones viajeros

La secuencia de transporte se cumplió de forma adecuada y los patrones retornaron a tiempo al Laboratorio Piloto.

### 5. Método de calibración y trazabilidad de los resultados reportados por los participantes

La información relacionada con los equipos de medición, patrones, balanzas y equipos para la medición de las condiciones ambientales, utilizados en este proceso fue enviada al Laboratorio Piloto.

Para la calibración de los patrones viajeros cada participante utilizó sus patrones de referencia y balanzas.

Tabla N° 4 Método de calibración, patrones, trazabilidad y balanzas utilizadas

| Acrónimo | Método de Calibración           | Patrón Usado / Identificación  | Trazabilidad                              | Balanza utilizada                                       |
|----------|---------------------------------|--|---|---|
|          |                                 |  |   | Pesa de 2 kg  |
| LACOMET  | Doble Sustitución               | dos pesas de 1 kg cada una, de acero inoxidable, 70329998/706638 90132658/706641 | NRC-INMS / Canadá<br>LACOMET / Costa Rica | Sartorius CC10000<br>Máx = 10050 g<br>d = 0,001 g       |
| CENAM    | Subdivisión (Doble Sustitución) | Pesa de 2 kg de acero inoxidable, clase E1. LPR-13                               | CENAM / México                            | Mettler Toledo AT10005<br>Máx = 10 011 g<br>d = 0,01 mg |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

6 de 43

|                     |                                 |  |   |   |
|---------------------|---------------------------------|--|---|---|
| <b>LANAMET</b>      | Doble Sustitución               | Pesa de 2 kg<br>LNM-M-PE-01                            | CENAM / México                          | Sartorius AG<br>Máx = 3 kg<br>d = 0,000 1 g                   |
| <b>LNML-CONACYT</b> | Doble Sustitución               | Pesa de 2 kg<br>31.003                                 | CENAM / México                          | Mettler Toledo<br>KA30 A<br>Máx = 30 kg<br>d = 0,005 g        |
| <b>CENAMEP-AIP</b>  | Doble Sustitución               | dos pesas de 1 kg cada una<br>CMP-M1-BJ1<br>CMP-M1-BJ2 | NIST / Estados Unidos<br>CENAM / México | Mettler Toledo<br>XP2004<br>Máx = 2,3 kg<br>d = 0,000 1 g     |
| <b>CEHM-COHCIT</b>  | Doble Sustitución               | Pesa de 2 kg<br>21529563                               | Sartorius / Alemania                    | Mettler Toledo<br>XP2003S<br>Máx = 2,3 kg<br>d = 0,001 g      |
| <b>LNMG</b>         | Doble Sustitución               | Pesa de 2 kg<br>31.001                                 | CENAM / México                          | Sartorius AG<br>C2000<br>Máx = 2 kg<br>d = 0,000 1 g          |
| <b>Pesa de 1 kg</b> |                                 |  |   |   |
| <b>LACOMET</b>      | Doble Sustitución               | Pesa de 1 kg, de acero inoxidable,<br>70329998/706638  | NRC-INMS / Canadá                       | Mettler Toledo<br>AT1005<br>Máx = 1109 g<br>d = 0,000 01 g    |
| <b>CENAM</b>        | Subdivisión (Doble Sustitución) | Pesa de 1 kg de acero inoxidable clase E1. LPN-00-08   | CENAM / México                          | Sartorius<br>C1000S<br>Máx = 1 000 g<br>d = 0,002 mg          |
| <b>LANAMET</b>      | Doble Sustitución               | Pesa de 1 kg<br>LNM-M-PE-01                            | CENAM / México                          | Sartorius AG<br>Máx = 3 kg<br>d = 0,000 1 g                   |
| <b>LNML-CONACYT</b> | Doble Sustitución               | Pesa de 1 kg<br>31.003                                 | CENAM / México                          | Mettler Toledo<br>PM1200<br>Máx = 1200 g<br>D = 0,001 g       |
| <b>CENAMEP-AIP</b>  | Doble Sustitución               | Pesa de 1 kg<br>CMP-M1-BJ2                             | CENAM / México                          | Mettler Toledo<br>AT1006<br>Máx = 1,010 kg<br>d = 0,000 001 g |
| <b>CEHM-COHCIT</b>  | Doble Sustitución               | Pesa de 1 kg<br>111636                                 | Mettler Toledo / Suiza                  | Mettler Toledo<br>XP2003S<br>Máx = 2,3 kg<br>D = 0,001 g      |
| <b>LNMG</b>         | Doble Sustitución               | Pesa de 1 kg   | CENAM / México                          | Sartorius AG  |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

7 de 43

|                      |                   |   |                        |  |
|----------------------|-------------------|---|------------------------|--|
|                      |                   | 68986   |                        | C2000<br>Máx = 2 kg<br>d = 0,000 1 g                       |
| <b>Pesa de 200 g</b> |                   |   |                        |  |
| <b>LACOMET</b>       | Doble Sustitución | Pesa de 200 g, de acero inoxidable, 70329998/706638 | NRC-INMS / Canadá      | Mettler Toledo AX206<br>Máx = 211 g<br>d = 0,000 1 g       |
| <b>CENAM</b>         | Doble sustitución | Pesa de 200 g de acero inoxidable clase E1. LPR-07  | CENAM / México         | Mettler AT1005<br>Máx = 1 109 g<br>d = 0.01 mg             |
| <b>LANAMET</b>       | Doble Sustitución | Pesa de 200 g LNM-M-PE-01                           | CENAM / México         | Sartorius AG<br>Máx = 210 g<br>d = 0,000 1 g               |
| <b>LNML-CONACYT</b>  | Doble Sustitución | Pesa de 200 g 31.002                                | CENAM / México         | Mettler Toledo AE240S<br>Máx = 200 g<br>d = 0,000 1 g      |
| <b>CENAMEP-AIP</b>   | Doble Sustitución | Pesa de 200 g CMP-M1-BJ2                            | CENAM / México         | Mettler Toledo AT1006<br>Máx = 1,010 kg<br>d = 0,000 001 g |
| <b>CEHM-COHCIT</b>   | Doble Sustitución | Pesa de 200 g 111636                                | Mettler Toledo / Suiza | Mettler Toledo CP225D<br>Máx = 220 g<br>d = 0,000 1 g      |
| <b>LNMG</b>          | Doble Sustitución | Pesa de 200 g 68986                                 | CENAM / México         | Mettler Toledo AT201<br>Máx = 205 g<br>d = 0,000 01 g      |
| <b>Pesa de 50 g</b>  |                   |   |                        |  |
| <b>LACOMET</b>       | Doble Sustitución | Pesa de 50 g, de acero inoxidable, 70329998/706638  | NRC-INMS / Canadá      | Mettler Toledo AX206<br>Máx = 211 g<br>d = 0,000 001 g     |
| <b>CENAM</b>         | Doble Sustitución | Pesa de 50 g de acero inoxidable clase E1. LPR-07   | CENAM / México         | Mettler Toledo AT106<br>Máx = 111 g<br>d = 0,001 mg        |
| <b>LANAMET</b>       | Doble Sustitución | Pesa de 50 g LNM-M-PE-01                            | CENAM / México         | Sartorius AG<br>Máx = 80 g<br>d = 0,000 01 g               |
| <b>LNML-CONACYT</b>  | Doble Sustitución | Pesa de 50 g 31.002                                 | CENAM / México         | Mettler Toledo AE240S                                      |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

8 de 43

|                       |                   |   |                           |  |
|-----------------------|-------------------|---|---------------------------|--|
|                       |                   |   |                           | Máx = 200 g<br>d = 0,000 1 g                                     |
| <b>CENAMEP-AIP</b>    | Doble Sustitución | Pesa de 50 g<br>CMP-M1-BJ2                              | CENAM / México            | Mettler Toledo<br>AX206<br>Máx = 211 g<br>d = 0,000 001 g        |
| <b>CEHM-COHCIT</b>    | Doble Sustitución | Pesa de 50 g<br>111636                                  | Mettler Toledo /<br>Suiza | Mettler Toledo<br>CP225D<br>Máx = 80 g<br>d = 0,000 01 g         |
| <b>LNMG</b>           | Doble Sustitución | Pesa de 50 g<br>68986                                   | CENAM / México            | Mettler Toledo<br>AT201<br>Máx = 205 g<br>d = 0,000 01 g         |
| <b>Pesa de 1 g</b>    |                   |   |                           |  |
| <b>LACOMET</b>        | Doble Sustitución | Pesa de 1 g, de<br>acero inoxidable,<br>70329998/706638 | NRC-INMS /<br>Canadá      | Sartorius C5S<br>Supermicro<br>Máx = 5,02 g<br>d = 0,000 000 1 g |
| <b>CENAM</b>          | Doble Sustitución | Pesa de 1 g de<br>acero inoxidable<br>clase E1. LPR-07  | CENAM / México            | Mettler Toledo<br>UMT5<br>Máx = 5,1 g<br>d = 0,000 1 mg          |
| <b>LANAMET</b>        | Doble Sustitución | Pesa de 1 g<br>LNM-M-PE-01                              | CENAM / México            | Sartorius AG<br>Máx = 2 g<br>d = 0,000 000 1 g                   |
| <b>LNML-CONACYT</b>   | Doble Sustitución | Pesa de 1 g<br>31.002                                   | CENAM / México            | Mettler Toledo<br>AE240S<br>Máx = 40 g<br>d = 0,000 01 g         |
| <b>CENAMEP-AIP</b>    | Doble Sustitución | Pesa de 200 g<br>CMP-M1-BJ2                             | CENAM / México            | Mettler Toledo<br>UMX5<br>Máx = 5,1 g<br>d = 0,000 000 1 g       |
| <b>CEHM-COHCIT</b>    | Doble Sustitución | Pesa de 1 g<br>111636                                   | Mettler Toledo /<br>Suiza | Mettler Toledo<br>CP225D<br>Máx = 80 g<br>d = 0,000 01 g         |
| <b>LNMG</b>           | Doble Sustitución | Pesa de 1 g<br>68986                                    | CENAM / México            | Mettler Toledo<br>UMT5<br>Máx = 5,1 g<br>d = 0,000 000 1 g       |
| <b>Pesa de 200 mg</b> |                   |   |                           |  |
| <b>LACOMET</b>        | Doble Sustitución | Pesa de 200 mg  | NRC-INMS /                | Sartorius C5S  |



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

9 de 43

|                     |                   |  |                                   |  |
|---------------------|-------------------|--|-----------------------------------|--|
|                     |                   | de plata-níquel<br>70329998/706638                     | Canadá<br>LACOMET /<br>Costa Rica | Supermicro<br>Máx = 5,02 g<br>d = 0,000 000 1 g            |
| <b>CENAM</b>        | Doble Sustitución | Pesa de 200 mg<br>de plata níquel,<br>clase E1. LPR-07 | CENAM / México                    | Mettler Toledo<br>UMT5<br>Máx = 5,1 g<br>d = 0,000 1 mg    |
| <b>LANAMET</b>      | Doble Sustitución | Pesa de 200 mg<br>LNM-M-PE-01                          | CENAM / México                    | Sartorius AG<br>Máx = 2 g<br>d = 0,000 000 1 g             |
| <b>LNML-CONACYT</b> | Doble Sustitución | Pesa de 200 mg<br>31.001                               | CENAM / México                    | Mettler Toledo<br>AE240S<br>Máx = 40 g<br>d = 0,000 01 g   |
| <b>CENAMEP-AIP</b>  | Doble Sustitución | Pesa de 200 mg<br>CMP-M1-BJ2                           | CENAM / México                    | Mettler Toledo<br>UMX5<br>Máx = 5,1 g<br>d = 0,000 000 1 g |
| <b>CEHM-COHCIT</b>  | Doble Sustitución | Pesa de 200 mg<br>111636                               | Mettler Toledo /<br>Suiza         | Mettler Toledo<br>CP225D<br>Máx = 80 g<br>d = 0,000 01 g   |
| <b>LNMG</b>         | Doble Sustitución | Pesa de 200 mg<br>68986                                | CENAM / México                    | Mettler Toledo<br>UMT5<br>Máx = 5,1 g<br>d = 0,000 000 1 g |

**6. Resultados e incertidumbre asociada**

Las mediciones realizadas por cada laboratorio participante involucró la determinación de la corrección y su incertidumbre asociada, cada una de estas mediciones se realizó bajo las condiciones ambientales de trabajo propias de cada laboratorio.

El Laboratorio Piloto realizó la calibración de los patrones viajeros al inicio y al final de la circulación de los mismos para el proceso de comparación.

Los resultados obtenidos se enlistan a continuación:

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

10 de 43

Tabla Nº 5 Tabla de los resultados suministrados por cada laboratorio

| Resultados (Laboratorio 1) |                 |                            |                            |                             |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Val. Nom.                  | Corrección (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Incertidumbre (mg) (k = 2) | 1/3 MEP E <sub>2</sub> (mg) |
| 2 kg                       | -0,90           | 0,12                       | 0,24                       | 1,0                         |
| 1 kg                       | 0,624           | 0,085                      | 0,17                       | 0,53                        |
| 200 g                      | -0,001          | 0,165                      | 0,33                       | 0,10                        |
| 50 g                       | 0,0451          | 0,0052                     | 0,0104                     | 0,033                       |
| 1 g                        | 0,0089          | 0,0017                     | 0,0034                     | 0,010                       |
| 200 mg                     | 0,0040          | 0,0010                     | 0,0020                     | 0,0067                      |

| Resultados (Laboratorio 2) |                 |                            |                            |                             |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Val. Nom.                  | Corrección (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Incertidumbre (mg) (k = 2) | 1/3 MEP E <sub>2</sub> (mg) |
| 2 kg                       | 0,36            | 0,35                       | 0,7                        | 1,0                         |
| 1 kg                       | 0,74            | 0,18                       | 0,36                       | 0,53                        |
| 200 g                      | 0,013           | 0,054                      | 0,108                      | 0,10                        |
| 50 g                       | 0,018           | 0,012                      | 0,024                      | 0,033                       |
| 1 g                        | 0,0010          | 0,0033                     | 0,0066                     | 0,010                       |
| 200 mg                     | 0,0040          | 0,0020                     | 0,0040                     | 0,0067                      |

| Resultados (Laboratorio 3) |                 |                            |                            |                             |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Val. Nom.                  | Corrección (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Incertidumbre (mg) (k = 2) | 1/3 MEP E <sub>2</sub> (mg) |
| 2 kg                       | 3,5             | 1,1                        | 2,1                        | 1,0                         |
| 1 kg                       | 0,26            | 0,44                       | 0,88                       | 0,53                        |
| 200 g                      | -0,044          | 0,059                      | 0,12                       | 0,10                        |
| 50 g                       | 0,013           | 0,017                      | 0,035                      | 0,033                       |
| 1 g                        | 0,0080          | 0,0062                     | 0,0125                     | 0,010                       |
| 200 mg                     | 0,0000          | 0,0053                     | 0,0107                     | 0,0067                      |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

11 de 43

| Resultados (Laboratorio 4) |                 |                            |                            |                             |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Val. Nom.                  | Corrección (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Incertidumbre (mg) (k = 2) | 1/3 MEP E <sub>2</sub> (mg) |
| 2 kg                       | 0,0             | 0,35                       | 0,7                        | 1,0                         |
| 1 kg                       | 0,6             | 0,2                        | 0,4                        | 0,53                        |
| 200 g                      | 0,04            | 0,045                      | 0,09                       | 0,10                        |
| 50 g                       | 0,01            | 0,03                       | 0,06                       | 0,033                       |
| 1 g                        | 0,0077          | 0,0021                     | 0,0042                     | 0,010                       |
| 200 mg                     | 0,0062          | 0,0015                     | 0,0030                     | 0,0067                      |

| Resultados (Laboratorio 5) |                 |                            |                            |                             |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Val. Nom.                  | Corrección (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Incertidumbre (mg) (k = 2) | 1/3 MEP E <sub>2</sub> (mg) |
| 2 kg                       | 0,007           | 2,52                       | 5,03                       | 1,0                         |
| 1 kg                       | 0,001           | 0,51                       | 1,01                       | 0,53                        |
| 200 g                      | 0,000           | 0,07                       | 0,13                       | 0,10                        |
| 50 g                       | 0,000           | 0,047                      | 0,093                      | 0,033                       |
| 1 g                        | 0,000           | 0,0068                     | 0,014                      | 0,010                       |
| 200 mg                     | 0,000           | 0,0058                     | 0,012                      | 0,0067                      |

| Resultados (Laboratorio 6) |                 |                            |                            |                             |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Val. Nom.                  | Corrección (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Incertidumbre (mg) (k = 2) | 1/3 MEP E <sub>2</sub> (mg) |
| 2 kg                       | -0,100          | 0,063                      | 0,126                      | 1,0                         |
| 1 kg                       | 0,583           | 0,011                      | 0,021                      | 0,53                        |
| 200 g                      | 0,018           | 0,010                      | 0,020                      | 0,10                        |
| 50 g                       | 0,044           | 0,0025                     | 0,0050                     | 0,033                       |
| 1 g                        | 0,0086          | 0,0017                     | 0,0033                     | 0,010                       |
| 200 mg                     | 0,00582         | 0,00048                    | 0,00096                    | 0,0067                      |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41**

12 de 43

| Resultados (Laboratorio 7) |                 |                            |                            |                             |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Val. Nom.                  | Corrección (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Incertidumbre (mg) (k = 2) | 1/3 MEP E <sub>2</sub> (mg) |
| 2 kg                       | -0,39           | 0,32                       | 0,63                       | 1,0                         |
| 1 kg                       | 0,544           | 0,027                      | 0,054                      | 0,53                        |
| 200 g                      | 0,008           | 0,0059                     | 0,012                      | 0,10                        |
| 50 g                       | 0,030           | 0,011                      | 0,021                      | 0,033                       |
| 1 g                        | 0,0075          | 0,0011                     | 0,0022                     | 0,010                       |
| 200 mg                     | 0,00330         | 0,00036                    | 0,00071                    | 0,0067                      |

### 7. Estabilidad de los patrones viajeros

El Laboratorio Piloto realizó la calibración de los patrones viajeros al inicio y al final de la circulación de los mismos para el proceso de comparación, el resultado de estas mediciones se analizó comparando el error normalizado entre los valores al inicio y al final del proceso de comparación.

El valor del Error Normalizado,  $E_n$  usado para la evaluación de los resultados reportados, se obtuvo de la siguiente expresión:

$$E_n = \frac{m_{LP,2} - m_{LP,1}}{\sqrt{U_{LP,2}^2 + U_{LP,1}^2 + U_d^2}} \quad (1)$$

Donde:

$m_{LP,2}$  valor de masa convencional reportada por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

$m_{LP,1}$  valor de masa convencional reportada por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial

$U_{LP,2}$  incertidumbre expandida asociada valor de masa convencional reportada por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial

$U_{LP,1}$  incertidumbre expandida asociada al valor de masa convencional reportada por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

$U_d$  incertidumbre expandida asociada a la deriva de las pesas viajeras

Los parámetros de análisis para el error normalizados son los siguientes:

$E_n \leq 1$ , habrá consistencia

$E_n > 1$ , no habrá consistencia

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

13 de 43

La incertidumbre asociada a la deriva de las pesas viajeras,  $U_d$ , es calculada por el laboratorio de referencia y se debe a la estabilidad o inestabilidad de las pesas viajeras antes y después del desarrollo de la comparación, asociada a las incertidumbres estimadas y se determina de la siguiente manera:

$$U_d = k \sqrt{\left(\frac{m_{LP,2} - m_{LP,1}}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (2)$$

Donde:

$m_{LP,1}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial

$m_{LP,2}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

$k$  factor de cobertura,  $k = (0,95(2\sqrt{3}))$ , con un nivel de confianza de 95 %

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla N° 6 Tabla de los resultados de estabilidad de los patrones viajeros

| Análisis de Resultados Comparación Piloto SIM-CAMET de 2008-2009 |               |                  |               |                  |               |                  |                   |                    |           |
|--|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------|-----------|
| Valor nominal  | Corrección mg | Incert. (k=2) mg | Corrección mg | Incert. (k=2) mg | Corrección mg | Incert. (k=2) mg | Incert. Deriva mg | Error normalizado: |           |
|  | Enero 2009    |                  | Julio 2009    |                  | Diferencias   |                  | $U_d$ :           | $E_n$ :            | Resultado |
| 2 kg   | -0,39         | 0,63             | -0,10         | 0,70             | 0,29          | 0,07             | 0,28              | 0,30               | OK        |
| 1 kg   | 0,544         | 0,054            | 0,600         | 0,055            | 0,056         | 0,001            | 0,053             | 0,60               | OK        |
| 200 g  | 0,008         | 0,012            | -0,003        | 0,012            | -0,011        | 0,000            | 0,010             | 0,55               | OK        |
| 50 g   | 0,030         | 0,021            | 0,030         | 0,021            | 0,000         | 0,000            | 0,00000           | 0,00               | OK        |
| 1 g  | 0,0075        | 0,0022           | 0,0078        | 0,0023           | 0,0003        | 0,0001           | 0,00029           | 0,09               | OK        |
| 200 mg   | 0,00330       | 0,00071          | 0,00404       | 0,00071          | 0,00074       | 0,00000          | 0,00070           | 0,60               | OK        |

Como conclusión para este punto, es posible notar que los patrones se mantienen estables después del proceso de comparación.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41

14 de 43

## 8. Diferencia entre los participantes y el Laboratorio Piloto (LP)

### 8.1 Diferencia entre los participantes y el Laboratorio Piloto (LP)

La diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los demás laboratorios participantes se calcula de la siguiente forma:

$$d_i = m_{X_i} - m_{LP, prom} \quad (3)$$

Donde:

$d_i$  diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes

$m_{X_i}$  corrección reportada por el laboratorio “i”

$m_{LP, prom}$  promedio de la corrección reportada por el Laboratorio Piloto

Ya que el Laboratorio Piloto realizó una medición de los valores de masa de las pesas antes de iniciar la circulación de las pesas y otra al final de todo el recorrido, el valor reportado por el Laboratorio Piloto será el promedio de estos dos valores, este valor se calcula de la siguiente forma:

$$m_{LP, prom} = \left( \frac{m_{LP,2} - m_{LP,1}}{2} \right) \quad (4)$$

Donde:

$m_{LP,1}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial

$m_{LP,2}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

La incertidumbre asociada a la diferencia  $d_i$  se calcula de la siguiente forma:

$$u_{d_i} = \sqrt{(u_{X_i})^2 + (u_{rep, LP})^2} \quad (5)$$

Donde:

$u_{X_i}$  incertidumbre estándar reportada por el laboratorio participante

$u_{rep, LP}$  incertidumbre estándar por la reproducibilidad de las mediciones reportada por el Laboratorio Piloto

La incertidumbre estándar por la reproducibilidad de las mediciones reportada por el Laboratorio Piloto se calcula de la siguiente forma:

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

15 de 43

$$u_{rep,LP} = \sqrt{\left(\frac{m_{LP,2} - m_{LP,1}}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (6)$$

Donde:

- $m_{LP,1}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial
- $m_{LP,2}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

Los valores de la incertidumbre estándar por la reproducibilidad de las mediciones reportada por el Laboratorio Piloto son similares a los valores obtenidos por la estimación de la incertidumbre por deriva de las pesas.

Los valores de las diferencias entre el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes, y su correspondiente incertidumbre asociada, se presentan a continuación:

**8.2 Error Normalizado entre los participantes y el Laboratorio Piloto (LP)**

El valor del Error Normalizado,  $E_n$  usado para la evaluación de los resultados reportados por los participantes, se obtuvo de la siguiente expresión:

$$E_n = \frac{m_{X_i} - m_{LP,prom}}{\sqrt{U_{X_i}^2 + U_{LP,prom}^2 + U_d^2}} \quad (7)$$

Donde:

- $m_{X_i}$  valor de masa convencional reportado por el laboratorio participante
- $m_{LP,prom}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto
- $U_{X_i}$  incertidumbre expandida asociada al cálculo de la masa convencional reportada por cada laboratorio participante
- $U_{LP,prom}$  incertidumbre expandida asociada al cálculo de la masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto

Por otro lado:

$$m_{LP,prom} = \left(\frac{m_{LP,2} - m_{LP,1}}{2}\right) \quad (8)$$

Donde:

- $m_{LP,1}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al inicio de la comparación interlaboratorial
- $m_{LP,2}$  valor de masa convencional reportado por el Laboratorio Piloto al final de la comparación interlaboratorial

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

16 de 43

Los parámetros de análisis para el error normalizados son los siguientes:

$E_n \leq 1$ , habrá consistencia.

$E_n > 1$ , no habrá consistencia.

Los valores de las diferencias y los errores normalizados entre el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes y su incertidumbre asociada se presentan a continuación:

Tabla N° 7 Tabla de las diferencias entre el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes

| Pesa de 2 kg | Diferencias (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Error Normalizado |
|--------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| CENAMEP-AIP  | -0,51            | 0,15                       | 0,751             |
| LANAMET      | 0,43             | 0,36                       | 0,451             |
| CEHM-COHCIT  | 3,9              | 1,1                        | <b>1,773</b>      |
| LNMG         | 0,39             | 0,36                       | 0,412             |
| LNML-CONACYT | 0,4              | 2,5                        | 0,078             |
| CENAM        | 0,29             | 0,11                       | 0,448             |
| LACOMET      | 0,00             | 0,33                       | 0,000             |

| Pesa de 1 kg | Diferencias (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Error Normalizado |
|--------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| CENAMEP-AIP  | 0,080            | 0,086                      | 0,447             |
| LANAMET      | 0,20             | 0,18                       | 0,538             |
| CEHM-COHCIT  | -0,28            | 0,44                       | 0,322             |
| LNMG         | 0,06             | 0,20                       | 0,139             |
| LNML-CONACYT | -0,54            | 0,51                       | 0,537             |
| CENAM        | 0,039            | 0,019                      | 0,649             |
| LACOMET      | 0,000            | 0,031                      | 0,000             |



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41**

17 de 43

| Pesa de 200 g | Diferencias (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Error Normalizado |
|---------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| CENAMEP-AIP   | -0,01            | 0,17                       | 0,027             |
| LANAMET       | 0,005            | 0,054                      | 0,046             |
| CEHM-COHCIT   | -0,052           | 0,060                      | 0,431             |
| LNMG          | 0,032            | 0,045                      | 0,352             |
| LNML-CONACYT  | -0,008           | 0,065                      | 0,061             |
| CENAM         | 0,010            | 0,010                      | 0,425             |
| LACOMET       | 0,0000           | 0,0067                     | 0,000             |

| Pesa de 50 g | Diferencias (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Error Normalizado |
|--------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| CENAMEP-AIP  | 0,0151           | 0,0052                     | 0,644             |
| LANAMET      | -0,012           | 0,012                      | 0,376             |
| CEHM-COHCIT  | -0,017           | 0,018                      | 0,416             |
| LNMG         | -0,020           | 0,030                      | 0,315             |
| LNML-CONACYT | -0,030           | 0,047                      | 0,315             |
| CENAM        | 0,0140           | 0,0025                     | 0,649             |
| LACOMET      | 0,000            | 0,011                      | 0,000             |

| Pesa de 1 g  | Diferencias (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Error Normalizado |
|--------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| CENAMEP-AIP  | 0,0014           | 0,0017                     | 0,346             |
| LANAMET      | -0,0065          | 0,0033                     | 0,934             |
| CEHM-COHCIT  | 0,0005           | 0,0062                     | 0,039             |
| LNMG         | 0,0002           | 0,0021                     | 0,042             |
| LNML-CONACYT | -0,0075          | 0,0068                     | 0,529             |
| CENAM        | 0,0011           | 0,0017                     | 0,277             |
| LACOMET      | 0,0000           | 0,0011                     | 0,000             |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

18 de 43

| Pesa de 200 mg | Diferencias (mg) | Incertidumbre (mg) (k = 1) | Error Normalizado |
|----------------|------------------|----------------------------|-------------------|
| CENAMEP-AIP    | 0,0007           | 0,0010                     | 0,328             |
| LANAMET        | 0,0007           | 0,0020                     | 0,172             |
| CEHM-COHCIT    | -0,0033          | 0,0053                     | 0,308             |
| LNMG           | 0,0029           | 0,0015                     | 0,939             |
| LNML-CONACYT   | -0,0033          | 0,0058                     | 0,274             |
| CENAM          | 0,00252          | 0,00053                    | 2,079             |
| LACOMET        | 0,00000          | 0,00042                    | 0,000             |

Es evidente, al observar los valores presentados en las tablas N° 7, que algunos laboratorios no cumplen con el parámetro del error normalizado, esto quiere decir que no se pueden considerar consistentes. Por otro lado, al revisar las incertidumbres reportadas por cada uno de los laboratorios participantes, es notable que algunas de estas incertidumbres sobrepasan los parámetros del Máximo Error Permitido (MEP) para la clase de exactitud E<sub>2</sub>, según la Recomendación R 111-1, versión 2004, de la OIML, para los valores nominales de masa reportados, esta situación puede favorecer a estos laboratorios al disminuir el valor del E<sub>n</sub> calculado, sin embargo, esto se aleja del objetivo de demostrar competencia técnica en un nivel de exactitud aceptable.

Con base en lo anterior la forma de análisis con base en el E<sub>n</sub> no es adecuada, o no es suficientemente significativa, para tomar decisiones sobre el comportamiento de los resultados reportados por los laboratorios participantes, se recurrió entonces a otra forma de análisis de los resultados por medio de la determinación de un valor de referencia el cual proporcione un mayor nivel de consistencia al proceso.

## 9. Valor de Referencia

La determinación del **Valor de Referencia**, para cada valor nominal de masa, se obtuvo como resultado del análisis de los resultados reportados por los laboratorios participantes con base en el **Método A**, el de la **media ponderada**, y el **Método B**, el de la **comparación de la mediana** de los datos, de acuerdo a lo expresado por Cox, M. G., “The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset”.

### 9.1 Uso de la mediana de los valores reportados por todos los participantes

El uso de la media ponderada como medio para determinar un valor de referencia puede ser aplicado sólo cuando los valores reportados por los participantes son consistentes.

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

19 de 43

El valor de referencia se determina para cada uno de los valores nominales de la siguiente forma:

$$VR_{media} = \frac{\sum d_{ji} / u^2(d_{ji})}{\sum 1 / u^2(d_{ji})} \quad (9)$$

$$\frac{1}{u^2(VR_{media})} = \sum \frac{1}{u^2(d_{ji})} \quad (10)$$

La consistencia de los valores reportados por los participantes se evalúa aplicando la prueba estadística de **Chi-cuadrado** con base en el siguiente criterio de aceptación:

$$Pr\{\chi^2(v) > \chi_{obs}^2\} < 0.05 \quad (11)$$

$$v = N - 1 \quad (12)$$

Donde:

$Pr\{\} < 0,005$  probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta con un nivel de confianza del 95%

$N$  número de laboratorios participantes

$\chi^2(v)$  prueba chi-cuadrada, correspondiente a  $v$  grados de libertad

$\chi_{obs}^2$  prueba chi-cuadrada, para los valores observados

La prueba Chi-cuadrado nos permite definir si los datos se comportan de forma estable a nivel grupal. Cuando la hipótesis nula se confirma los datos son consistentes y por ende no es necesario hacer otro análisis y la **media ponderada** se puede considerar como el valor de referencia, sin embargo, cuando no se confirma la hipótesis nula se demuestra que los datos reportados son inconsistentes y entonces se debe aplicar el **Método B**.

Como resultado del análisis realizado a los resultados reportados por los laboratorios participantes, incluido el Laboratorio Piloto, se encontraron inconsistencias entre los laboratorios participantes en cinco de los valores nominales, 2 kg, 200 g, 50 g, 1 g y 200 mg. Algunos de los valores reportados por los participantes se consideraron inconsistentes de acuerdo con la prueba estadística de Chi-cuadrado con un nivel de confianza del 95%. En varios de los valores nominales analizados no fue posible obtener un resultado que demostrara un nivel de consistencia aceptable, según la prueba Chi-cuadrado.

El valor nominal de 1 kg no presentó inconsistencias como resultado de la aplicación de la prueba Chi-cuadrado.

De acuerdo con Cox, M. G., “The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset”, Metrología 39, 2002, sección 5, páginas: 591 y 592, los valores



SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

20 de 43

considerados como inconsistentes, de acuerdo a la prueba de Chi-cuadrado, se deben separar del resto, los valores estimados como consistentes se deben tomar en cuenta ahora para calcular el valor de referencia apropiado que será aplicado al final a toda la población, aun cuando cada valor reportado aporte, o no, a la determinación del valor de referencia.

Para este estudio, sin embargo, al tratar de separar los valores considerados como inconsistentes de los demás, no se logró un resultado consistente al realizar la prueba de Chi-cuadrado.

Con base en lo anterior se aplicó el **Método B** para la determinación del valor de referencia para el análisis de los resultados reportados por los laboratorios participantes para todos los resultados reportados por los laboratorios participantes, incluido el Laboratorio piloto, sin separar por consistentes o no consistentes.

## **9.2 Método B: Uso de la mediana de los resultados reportados**

La **mediana** es un valor único de un conjunto de datos que mide al elemento central de ese conjunto de datos. Este único elemento es el más cercano a la mitad o el más central de todo el conjunto de números que no se ve afectado en gran manera por valores dispersos.

Ya que varios de los resultados reportados por los laboratorios participantes presentan variaciones importantes, con respecto a los valores reportados por el Laboratorio Piloto, es recomendable utilizar un método de análisis que permita determinar un **Valor de Referencia** apropiado de acuerdo con el comportamiento de la población en estudio, y que no necesariamente sea similar al resultado reportado por el Laboratorio Piloto.

La obtención del **Valor de Referencia** se realizó por medio del método de cálculo de la **mediana estadística** de la población por medio de **simulación numérica** con base en las diferencias entre los valores reportados por el Lacommet y los laboratorios participantes por medio de **Monte Carlo**, cada uno de los **Valores de Referencia** se calculó por medio de la generación de 100 000 números aleatorios con el uso del programa RISK®.

Para el proceso de simulación numérica se tomaron los valores de las diferencias entre los valores reportados por el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes, todas estas diferencias, junto con sus incertidumbres asociadas, son la base con la que se generan los números aleatorios necesarios. Para cada laboratorio, en cada uno de los valores nominales de masa en estudio, se genera un juego de números aleatorios, a estos juegos de números se les aplicó la mediana estadística. El promedio y la desviación estándar, de esas medianas, nos permite obtener los **Valores de Referencia** buscados.

Los **Valores de Referencia** obtenidos fueron los siguientes:

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41**

21 de 43

Tabla N° 8 Tabla de los valores de referencia para cada valor nominal

| Valor Nominal de masa: | Valor de Referencia | u (k = 1) |
|------------------------|---------------------|-----------|
|                        | (mg)                | (mg)      |
| <b>2 kg</b>            | 0,30                | 0,10      |
| <b>1 kg</b>            | 0,025               | 0,022     |
| <b>200 g</b>           | 0,0021              | 0,0092    |
| <b>50 g</b>            | -0,0070             | 0,0059    |
| <b>1 g</b>             | 0,00001             | 0,00062   |
| <b>200 mg</b>          | 0,00052             | 0,00049   |

### 10. Grados de Equivalencia

Los Grados de Equivalencia entre los valores reportados por los participantes, los resultados reportados por el Laboratorio Piloto y los Valores de Referencia asignados a cada valor nominal se calculan de la siguiente forma:

$$GE_{di-VR} = d_i - VR_{mediana} \quad (13)$$

Donde:

$GE_{di-VR}$  grados de equivalencia entre la diferencia y el valor de referencia  
 $d_i$  diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes  
 $VR_{mediana}$  Valor de Referencia obtenido con la mediana de las diferencias

La incertidumbre asociada a los Grados de Equivalencia se obtienen de la siguiente forma:

$$U_{GE_{di-VR}} = 2\sqrt{(u_{d_i})^2 - (u_{VR_{mediana}})^2} \quad (8)$$

Donde:

$U_{GE_{di-VR}}$  incertidumbre asociada a los grados de equivalencia entre la diferencia y el valor de referencia  
 $u_{d_i}$  incertidumbre asociada a la diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes  
 $u_{VR_{mediana}}$  incertidumbre asociada al Valor de Referencia obtenido con la mediana de las diferencias

El valor del Error Normalizado,  $E_n$  usado para la evaluación de los resultados reportados y los Grados de Equivalencia, se obtuvo de la siguiente expresión:

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

22 de 43

$$E_n = \frac{d_i - VR_{mediana}}{2\sqrt{(u_{d_i})^2 + (u_{VR_{mediana}})^2}} \quad (14)$$

Donde:

$d_i$  diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes

$VR_{mediana}$  Valor de Referencia obtenido con la mediana de las diferencias

$u_{d_i}$  incertidumbre asociada a la diferencia entre los datos reportados por el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes

$u_{VR_{mediana}}$  incertidumbre asociada al Valor de Referencia obtenido con la mediana de las diferencias

Los parámetros de análisis para el error normalizados son los siguientes:

$E_n \leq 1$ , habrá consistencia

$E_n > 1$ , no habrá consistencia

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla N°9 Grados de Equivalencia, incertidumbre y Error Normalizado para cada valor nominal de masa

| Pesa 2 kg    | GE     | U (k = 2) | U (k = 1) | $E_n$ : |
|--------------|--------|-----------|-----------|---------|
|              | (mg)   | (mg)      | (mg)      |         |
| CENAMEP-AIP  | -0,81  | 0,21      | 0,10      | 2,3     |
| LANAMET      | 0,12   | 0,69      | 0,35      | 0,16    |
| CEHM-COHCIT  | 3,6    | 2,1       | 1,0       | 1,7     |
| LNMG         | 0,09   | 0,69      | 0,35      | 0,12    |
| LNML-CONACYT | 0,1    | 5,0       | 2,5       | 0,019   |
| CENAM        | -0,013 | 0,044     | 0,022     | 0,045   |
| LACOMET      | -0,30  | 0,62      | 0,31      | 0,44    |

| Pesa 1 kg    | GE     | U (k = 2) | U (k = 1) | $E_n$ : |
|--------------|--------|-----------|-----------|---------|
|              | (mg)   | (mg)      | (mg)      |         |
| CENAMEP-AIP  | 0,06   | 0,17      | 0,084     | 0,31    |
| LANAMET      | 0,17   | 0,36      | 0,18      | 0,47    |
| CEHM-COHCIT  | -0,31  | 0,88      | 0,44      | 0,35    |
| LNMG         | 0,03   | 0,40      | 0,20      | 0,078   |
| LNML-CONACYT | -0,6   | 1,0       | 0,50      | 0,56    |
| CENAM        | 0,014  | 0,022     | 0,011     | 0,25    |
| LACOMET      | -0,025 | 0,045     | 0,022     | 0,32    |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

23 de 43

| Pesa 200 g   | GE     | U (k = 2) | U (k = 1) | E <sub>n</sub> : |
|--------------|--------|-----------|-----------|------------------|
|              | (mg)   | (mg)      | (mg)      |                  |
| CENAMEP-AIP  | -0,01  | 0,33      | 0,16      | 0,034            |
| LANAMET      | 0,00   | 0,11      | 0,05      | 0,027            |
| CEHM-COHCIT  | -0,05  | 0,12      | 0,06      | 0,44             |
| LNMG         | 0,030  | 0,088     | 0,044     | 0,32             |
| LNML-CONACYT | -0,01  | 0,13      | 0,06      | 0,077            |
| CENAM        | 0,008  | 0,010     | 0,005     | 0,28             |
| LACOMET      | -0,002 | 0,012     | 0,006     | 0,091            |

| Pesa 50 g    | GE     | U (k = 2) | U (k = 1) | E <sub>n</sub> : |
|--------------|--------|-----------|-----------|------------------|
|              | (mg)   | (mg)      | (mg)      |                  |
| CENAMEP-AIP  | 0,0221 | 0,0055    | 0,0028    | 1,4              |
| LANAMET      | -0,005 | 0,021     | 0,010     | 0,19             |
| CEHM-COHCIT  | -0,010 | 0,033     | 0,016     | 0,27             |
| LNMG         | -0,013 | 0,059     | 0,029     | 0,21             |
| LNML-CONACYT | -0,023 | 0,092     | 0,046     | 0,25             |
| CENAM        | 0,021  | 0,011     | 0,005     | 1,6              |
| LACOMET      | 0,007  | 0,017     | 0,009     | 0,29             |

| Pesa 1 g     | GE      | U (k = 2) | U (k = 1) | E <sub>n</sub> : |
|--------------|---------|-----------|-----------|------------------|
|              | (mg)    | (mg)      | (mg)      |                  |
| CENAMEP-AIP  | 0,0014  | 0,0032    | 0,0016    | 0,38             |
| LANAMET      | -0,0065 | 0,0065    | 0,0032    | 0,97             |
| CEHM-COHCIT  | 0,000   | 0,012     | 0,006     | 0,04             |
| LNMG         | 0,0002  | 0,0040    | 0,0020    | 0,04             |
| LNML-CONACYT | -0,008  | 0,014     | 0,007     | 0,53             |
| CENAM        | 0,0011  | 0,0031    | 0,0015    | 0,31             |
| LACOMET      | 0,0000  | 0,0018    | 0,0009    | 0,004            |

| Pesa 200 mg  | GE       | U (k = 2) | U (k = 1) | E <sub>n</sub> : |
|--------------|----------|-----------|-----------|------------------|
|              | (mg)     | (mg)      | (mg)      |                  |
| CENAMEP-AIP  | 0,0002   | 0,0018    | 0,0009    | 0,081            |
| LANAMET      | 0,0002   | 0,0039    | 0,0020    | 0,044            |
| CEHM-COHCIT  | -0,004   | 0,011     | 0,005     | 0,36             |
| LNMG         | 0,0024   | 0,0029    | 0,0014    | 0,75             |
| LNML-CONACYT | -0,004   | 0,012     | 0,006     | 0,32             |
| CENAM        | 0,00200  | 0,00040   | 0,00020   | 1,4              |
| LACOMET      | -0,00052 | 0,00051   | 0,00026   | 0,41             |

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7

Informe B - Informe de resultados

Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET

SIM.7.41

24 de 43

---

## 11. Grados de equivalencia entre participantes

Los Grados de Equivalencia entre cada participante corresponden a la diferencia entre los valores reportados por cada participante. Con base en lo anterior se consideró el valor reportado por el Laboratorio Piloto como valor de referencia.

Los Grados de Equivalencia entre cada participante se obtuvieron de la siguiente forma:

$$GE_{A-B} = m_A - m_B \quad (15)$$

Donde:

$GE_{A-B}$  grados de equivalencia entre el laboratorio A y B

$m_A$  corrección reportada por el laboratorio A

$m_B$  corrección reportada por el laboratorio B

La incertidumbre asociada a los Grados de Equivalencia se obtuvieron de la siguiente forma:

$$U_{GE_{A-B}} = 2\sqrt{(u_A)^2 + (u_B)^2 - (u_{rep,LP})^2} \quad (16)$$

Donde:

$U_{GE_{A-B}}$  incertidumbre asociada a los grados de equivalencia entre el laboratorio A y el B

$u_A$  incertidumbre asociada a la corrección reportada por el laboratorio A

$u_B$  incertidumbre asociada a la corrección reportada por el laboratorio B

$u_{rep,LP}$  Incertidumbre asociada a la reproducibilidad del Laboratorio Piloto

Los valores obtenidos son los siguientes:



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

25 de 43

Tabla N°10 Diferencias entre los participantes e i ncertidumbre expandida

| Diferencias entre participantes (mg) |         |             |         |             |       |              |       |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|-------|--------------|-------|
| Pesa de 2 kg                         | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG  | LNML-CONACYT | CENAM |
| LACOMET                              |         | 0,51        | -0,75   | -3,89       | -0,39 | -0,40        | -0,29 |
| CENAMEP-AIP                          |         |             | -1,26   | -4,40       | -0,90 | -0,91        | -0,80 |
| LANAMET                              |         |             |         | -3,1        | 0,36  | 0,35         | 0,46  |
| CEHM-COHCIT                          |         |             |         |             | 3,5   | 3,5          | 3,6   |
| LNMG                                 |         |             |         |             |       | -0,01        | 0,10  |
| LNML-CONACYT                         |         |             |         |             |       |              | 0,107 |
| CENAM                                |         |             |         |             |       |              |       |

| Incertidumbre Expandida (mg), k = 2 |         |             |         |             |      |              |       |
|-------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|------|--------------|-------|
| Pesa de 2 kg                        | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG | LNML-CONACYT | CENAM |
| LACOMET                             |         | 0,00        | 0,93    | 2,20        | 0,93 | 5,07         | 0,63  |
| CENAMEP-AIP                         |         |             | 0,72    | 2,12        | 0,72 | 5,03         | 0,21  |
| LANAMET                             |         |             |         | 2,21        | 0,98 | 5,08         | 0,69  |
| CEHM-COHCIT                         |         |             |         |             | 2,21 | 5,45         | 2,11  |
| LNMG                                |         |             |         |             |      | 5,08         | 0,69  |
| LNML-CONACYT                        |         |             |         |             |      |              | 5,03  |
| CENAM                               |         |             |         |             |      |              |       |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

26 de 43

| Diferencias entre participantes (mg) |         |             |         |             |       |              |        |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|-------|--------------|--------|
| Pesa de 1 kg                         | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG  | LNML-CONACYT | CENAM  |
| LACOMET                              |         | -1,01       | -1,13   | -0,65       | -0,99 | -0,39        | -0,97  |
| CENAMEP-AIP                          |         |             | -0,12   | 0,37        | 0,02  | 0,62         | 0,04   |
| LANAMET                              |         |             |         | 0,5         | 0,14  | 0,74         | 0,16   |
| CEHM-COHCIT                          |         |             |         |             | -0,3  | 0,3          | -0,3   |
| LNMG                                 |         |             |         |             |       | 0,60         | 0,02   |
| LNML-CONACYT                         |         |             |         |             |       |              | -0,582 |
| CENAM                                |         |             |         |             |       |              |        |

| Incertidumbre Expandida (mg), k = 2 |         |             |         |             |      |              |       |
|-------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|------|--------------|-------|
| Pesa de 1 kg                        | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG | LNML-CONACYT | CENAM |
| LACOMET                             |         | 0,00        | 0,36    | 0,89        | 0,40 | 1,01         | 0,05  |
| CENAMEP-AIP                         |         |             | 0,40    | 0,90        | 0,43 | 1,02         | 0,17  |
| LANAMET                             |         |             |         | 0,96        | 0,54 | 1,07         | 0,36  |
| CEHM-COHCIT                         |         |             |         |             | 0,97 | 1,34         | 0,89  |
| LNMG                                |         |             |         |             |      | 1,09         | 0,40  |
| LNML-CONACYT                        |         |             |         |             |      |              | 1,01  |
| CENAM                               |         |             |         |             |      |              |       |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

27 de 43

| Diferencias entre participantes (mg) |         |             |         |             |       |              |        |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|-------|--------------|--------|
| Pesa de 200 g                        | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG  | LNML-CONACYT | CENAM  |
| LACOMET                              |         | -0,39       | -0,40   | -0,35       | -0,43 | -0,39        | -0,41  |
| CENAMEP-AIP                          |         |             | -0,01   | 0,04        | -0,04 | 0,00         | -0,02  |
| LANAMET                              |         |             |         | 0,06        | -0,03 | 0,01         | -0,01  |
| CEHM-COHCIT                          |         |             |         |             | -0,08 | -0,04        | -0,1   |
| LNMG                                 |         |             |         |             |       | 0,04         | 0,02   |
| LNML-CONACYT                         |         |             |         |             |       |              | -0,018 |
| CENAM                                |         |             |         |             |       |              |        |

| Incertidumbre Expandida (mg), k = 2 |         |             |         |             |      |              |       |
|-------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|------|--------------|-------|
| Pesa de 200 g                       | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG | LNML-CONACYT | CENAM |
| LACOMET                             |         | 0,00        | 0,11    | 0,12        | 0,09 | 0,13         | 0,02  |
| CENAMEP-AIP                         |         |             | 0,35    | 0,35        | 0,34 | 0,36         | 0,33  |
| LANAMET                             |         |             |         | 0,16        | 0,14 | 0,17         | 0,11  |
| CEHM-COHCIT                         |         |             |         |             | 0,15 | 0,18         | 0,12  |
| LNMG                                |         |             |         |             |      | 0,16         | 0,09  |
| LNML-CONACYT                        |         |             |         |             |      |              | 0,13  |
| CENAM                               |         |             |         |             |      |              |       |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

28 de 43

| Diferencias entre participantes (mg) |         |             |         |             |        |              |        |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|--------------|--------|
| Pesa de 50 g                         | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG   | LNML-CONACYT | CENAM  |
| LACOMET                              |         | -0,44       | -0,41   | -0,40       | -0,400 | -0,390       | -0,434 |
| CENAMEP-AIP                          |         |             | 0,03    | 0,03        | 0,035  | 0,045        | 0,001  |
| LANAMET                              |         |             |         | 0,01        | 0,008  | 0,018        | -0,026 |
| CEHM-COHCIT                          |         |             |         |             | 0,003  | 0,013        | -0,031 |
| LNMG                                 |         |             |         |             |        | 0,010        | -0,034 |
| LNML-CONACYT                         |         |             |         |             |        |              | -0,044 |
| CENAM                                |         |             |         |             |        |              |        |

| Incertidumbre Expandida (mg), k = 2 |         |             |         |             |       |              |       |
|-------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|-------|--------------|-------|
| Pesa de 50 g                        | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG  | LNML-CONACYT | CENAM |
| LACOMET                             |         | 0,000       | 0,033   | 0,041       | 0,064 | 0,096        | 0,023 |
| CENAMEP-AIP                         |         |             | 0,026   | 0,036       | 0,061 | 0,094        | 0,012 |
| LANAMET                             |         |             |         | 0,042       | 0,065 | 0,096        | 0,025 |
| CEHM-COHCIT                         |         |             |         |             | 0,069 | 0,099        | 0,035 |
| LNMG                                |         |             |         |             |       | 0,111        | 0,060 |
| LNML-CONACYT                        |         |             |         |             |       |              | 0,093 |
| CENAM                               |         |             |         |             |       |              |       |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

29 de 43

| Diferencias entre participantes (mg) |         |             |         |             |        |              |        |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|--------------|--------|
| Pesa de 1 g                          | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG   | LNML-CONACYT | CENAM  |
| LACOMET                              |         | -0,40       | -0,39   | -0,40       | -0,398 | -0,390       | -0,399 |
| CENAMEP-AIP                          |         |             | 0,01    | 0,00        | 0,001  | 0,009        | 0,000  |
| LANAMET                              |         |             |         | -0,01       | -0,007 | 0,001        | -0,008 |
| CEHM-COHCIT                          |         |             |         |             | 0,000  | 0,008        | -0,001 |
| LNMG                                 |         |             |         |             |        | 0,008        | -0,001 |
| LNML-CONACYT                         |         |             |         |             |        |              | -0,009 |
| CENAM                                |         |             |         |             |        |              |        |

| Incertidumbre Expandida (mg), k = 2 |         |             |         |             |       |              |       |
|-------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|-------|--------------|-------|
| Pesa de 1 g                         | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG  | LNML-CONACYT | CENAM |
| LACOMET                             |         | 0,000       | 0,007   | 0,013       | 0,005 | 0,014        | 0,004 |
| CENAMEP-AIP                         |         |             | 0,007   | 0,013       | 0,005 | 0,014        | 0,005 |
| LANAMET                             |         |             |         | 0,014       | 0,008 | 0,015        | 0,007 |
| CEHM-COHCIT                         |         |             |         |             | 0,013 | 0,018        | 0,013 |
| LNMG                                |         |             |         |             |       | 0,014        | 0,005 |
| LNML-CONACYT                        |         |             |         |             |       |              | 0,014 |
| CENAM                               |         |             |         |             |       |              |       |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

30 de 43

| Diferencias entre participantes (mg) |         |             |         |             |        |              |        |
|--------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|--------------|--------|
| Pesa de 200 mg                       | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG   | LNML-CONACYT | CENAM  |
| LACOMET                              |         | -0,39       | -0,39   | -0,39       | -0,396 | -0,390       | -0,396 |
| CENAMEP-AIP                          |         |             | 0,00    | 0,00        | -0,002 | 0,004        | -0,002 |
| LANAMET                              |         |             |         | 0,00        | -0,002 | 0,004        | -0,002 |
| CEHM-COHCIT                          |         |             |         |             | -0,006 | 0,000        | -0,006 |
| LNMG                                 |         |             |         |             |        | 0,006        | 0,000  |
| LNML-CONACYT                         |         |             |         |             |        |              | -0,006 |
| CENAM                                |         |             |         |             |        |              |        |

| Incertidumbre Expandida (mg), k = 2 |         |             |         |             |        |              |       |
|-------------------------------------|---------|-------------|---------|-------------|--------|--------------|-------|
| Pesa de 200 mg                      | LACOMET | CENAMEP-AIP | LANAMET | CEHM-COHCIT | LNMG   | LNML-CONACYT | CENAM |
| LACOMET                             |         | 0,0000      | 0,0040  | 0,011       | 0,0031 | 0,012        | 0,001 |
| CENAMEP-AIP                         |         |             | 0,0045  | 0,011       | 0,0036 | 0,012        | 0,002 |
| LANAMET                             |         |             |         | 0,011       | 0,0050 | 0,012        | 0,004 |
| CEHM-COHCIT                         |         |             |         |             | 0,0110 | 0,016        | 0,011 |
| LNMG                                |         |             |         |             |        | 0,012        | 0,003 |
| LNML-CONACYT                        |         |             |         |             |        |              | 0,012 |
| CENAM                               |         |             |         |             |        |              |       |

**12. Equivalencia entre los laboratorios participantes y el CENAM**

Como parte de las actividades consideradas para el desarrollo de la comparación se contó con la colaboración de los representantes del Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México. Dos razones motivaron su participación, la primera fue aportar el conocimiento y recomendaciones necesarias para que el Laboratorio Piloto pudiera

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7

Informe B - Informe de resultados

Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET

SIM.7.41

31 de 43

concluir de forma apropiada el proceso de comparación, especialmente por la gran experiencia que ha desarrollado el CENAM en esta área a través del tiempo. La segunda fue poder contar con un laboratorio representante del SIM que hubiese participado en las comparaciones clave del BIPM o del SIM, para poder con esto ligar los resultados de esta comparación hacia resultados obtenidos en estas comparaciones clave.

Con base en lo anterior, y con el fin de contar con la oportunidad de mejorar las capacidades de medición de cada laboratorio del área de CAMET, se realizó un proceso de comparación entre los resultados de cada laboratorio participante en este proceso de comparación y el CENAM de tal forma que cada laboratorio aportara información sobre el nivel de exactitud en el que se encontraba trabajando al momento de la conclusión del proceso de comparación o sobre el nivel de exactitud deseado para el futuro.

La diferencia entre los datos reportados por los laboratorios participantes y el CENAM se calcula de la siguiente forma:

$$d_i = m_{X_i} - m_{CENAM} \quad (17)$$

Donde:

$d_i$  diferencia entre los datos reportados por los laboratorios participantes y el CENAM

$m_{X_i}$  corrección reportada por el laboratorio “i”

$m_{CENAM}$  la corrección reportada por el CENAM

La incertidumbre asociada a la diferencia  $d_i$  se calcula de la siguiente forma:

$$u_{d_i} = \sqrt{(u_{X_i})^2 + (u_{CENAM})^2} \quad (18)$$

Donde:

$u_{X_i}$  incertidumbre estándar reportada por el laboratorio participante

$u_{CENAM}$  incertidumbre estándar por la reproducibilidad de las mediciones reportadas por el CENAM

El valor del Error Normalizado,  $E_n$  usado para la evaluación de los resultados reportados por los participantes, se obtuvo de la siguiente expresión:

$$E_n = \frac{m_{X_i} - m_{CENAM}}{\sqrt{U_{X_i}^2 + U_{CENAM}^2}} \quad (19)$$

Donde:

$m_{X_i}$  valores de masa convencional reportados por los laboratorios participantes

$m_{CENAM}$  valor de masa convencional reportado por el CENAM

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41

32 de 43

$U_{X_i}$  incertidumbre expandida asociada al cálculo de la masa convencional reportada por cada laboratorio participante  
 $U_{CENAM}$  incertidumbre expandida asociada al cálculo de la masa convencional reportado por el CENAM

Los parámetros de análisis para el error normalizados son los siguientes:

$E_n \leq 1$ , habrá consistencia.  
 $E_n > 1$ , no habrá consistencia.

Como resultado de la aplicación del error normalizado se puede definir la incertidumbre con la cual se puede reportar la mejor capacidad de medición.

Para los resultados reportados por los laboratorios participantes considerados como consistentes ( $E_n \leq 1$ ) la incertidumbre corresponde con:

$$U_{CMC} = 2 * u_{X_i} \quad (20)$$

Donde:

$u_{X_i}$  incertidumbre estándar reportada por el laboratorio participante

Para los resultados reportados por los laboratorios participantes considerados como inconsistentes ( $E_n > 1$ ) la incertidumbre corresponde con:

$$U_{CMC} = \sqrt{\left(\frac{(m_{X_i} - m_{CENAM})^2}{4}\right) + (u_{CENAM})^2} \quad (21)$$

Donde:

$m_{X_i}$  corrección reportada por el laboratorio “i”

$m_{CENAM}$  la corrección reportada por el CENAM

$u_{CENAM}$  incertidumbre estándar por las mediciones reportadas por el CENAM

Los resultados de esta comparación fueron los siguientes.



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

33 de 43

Tabla N° 11 Incertidumbre de las Mejores Capacidades de Medición (CMC) de los laboratorios participantes considerando al CENAM como valor de referencia

**CENAMEP-CENAM**

| Valor Nominal | Diferencia NMI-CENAM (mg) | u (dif), k=1 (mg) | En          | U (CMC), k=2 (mg) | <sup>1</sup> / <sub>3</sub> EMT Clase E <sub>2</sub> | Cumple    |
|---------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------------|--|-----------|
| 2 kg          | -0,80                     | 0,14              | <b>2,95</b> | <b>0,81</b>       | <b>1,0</b>   | <b>OK</b> |
| 1 kg          | 0,041                     | 0,086             | 0,24        | 0,17              | <b>0,53</b>  | <b>OK</b> |
| 200 g         | -0,019                    | 0,165             | 0,06        | 0,33              | <b>0,10</b>  | <b>NO</b> |
| 50 g          | 0,0011                    | 0,0058            | 0,10        | 0,0104            | <b>0,033</b>   | <b>OK</b> |
| 1 g           | 0,0003                    | 0,0024            | 0,06        | 0,003             | <b>0,010</b>   | <b>OK</b> |
| 200 mg        | -0,0018                   | 0,0011            | 0,82        | 0,002             | <b>0,0067</b>  | <b>OK</b> |

**LANAMET-CENAM**

| Valor Nominal | Diferencia NMI-CENAM (mg) | u (dif), k=1 (mg) | En          | U (CMC), k=2 (mg) | <sup>1</sup> / <sub>3</sub> EMT Clase E <sub>2</sub> | Cumple    |
|---------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------------|--|-----------|
| 2 kg          | 0,46                      | 0,36              | 0,65        | 0,70              | <b>1,0</b>   | <b>OK</b> |
| 1 kg          | 0,157                     | 0,180             | 0,44        | 0,36              | <b>0,53</b>  | <b>OK</b> |
| 200 g         | -0,005                    | 0,055             | 0,05        | 0,11              | <b>0,10</b>  | <b>NO</b> |
| 50 g          | -0,0260                   | 0,0123            | <b>1,06</b> | <b>0,026</b>      | <b>0,033</b>   | <b>OK</b> |
| 1 g           | -0,0076                   | 0,0037            | <b>1,02</b> | <b>0,0083</b>     | <b>0,010</b>   | <b>OK</b> |
| 200 mg        | -0,0018                   | 0,0021            | 0,44        | 0,0040            | <b>0,0067</b>  | <b>OK</b> |

**CEHM-CENAM**

| Valor Nominal | Diferencia NMI-CENAM (mg) | u (dif), k=1 (mg) | En          | U (CMC), k=2 (mg) | <sup>1</sup> / <sub>3</sub> EMT Clase E <sub>2</sub> | Cumple    |
|---------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------------|--|-----------|
| 2 kg          | 3,60                      | 1,10              | <b>1,63</b> | <b>3,60</b>       | <b>3,3</b>   | <b>NO</b> |
| 1 kg          | -0,323                    | 0,440             | 0,37        | 0,88              | <b>1,67</b>  | <b>OK</b> |
| 200 g         | -0,062                    | 0,060             | 0,52        | 0,12              | <b>0,33</b>  | <b>OK</b> |
| 50 g          | -0,0310                   | 0,0172            | 0,90        | 0,034             | <b>0,10</b>  | <b>OK</b> |
| 1 g           | -0,0006                   | 0,0064            | 0,05        | 0,012             | <b>0,033</b>   | <b>OK</b> |
| 200 mg        | -0,0058                   | 0,0053            | 0,55        | 0,011             | <b>0,020</b>   | <b>OK</b> |

**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

34 de 43

**LNMG-CENAM**

| Valor Nominal | Diferencia NMI-CENAM (mg) | u (dif), k=1 (mg) | En   | U (CMC), k=2 (mg) | $\frac{1}{3}$ EMT Clase E <sub>2</sub> | Cumple    |
|---------------|---------------------------|-------------------|------|-------------------|--|-----------|
| 2 kg          | 0,10                      | 0,36              | 0,14 | 0,70              | <b>1,0</b>                             | <b>OK</b> |
| 1 kg          | 0,017                     | 0,200             | 0,04 | 0,40              | <b>0,53</b>                            | <b>OK</b> |
| 200 g         | 0,022                     | 0,046             | 0,24 | 0,09              | <b>0,10</b>                            | <b>OK</b> |
| 50 g          | -0,0340                   | 0,0301            | 0,56 | <b>0,060</b>      | <b>0,033</b>                           | <b>NO</b> |
| 1 g           | -0,0009                   | 0,0027            | 0,17 | 0,004             | <b>0,010</b>                           | <b>OK</b> |
| 200 mg        | 0,0004                    | 0,0016            | 0,12 | 0,003             | <b>0,0067</b>                          | <b>OK</b> |

**LNML-CENAM**

| Valor Nominal | Diferencia NMI-CENAM (mg) | u (dif), k=1 (mg) | En   | U (CMC), k=2 (mg) | $\frac{1}{3}$ EMT Clase E <sub>2</sub> | Cumple    |
|---------------|---------------------------|-------------------|------|-------------------|--|-----------|
| 2 kg          | 0,11                      | 2,52              | 0,02 | <b>5,04</b>       | <b>3,3</b>                             | <b>NO</b> |
| 1 kg          | -0,582                    | 0,510             | 0,57 | 1,02              | <b>1,67</b>                            | <b>OK</b> |
| 200 g         | -0,018                    | 0,071             | 0,13 | 0,14              | <b>0,33</b>                            | <b>OK</b> |
| 50 g          | -0,0440                   | 0,0471            | 0,47 | 0,094             | <b>0,10</b>                            | <b>OK</b> |
| 1 g           | -0,0086                   | 0,0070            | 0,61 | 0,014             | <b>0,033</b>                           | <b>OK</b> |
| 200 mg        | -0,0058                   | 0,0058            | 0,50 | 0,012             | <b>0,020</b>                           | <b>OK</b> |

**LACOMET-CENAM**

| Valor Nominal | Diferencia NMI-CENAM (mg) | u (dif), k=1 (mg) | En          | U (CMC), k=2 (mg) | $\frac{1}{3}$ EMT Clase E <sub>2</sub> | Cumple    |
|---------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------------|--|-----------|
| 2 kg          | -0,29                     | 0,33              | 0,44        | 0,64              | <b>1,0</b>                             | <b>OK</b> |
| 1 kg          | -0,039                    | 0,029             | 0,67        | 0,054             | <b>0,53</b>                            | <b>OK</b> |
| 200 g         | -0,010                    | 0,012             | 0,43        | 0,012             | <b>0,10</b>                            | <b>OK</b> |
| 50 g          | -0,0140                   | 0,0113            | 0,62        | 0,022             | <b>0,033</b>                           | <b>OK</b> |
| 1 g           | -0,0011                   | 0,0020            | 0,27        | 0,0022            | <b>0,010</b>                           | <b>OK</b> |
| 200 mg        | -0,0025                   | 0,0006            | <b>2,10</b> | <b>0,0027</b>     | <b>0,0067</b>                          | <b>OK</b> |

La tabla N° 11 muestra los resultados de la comparación entre los laboratorios participantes y el CENAM, como resultado de la misma es posible notar que varios de los laboratorios no son consistentes con los resultados reportados por el CENAM, de estos, algunos, aun con esa inconsistencia si cumplen el parámetro escogido para el reporte de



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)**  
**“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**  
**Informe B - Informe de resultados**  
**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de**  
**los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**  
**SIM.7.41**

35 de 43

---

las CMC, el resto, no cumple la consistencia con el CENAM y no cumplen además con el parámetro escogido para el reporte de las CMC.

### 13. Conclusiones

- 13.1 La circulación de los patrones viajeros resultó exitosa, se confirmó la estabilidad metrológica de los patrones viajeros al regreso a Laboratorio Piloto.
- 13.2 De los laboratorios inscritos para este proceso todos los laboratorios participantes reportaron resultados finales.
- 13.3 Cada laboratorio participante utilizó sus métodos de calibración de masa y sus métodos de estimación de la incertidumbre, con el uso de estos cada laboratorio reportó los resultados reportados.
- 13.4 Los resultados finales reportados por los laboratorios participantes fueron analizados con base en los resultados reportados por el Laboratorio Piloto, y además, con base en los resultados reportados por el CENAM, con este análisis se obtuvieron las diferencias de masas correspondientes y la consistencia con respecto a estas referencias. Como conclusión, no todos los resultados son consistentes.
- 13.5 Los resultados finales reportados, y las diferencias calculadas, por los laboratorios participantes fueron analizados con base en el **Método A**, el de la **media ponderada**, y el **Método B**, el de la **comparación de la mediana** de los datos, de acuerdo a lo expresado por Cox, M. G., “The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset”.
- 13.6 La aplicación del **Método A**, el de la **media ponderada**, para toda la población de resultados analizada, demostró la existencia de inconsistencias en varios de los resultados reportados por los laboratorios participantes, y en varias de las magnitudes reportadas, de acuerdo con el análisis de los resultados reportados con base en la prueba Chi-cuadrado, como resultado se aplicó el **Método B**.
- 13.7 Con base en el **Método B**, el de la **comparación de la mediana**, se generaron valores de referencia por medio de simulación numérica, estos valores de referencia se compararon contra las diferencias calculadas entre el Laboratorio Piloto y los laboratorios participantes, por medio de la prueba estadística del Error Normalizado ( $E_n$ ), además se determinaron los **Grados de Equivalencia** (GE). Como conclusión, se encontraron varias inconsistencia de algunos laboratorios en algunos valores nominales.



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

36 de 43

---

- 13.8 Como conclusión final el proceso de comparación resultó exitoso para todos los participantes desde el punto de vista de la mejora continua, como medio búsqueda de la actualización de las CMC ofrecidas a los clientes y como medio de verificación de la capacidad instalada en cada uno de los laboratorios.

**14. Recomendaciones Generales**

- 14.1 Mejorar condiciones de calibración dentro de los laboratorios según recomendaciones de estabilidad en cuanto a condiciones ambientales, por ejemplo, tabla C.1 de la OIML R 111-1, versión 2004.
- 14.2 Contar con los recursos económicos necesarios para mantener la trazabilidad de los patrones.
- 14.3 Gestionar y adquirir mejores equipos (comparadores con mejor resolución, y patrones de mejor clase de exactitud), en los casos que sea necesario.
- 14.4 Brindar capacitación al personal técnico en varios tópicos, entre ellos: métodos de calibración, estimación de la incertidumbre, elaboración y validación de hojas de cálculo. Todo esto enfocado en el campo de masas.
- 14.5 Validar las hojas de cálculo.
- 14.6 Realizar un adecuado aseguramiento de los resultados y control estadístico.
- 14.7 Mejorar los métodos de comparación.
- 14.8 Realizar mediciones de la susceptibilidad magnética de las pesas cuando sea posible.
- 14.9 Realizar mediciones del volumen de las pesas patrones, al menos una vez.
- 14.10 Evaluar la posibilidad de crear un procedimiento a nivel de CAMET para homologar criterios en cuanto a calibración de pesas.
- 14.11 Organizar una comparación SIM-CAMET formal como seguimiento de la implementación de mejoras consecuencia del análisis de los resultados reportados en este informe.



**SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7**

**Informe B - Informe de resultados**

**Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET**

**SIM.7.41**

37 de 43

---

**15. Bibliografía**

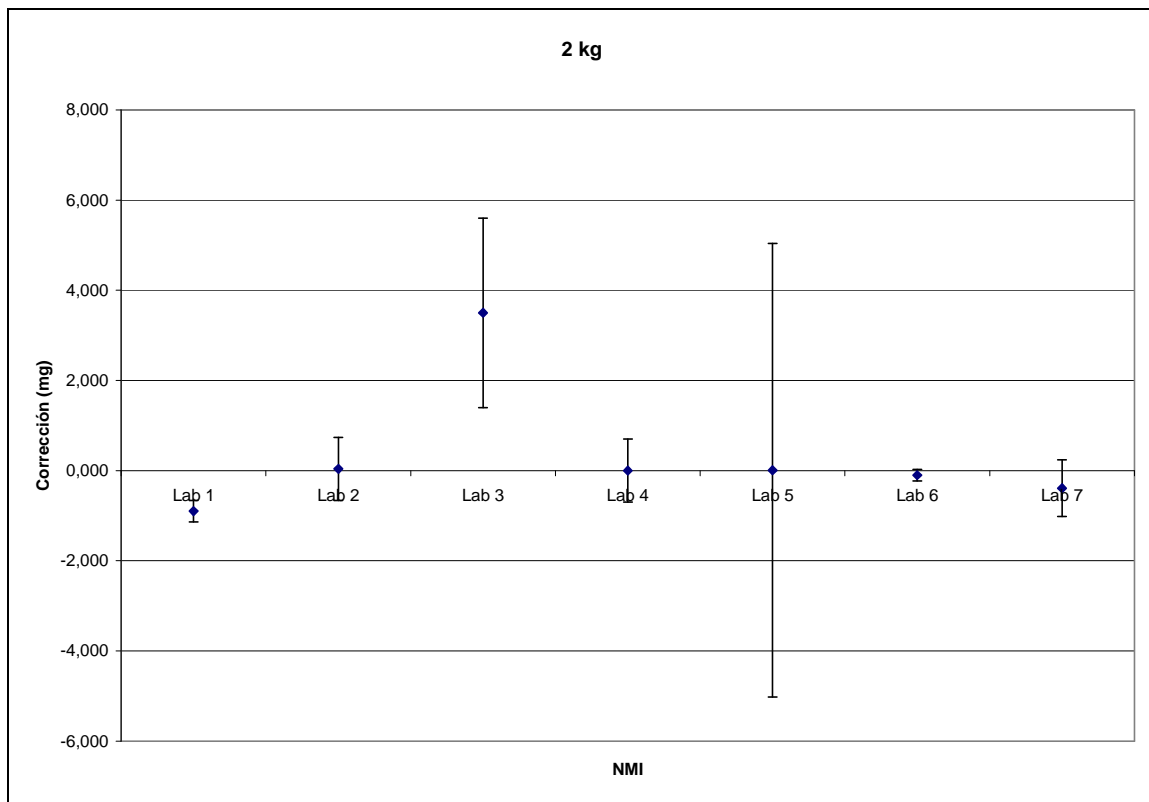
- 15.1 OIML, Recommendation R 111-1, Weights of classes E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3, and M3, Part 1: Metrological and technical requirements, 2004.
- 15.2 Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medida (BIPM-IEC-IFCC-ISO-IUPAC-IUPAP-OIML), 1993.
- 15.3 Interlaboratory Mass Comparison between laboratories belonging to SIM – Sub-Region coordinate by CENAM, Mexico. Final Report SIM.7.31a-SIM.7.31b, CENAM-2006.
- 15.4 ISO 13528:2005, Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. First Edition, 2005-09-01. Sec 7.5, pág 28.
- 15.5 ISO/IEC Guide 43-1 and 2:1997, Proficiency Testing by Interlaboratory Comparisons. SCC, Nov 2001. Anexo A, A.2.1.4, pág 16; A.3.1.1, pág 17 y 18.
- 15.6 Cox, M. G., The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset, Metrología 39, 2002, pág 589-595.
- 15.7 Cox, M. G., The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset, Metrología 44, 2007, pág 187-200.
- 15.8 Becerra, Luis O., Incertidumbre en la Calibración de pesas por el método ABBA, CENAM, 2004

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41

38 de 43

Anexo A Gráficos

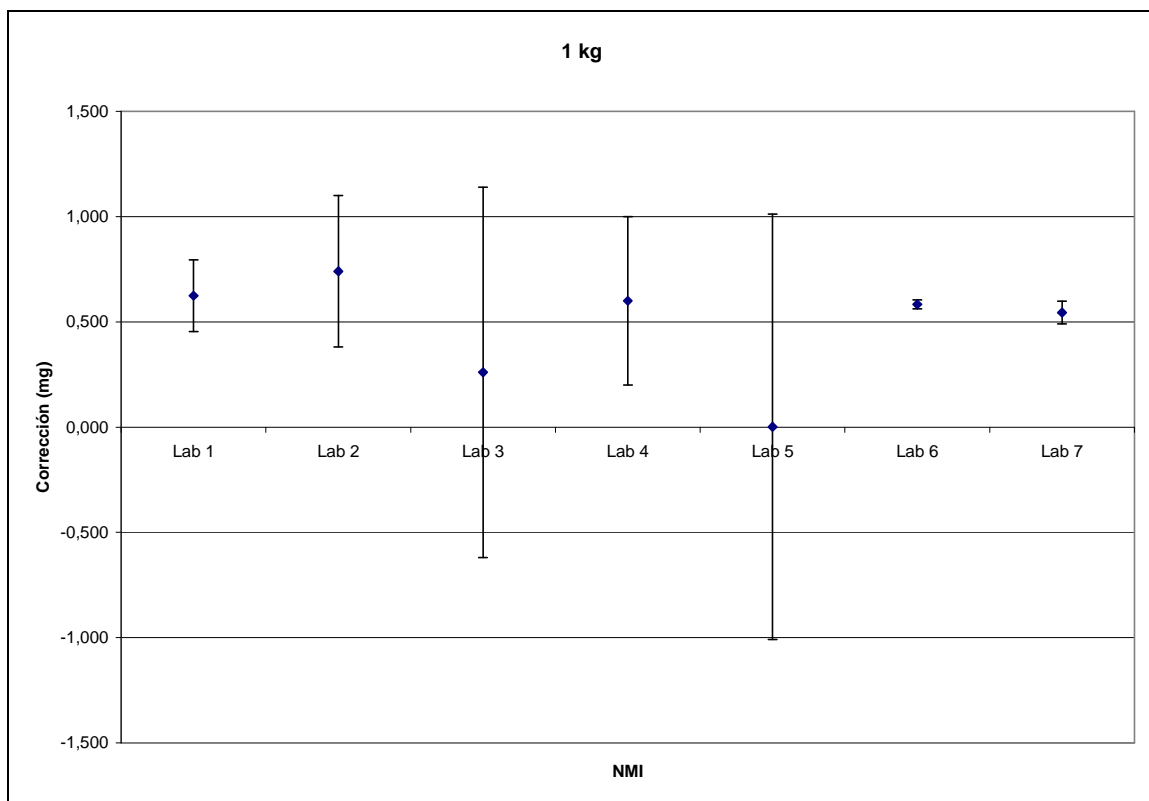
Pesa de 2 kg



SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41

39 de 43

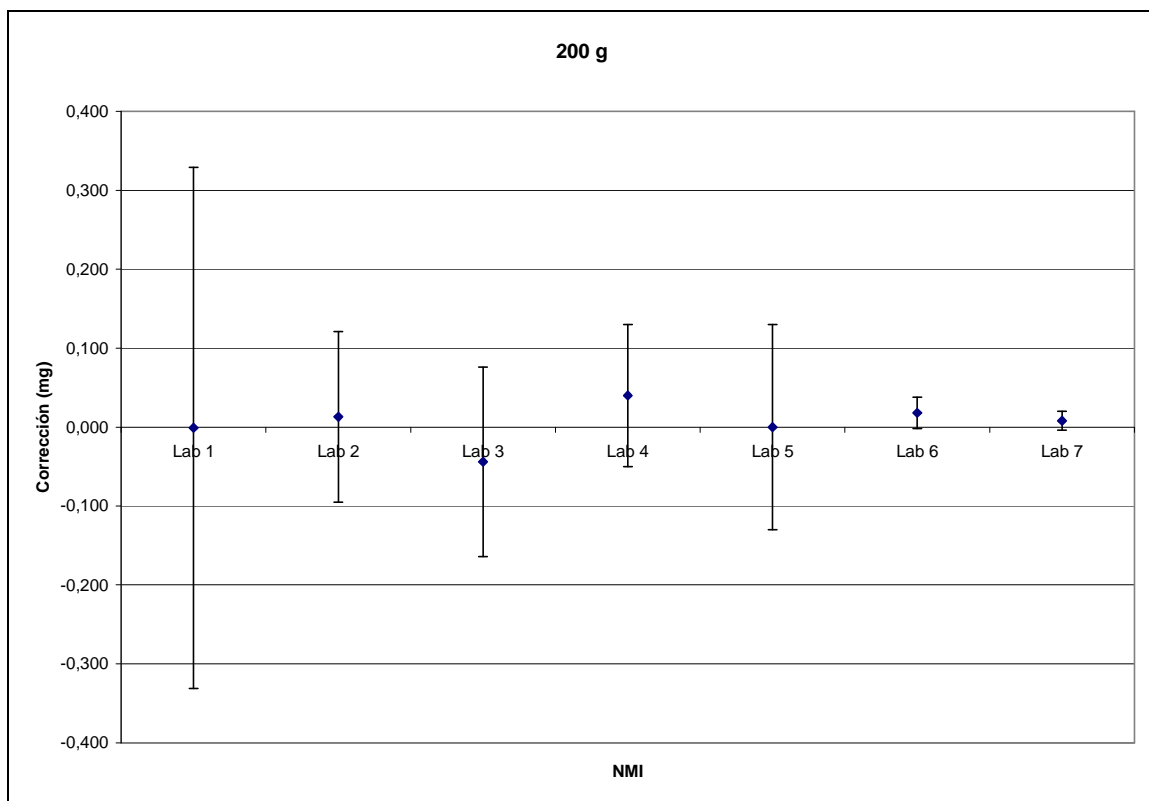
Pesa de 1kg



SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41

40 de 43

Pesa de 200 g

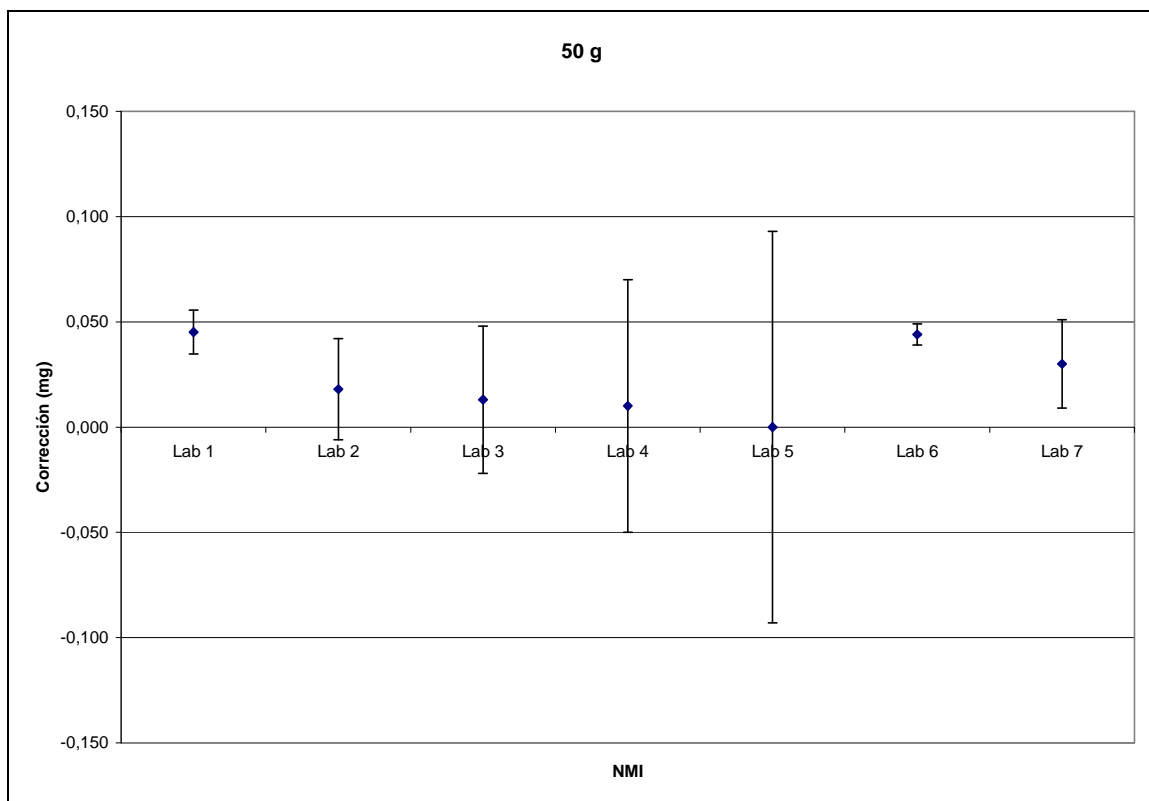




SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41

41 de 43

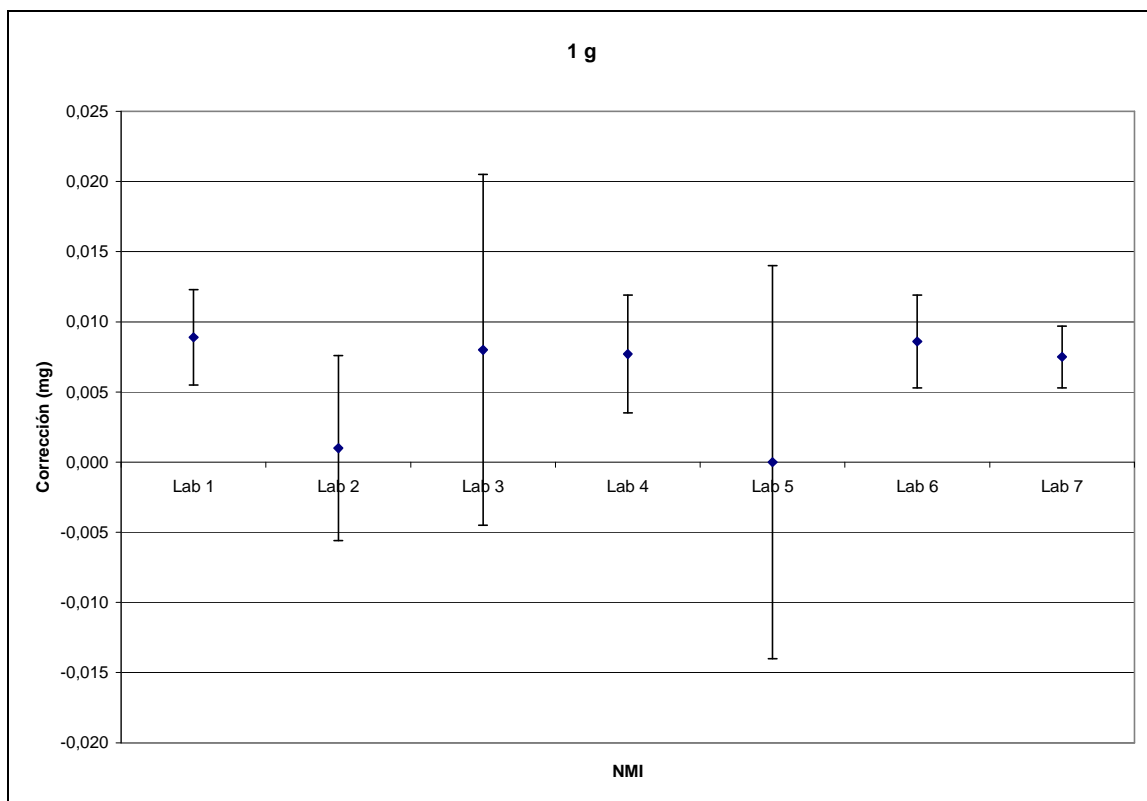
Pesa de 50 g



SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
SIM.7.41

42 de 43

Pesa de 1 g



SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGÍA (SIM)  
“Mass and Related Quantities Working Group”, SIM-MWG7  
Informe B - Informe de resultados  
Comparación Piloto en calibración de pesas para Laboratorios de Masas de  
los Institutos Nacionales de Metrología de la región de CAMET  
**SIM.7.41**

43 de 43

Pesa de 200 mg

