

# COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE CALIBRACIÓN DE UNA BASCULA CAMIONERA DE 50 T APLICANDO LA GUÍA EMA-CENAM

Canalejo<sup>1</sup> P., Suárez<sup>2</sup> J., Rojas<sup>3</sup> E., Hurtado<sup>4</sup> G.

<sup>1</sup>Internacional de Bienes, Servicios e Ingeniería, S.A. de C.V. (IBSEI) [info@ibsei.com](mailto:info@ibsei.com)

<sup>2</sup>Inpros, S.A. de C.V. ; Contreras E., Ingeniería en Sistemas y Pesaje, S.A. de C.V.

<sup>3</sup>Seitok de México, S.A. de C.V, Escalante, P. A., Asesoría Integral de Basculas, S.A. de C.V.

<sup>4</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Industrial, S.A. de C.V.

**Resumen:** De conformidad con el requisito 5.9 de la NMX-EC-17025-IMNC-2006 y la Política de Ensayos de Aptitud la entidad mexicana de acreditación, un grupo de laboratorios acreditados para la calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático acordaron la realización de una comparación interlaboratorios con valores conocidos que consistió en la comparación de los resultados obtenidos por los participantes para la curva característica de una balanza de 50 t x 10 kg calibrada previamente por uno de los participantes.

## 1. INTRODUCCIÓN

Aprovechando la participación de un grupo de laboratorios acreditados en masa para calibrar instrumentos para pesar de funcionamiento no automático en un ejercicio de comparación de sus procedimientos de estimación de los errores de indicación y sus incertidumbres aplicando el método de comparación directa en una balanza de 200 g, [1], se realizó un ejercicio similar con una bascula camionera, aplicando cargas de sustitución.

La comparación fue organizada por Internacional de Bienes, Servicios e Ingeniería, S.A. de C.V. (IBSEI) que, después de la reunión de conclusiones de los resultados del ejercicio, fue designado por los participantes como laboratorio piloto por considerarse que su procedimiento era el mas apegado a la Guía de calibración [2] (en lo adelante Guía).

IBSEI elaboró el protocolo de la comparación y calibró una báscula camionera hasta 50 t, cuyo registro de calibración fue utilizado como objeto del ensayo.

Se invitó a otros 5 laboratorios acreditados en alto alcance que aceptaron su participación y recibieron el protocolo y el objeto del ensayo. El ejercicio se desarrolló de acuerdo a un programa de actividades contenido en el protocolo enviado a los participantes. Cada laboratorio evaluó el objeto del ensayo durante una semana, aplicando sus propios procedimientos de cálculo. Los laboratorios enviaron sus resultados por correo electrónico a IBSEI de la forma en que fueron solicitados.

Centro Nacional de Metrología

Los detalles de la organización de la comparación se presentan en la sección 2 de esta ponencia, en la que se presentan además los resultados del ejercicio y su análisis en la sección 3, así como algunas conclusiones y recomendaciones en la sección 4. La bibliografía usada como referencia se presenta al final de la ponencia.

## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de la comparación fueron:

- Aplicar los procedimientos propios para evaluar el objeto del ensayo de conformidad con la Guía
- Evaluar los procedimientos para detectar posibles inconsistencias con la Guía
- Evaluar el impacto de la aplicación de diferentes criterios de estimación de las correcciones y sus incertidumbres en la concordancia de los resultados, y
- estimar el grado de concordancia de los resultados.

## 3. ORGANIZACIÓN

La comparación fue organizada por IBSEI, cuyo representante envió una invitación a otros 5 laboratorios acreditados en alto alcance que aceptaron su participación. IBSEI proporcionó el protocolo del ejercicio [3] y el objeto del ensayo, consistente en el registro de calibración de una bascula camionera que calibró considerando una carga máxima de calibración de 50 t.

Todos los laboratorios recibieron y evaluaron el objeto del ensayo aplicando sus procedimientos

SM2010-S3A-4

de cálculo. Las características e imagen de la báscula se muestran en Tabla 1 y la Figura 1, respectivamente.

**Tabla 1. Características de la báscula calibrada**

Báscula	Camionera
Fabricante	Toledo
Indicador	8530
Capacidad Máxima	80 t
División de escala	10 kg
Receptor de carga	18 m x 3 m



Fig. 1. Báscula camionera

Los datos de los laboratorios participantes y el objeto del ensayo se muestran en las Tablas 2 y 3, respectivamente.

**Tabla 2. Laboratorios participantes**

No.	Razón Social
1	Centro de Investigación y Desarrollo Industrial
2	Asesoría Integral de Basculas, SA de CV
3	Ingeniería en Sistemas y Pesaje, SA de CV
4	Inpros, SA de CV
5	Seitonk de México, SA de CV
6	Internacional de Bienes, Serv. e Ingeniería SA de CV

**Tabla 3. Datos de la calibración**

Ajuste	Realizado antes de la calibración					
Condiciones ambientales promedio	Temp °C		HR %		Presión hPa	
	inicial	final	inicial	final	inicial	final
	26,1	27,2	40	38	782,6	782,7
Prueba de excentricidad						
Todas las lecturas sin carga ajustadas a cero						
Carga de prueba 19 980 kg						
Zona	1	2	3	4	5	6
I (t)	19,98	19,98	19,99	19,99	19,98	19,98
Prueba de repetibilidad						
Todas las lecturas sin carga ajustadas a cero						
Carga de prueba 19 980 kg						
Prueba	1		2		3	
I (t)	19,99		19,99		19,98	
Prueba de exactitud						
Todas las lecturas sin carga no mayores de 1 división						
Carga (t)	10	20	30	40	50	
I (t)	10,01	20,01	30,01	40,02	50,02	
Sustitución (t)	10	20	30	40		
I (t)	10,01	20,01	30,01	40,01		

La calibración de la báscula fue realizada empleando los patrones y el camión de IBSEI y otras cargas de sustitución aportadas por Ingeniería en Sistemas y pesaje SA de CV (ISP). Los datos de los patrones, el equipo auxiliar y las cargas de sustitución se muestran en las Tablas 4 y 5 respectivamente.

**Tabla 4. Datos de los patrones y equipos.**

Patrón	20 pesas paralelepípedas
Valor Nominal	500 kg
Clase de exactitud	M <sub>1</sub> (OIML R111 M1 M <sub>3</sub> n=10000 (NOM-38-SCFI-2000))
Material	Acero Laminado
Densidad promedio	6 800 kg/m <sup>3</sup>
Identificación	PIP 01-20
Calibrado por	ISP
Informe de Calibración	ICM-094/08

Id (PIP)	Valor nominal	Valor convencional	Incertidumbre k = 2
	kg	kg	g
01	500	500.007	8,3
02	500	500.005	8,3
03	500	500.008	8,3
04	500	500.007	8,3
05	500	500.006	8,3
06	500	500.011	8,3
07	500	500.010	8,3
08	500	500.012	8,3
09	500	500.010	8,3
10	500	500.008	8,3
11	500	500.012	8,3
12	500	500.010	8,3
13	500	500.010	8,3
14	500	500.008	8,3
15	500	500.009	8,3
16	500	500.010	8,3
17	500	500.007	8,3
18	500	500.006	8,3
19	500	500.006	8,3
20	500	500.011	8,3
Total	10 000	10 000.173	166

Equipo	Meteoro metro digital		
Alcances	Temperatura	Humedad	Presión
		0 a 50 °C	0 a 90 %
División mínima	0,1 °C	1 %	0,1 hPa
Fabricante	Davis		
Modelo	Perception II		
Error	- 0,77 °C	1,6 %	- 1,93 hPa
Incertidumbre	± 0,19	± 1,6 %	± 0,31
Identificación	SMA 003		
Calibrado por	Metas		
Informe de Calibración	MA-HTP-848/10		

**Tabla 5. Cargas de sustitución**

Id.	Tipo de carga	Propietario	Masa convencional (kg)
CS1	Camión	IBSEI	9 980
CS2	Camión	ISP	19 850
CS3	10 pesas de 1 t	ISP	10 000

Nota: Las cargas de sustitución fueron ajustadas con pesas paralelepípedas M1 de 20 y 10 kg propiedad de IBSEI (Ver Figura 3).

Los patrones de 500 kg empleados en la calibración y las pesas de 20 y 10 kg empleadas para ajustar las cargas de sustitución se muestran en las Figuras 2 y 3, respectivamente.



Fig.2 Patrones de 500 kg de IBSEI



Fig. 3. Patrones de 20 y 10 kg de IBSEI

El esquema de pesada empleado para la calibración se ilustra en la Tabla 6. En la Tabla 6, la participación de los patrones y las cargas de sustitución para conformar las cargas de prueba se representa con el número 1 mientras que el 0 significa que no participan. En la primera columna se indican las cargas de prueba. Las cargas de sustitución se identifican de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5.

Tabla 6. Esquema de pesada usado en la calibración

	Patrones	CS1	CS2	CS3
10 t	1	0	0	0
10 t	1	0	0	0
10 t	0	1	0	0

20 t	1	1	0	0
20t	0	0	1	0
30 t	1	0	1	0
30 t	0	1	1	0
40 t	1	1	1	0
40 t	0	1	1	1
50 t	1	1	1	1

El ejercicio se desarrolló durante el mes de mayo del 2010. La información de todos los participantes fue evaluada por IBSEI. Los resultados del ejercicio fueron presentados en una reunión de clausura en donde los participantes acordaron considerar como referencia el procedimiento aplicado por IBSEI. En la reunión se esclarecieron dudas y algunos participantes decidieron tomar algunas acciones para corregir las desviaciones detectadas.

### 3. Análisis de los resultados

Por razones de confidencialidad los resultados de cada participante fueron identificados con un número del 1 al 5.

#### 3.1 Procedimiento de referencia [4]

Los errores de indicación para cada carga ( $E_n$ ) fueron estimados como la diferencia entre las indicaciones corregidas  $(I_{corr})_n$  y la carga de referencia ( $L_{Tn}$ ).

$$E_n = (I_{corr} - L_T)_n \quad (1)$$

Todas las indicaciones corregidas se calculan como la diferencia entre la indicación con carga cuando se colocan los patrones y el promedio de las indicaciones sin carga al inicio y al final de la prueba, ya que los mejores estimados de las demás correcciones aplicables se consideran iguales a cero.

La masa de la carga referencia se estima por la expresión:

$$L_{Tn} = n \cdot m_{ref} + \left[ \sum_{n=1}^5 (\Delta I)_{n-1} \right] \quad (2)$$

donde:

- n representa a la cantidad de veces que se colocan los patrones (de 1 a 5),
- $m_{ref}$  es la masa de referencia, y
- $\Delta I$  la diferencia entre las indicaciones de la báscula al colocar los patrones y las carga de sustitución en cada enlace.

Las cargas de sustitución se ajustan con pesas M1 de modo que todas las  $\square I$  son iguales a cero.

La masa de referencia en cada enlace se estima como la suma de las masas convencionales de las pesas (Ver total en la Tabla 4), ya que de conformidad con las recomendaciones de la Guía los mejores estimados de las correcciones por deriva, empujes del aire y convección se consideran iguales a cero.

Las incertidumbres asociadas a los errores de indicación se declaran expandidas con un factor de cobertura  $k = 2$ . Las incertidumbres estándar combinadas se estiman como la raíz cuadrada positiva de las varianzas. Las varianzas se estiman como la suma de las varianzas de la indicación corregida y la masa de referencia.

$$u^2(E_n) = u^2 I_{\text{corr}/n} + u^2 L_{Tn} \quad (3)$$

Las varianzas de las indicaciones corregidas se estiman como la suma de las varianzas por:

- redondeo de las indicaciones con carga y sin carga,
- variabilidad de las indicaciones
- efecto de la colocación excéntrica de las cargas
- histéresis o no retorno de la indicación a cero (deriva del cero)

La primera componente se estima asumiendo una distribución triangular con límites simétricos  $\pm 0,5$  divisiones de escala. La segunda, como la desviación estándar de las lecturas registradas en la prueba de repetibilidad. La tercera, asumiendo una distribución rectangular con límites simétricos ( $\partial_{\text{exc}}$ ) iguales a:

$$\partial_{\text{exc}} = \pm \frac{(I_{\text{corr}})_n \cdot |\Delta I_{\text{max}}|_{\text{exc}}}{2 \cdot L_{\text{exc}}} \quad (4)$$

donde:

- $(I_{\text{corr}})_n$  es la indicación corregida que corresponde a la carga de prueba  $L_{Tn}$  usada en la prueba de exactitud,
- $\square I_{\text{max}}|_{\text{exc}}$  el modulo de la diferencia máxima obtenida en la prueba de excentricidad, y
- $L_{\text{exc}}$  la carga de prueba usada en la prueba de excentricidad

La cuarta y última, se estima como una distribución rectangular con límites simétricos ( $\partial_{\text{hist}}$ ) iguales a:

$$\partial_{\text{hist}} = \pm \frac{(I_{\text{corr}})_n \cdot |\Delta I_0|}{\text{Max}'} \quad (5)$$

donde:

- $\square I_0$  es el modulo de la diferencia entre las lecturas final e inicial sin carga, y
- $\text{Max}'$  50 t

La varianza de la carga de prueba en cada enlace se estima por:

$$u^2 L_{Tn} = n^2 \cdot u^2(m_{\text{ref}}) + 2 \cdot \sum_{n=1}^5 u^2(I_{\text{corr}/n-1}) \quad (6)$$

La varianza de las indicaciones corregidas se estima de la manera ya descrita en este apartado y la varianza de la masa de referencia de las cargas de prueba, se estima como la suma de las varianzas por:

- la masa convencional (Ver Tabla 4),
- la deriva de la masa convencional,
- el empuje del aire sobre los patrones y las cargas de sustitución, y
- el efecto de convección.

La primera componente se estima dividiendo la suma de las incertidumbres expandidas entre el factor de cobertura declarados en el Informe de Calibración de las pesas. La segunda, asumiendo una distribución rectangular con límites simétricos iguales a 1/3 de la suma de las incertidumbres expandidas de las pesas. La tercera es la suma de dos componentes: el empuje del aire sobre los patrones y el empuje del aire sobre las cargas de sustitución.

La contribución por empuje sobre los patrones se estima asumiendo una distribución rectangular con límites simétricos iguales a 0,25 emt (suma de los errores máximos tolerados de las pesas).

La contribución por empuje del aire sobre las cargas de sustitución se estima asumiendo una distribución rectangular con límites simétricos ( $\partial_{\text{emp}}$ ) iguales a :

$$\partial_{\text{emp}} = \pm (I_{\text{corr}})_n \cdot L_{\text{sub}} \cdot \frac{\Delta \rho_a}{\rho} \quad (7)$$

donde:

- $L_{sub}$  es la masa convencional de la carga de sustitución (Ver Tabla 5),
- $\rho_a$  la variación de la densidad del aire durante la calibración y
- $\rho$  la densidad del material de la carga de sustitución

De conformidad con G3.5.4 de la Guía, la variación de la densidad del aire se puede calcular por la expresión:

$$\Delta\rho_a = \rho_{a,max} - \rho_{a,min} \tag{8}$$

donde:

$$\rho_{a,max} = \frac{0,34848 \cdot p_{max}}{273,15 + t_{min}} \tag{9}$$

y

$$\rho_{a,min} = \frac{0,34848 \cdot p_{min}}{273,15 + t_{max}} \tag{10}$$

### 3.2 Procedimientos de los 5 laboratorios invitados

Los procedimientos de los otros 5 laboratorios participantes fueron diseñados con bases en las interpretaciones de cada laboratorio sobre los lineamientos de la Guía. Durante la revisión de los procedimientos y sus resultados se detectaron inconsistencias con la Guía y desviaciones con respecto al procedimiento de referencia. Las desviaciones se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7** Desviaciones de los procedimientos de los participantes

No.	Desviaciones
1	Contribución por repetibilidad incorrecta. No considera el valor de $L_{Tn}$ ni su incertidumbre. No considera la contribución por histéresis ni el empuje del aire sobre las cargas de sustitución.
2	Contribución por empuje del aire incorrecta. No considera el valor de $L_{Tn}$ ni su incertidumbre. No considera la contribución por histéresis ni el empuje del aire sobre las cargas de sustitución. Cálculo del error y su incertidumbre incorrectos.
3	Presupuesto de incertidumbres incorrecto (combina incertidumbres absolutas con incertidumbres relativas). No considera el valor de $L_{Tn}$ ni su incertidumbre. No considera la contribución por histéresis ni el empuje del aire sobre las cargas de sustitución.
4	Contribución por empuje del aire incorrecta. Contribución por deriva incorrecta. No considera el valor de $L_{Tn}$ ni su incertidumbre. No considera la

	contribución por histéresis ni el empuje del aire sobre las cargas de sustitución.
5	No considera la contribución por histéresis ni el empuje del aire sobre las cargas de sustitución.

En la Tabla 7 se aprecia que los laboratorios no usaron un modelo de calibración adecuado o completo, teniendo en cuenta el método de calibración empleado.

Los laboratorios del 1 al 4 no consideraron en sus modelos de calibración el valor de  $L_{Tn}$  y su incertidumbre debido a una interpretación incorrecta de la Guía.

Ninguno de los laboratorios consideró las contribuciones por histéresis y empuje del aire sobre las cargas de sustitución. Estas contribuciones, aun cuando son despreciables en este ejercicio, pueden llegar a tener una influencia importante cuando se aplican cargas de sustitución.

El impacto de las desviaciones mencionadas en la incertidumbre obtenida por los laboratorios no es significativo debido a que en este ejercicio, el peso de las contribuciones sobre la incertidumbre es despreciable.

En la Tabla 7 se puede apreciar también que los procedimientos de algunos participantes mostraron inconsistencias en la estimación del error y su incertidumbre. En particular el participante 3 evidenció desviaciones importantes. El impacto de estas desviaciones sobre el error y la incertidumbre tiene una mayor significación, como se aprecia en la Tabla 8.

Algunos de los laboratorios realizan estimaciones diferentes de las consideradas en el procedimiento de referencia, igualmente consistentes con la Guía. El impacto de estas consideraciones diferentes en los resultados y la incertidumbre es despreciable, debido a que se realizan para estimar las correcciones por empuje del aire, deriva y convección, cuyos pesos en la incertidumbre son relativamente bajos.

El Informe de resultados y el número confidencial asignado fueron informados a cada participante. Todos los procedimientos y las desviaciones encontradas fueron presentados en la reunión de conclusiones del ejercicio. También se presentaron los resultados y la evaluación de su consistencia. Las conclusiones permitieron a los

participantes tomar las acciones que consideraron oportunas para corregir las desviaciones encontradas.

3.3. Resultados

Los resultados del ejercicio se presentan en la Tabla 8, que en la primera columna muestra las cargas evaluadas. Los pares de filas que siguen muestran los resultados obtenidos por IBSEI y los otros 5 participantes.

**Tabla 8. Resultados de la comparación**

Carga evaluada	IBSEI		1		2		3		4		5	
	e	U	e	U	e	U	e	U	e	U	E	U
0 t	0.0	13.0	0.0	8.8	0.0	14.1	0.0	8.3	0.0	14.2	0.0	13.0
10 t	9.8	13.0	9.8	12.4	9.8	14.2	15.9	8.9	9.8	14.5	9.8	13.0
20 t	9.7	23.5	9.7	19.4	9.7	24.7	11.0	10.3	10	25.6	9.7	24.0
30 t	9.5	31.6	9.5	26.6	9.5	32.1	6.2	12.3	10	34,2	9.5	32.0
40 t	19.3	39.3	19.3	33.8	19.3	38.5	11.3	14.7	20	42.2	19.3	40.0
50 t	19.1	47.2	19.1	40.7	19.1	44.6	6.4	17.3	20	50.3	19.1	48.0

Los números que encabezan cada par de filas coinciden con los números de la Tabla 7, pero no con los indicados en la Tabla 2. De esta manera se garantiza la confidencialidad de los resultados. Los pares de filas, muestran el error y la Incertidumbre expandida.

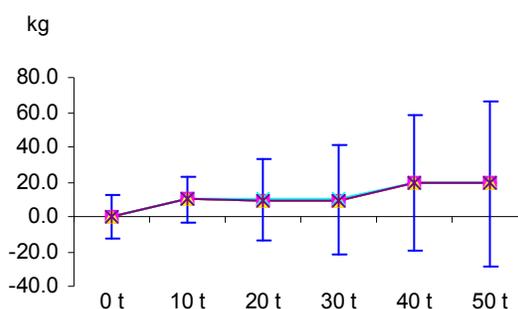
Los resultados en la Tabla 8 nos permiten observar lo siguiente:

Los laboratorios 1 y 2 obtuvieron los mismos errores de indicación que el piloto, sin embargo el 1 obtuvo incertidumbres menores que el piloto debido a las desviaciones detectadas en su procedimiento (Tabla 7 fila 1)

El laboratorio 3 obtuvo resultados muy diferentes al piloto y al resto de los participantes, mostrando inconsistencias importantes en la estimación de las correcciones y las incertidumbres; de manera resumida se presentan en la Tabla 7 fila 3.

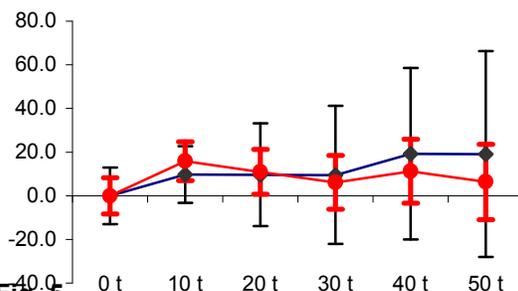
El laboratorio 4 obtuvo errores de indicación e incertidumbres ligeramente mayores a las del piloto; las razones fundamentales se muestran en la Tabla 7 fila 4, y el laboratorio 5 obtuvo resultados muy similares a los del piloto.

Los errores y las incertidumbres obtenidas por el piloto y los laboratorios 1, 2, 4 y 5 son muy similares como se muestran en la Figura 4 en la que todas las curvas características obtenidas prácticamente se solapan.



**Fig. 4** Resultados del laboratorio piloto y los participantes 1, 2, 4 y 5.

En la Figura 5 se muestran los resultados del laboratorio 3 (en rojo) y el laboratorio piloto (en negro). La desviación de los errores y la subestimación de la incertidumbre obtenidos por el laboratorio 3 es apreciable aun cuando, todos los resultados se traslapan.



**Fig. 5** Resultados del laboratorio piloto y el participantes 3.

La Figura 5 nos muestra la presencia de posibles valores atípicos o fuera de rango y que para este ejercicio el error normalizado no es un estimador apropiado de concordancia. Se calcularon todos los valores del error normalizado considerando los

resultados de todos contra todos y de todos contra el laboratorio piloto y todos los valores son muy inferiores a 1.

Para evaluar la consistencia de los errores informados se calcularon los estadísticos de la prueba de Grubbs [5] para el dato mayor ( $G_p$ ) y menor ( $G_l$ ) en todas las cargas evaluadas:

$$G_p = \frac{(x_p - \bar{x})}{s} \quad (11)$$

y

$$G_l = \frac{(\bar{x} - x_l)}{s} \quad (12)$$

Los estimados de la prueba de Grubbs para todas las cargas evaluadas por los laboratorios 1, 2, 4 y 5 son menores que el valor crítico para el 5 % (1,8887).. Sin embargo, para el laboratorio 3, todos los estimados de la prueba para las cargas evaluadas exceden los valores críticos para el 1 % (1,973), de modo que todos los valores declarados por el laboratorio 3 se consideran fuera de rango.

Para evaluar la consistencia de las varianzas se estimaron los valores de la prueba F de una sola cola, para cada laboratorio con respecto al laboratorio piloto [6].

Los valores de la prueba F para todos los laboratorios son menores que el valor crítico de la prueba para una probabilidad del 95 %.

En el caso del laboratorio 3, aun cuando los valores de incertidumbre obtenidos son muy bajos y diferentes de los valores obtenidos por el piloto y los demás laboratorios participantes (Ver Tabla 8), se debe aceptar la hipótesis nula de que las varianzas son concordantes para una probabilidad del 95 %, ya que no se rebasan los valores críticos.

Este resultado se sustenta en el hecho de que los grados de libertad efectivos de las varianzas obtenidas por todos los laboratorios son muy bajos, debido a que por la complejidad y el costo de las pruebas de calibración de las básculas camioneras se recomienda realizar solo 3 mediciones en la prueba de repetibilidad).

Finalmente, es importante señalar que en todos los casos las desviaciones con respecto a los resultados del laboratorio piloto no son mayores debido a que:

- Las diferencias en las indicaciones del instrumento al colocar los patrones y luego la carga de sustitución son todas cero,
- La contribución por histéresis es despreciable debido al comportamiento del instrumento durante la calibración, y
- La contribución por el empuje del aire sobre las cargas de sustitución es despreciable, debido a que las condiciones ambientales se mantuvieron casi constantes durante la calibración y a que las cargas usadas tienen una densidad muy similar y similar a la del hierro o el hierro colado.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los objetivos de la comparación fueron cumplidos. Los laboratorios aplicaron sus propios procedimientos para evaluar el objeto del ensayo y los resultados fueron evaluados por uno de los participantes, designado por consenso como laboratorio piloto.

Se detectaron inconsistencias en los procedimientos de algunos laboratorios con los lineamientos de la Guía, que fueron informados oportunamente para la toma de acciones correcciones. En la Tabla 7 de esta ponencia se describen las mas relevantes.

Algunos laboratorios usaron criterios para estimar las correcciones y sus incertidumbres asociadas, diferentes a los usados por el piloto. El impacto de estas diferencias en la concordancia de los resultados de la prueba no es significativo.

Los laboratorios 1, 2, 4 y 5 obtuvieron resultados satisfactorios. Los resultados del laboratorio 3 no fueron satisfactorios. No obstante, todos los laboratorios deben prestar atención especial a las inconsistencias detectadas en sus procedimientos, ya que esto les permitirá obtener resultados satisfactorios en un ejercicio de intercomparación futuro en el que el objeto del ensayo sea igual al del ejercicio realizado o sea un ejercicio completo que incluya la calibración de una bascula y la evaluación de los resultados.

Los participantes consideraron el ejercicio de mucha utilidad para detectar las inconsistencias de sus procedimientos y tomar las acciones necesarias para corregirlas, debido a su alta efectividad y bajo costo. Por eso es recomendable desarrollar un ejercicio similar con otros laboratorios acreditados en México y otros países interesados.

También es recomendable que se repita el ejercicio para los laboratorios que presentaron inconsistencias en sus procedimientos y aplicaron las acciones para corregirlas.

## REFERENCIAS

- [1] Comparación de los resultados de calibración de una balanza de 200 g aplicando la Guía ema-CENAM. Canalejo P., Suárez J., Contreras E, y colaboradores, México DF, 2010.
- [2] [2] Guía técnica de Trazabilidad e incertidumbres en masa. Calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático. ema/CENAM, México, 2008
- [3] Protocolo de la inter comparación “Evaluación de los datos de calibración de instrumentos para pesar no automáticos de alto alcance”, Ciudad de México, Mayo del 2010
- [4] IBSI-PC-007 Versión 3/2010 Procedimiento de Calibración de Instrumentos para Pesar de Funcionamiento no Automático. Parte 1. Y Parte 2 Evaluación de Incertidumbres.
- [5] Norma Mexicana NMX-CH-5725-2-IMNC-2006 “Exactitud (veracidad y precisión) de resultados y métodos de medición – Parte 2: Método básico para la determinación de la repetibilidad y la reproducibilidad de un método de medición normalizado”
- [6] Experimental Statistics, Mary G. Natrella, Handbook 91 United States Department of Commerce, Technology Administration, NIST.
- [7] Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-EC-17043-IMNC-2010 Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud.