

Verificación de básculas camioneras

Dr. Patricio Solís Barrantes
Ing. Hugo Vargas Rodríguez
Unidad de Aseguramiento de Calidad

1. Introducción

Los instrumentos de medición controlados se verifican para determinar si las mediciones que se realizan con ellos son correctas y se practican de acuerdo con lo establecido en los reglamentos aprobados, y en defecto de ellos, de acuerdo con lo establecido en las recomendaciones correspondientes de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML).

El control metrológico es el procedimiento seguido con el fin de verificar si un método o medio de medición cumple con las exigencias definidas en los reglamentos metrológicos.

Los instrumentos que están sometidos a control metrológico son los que se utilizan en transacciones comerciales, para determinar el precio de un bien o servicio, para remuneraciones de labores personales, para actividades que pueden afectar la vida, salud o medio ambiente, en actividades judiciales, legales o administrativas entre otras.

Cuando un instrumento de medición cumple con las especificaciones del reglamento y se determina que el resultado de la medición es correcto, se le otorga un sello o rótulo mediante el cual se indica que ha sido verificado y que es apto; de lo contrario, el instrumento es inmovilizado mediante un sello o etiqueta, se deja fuera de servicio hasta tanto se verifique que ha sido ajustado para el cumplimiento de los requisitos metrológicos de los reglamentos.

En el sector arrocero costarricense es de vital importancia la verificación de las básculas camioneras, dado que mediante esta labor se asegura el buen funcionamiento de las mismas, las actividades de pesaje de alta calidad y el pago justo por el arroz que se compra y se vende en las agroindustrias arroceras.

Verificación o calibración

Calibración: es el conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones especificadas la relación entre los valores indicados por un aparato o sistema de medición o los valores representados por una medida materializada y los valores correspondientes de la magnitud realizada por los patrones

Verificación: Confirmación objetiva del cumplimiento de requisitos conforme a Normas.

La diferencia que existe entre calibración y verificación en instrumentos para pesar consiste básicamente en que la calibración es muchas veces voluntaria y el

resultado (Certificado de Calibración o Informe de Calibración) establece valores de las pruebas de excentricidad, repetibilidad y linealidad, esta última establece a su vez las correcciones aplicables a la linealidad del instrumento y las incertidumbres asociadas a estas correcciones. No necesariamente se tienen que referir las pruebas a una norma, por lo que no se emite un veredicto acerca del estado del funcionamiento de éste. Por tal motivo el usuario es el responsable de aplicar las correcciones necesarias para el uso adecuado del instrumento.

La verificación es obligatoria generalmente para los instrumentos usados en las transacciones comerciales y se aplican las pruebas de manera similar que en la calibración; el resultado de la verificación es un veredicto de "Pasa" o "No Pasa", acompañado de una calcomanía con la leyenda "Instrumento apto para transacciones comerciales" o "Instrumento No apto para transacciones comerciales" y en este caso se coloca cuando no se puede ajustar, por lo que se inmoviliza el instrumento por no cumplir los errores máximos tolerados para la clase de exactitud correspondientes. En la verificación no necesariamente se entrega al usuario un informe con los resultados de las pruebas.

La calibración de los instrumentos para pesar actualmente los ofrecen los Laboratorios Secundarios y la verificación la ofrecen las Unidades de Verificación.

Las pruebas se pueden aplicar a ambos casos, verificación y calibración, la diferencia estriba básicamente en la forma en que se proporcionan los resultados de una y otra, un certificado de calibración o una aprobación o desaprobación de funcionamiento.

2. Procedimiento de verificación

2.1. Inspección

Antes de iniciar con las pruebas correspondientes a la verificación, se realiza una inspección visual para comprobar la correcta disposición de la báscula:

2.1.1. La plataforma de la báscula no debe estar bloqueada. Es importante realizar una revisión a lo largo de todo el perímetro de la plataforma para garantizar que no haya rozamientos ni esté colisionando con las paredes y ocasione fricción.

2.1.2. Los tablonces se deben encontrar en buen estado y sin rozamiento con las paredes de la fosa, si la hubiere (en el caso de poseer tablonces).

2.1.3. En los casos de existencia de una fosa, que la misma no esté inundada de agua y que se encuentre limpia.

2.1.4. El correcto funcionamiento de los comandos.

2.2. Verificación

Las pruebas que se realizan a este tipo de instrumentos para verificar su funcionamiento son básicamente la prueba de excentricidad, la prueba de repetibilidad y la prueba de linealidad (ascendente y descendente). Los resultados de estas pruebas son los que se comparan con los errores máximos tolerados, dependiendo de la clase de exactitud de los instrumentos en estudio.

En verificaciones iniciales, los instrumentos tienen que cumplir con errores más cerrados, de hecho la mitad de los errores que se les permite para verificaciones de los equipos en servicio.

2.2.1. Prueba de excentricidad

Antes de realizar la carga de los puntos de apoyo, se verifica que la indicación del instrumento sea cero, esta verificación se efectúa antes de iniciar la carga de cada punto de apoyo.

Se coloca en los puntos de apoyo una carga aproximadamente igual a un tercio de la capacidad máxima de la báscula camionera, si los puntos de apoyo (n) de la báscula son menores a 4:

Carga = $1/3$ * Capacidad máxima de la báscula

Si el instrumento cuenta con cuatro o más puntos de apoyo, n , ($n \geq 4$), la fracción $1/(n-1)$ de la capacidad máxima del instrumento es la que se aplicará como carga para la prueba:

Carga = $1/(n-1)$ * Capacidad máxima de la báscula

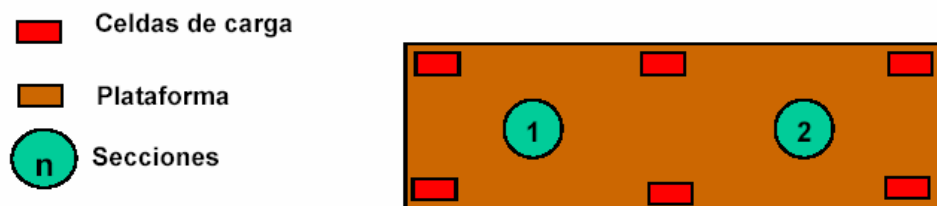
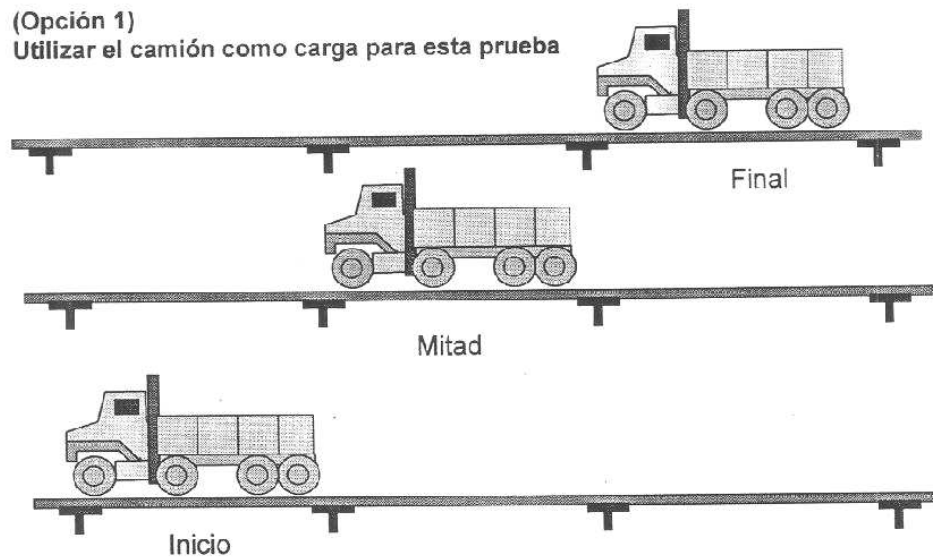
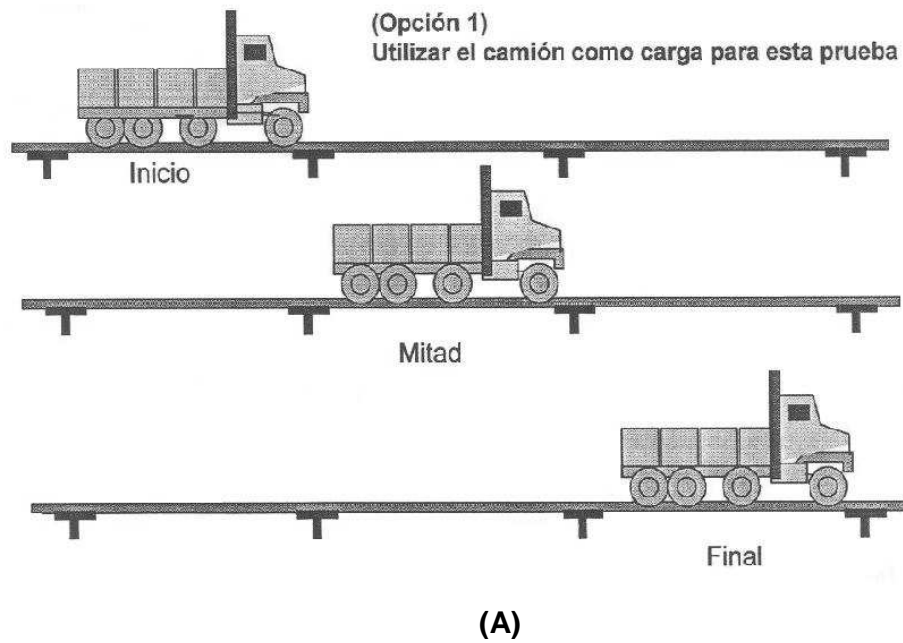


Figura 1: Báscula de plataforma con los puntos de apoyo (celdas de carga), la plataforma y las secciones n

Para efectos prácticos, se considera la capacidad máxima de la báscula el peso máximo que se coloca a la báscula camionera, y no el valor nominal de la capacidad máxima de la misma.

La carga no necesariamente debe consistir de pesas patrón. Esta carga seleccionada (normalmente carga rodante) se aplicará en un sentido y por

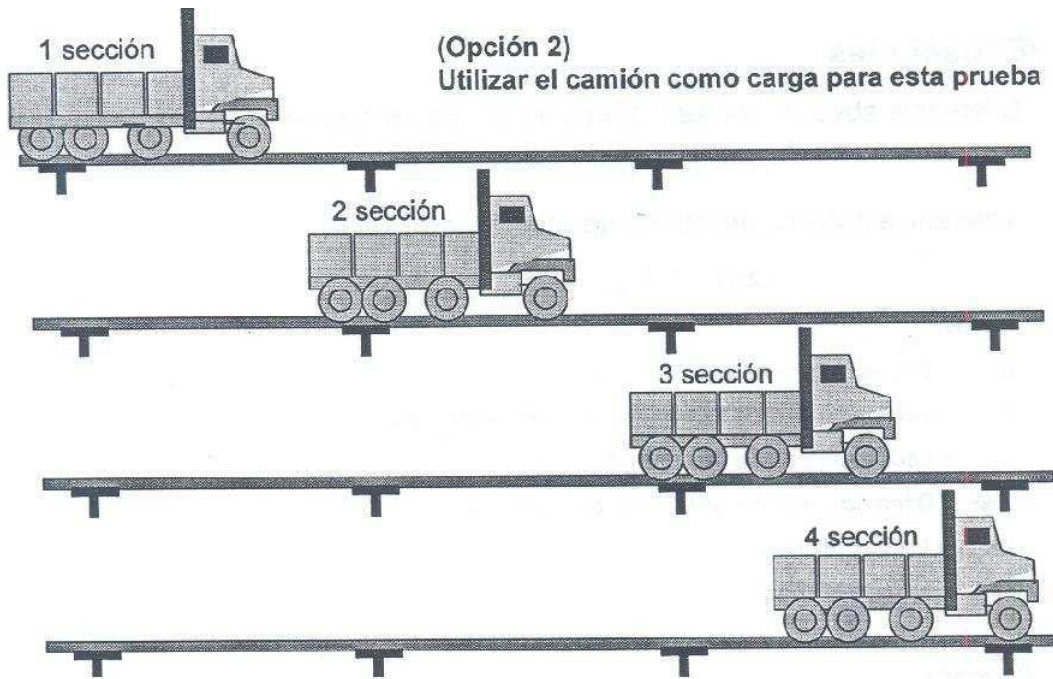
sección (pares de puntos de apoyo) y posteriormente en el sentido inverso (ver figura 2).



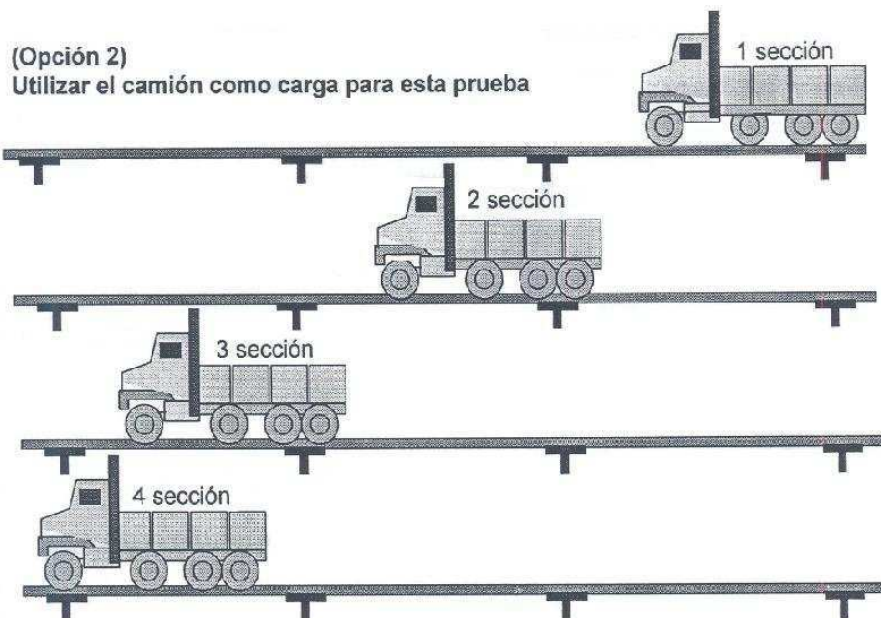
(B) Sentido inverso

figura 2.- Prueba de excentricidad en la que se realiza la comprobación por sección mediante pares de puntos de apoyo. Se puede utilizar un camión o un montacarga como carga.

La segunda opción para realizar la prueba de la excentricidad consiste en efectuar la comprobación por puntos de apoyo, según se observa en la figura 3



(A)



(B)

figura 3.- Prueba de excentricidad en la que se realiza la comprobación por sección en los puntos de apoyo. Se utiliza el camión o montacargas como carga.

Ecuaciones

Diferencia absoluta de las lecturas (en ambos sentidos)

$$D = L1 - L2$$

Diferencia máxima de lectura del instrumento

$$Dmx = |DLmax - DLmin|$$

Donde:

D = Diferencia de lecturas

$L1$ = Lectura en sentido normal de trabajo del instrumento

$L2$ = Lectura en sentido opuesto a $L1$

Dmx = Diferencia máxima de lecturas del instrumento

$DL\ max$ = Lectura máxima

$DL\ min$ = Lectura mínima

Supongamos un ejemplo en el que la masa patrón para la prueba de excentricidad es de 14 toneladas, el resultado de la prueba de excentricidad se obtiene de la siguiente manera:

Tabla 1.- Ejemplo de la prueba de excentricidad

Nº de Sección	Lectura 1 kg	Lectura 2 kg	Promedio de lecturas (kg)
1	14 020	14 020	14 020
2	13 980	14 020	14 000
3	14 000	14 000	14 000

El valor de la excentricidad corresponderá a la diferencia existente entre el valor mayor de los promedios menos el valor más pequeño de éstos.

$$\text{Excentricidad} = 14\ 020\ \text{kg} - 14\ 000\ \text{kg} = 20\ \text{kg}$$

Este resultado es un intervalo, para compararlo contra el Error Máximo Tolerado (EMT) del instrumento debe ser dividido entre 2, ya que el EMT es un semi-intervalo.

Para conocer el EMT se debe clasificar la báscula camionera, según el siguiente apartado:

2.2.1.1. Clasificación de los instrumentos para pesar

Los instrumentos para pesar se clasifican de acuerdo a la NCR 179 en cuatro clases de exactitud:

Especial: I
 Fina: II
 Media: III
 Ordinaria: IIII

Estas clases de exactitud están determinadas de acuerdo al número de escalones de verificación (número de divisiones) que depende de la capacidad máxima del instrumento (kg) y del escalón de verificación (**e**).

$$N = \frac{\text{Max}}{e} \quad (1)$$

En caso de que no se conozca el escalón de verificación (**e**), se calcula de la siguiente manera:

Si $d \geq 10 \text{ mg}$ ó $0,01 \text{ g}$, $e = d$ (caso de las básculas camioneras)
 Si $d \leq 10 \text{ mg}$ ó $0,01 \text{ g}$, $e = 10d$,

Donde **d** es la división mínima de la escala del instrumento

El número de escalones de verificación y la capacidad mínima (valor de la carga por debajo de la cual las mediciones pueden tener un error relativo muy importante) están representados en la Tabla 2, en función de la clase de exactitud.

Tabla 2.- Clasificación de los instrumentos para pesar, aplicado a instrumentos para pesar de la capacidad máxima mayor a 1 tonelada

Clase de exactitud	Número de escalones de verificación		Capacidad mínima Min (Límite Inferior)
	Mínimo	Máximo	
Especial I	50 000	-	100 e
Fina II	5000	100000	50 e
Media III	500	10000	20 e
Ordinaria IIII	100	1000	10 e

Error Máximo Tolerado (EMT)

El EMT es la diferencia máxima, en más o en menos, establecida en la reglamentación o norma respectiva, entre la indicación de un instrumento y el correspondiente valor convencionalmente verdadero, determinado por masas patrones de referencia, con el instrumento estando a cero sin carga y en la posición de referencia.

El error máximo tolerado para verificaciones iniciales, de acuerdo a la OIML R76 de 1992, se presenta en la Tabla 3 (Para verificaciones de los equipos en servicio el error permitido es el doble).

Tabla 3.- Errores máximos tolerados para los instrumentos para pesar

EMT verificaciones iniciales	Para una carga m dada en escalones de verificación e			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IIII
$\pm 0,5e$	$0e \leq m < 50\ 000e$	$0e \leq m \leq 5\ 000e$	$0e \leq m \leq 500e$	$0e \leq m \leq 50e$
$\pm 1e$	$50\ 000e \leq m \leq 200\ 000e$	$5\ 000e \leq m \leq 20\ 000e$	$500e \leq m \leq 2\ 000e$	$50e \leq m \leq 200e$
$\pm 1,5e$	$200\ 000e \leq m$	$20\ 000e \leq m \leq 100\ 000e$	$2\ 000e \leq m \leq 10\ 000e$	$200e \leq m \leq 1\ 000e$

2.2.2. Prueba de repetibilidad

La prueba de repetibilidad nos permite calcular la desviación estándar del instrumento, de los resultados obtenidos en el curso de varias pesadas de una misma carga.

Se recomienda que la prueba de repetibilidad se realice a cargas del 50% de la capacidad máxima del instrumento y al 100% del mismo (ver figura 4). Puesto que la masa que se utiliza para la realización de esta prueba no necesita estar certificada, se puede usar cualquier material, con la única condición de que sea lo suficientemente estable como para que no varíe en el lapso de la prueba.

Se realizan tres mediciones de la carga sobre el centro de la superficie de pesada y se determina la desviación estándar de las 3 lecturas y finalmente la desviación estándar del instrumento, adicionando la componente de división mínima a ésta, ecuación 2.

$$S = \sqrt{S_L^2 + \left(\frac{d}{2\sqrt{3}}\right)^2} \quad (2)$$

donde:

S es la desviación estándar del instrumento

SL es la desviación estándar de las lecturas (3 lecturas), con dos grados de libertad,

d es la división mínima del instrumento.

La desviación estándar de las lecturas se obtiene de la fórmula 3.

$$s_L = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}$$

(3)

donde:

n es el número de lecturas
 \bar{L} es el promedio de las lecturas
 L_i es la lectura i

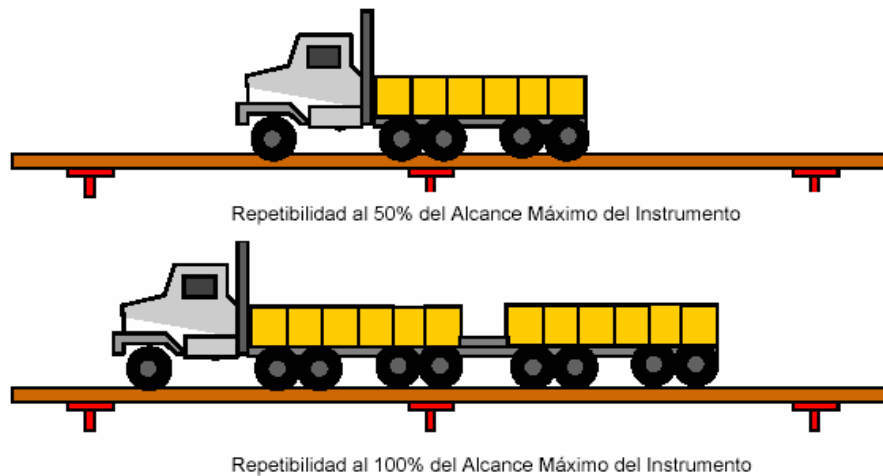


figura 4: Prueba de repetibilidad (Repetibilidad al 50% de la capacidad máxima del instrumento y repetibilidad al 100% de la capacidad máxima del instrumento, respectivamente)

La diferencia entre los resultados de varias pesadas de la misma carga (desviación estándar del instrumento) no debe ser mayor que el valor absoluto del error máximo tolerado del instrumento para la carga dada.

2.2.3. Prueba de linealidad (Método de enlaces sucesivos)

Esta prueba se puede realizar mediante cuatro métodos: Método utilizando solo patrones, método de cargas complementarias, método de la técnica combinatoria y método de enlaces sucesivos.

Para el método de enlaces sucesivos se recomienda usar como mínimo patrones (P) con valor de masa equivalente al 20% del alcance máximo del instrumento y cargas de sustitución (M), que deben ser aproximadas a las lecturas del

instrumento por cada enlace, con un máximo de cuatro enlaces, tomando como enlace a la colocación de las cargas (M + P)

El procedimiento es el siguiente:

Se toma la lectura de la balanza sin carga sobre la plataforma (figura 5).

Se coloca un mínimo de patrones certificados con valor de masa equivalente al 20% de la capacidad máxima del instrumento y se toma la lectura (figura 6).

Se retira la masa patrón y se coloca material de sustitución hasta que el indicador de la báscula marque la misma lectura que se obtuvo cuando se encontraba la masa patrón sobre la plataforma (figura 7).

Se coloca la masa patrón sobre la plataforma sin retirar la masa de sustitución para alcanzar un peso del 40% de la capacidad máxima del instrumento y se toma la lectura (figura 8).

Se retira la masa patrón de la plataforma y se coloca masa de sustitución hasta que el indicador marque igual que antes de retirar los patrones de masa (figura 9).

Se repite la operación terminando con masa de sustitución (aprox. 80% de la capacidad máxima del instrumento) y la masa patrón 20% de la capacidad máxima de la báscula, ambas reuniendo el 100% de la capacidad máxima del instrumento.

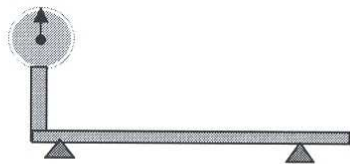


Figura 5.- Plataforma sin carga

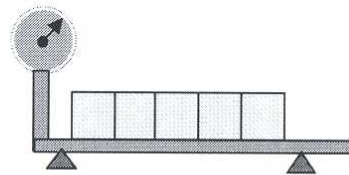


figura 6.- Plataforma con 20% del Max. en masas patrón

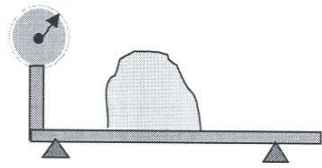


figura 7.- Plataforma con masa de sustitución por el 20% del Max.

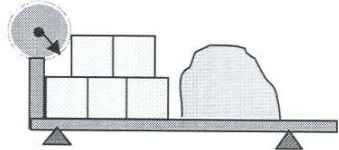


figura 8.- Plataforma con 20% de masa del sustitución y 20% mas en masas patrón

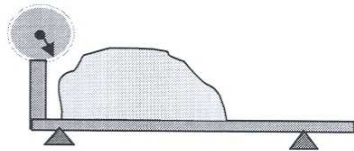


figura 9.- Plataforma con 40% del Max. en masa de sustitución.

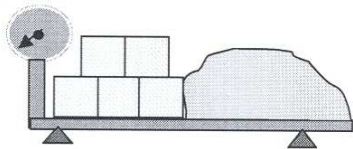


figura 10.- Plataforma con 40% del Max. en masa de sustitución y 20% mas en masas patrón.

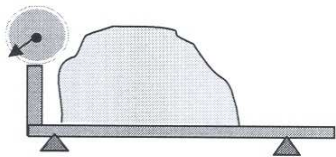


figura 11.- Plataforma con 60% del Max. en masa de sustitución.

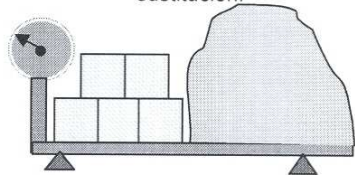


figura 12.- Plataforma con 60% del Max en masa de sustitución mas 20% mas en masas patrón.

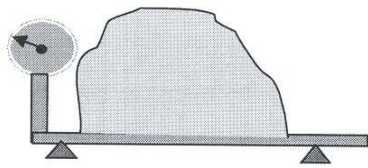


figura 13.- Plataforma con 80% de masa de sustitución

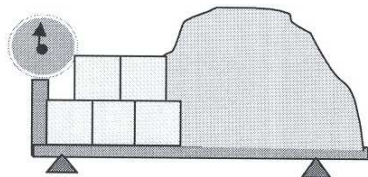


Figura 14.- Plataforma con 80% de masa de sustitución mas 20% de masa patrón para un total del 100% del Max. del instrumento.

Los valores de las lecturas se comparan contra los valores certificados de los patrones o un múltiplo de éstos, por ejemplo, suponiendo que el valor certificado de la masa patrón es de 20 005 kg, esto quiere decir que en el caso del 80% del máximo, el valor de la lectura se tiene que comparar contra un valor "real" de $20\ 005 \times 4 = 80\ 020$ kg, valor que resultaría de colocar cuatro conjuntos de pesas "iguales" sobre la plataforma de pesada.

La corrección de cada uno de los puntos donde se realizó la prueba se obtiene de la siguiente manera:

$$C_i = n_i M_p - L_i \quad (4)$$

C_i es la corrección a aplicar para corregir la lectura en el punto de prueba.

n_i es el número de veces que se coloca la masa patrón sobre la plataforma, que corresponde al punto de prueba

M_p es el valor certificado de la masa patrón

L_i es la lectura que se obtuvo en el punto de prueba.

Los valores de las correcciones encontradas no deben exceder el EMT del instrumento en estudio.

Como se puede apreciar, se está determinando una serie de correcciones que corresponden al 20%, 40%, 60%, 80% y 100% del Max. del instrumento, y cada una de estas correcciones tienen un valor de incertidumbre asociado a cada una de ellas.

Esta incertidumbre se obtiene de la ecuación 5.

$$I = \sqrt{\left(n \sum I_p\right)^2 + E \left(\frac{d}{2\sqrt{3}}\right)^2 + S_L^2} \quad (5)$$

Donde:

n es el número de veces que se coloca la masa patrón sobre la plataforma, que corresponde al punto de prueba

$\sum I_p$ es la suma de las incertidumbres de los patrones que forman en conjunto la masa patrón.

E es el número de enlaces sucesivos ($E = n - 1$)

S_L Es la desviación estándar de las lecturas que se obtuvo en la prueba de repetibilidad, la mayor. No se utiliza la desviación estándar de la balanza, ya que se está considerando de manera independiente la contribución de la resolución en la incertidumbre.

Con estos valores se obtienen suficientes elementos para comprobar si el instrumento mantiene dentro de los errores máximos permitidos, sus principales características metrológicas, y poder emitir el juicio de "Aprobado" o "No Aprobado".

3. Literatura consultada

_____. 2004. Procedimiento de calibración de balanzas analíticas. Molinos Florhuila, S.A. Colombia.

_____. Verificación de instrumentos de pesar de alta capacidad, según las reglamentaciones metrológicas y técnicas correspondientes a la resolución 2307/80 de la Ex Secretaría de Estado de Comercio y Negociaciones Económicas Internacionales. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Argentina.

Becerra, L. O., González, E. y Pezet, F. 1998. Verificación de instrumentos para pesar de alcance máximo mayor a una tonelada (funcionamiento no automático). Centro Nacional de Metrología. Querétaro. México.

_____. 2005. Guía de balanzas para camines. Cardinale Scale Manufacturing Co. USA.

_____. 1995. Orden de 22 de diciembre de 1994 por la que se determinan las condiciones de los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (BOE N° 2, 3 de enero de 1955, con corrección de errores en número 0. 1, del 6 de febrero de 1995). España.

_____. 1994. NCR 179. Metrología. Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC). Costa Rica

_____. 1994. Instrumentos de medición- Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático. Requisitos técnicos y metrológicos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Oficial mexicana NOM-010SCFI-1994.

_____. Directiva del Consejo del 20 de junio de 1990 sobre la aproximación de las legislaciones de los estados miembros relativas a los instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático. 90/384/CEE. Diario Oficial N° 220, pág. 1. 30-08-1993.

_____. 2005. Guía para la calibración de instrumentos para pesar de funcionamiento no automático. EA-10/18. European co-operation for accreditation.

_____. 1992. Instrumentos para pesar de funcionamiento no automático. Parte I: Requisitos Metrológicos y Técnicos-Ensayos. Organización Internacional de Metrología Legal (OIML R-76). Edición 1992 (E). Francia.