Guías Prácticas para Calibrar Básculas de Pesaje de Camiones

Susana L. Rodríguez del Río, ME
UPR, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico, slrodriguez@hotmail.com

Benjamín Colucci Ríos, Ph.D., PE
UPR, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico, bcolucci@uprm.edu

Resumen

La calibración de equipos de medición se ha estudiado a través de los años por los organismos metrológicos y de normalización internacional. La calibración de un elemento es esencial en el control de la calidad de un proceso. La falta de calibración en las básculas para pesaje de camiones afecta adversamente el diseño de una carretera, atenta contra la seguridad pública y puede implicar gastos innecesarios para las agencias del gobierno y a las industrias privadas. Esto crea una necesidad de desarrollar unas Guías para Calibración donde permitirá un monitoreo del comportamiento de las básculas para así detectar una falta de calibración. En el proceso del desarrollo de estas guías se estudiaron los estándares y los reglamentos internacionales de National Institute of Standards and Technology (NIST H 44), International Organization for Standardization (ISO 9000) y American Society for Testing and Materials (ASTM E617-97). Además, fue necesario familiarizarse con los procedimientos de calibración que establece el Departamento de Asuntos del Consumidor (DACO) en Puerto Rico.
Se espera que estas guías redundarán en beneficio para los procesos de calibración asociados al pesaje de camiones. Serán de beneficio tanto para el sector público y agencias como la Autoridad de Carreteras y Transportación y para el sector privado**.**

Palabras Claves

Pesaje de camiones, calibración, básculas, pavimento

1. Introducción

La lectura de un equipo de medición en correcta, es si el instrumento está calibrado, con un patrón de referencia reconocido, y que este patrón sea trazable a los patrones nacionales mantenidos por el Centro Nacional de Metrología. [MetAs, 2004]
Las lecturas incorrectas dada por un equipo por falta de calibración no han sido documentadas en la literatura ya que esto podría provocar demandas por daños y perjuicios. Las básculas semi-portátiles con frecuencia indican lecturas erróneas debido a que las mismas son arrastradas de forma errónea y colocadas en áreas montañosas donde el manufacturero indica que las mismas deben ser colocadas en áreas niveladas, otra razón puede ser el impacto que provocan los vehículos al momento de pesarse en ellas provocando desperfectos en las celdas. No solo las semi-portátiles se enfrenta con factores que afectan la calibración de los equipos, podemos presentar como ejemplo una báscula permanente la cual

tiene problemas en su fundación ocasionando un asentamiento diferencial provocando que los datos obtenidos por el sistema no sean los correctos. Es por esto que necesitamos el desarrollo de unas guías de calibración para así monitorear las básculas y no permitir que se llegue obtener falsos datos.
La calibración de equipos de medición se ha estudiado a través de los años por los organismos metrológicos y de normalización internacional para evitar obtener datos erróneos de dichos equipos. Según *International Organization for Standardization (ISO)*, la calibración es la operación de comparar la salida de un equipo de medida frente a la salida de un patrón de exactitud conocida como la misma entrada o magnitud medida aplicada a ambos instrumentos utilizados en el proceso. La calibración inadecuada de los instrumentos puede provocar grandes impactos económicos, así provocando demandas al gobierno. Los ejemplos a presentarse demuestran el exceso en libras que se está llevando a cabo por la falta de calibración del instrumento provocando la aplicación de multas injustas y demandas al gobierno, esto para casos en que exista un reglamento que regule el peso a transportarse en las carreteras.
La forma de evitar que se llegue a ese extremo, es por medio del desarrollo de unas guías prácticas para calibrar básculas de pesaje de camiones. Tomando en cuenta los reglamentos y procedimientos existentes en Puerto Rico y Estados Unidos.

1.1.1 Calibración

Al aplicar el procedimiento de calibración es necesario conocer aquellas características que definen el equipo de medida y su aplicación. Comenzamos con el rango de medida donde se define los valores mínimos y máximos de lectura para los cuales el equipo ha sido diseñado. El alcance es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de la variable de entrada del instrumento de medida. La sensibilidad de la medida permite que determinemos la capacidad de medida del equipo las cuales son decisivas a la hora de elegir un equipo. Una de las medidas de sensibilidad lo es la exactitud, la cual es la capacidad de un equipo de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. Otra de estas medidas lo es la fidelidad del instrumento donde caracteriza la capacidad del instrumento de medida para dar el mismo valor de magnitud al medir varias veces en una misma condición. La fidelidad está ligada con los conceptos de repetibilidad y de reproducibilidad donde la repetibilidad es el parámetro que define si un campo es repetible o sea que puede presentarse más de una vez en un registro dado. Los cambios en la calidad de los equipos de medición pueden ser advertidos mediante rutinas de calibración de dichos equipos, protegiendo así la repetibilidad de su proceso [MetAs, 2004]. La calibración de los equipos se puede ver alterada por muchas cosas, como instalación inadecuada, daños físicos, entre otros. Estas alteraciones pueden provocar cambios en la calidad del producto. La reproducibilidad se conoce como la capacidad de repetir un determinado experimento en cualquier lugar y por cualquier persona. Cuando el instrumento produce un error constante sobre todo el rango de medida se conoce como desplazamiento y la linealidad indica el grado de proporcionalidad entre la magnitud física y la medida. La sensibilidad ante perturbaciones mide la variación máxima de la medida en relación con una variación unitaria de una condición ambiental. Es importante conocer además que la histéresis es la propiedad presente en algunos instrumentos de medida que provoca que la curva de medida difiera según las lecturas se hagan de forma ascendente o en sentido descendente. La zona muerta la cual se define como el rango de entrada para el cual no se obtiene lectura en la salida. Umbral es el nivel mínimo necesario para que cuando la entrada del instrumento aumente de forma progresiva desde cero, tenga lugar a la salida un cambio suficientemente grande como para ser detectado. Por último la resolución que es el nivel mínimo de cambio en la entrada para que produzca un cambio observable en la salida.
El resultado de cualquier medida es sólo una aproximación o estimación del verdadero valor de la cantidad sometida a medición. De esta forma, la expresión del resultado de una medida es completa únicamente si va acompañado del valor de la incertidumbre asociada a dicha medida. La incertidumbre de medida incluye generalmente varios componentes como: aquellas que pueden estimarse a partir de

cálculos estadísticos obtenidos de las muestras recogidas en el proceso de medida y aquellas que únicamente están basadas en la experiencia o en otras informaciones.[ISO,2004]

1.1.2 Impacto de la Calibración

A la hora de obtener los parámetros necesarios para el diseño de las carreteras la calibración tiene un papel importante, porque de no tener las básculas una adecuada calibración, podría causar errores significativos en la toma de los pesos de cada eje el cual influye en los parámetros necesarios para el análisis y diseño de pavimentos. Además esto podría ocasionar lecturas por debajo o por encima de lo real de acuerdo de lo obtenido, ocasionando la aplicación de penalidades de forma incorrecta en caso de que aplique. Los ejemplos indicados en las figuras 3, 4 y 5, explican mejor lo antes expuesto esto para casos en donde los países tengan un reglamento que regule los pesos que se transportan por las vías públicas. Como vemos en los ejemplos 3 y 4, los errores en la calibración del instrumento provocarían, una aplicación excesiva e injusta para los camiones sobre peso. Esto a su vez podría provocar demandas al gobierno. También podrá suceder que se esté midiendo por debajo de lo real y provocar un déficit a las agencias de gobierno (ver figura 5), creando además falsos datos para el diseño de los pavimentos, subestimando el tiempo de vida útil del pavimento ocasionando grandes inversiones en proyectos de construcción. Esto se presenta en la figura 1, a modo de ejemplo un diseño original con tres capas (C1, C2, C3) con un espesor total Ep el cual no tiene sobre carga. Al transcurrir el tiempo y el diseño comienza a recibir camiones con sobre carga el tiempo de vida útil propuesto. Esto quiere decir que la carretera fue diseñada para una cierta duración la cual por recibir una sobre carga la duración disminuye. Si se utilizan los parámetros obtenidos de los pesos dados por la báscula permanente sin calibrar podría ocasionar a la hora de diseñar una carretera que el tiempo de vida útil para el cual se diseña no sea el correcto según se indica en la figura 2.

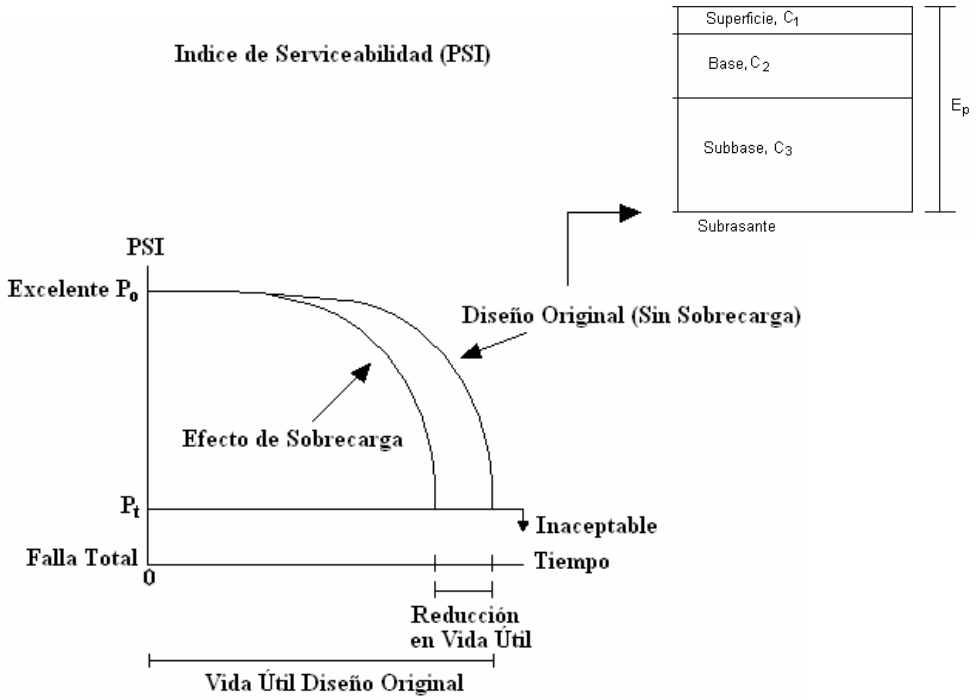


Figura 1: Reducción de vida útil de un diseño original de una carretera por sobre carga.

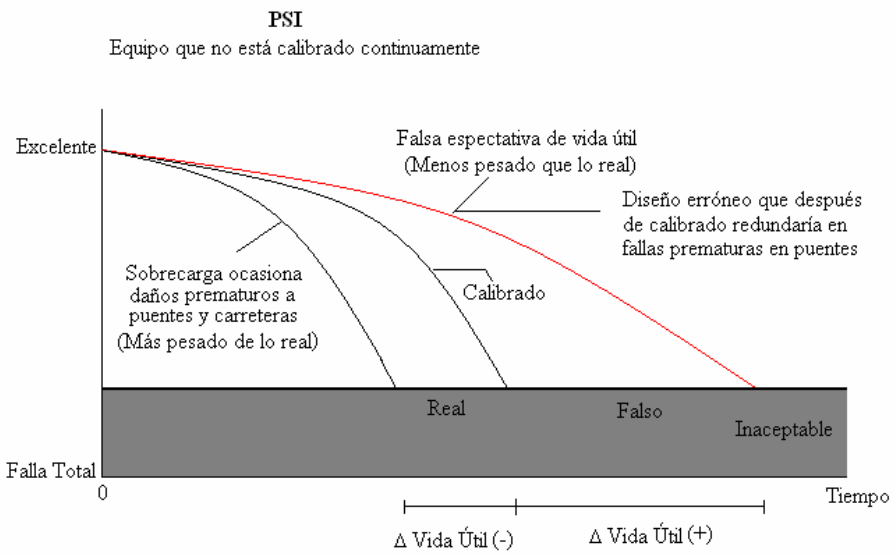


Figura 2: Efectos de no estar calibrado un equipo.

Ejemplo #1

PESAJE EN BÁSCULA SIN CALIBRAR

Tipo de Camión: 3E - S2
Carga: Polvillo
Carga Pesada por la Báscula sin Calibrar: 150,000 lbs
Carga Máxima Permitida por Reglamento Núm. 6726 : 110,000 lbs

150,000 lbs
- 110,000 lbs

40,000 lbs, libras en exceso

Error de 10% por encima de lo real obtenido de la báscula sin calibrar.

0.10 (40,000 lbs) = 4,000 lbs
Penalidad por cada libra en exceso: $0.05

$0.05(4,000 lbs) = $200.00
La Estación pesa a 10 camiones al dia, midiéndolo con la báscula sin calibrar.

$200.00(10) = $2,000.00
La calibración se efectuará para el próximo año (Asumir 250 dias al año)

$2,000.00 (250 dias) = $500,000 por año en exceso

Figura 3: Impacto de Error en Calibración para remolque con semi-arrastre del tipo 3E-S2

Ejemplo #2 PESAJE EN BÁSCULA SIN CALIBRAR

Tipo de Camión: 3E
Carga: Asfalto (Mezcla S-1)
Carga Pesada por la Báscula sin Calibrar: 32 Ton
Carga Máxima Permitida por Reglamento Núm. 6726 : 24 Ton

32 Ton
- 24 Ton
8.0 Ton

1 Ton = 2,000 lbs

8 Tons (2,000 lbs) = 16,000 lbs en exceso

Error de 10% por encima de lo real obtenido de la báscula sin calibrar.

0.10 (16,000 lbs) = 1,600 lbs
Penalidad por cada libra en exceso: $0.05

$0.05(1,600 lbs) = $ 80.00
La Estación pesa a 10 camiones al día, midiéndolo con la báscula sin calibrar.

$ 80.00(10) = $800.00
La calibración se efectuará para el próximo año (Asumir 250 días al año)

$800.00(250 días) = $200,000 por año en exceso

Figura 4: Impacto de Error en Calibración para remolque con semi-arrastre del tipo 3E.

Ejemplo #3 PESAJE EN BÁSCULA SIN CALIBRAR

Tipo de Camión: 3E - S2
Carga: Polvillo
Carga Pesada por la Báscula sin Calibrar: 110,000 lbs
Carga Máxima Permitida por Reglamento Núm. 6726 : 110,000 lbs

Como la carga se mantiene cumpliendo con el máximo permitido en el Reglamento este camión no incurre a ninguna violación.

Se detectó que la báscula está marcando 1,000 lbs por debajo de lo real.

Por lo que al sumar la cantidad por debajo por falta de calibración más la indicada por la báscula, es igual a 111,000 lbs.
Por lo que realmente este camión está incurriendo en violación y la penalidad no fue aplicada.

1,000 lbs x $0.05 = $50.0

La Estación pesa a 10 camiones al día, midiéndolo con la báscula sin calibrar.

$50.0 x 10 = $500.0

La calibración se efectuará para el próximo año (Asumir 250 días al año)

$500.0 (250 días) = $125,000 por año en déficit

Figura 5: Impacto de Error en Calibración para remolque con semi-arrastre del tipo 3E, por debajo del peso real.

Es por esto que es necesaria la preparación de unas guías prácticas donde explique en detalle el proceso de calibración adecuado. Esta guía se basará en la comparación de los distintos procesos de calibración existentes como el del Departamento de Asuntos al Consumidor (DACO) en Puerto Rico, se utilizará además el procedimiento prueba estándar aplicable a estos equipos recomendados por la *American Society for Testing and Materials* específicamente el ASTM E 1318 y el ASTM E617-97 y el procedimiento utilizado por el National Institute of Standards and Technology (NIST, 2004) y el International Organization for Standardization (ISO 9000).

1.2 Reglamentaciones para Procedimientos de Calibración de las Básculas para Pesaje de Camiones.

A continuación presentaremos los distintos reglamentos y especificaciones de calibración efectuados o requeridos. El primero que tomaremos en cuenta lo es el reglamento establecido por el Departamento de Asuntos al Consumidor de Puerto Rico (DACO) el cual se rige por las disposiciones del National Institute of Standards and Technology (NIST) y el ASTM E617-97 y el International Organization for Standardization (ISO 9000)

1.2.2 Desarrollo y Reglamentos del Departamento de Asuntos del Consumidor (DACO)

La Ley Num. 5, Ley Orgánica del Departamento de Asuntos del Consumidor, aprobada el 23 de abril de 1973, según enmendada. Es desarrollada por el crecimiento comercial, industrial y tecnológico en Puerto Rico y por un marcado desequilibrio de recursos entre los productores y los consumidores.
Como se ha entrado en una sociedad de consumo, muchas veces se ignoran los problemas o se pasan por inadvertidos de los consumidores, donde muchas veces sus remedios son tardíos. Además el costo de vida está aumentando de forma acelerada, es por esto que se requiere de la implantación de una política de precios a través de mecanismos efectivos de control a todos los niveles y no solamente al nivel del consumidor. Es por ello necesario crear una estructura, con el objetivo de garantizar al consumidor la debida atención de sus problemas, la cual se conoce como el Departamento de Asuntos del Consumidor. El Departamento ventila y adjudica las querellas traídas por los consumidores, fiscaliza el cumplimiento de las leyes cuyo objetivo es proteger al consumidor, educarlo y proveerle la representación adecuada en la defensa de sus derechos. Además se rige por medio de la La Ley Núm. 145 de Pesas y Medidas.
La Ley Núm. 145 de Pesas y Medidas del Estado Libre Asociado de Puerto Rico del 27 de junio de 1968, el Gobierno del Estado Libre Asociado de Puerto Rico proveerá pesas de conformidad con los patrones del Negociado Nacional de Normas de los Estados Unidos de América. Estos patrones no podrán ser removidos de la agencia, excepto para ser reparados o certificados.
Los patrones de oficina se utilizaran únicamente para verificar los patrones de trabajo. Y para ambos patrones se comprobarán y certificaran por lo menos una vez al año. El Administrador establecerá por reglamentación las especificaciones, tolerancias o variaciones permisibles para los aparatos de pesar y medir. Además provee licencias de Pesador Público Autorizado.
El Administrador aprobará, sellará o marcará con medios apropiados, las pesas y medidas que se determinen como correctas mediante la inspección y comprobación de las mismas.
La Ley 145 de Medidas y Pesos por la que se rige DACO indica que los técnicos deben ser certificados pero nuestra pregunta es ¿quién los certifica? Además la Ley 145 indica que los equipos para calibrar tienen que ser calibrados cada diez años por el Negociado Nacional de Normas en Washington, D.C, pero como ellos son calibrados.
Las agencias y estándares utilizados para calibración se verifican cada cierto tiempo por medio de ensayos, los cuales indican el comportamiento de cada uno de ellos y se verifica que cumplan con los requisitos, procedimientos y estándares establecidos para cada uno.
Luego de realizado el ensayo podemos validar las agencias y estándares así permitiendo que se continué con los procesos dando mayor seguridad. La figura 7 muestra el comportamiento en cadena de cada

agencia y estándares entre si, todos son calibrados por medio de ensayos y por el Negociado Nacional de Normas así brindando mayor fidelidad a los procesos.

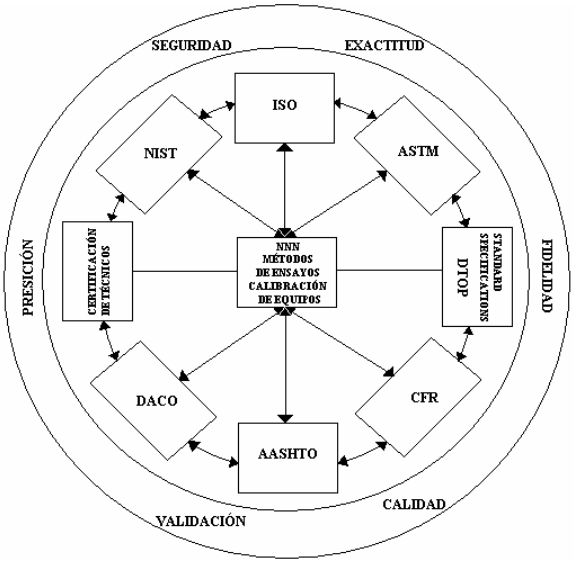


Figura 7: Calibración y validación entre agencies y estándares.

1.2.2.2 Procedimiento de Calibración Efectuado por DACO

El procedimiento de calibración efectuado por DACO es uno de gran importancia para este estudio debido a que es el que actualmente se está llevando a cabo en Puerto Rico. Nos permite tenerlo de referencia para la evaluación de las normas de calibración de otras agencias y nos permitirá desarrollar un método práctico de calibración de básculas para pesaje de camiones en Puerto Rico, sin dejar a un lado los reglamentos de DACO. Sus reglas se aplican a las del NIST H44, permitiendo un mejor entendimiento y conocimiento con las normas establecidas por el NIST H44. Al estudiar con énfasis este proceso podemos observar los retos y limitaciones de dicho proceso con las condiciones actuales. A continuación se presenta el proceso de calibración por DACO y determinaremos las limitaciones de este.
El proceso da comienzo cuando el técnico de DACO, fija el sistema de la báscula a cero.
Luego se coloca en la báscula cuatro pesas de 1,000 lbs cada una, las cuales están certificadas por DACO y cumplen con la Ley de Pesas y/o Medidas del Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Las pesas van aumentando de cuatro en cuatro hasta llegar a un total de 24,000 lbs, este procedimiento se repite en todas las celdas contenidas en la báscula, verificando que el peso esté correcto. Los pesos pueden tener una diferencia de 20 lbs, es permitido por el manufacturero y por DACO.
Al realizarse la prueba de aumento de carga a cada celda, se colocan 24,000 lbs a lo largo de la báscula. Estas pesas son removidas y se le aplica un peso mayor, como un camión de prueba con las 24,000 lbs. Es detenido el camión con las pesas y se verifica que cada celda esté marcando el peso correcto. Hasta que la báscula no sea corregida la báscula no puede ser aceptada por DACO y la misma no puede ser utilizada. Al dar correctamente de inmediato el técnico de DACO procede con la aprobación de la báscula.
La certificación de la báscula se representa por medio marbete indicando el mes y año la cual se le cotejó la certificación. Este marbete es colocado en el monitor interior utilizado en la oficina y en la pantalla del exterior para que los camioneros vean el peso indicado por la báscula (ver figura 4.9).
Luego de certificada se le colocan prensillas en los controladores de las celdas y en la pantalla donde se controla la báscula, para evitar que estas sean ajustadas por personal no autorizado por DACO.

1.2.1 National Institute of Standards and Technology (NIST H 44)

El *National Institute of Standards and Technology* (NIST) nos presentan el siguiente procedimiento de calibración, está basado en la presunción de cada lectura individual en los procedimientos de pruebas y las referencias estándares están sujetas a la influencia de la función de las medidas del sistema o el instrumento y los errores aleatorios difíciles de controlar. [NIST, 2004]
El procedimiento de pruebas recomendados por el NIST comenzaremos con la prueba de aumento de cargas se realizará en todas las escalas con las cargas de la prueba es aproximadamente la carga que recibe el elemento de la escala, menos en una escala que tiene una capacidad nominal mayor que la carga conocida, disponible y total de la prueba. Otra prueba recomendada por NIST lo es la prueba de disminución de cargas (Indicador Automático de las Escalas) se realizará con la carga de la prueba que es aproximadamente la carga que recibe el elemento de la escala.
La prueba de disminución de carga se realizará con una carga de la prueba igual a la mitad de la carga máxima aplicada en la prueba de aumento de cargas.
Las básculas para pesaje de vehículo, por eje, por lo menos una prueba de cambio se realizará con una carga mínima de la prueba del 12.5 por ciento de la capacidad de la escala y puede ser realizada dondequiera en la carga que recibe el elemento que utiliza las pautas prescritas de la prueba y cargas máximas de prueba especificados.
Los parámetros normales prescritos para la prueba serán en un área de 1.2 m (4 pies) de largo y 3.0 m (10 pies) de ancho o el ancho de la plataforma de la escala, el que sea menor. Múltiples parámetros de la prueba se pueden utilizar. Para determinar la carga máxima un lado de la escala no será cargado a más de la mitad de la capacidad concentrada de la carga, ni la carga de la prueba antes de cargar el otro lado. El área cubierta por la carga de la prueba puede ser menos de 1.2 m (4 pies) por el ancho de la escala; para parámetros de prueba menos de 1.2 m (4 pies) de longitud la carga máxima se calculará por la fórmula: [(la base de la rueda del carrito de la prueba o la longitud de la carga de la prueba dividida por 48 pulgadas) x 0.9 x CLC, donde CLC es la capacidad de carga concentrada]. La prueba de carga máxima aplicada de acuerdo con los parámetros de la prueba no excederá la capacidad concentrada de la carga de la escala. Cuándo los parámetros de prueba exceden 1.2 m (4 ft), la carga máxima de la prueba aplicada no excederá los tiempos concentrados de la capacidad de la carga el más grande del factor *r* para la longitud del área cubierta por la carga de prueba. Para pesar los elementos instalados antes del 1 de enero de 1989, la capacidad valorada de la sección se puede sustituir por la capacidad concentrada de la carga para determinar la carga del máximo. Un ejemplo de un parámetro posible de la prueba se muestra en la figura 6.

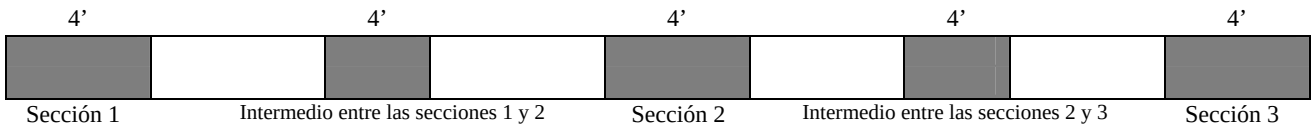


Figura 6: Ejemplo de Pruebas Realizadas para Calibración de Básculas para Pesaje de Camiones.

Otra prueba realizada lo es la de sensibilidad, la cual será realizada a escalas no automáticas, con el dispositivo que pesa en el equilibrio en cero la carga y en la carga máxima de la prueba. La prueba será realizada aumentando o disminuyendo la carga de la prueba en una cantidad igual al valor aplicable especificado de acuerdo a la tolerancia. Además se realizan las pruebas de discriminación y dispositivo digital. Una prueba de la discriminación se realizará en todas escalas automáticas que se encuentran en equilibrio en cero y en la carga máxima de prueba y un control en las condiciones en las que los factores ambientales se reducen hasta el punto que ellos no afectarán los resultados obtenidos. En un dispositivo digital, esta prueba se realiza debajo de la orilla más baja de la zona de la incertidumbre para aumentar las pruebas de la carga, o justo encima de la orilla superior de la zona de la incertidumbre para realizar la

prueba de disminución de cargas. Y se realizan además las pruebas de susceptibilidad en una instalación dada, cuando la presencia de susceptibilidad se ha verificado y ha sido caracterizada si esas condiciones se consideran usuales y de costumbre.

Las pesas y cargas mínimas para ensayo de prueba se muestran en la tabla 1:

Tabla 1: Pesos y cargas mínimas para ensayos de pruebas según NIST

Mínimos de Pesos y Cargas de Pruebas			
Capacidad del Equipo	Mínimos (en terminos de la capacidad del instrumento)		
	Pesos de Prueba (mayores de)	Cargas de Pruebas	Donde son practicables
3001 lb a 40000lb	12.5% o 1000 lb	50%	La carga de prueba es utilizada la capacidad, si es mayor a lo mínimo requerido
40000+	12.5% o 10000 lb	25%	Durante la verificación inicial, la báscula de probarse con la capacidad.

La tolerancia permitida de acuerdo a los límites de temperatura es por lo menos 30°C (54 °F). La carga mínima recomendada lo es 10 d, donde d lo es el 0.25% de la capacidad (pero no mayor de 50 lbs). Las cargas aplicadas deben cumplir con las requeridas en las Autopistas (ver tabla 1).

1.2.3 American Society for Testing and Materials (ASTM E617-97)

Esta especificación cubre varias clases de pesas y estándares masivos utilizados en laboratorios. Las pesas utilizadas para medidas comerciales se excluyen. Las pesas utilizadas para la calibración de pesas comerciales de pruebas se incluyen en esta especificación. Presenta las tolerancias y restricciones para ambos casos de pesas. En general, esta especificación reemplaza, en la función, la Oficina Nacional de la Circular de Estándares 547, la Sección 1. Esta especificación se utiliza para pesas no métricas en los Estados Unidos.

1.2.4 International Organization for Standardization (ISO 9000)

La Organización Internacional de Normalización (ISO 9000) surgió en sus inicios como una norma para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios son aptos para el propósito para el cual fueron creados.

En la figura 8 se puede notar, conceptualmente, los requisitos genéricos de cualquier sistema de gestión de la calidad. Además, se explica en forma gráfica, la integración que debe darse de los cuatro procesos:

1. La Dirección debe proporcionar evidencia de su compromiso con el desarrollo e implementación y mejora continua del sistema de gestión de la calidad, comunicando a la organización la importancia de satisfacer tanto los requisitos del cliente como los legales y reglamentarios, estableciendo y manteniendo actualizada la política de la calidad.
2. La organización debe determinar y proporcionar los recursos que el sistema requiera para lograr su efectividad, es decir la eficiencia y eficacia en su implantación.
3. En este campo la organización debe asegurarse que se planifica y desarrollan los procesos requeridos para que: se establezcan los requisitos del cliente, se realice el diseño del producto de manera que se transformen los requisitos en características de calidad del producto. Se establece la metodología adecuada para realizar el producto o servicio de manera que se cumpla con las especificaciones del diseño, incluyendo el control de los dispositivos de seguimiento y de medición necesarios.

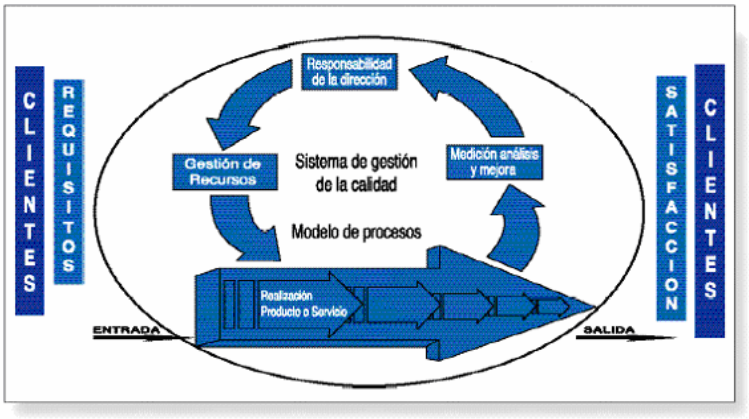


Figura 8: Sistema de gestión de la calidad de acuerdo con las normas de ISO 9000.

4. El sistema debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora requeridos para demostrar en todo momento la conformidad del producto y del sistema de gestión de la calidad, mejorando continuamente su efectividad, es decir su eficiencia y eficacia.
Las normas ISO 9000 se desarrollaron como un instrumento para gestionar la calidad en una empresa cubriendo el ciclo de vida de sus productos [MetAs,2004].

1.3 Guías Prácticas para Calibrar Básculas de Pesaje de Camiones

Las guías están compuestas por dos, el Tipo I que está basado en el procedimiento realizado por DACO en Puerto Rico y el Tipo II calibración por medio de un vehículo de motor liviano y un remolque con semi – arrastre con módulos.

1.3.1 Procedimiento de calibración Tipo I: Calibración Anual de DACO Puerto Rico

Paso 1. Materiales utilizados para calibrar.
- a. Pesas certificadas por DACO de 1,000 lbs.
- b. Camión que carga las pesas, de 22,220 lbs.

Paso 2. Frecuencia de Calibración
- a. Una vez al año como mínimo.

Paso 3. Personal Autorizado
- a. Tener Licencia de Pesador Público Autorizado

Paso 4. Preparación inicial de la báscula antes de comenzar con la calibración.
- a. Limpiar la báscula
- b. Ajustar la báscula a cero

Paso 5. Procedimiento de Calibración

a. Se comienza con prueba de aumento de carga aplicada a cada celda se comienza con 4,000 lbs hasta llegar a las 24,000 lbs. Se verifica que cada celda indique el peso correcto.

b. Colocar todas las pesas (24,000 lbs) distribuida por la báscula para verificar su comportamiento. La báscula tiene que indicar el peso colocado, de no ser así se tiene que ajustar las celdas hasta llegar a cero y se pesa de nuevo para verificar la cantidad indicada

d. Aumenta la carga con el Camión y las pesas de 24,000 lbs.
- a. Verificar que las celdas indiquen el peso adecuado.
- b. Cotejar que el peso distribuido por la báscula esté dando correcto.

Paso 6. Colocar marbete de aceptación.

a. El marbete indica mes y año de calibración.

Paso 7. Asegurar los controladores de la báscula

- Colocar presillas en los controles
- Colocar sello con número del técnico autorizado y siglas de DACO

1.3.2 Procedimiento de calibración Tipo II: Calibración por medio de un vehículo de motor liviano y un remolque con semi – arrastre con módulos.

Paso 1. Materiales utilizados para calibrar

1. Remolque con semi – arrastre (ver figura 10) con un peso total (GVW) de 46,000 lbs, se recomienda que se utilice un Mack o equivalente.
2. Cuatro Módulos (ver figura 11)
3. Pick Up (ver figura 12)
4. Formulario (ver figura 9)

El proceso va ha tener un equipo de control pesado y uno liviano para verificar el comportamiento de la báscula. El equipo pesado recomendado es un arrastre con un remolque con cuatro módulos de 10 pies (ver figuras 10 y 11), donde cada módulo pesa 500 lbs/ pies por cuatro hacen un total de 20,000 lbs más se suma el peso del arrastre y el remolque (ver figura 10) de 46,000 lbs, obteniendo un peso total de 66,000 lbs. Los módulos deben ser nuevos y no deben tener ningún área rota ni contener ningún escombro, es necesario que cumplan con las especificaciones de diseño establecida en la especificación 638 y 601 del *Standard Specification for Roads and Bridge Construction 1989* de la Autoridad de Carreteras y Transportación. El equipo de control liviano se recomienda una pick-up Ford F150 o equivalente no mayor de 8,500 lbs (ver figura 12).

PESAJE DE MONITOREO

Fecha: _____

Hora: _____

AM

Pesadas	Pesos Obtenido		
1		Promedio	
2		% Error	
3		Desviación Estándar	
		Coeficiente de Variación	

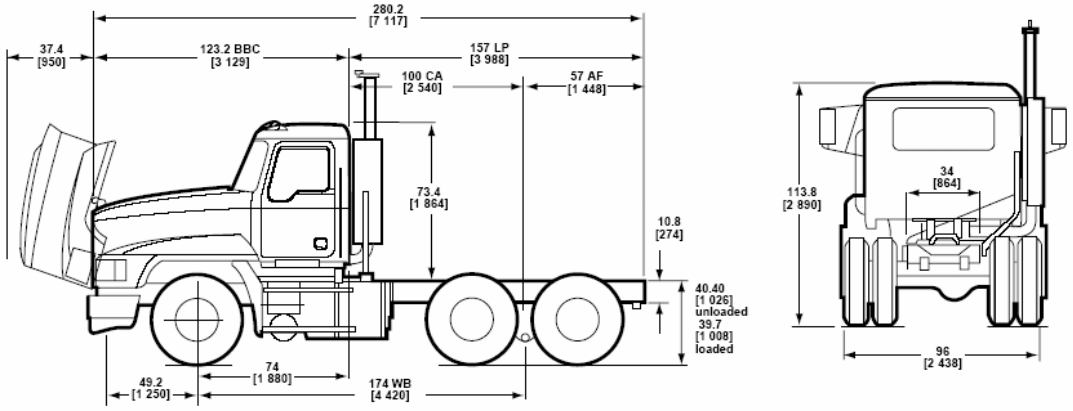
PM

Pesadas	Pesos Obtenido		
1		Promedio	
2		% Error	
3		Desviación Estándar	
		Coeficiente de Variación	

Firma

Figura 9: Formulario de pesaje diario para mantener un monitoreo de la báscula.

a



b

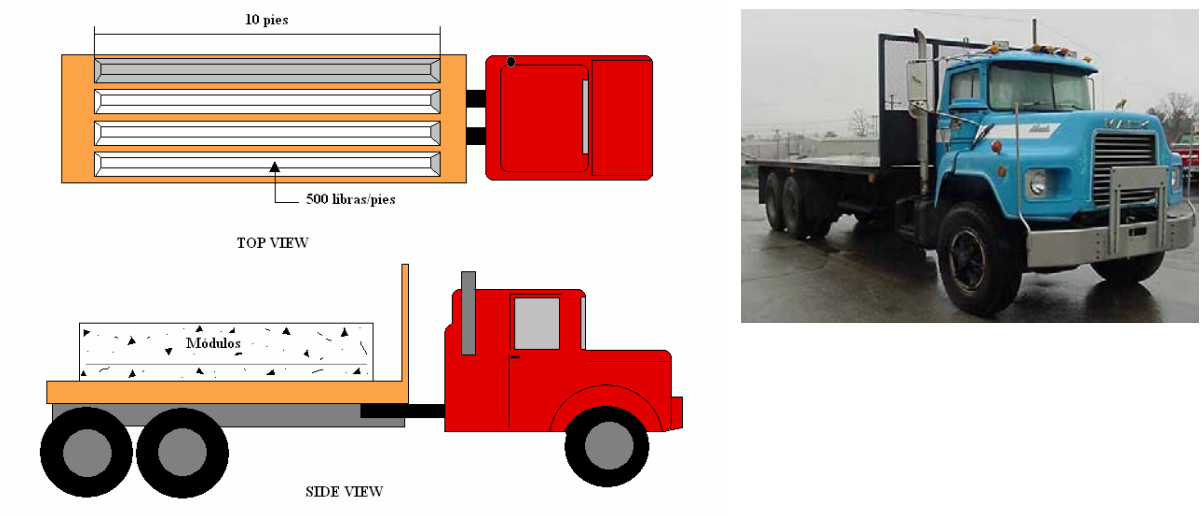


Figura 10: a) Especificaciones de Semi-Arrastre. b) Detalle de remolque y Semi - Arrastre de plataforma con módulos de hormigón.

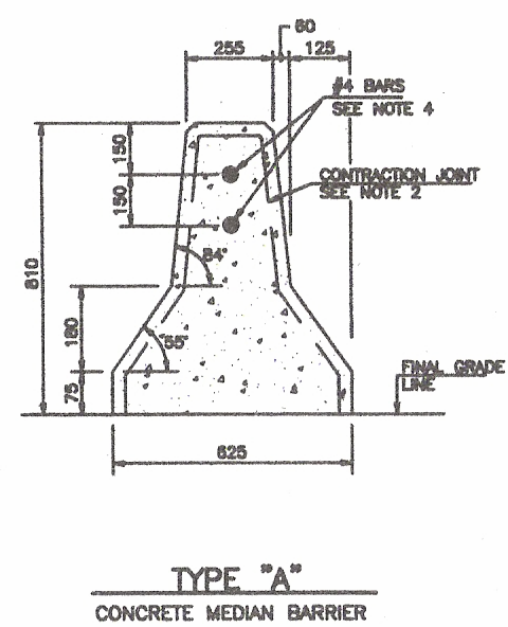


Figura 11: Detalle de módulo o "concrete barrier" de un largo de 10 pies.

Figura 12: Ejemplo de equipo de control liviano (F150).

Paso 2. Calibración del camión de control.
En ambos casos los equipos deben cumplir con el mantenimiento adecuado. Además tienen que cumplir con los siguientes requisitos:

1. Los equipos deben estar al momento de realizado el pesaje completamente llenos los tanques de combustible.
2. Las gomas de los vehículos tienen que ser todas iguales y deben cumplir con la presión indicada en las especificaciones de las gomas preferiblemente de no ser así todas tienen que tener la misma presión, para asegurar un área de contacto uniforme. A continuación se indican las gomas recomendadas para cada equipo.
    a. Equipo Pesado – 11.0 R 24, 120 psi
    b. Equipo liviano – BF Goodrich, 235 70/16, 35 psi

    Al momento de remplazar alguna de estas gomas se tiene que remplazar la goma del mismo eje.
3. El conductor tiene que pesar menos de 200 lbs
4. El equipo de control tiene que pesarse con el motor apagado para evitar vibraciones a la báscula.

Paso 3. Preparación de la báscula

1. Se tiene que barrer la superficie hasta que quede libre de escombros.
2. El sistema se debe fijar a cero.

Paso 4. Frecuencia de Pruebas
La prueba va ser realizada dos veces en el día, antes de ser utilizada la báscula y luego de finalizado el día, esto para ver la fidelidad y sensibilidad del equipo. Se realizará una vez al mes durante los primeros tres meses después de calibrada la báscula, desde los meses cuatro a noveno se hará la prueba cada dos semanas y los últimos tres meses cercano a la fecha de calibración de DACO se realizará la prueba cada semana. Al repetir el proceso de calibración se podrá determinar los parámetros que se presentan todo el tiempo. Esta calibración se realizará con esa frecuencia para verificar la exactitud del equipo.
Paso 5. Formulario
Se llenará un formulario (ver figura 9), para mantener un control del proceso. El formulario se llena para cada pesada manteniendo un record de las pruebas realizadas. En el formulario se debe calcular el promedio aritmético, porceinto de error, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Donde el coeficiente de variación no debe ser mayor de 0.20, por lo tanto la báscula no está calibrada.
Paso 6. Secuencia de Pesadas
El equipo de control liviano se pesará primero y luego el pesado. Los equipos de control serán pesados 3 veces como mínimo, de surgir alguna diferencia significativa en los datos obtenidos se debe pesar 6 veces. Al poder reproducir el procedimiento podemos verificar el comportamiento de la báscula en el momento de realizada la prueba.
Los equipos deben pesarse en cada sección que comprenda las celdas de la báscula para ver su comportamiento (ver figura 13) y luego se pesa distribuido en toda la báscula para ver el comportamiento de la báscula.

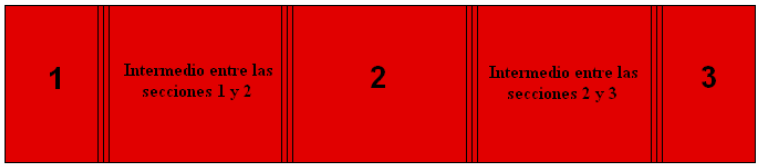


Figura 13: Báscula Survivor dividido en tres secciones.

Paso 7. Verificación de Prueba
De obtener datos diferentes a los conocidos por el equipo de control tiene que ir al paso 5 de repetirse el mismo comportamiento se comunica de inmediato con DACO para que verifique el equipo y calibre el mismo de ser necesario.
Los ejemplos presentados a continuación nos dan una idea de cómo seguir este procedimiento. El ejemplo 1 (ver figura 14) nos presenta un caso donde la báscula se encuentra calibrada y cumple con el máximo

recomendado de coeficiente de variabilidad de .20, los cuales dieron AM 0.046 y PM 0.061. En el ejemplo 2 (ver figura 15) podemos ver los resultados de una báscula sin calibrar, no cumple con el coeficiente de variabilidad. Se pesaron los camiones 3 veces al darnos un coeficiente mayor de 0.20 se pesan otra vez 3 veces más y se computa el coeficiente de variabilidad con las 6 pesadas y la báscula continua con el mismo comportamiento, es por esto que de inmediato hay que comunicarse con DACO para que verifique la báscula y de ser necesario calibre la misma. Los ejemplos aquí presentados son ejemplos hipotéticos, no se han presentado en ninguna báscula en Puerto Rico.
Los ejemplos presentan con claridad el proceso, pero es importante saber que estas Guías propuestas están sujetas a cambios y a modificaciones de acuerdo con cada agencia y equipo a ser utilizado. Al transcurrir el tiempo permitirá además obtener la experiencia necesaria para poder mejorar la calidad del proceso de calibración.

PESAJE DE MONITOREO

Fecha: Miércoles, 16 de junio de 2004
Hora: 5:00 AM

AM

Pesadas	Pesos Obtenidos		
1	66000	Promedio	66033
2	66060	% Error	0.09%
3	66040		-0.03%
		Desviación Estándar	30.6
		Coeficiente de Variación	0.046

Hora: 7:30 PM

PM

Pesadas	Pesos Obtenidos		
1	66,100	Promedio	66060
2	66,060	% Error	-6.05%
3	66,020		-6.06%
		Desviación Estándar	40.0
		Coeficiente de Variación	0.061

Susana L. Rodríuez del Río
Firma

Figura 14: Ejemplo de proceso de pesaje de monitoreo, donde la báscula se encuentra calibrada.

PESAJE DE MONITOREO

Fecha: jueves, 18 de noviembre de 2004
Hora: 4:55 AM

AM

Pesadas	Pesos Obtenidos		
1	67,100	Promedio	67060
2	67,180	% Error	0.12%
3	66,900		-0.42%
		Desviación Estándar	144.2
		Coeficiente de Variación	0.215
4	67,200		
5	67,220	Promedio	67090
6	66,940	Desviación Estándar	138.4
		Coeficiente de Variación	0.206

Hora: 7:40 PM

PM

Pesadas	Pesos Obtenidos		
1	66,940	Promedio	67007
2	67,200	% Error	0.39%
3	66,880		-0.48%
		Desviación Estándar	170.1
		Coeficiente de Variación	0.254
4	66,900		
5	67,100	Promedio	67030
6	67,160	Desviación Estándar	140.1
		Coeficiente de Variación	0.209

Susana L. Rodríuez del Río
Firma

Figura 15: Coeficiente de variabilidad mayor de 0.20.

1.4 Recomendaciones

A continuación se presentan recomendaciones con el propósito de mejorar la calibración realizada a las básculas para pesaje de camiones.

- Las básculas para pesaje de camiones son utilizadas de forma comercial, es por esto que es necesario que los instrumentos utilizados den la medida correcta debido a que generaría muchas perdidas económicamente tanto de los dueños de Canteras como de las industrias que compran los materiales. Esto podría ocasionar demandas al gobierno, por lo que se recomienda que se asignen unos fondos para realizar una calibración más frecuente de estos instrumentos.
- Se recomienda además que se haga más accesible toda información relacionada a la calibración de estos equipos, para el uso público.
- Es necesaria la educación adecuada del personal que opera las básculas y que practiquen una calibración adecuada.
- Se deben conocer de forma adecuada los requisitos mínimos del manufacturero y a que tipo de normas estándares de reglamentos estos tomaron en cuenta durante el desarrollo del instrumento.
- La ISO 9001 recomienda que se realice estudios en torno a las variables de incertidumbre para el proceso de calibración, ya que los datos que se obtendrían serían más reales. Un ejemplo de dichas variables son clima, temperatura, entre otras.
- Se concluye además que la calibración es el proceso que permite que los instrumentos se mantengan operando de forma más precisa y exacta y disminuyendo las demandas y los fondos de reparación asignados a nuestras vías.

1.5 Referencias

American Society for Testing and Materials, ASTM E 1318-02, Standard Specification for Highway Weight in Motion Systems with User Requirements and Test Methods (WIM), 2002.

Colucci, Benjamín, Recomendaciones para Implantar el Reglamento de Pesos y Dimensiones del Departamento de Transportación y Obras Públicas, 1994.

DTOP, Reglamento # 6726: Dimensiones y Pesos de los Vehículos que Transitan por las Vías Publicas, Noviembre, 2003

Estudios Técnicos, Inc., Estudio para Determinar el Impacto de Implantar el Reglamento de las Dimensiones y Pesos Máximos de los Vehículos, Marzo del 1996.

FHWA, February/10/2004, http://www.itsdocs.fhwa.dot.gov/edldocs/443/sess2c.pdf

ISO, International Organization for Standardization, http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage, September/6/2004,

MetAs & Metrólogos Asociados, www.metas.com, November 3, 2004

National Institute of Standards and Technology (NIST), Calibration, (2004), calibrations@nist.gov

NIST Handbook 44, Specification, Tolerances and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices, 2003.

Rice Lake Weighing Systems, http://www.rlws.com, December 5/2004