LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: ***5. MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD***

TÍTULO: 04. Botones y Botones Reflejantes

CAPÍTULO: *002. Reflexión de Botones Reflejantes y Delimitadores*

A. CONTENIDO

Este Manual describe los procedimientos de prueba para medir la reflexión del elemento reflejante de los botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento (DH-1), así como de los botones reflejantes sobre estructuras (DH-2) a que se refiere la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

La prueba permite determinar el coeficiente de intensidad luminosa del elemento reflejante de los botones reflejantes y delimitadores (DH-1), así como de los botones reflejantes sobre estructuras (DH-2), mediante la medición de la iluminancia incidente sobre el elemento reflejante del botón y de la intensidad luminosa de la luz reflejada en la dirección del observador, en un plano perpendicular a la dirección de la luz incidente, bajo condiciones controladas.

C. DEFINICIONES

C.1. FLUJO LUMINOSO (F)

Medida de la potencia luminosa percibida. Difiere del flujo radiante o de la medida de la potencia total emitida, que están ajustadas para la sensibilidad del ojo humano a diferentes longitudes de onda. Su unidad es el lumen (lm).

C.2. INTENSIDAD LUMINOSA (I)

Brillo aparente de un elemento reflejante. Es el flujo luminoso total por unidad de ángulo sólido, medido en dirección del observador. Su unidad es la candela (cd).

C.3. LUMINANCIA (L)

Intensidad luminosa en un punto de una superficie y en una dirección dada de un elemento de esa superficie, dividida entre el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada. Su unidad es candela por metro cuadrado (cd/m^2).

C.4. ILUMINANCIA O LUMINOSIDAD INCIDENTE (E)

Magnitud dada por el flujo luminoso que incide sobre una superficie, dividida por el área de la superficie. Su unidad es el lux (lx).

C.5. COEFICIENTE DE INTENSIDAD LUMINOSA (R)

Relación entre la luminancia de un elemento reflejante y la iluminancia incidente sobre el mismo elemento, considerando que las posiciones relativas del observador, fuente de iluminación y botón reflejante son similares a aquellas de un conductor de un vehículo que observa un botón iluminado por las lámparas del mismo vehículo. Se expresa en unidades de candelas por lux (cd/lx).

D. REFERENCIAS

Es referencia de este Manual, la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes*.

E. EQUIPO

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes.

Estará compuesto por los siguientes elementos:

E.1. FOTORRECEPTORES

Contarán con un filtro de luz tal que la respuesta espectral del receptor se ajuste a la distribución V (λ) definida por la *Comisión Internacional de Iluminación* (*Commission Internationale de l'Éclairage*, CIE) para la respuesta de un observador fotópico estándar (observador cuya visión tiene lugar con buenas condiciones de iluminación, a plena luz del día) con una tolerancia no mayor que 3 %. La estabilidad y linealidad de la escala de las lecturas fotométricas estarán dentro del 1 % con respecto al intervalo de valores que serán medidos. La respuesta e intervalo de operación de los fotorreceptores serán tales que las lecturas fotométricas tendrán una resolución de al menos 1 parte en 50.

Estarán equipados con medios para limitar el campo de vista o ángulo de captación de luz, como una lente o un *baffle* óptico, de tal forma que minimicen la detección de la luz de fuentes diferentes a la fuente de interés. El campo de vista se limitará al menor campo posible que incluya la totalidad de la superficie del elemento reflejante del botón bajo prueba.

Dependiendo del método de prueba por utilizar se pueden usar:

E.1.1. Fotorreceptores no calibrados, que permitan estimar la iluminancia.

E.1.2. Fotorreceptores calibrados o luxómetros, que permitan obtener la iluminancia.

E.1.3. Cámara fotométrica, con un programa (*software*) que permita obtener el valor promedio de la luminancia de la totalidad de los puntos sobre la superficie aparente del elemento reflejante del botón.

E.2. FUENTE DE ILUMINACIÓN

Capaz de iluminar de manera uniforme la superficie completa del elemento reflejante. Emitirá luz con una distribución espectral de potencia conforme a un iluminante estándar *CIE* tipo A (lámpara de filamento de Tungsteno operada a una temperatura de color equivalente a 2 856 ± 20° K). La iluminancia sobre el elemento reflejante del botón, medida en varios puntos de un plano normal al eje de iluminación, estará dentro de ± 5 % del valor promedio.

E.3. BASES DE SOPORTE CON GONIÓMETROS

Dos, cada una con un goniómetro capaz de realizar movimientos angulares en tres ejes. Una para el botón bajo prueba y otra para el conjunto de fuente de iluminación y fotorreceptor colocado en la posición del observador. El movimiento de sus ejes permitirá alinear el equipo de acuerdo con la Figura 1 de este Manual.

Los goniómetros se usan para establecer con precisión los ángulos de observación (α) y de entrada (β), que se refieren en la Cláusula F. de este Manual y tendrán un rango de movimiento suficiente para fijar el ángulo β dentro del intervalo de ± 20° con una aproximación de 0,1°. La tolerancia de posicionamiento del fotorreceptor en la posición del observador con respecto a la fuente de iluminación estará dentro de ± 1 % del valor de la apertura angular del fotorreceptor.

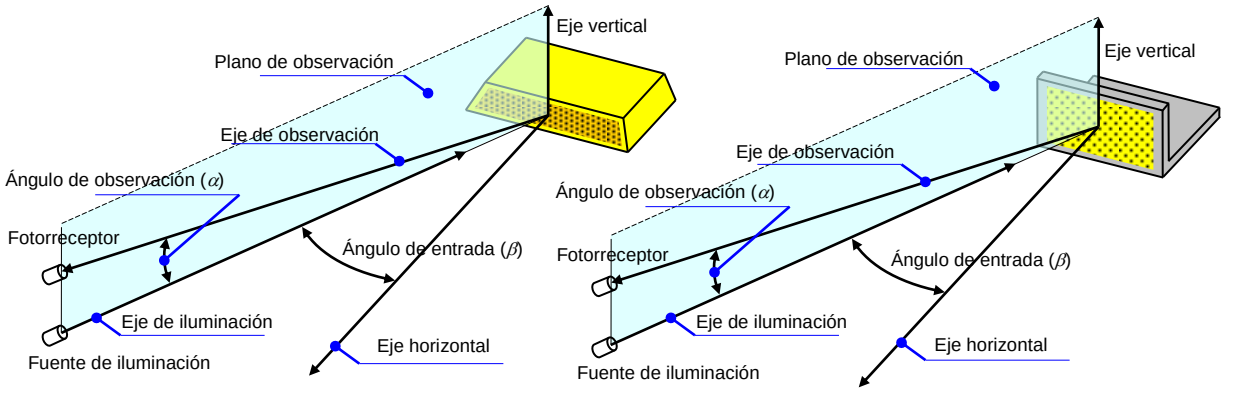

FIGURA 1.- Esquema de disposición del equipo para la evaluación del coeficiente de intensidad luminosa (R)

E.4. TÚNEL FOTOMÉTRICO

Capaz de proporcionar un área de trabajo obscura para la prueba; provisto de un fondo negro mate detrás del botón bajo prueba, a fin de minimizar el efecto de las reflexiones parásitas de luz dentro del túnel, mismas que se controlarán también con *baffles* ópticos. La base de soporte del botón bajo prueba y las superficies del túnel, como paredes, piso y techo, serán negro mate.

E.5. LÁMPARA DE INTENSIDAD LUMINOSA

Para el método de intensidad luminosa directa, calibrada, con una intensidad luminosa comparable con aquella del elemento reflejante de los botones bajo prueba. La estabilidad de la lámpara será tal que la intensidad luminosa presentará una fluctuación máxima del 2 %.

E.6. MODELO NEGRO DE BOTÓN REFLEJANTE

Con las mismas dimensiones del botón reflejante bajo prueba. Puede fabricarse pintando de negro mate un botón reflejante del mismo lote de los que se probarán.

E.7. MEDIDOR DE TEMPERATURA DE COLOR

Con precisión de 4° K.

E.8. CINTA MÉTRICA METÁLICA (FLEXÓMETRO)

Graduada con aproximación de 1 mm. Capaz de medir la distancia a que se refiere la Fracción F.2. de este Manual.

F. CONSIDERACIONES PREVIAS

F.1. El equipo cumplirá con la disposición indicada en el esquema que se muestra en la Figura 1 de este Manual, para lo que se tendrán las siguientes consideraciones:

F.1.1. Ejes y ángulos

F.1.1.1. El punto de referencia para todas las mediciones será el centro del elemento reflejante.

F.1.1.2. El plano de la base del botón reflejante será paralelo al eje horizontal de referencia.

F.1.1.3. El eje horizontal que parte desde el centro de la cara reflejante será perpendicular al lado del botón que contiene al elemento reflejante.

F.1.1.4. El eje de iluminación será la recta horizontal que parte de la fuente de iluminación hacia el centro del elemento reflejante.

F.1.1.5. Tanto el eje de iluminación como el eje horizontal estarán en el mismo plano horizontal. El ángulo entre ambos ejes se denomina ángulo de entrada o ángulo β. Cuando el ángulo de entrada sea igual a 0, los ejes horizontal y de iluminación coincidirán.

F.1.1.6. El eje de observación será la línea recta que parte desde el centro de la cara reflejante del botón hacia el centro del fotorreceptor colocado en la posición del observador.

F.1.1.7. El fotorreceptor que mide la intensidad luminosa reflejada se colocará arriba de la fuente de iluminación, de forma que los ejes de iluminación y de observación estén en el mismo plano vertical llamado plano de observación. El ángulo entre ambos ejes se denomina ángulo de observación o ángulo α.

F.1.2. Distancia de observación

El centro de la pupila de salida de la fuente de iluminación estará separado del centro del elemento reflejante la distancia de observación (d), que se muestra en la Figura 2. Esta distancia d será tal que el ángulo que subtiende el elemento reflejante del botón, medido desde la fuente de iluminación, sea igual a 1° ó menor, es decir, que para un elemento reflejante de 10 cm de ancho, el valor mínimo de la distancia d es de 5,7 m. Se puede construir un aparato con una menor distancia d usando componentes ópticos de colimación, para lo cual el botón y la fuente de iluminación se colocan a una distancia virtual infinita. En este caso, el ángulo que subtiende el elemento reflejante medido desde la fuente de iluminación es virtualmente cero.

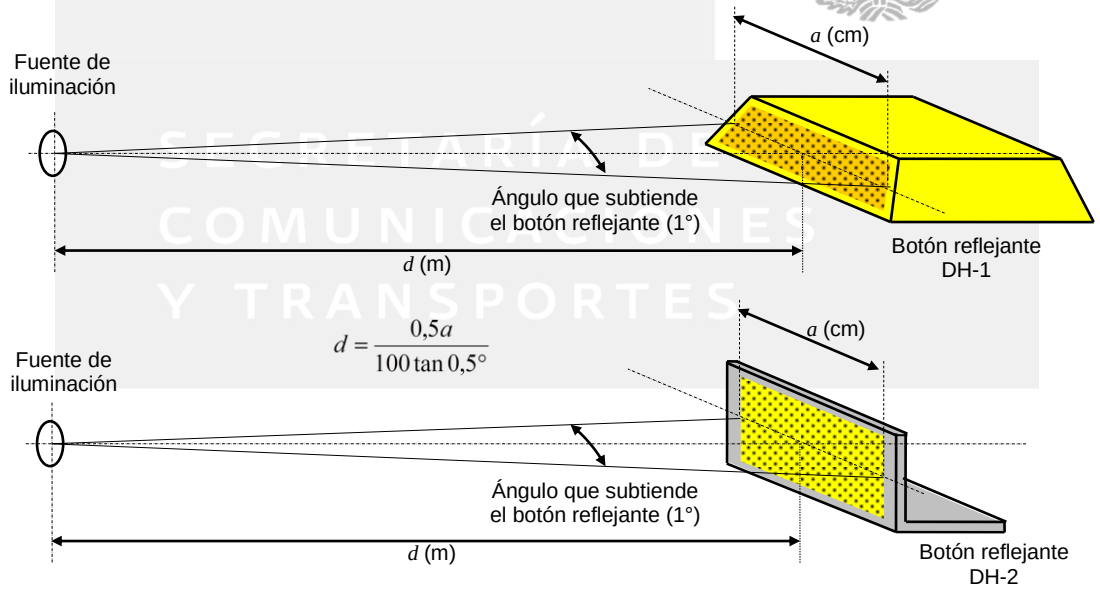

FIGURA 2.- Distancia de observación (d) en función del ángulo que subtiende el botón reflejante

F.1.3. Ángulos de apertura

Las aperturas del fotorreceptor de intensidad luminosa reflejada y de la fuente de iluminación, serán tales que sus ángulos de apertura, es decir, los ángulos que subtienden las aperturas (Ap) medidos desde el centro del elemento reflejante, no sean mayores de 0,1°, como se muestra en la Figura 3. Por ejemplo, si la distancia d es igual a 15 m, la apertura de la pupila de salida de la fuente de iluminación tendrá un diámetro de 2,6 cm o menor.

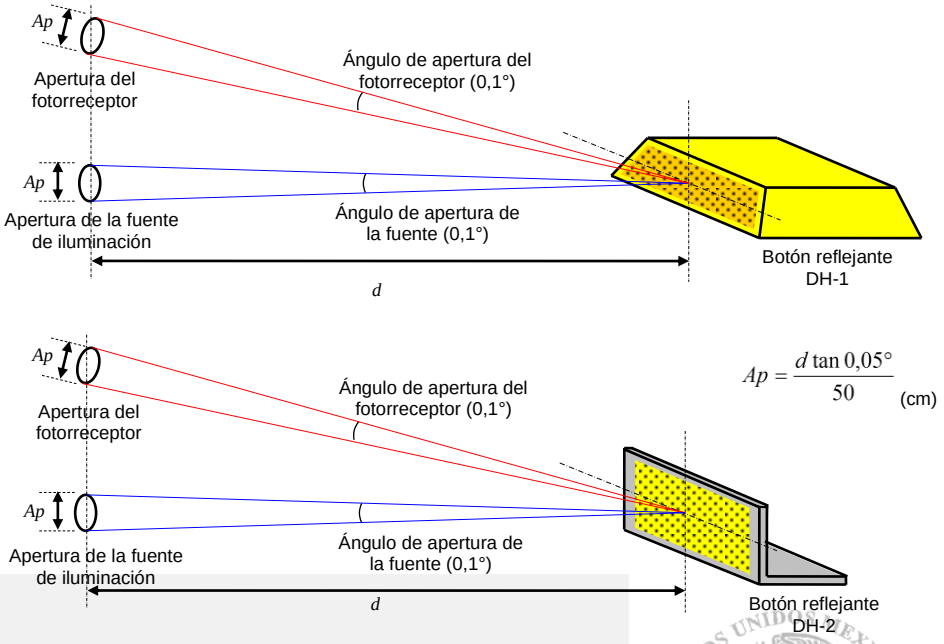

FIGURA 3.- Ángulos de apertura del fotorreceptor y de la fuente de luz, medidos desde el centro de la cara reflejante del botón

F.2. Previo al inicio de la prueba se observarán las siguientes consideraciones.

F.2.1. Calibración de la fuente de iluminación

Mediante el empleo del medidor de temperatura de color descrito en la Fracción E.7. de este Manual, se debe medir la temperatura que emana de la lámpara de la fuente de iluminación, antes de la medición del primer botón así como después de la última medición realizada al último botón ensayado en el día. Estas medidas deben estar dentro del rango de temperatura establecido de 2 856 ± 20 °K.

F.2.2. Verificación de la calibración de los fotorreceptores

Previo al inicio de la prueba y siempre que se utilicen fotorreceptores calibrados o cámaras fotométricas, deberá verificarse que cuenten con su certificado de calibración vigente.

F.2.3. Verificación de la calibración de la lámpara de intensidad luminosa

Previo al inicio de la prueba y siempre que se utilice una lámpara de intensidad luminosa, deberá verificarse que cuente con un certificado de calibración vigente que avale su funcionamiento por cada 200 h de uso.

G. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

G.1. Esta prueba se aplica a todos los botones reflejantes que previamente hayan sido muestreados conforme a lo indicado en la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes* y una vez que hayan sido marcados para su identificación con un número sucesivo y el número de lote al que pertenece, con tinta indeleble en la superficie superior del botón, en la cara opuesta a la de su elemento reflejante o en algún sitio que no afecte la prueba o los resultados.

G.2. La preparación de la muestra de botones reflejantes se realiza conservando los botones en un ambiente con temperatura de 25 ± 2 ºC, al menos durante 30 min antes de ser probados. Previo al inicio de la prueba, cada botón reflejante se limpia suavemente con un trapo húmedo retirando el exceso de agua con un trapo seco.

H. MÉTODOS DE PRUEBA

Cada botón se prueba para dos condiciones de observación, la primera para un ángulo de observación de 0,2º y un ángulo de entrada de 0º y la segunda para un ángulo de observación de 0,2º y un ángulo de entrada de 20º.

Existen varios métodos que pueden ser usados para determinar el coeficiente de intensidad luminosa R, mismos que se describen a continuación.

H.1. MÉTODO DE RAZÓN

Este método puede emplear dos fotorreceptores calibrados o uno no calibrado. Tendrán las mismas aperturas y campo de vista para medir tanto la iluminancia reflejada E_r como la iluminancia incidente sobre el elemento reflejante E_i. Las lecturas con fotorreceptores no calibrados de E_r y E_i se denominan m_1 y m_2, respectivamente.

H.1.1. Procedimiento del método de razón con fotorreceptores calibrados

H.1.1.1. Al iniciar una serie de pruebas de una misma muestra o siempre que se ajusten o modifiquen los ángulos o distancias del equipo, se coloca uno de los fotorreceptores calibrados sobre la base de soporte con goniómetro donde se ubicará el botón bajo prueba, de tal forma que la apertura de entrada coincida con la posición que tendrá el elemento reflejante. La apertura del fotorreceptor se orientará hacia la fuente de iluminación y será perpendicular al eje de iluminación. Se enciende la fuente de iluminación y se registra la lectura de iluminancia incidente en el fotorreceptor como E_i, en lx.

H.1.1.2. Una vez registrada la lectura de iluminancia E_i, a que se refiere el Párrafo anterior, se coloca el segundo fotorreceptor calibrado en la posición del observador sobre la fuente de iluminación, en la base de soporte con goniómetro. Se coloca el modelo negro de botón reflejante sobre la base de soporte con goniómetro en la posición de prueba. La apertura del fotorreceptor se orientará hacia el modelo negro de botón reflejante y será perpendicular al plano de observación. Se enciende la fuente de iluminación y se registra el valor de la iluminancia reflejada como E_b, en lx.

H.1.1.3. Se reemplaza el modelo negro de botón reflejante por los botones reflejantes bajo prueba, se enciende la fuente de iluminación y se registra, para cada botón probado, la lectura de iluminancia reflejada como E_r en lx.

H.1.2. Cálculo del método de razón para fotorreceptores calibrados

Se calcula el valor del coeficiente de intensidad luminosa mediante la siguiente expresión:

$$R = 1000\frac{(E_r - E_b)d^2}{E_i}$$

Donde:

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx) [1]

d = Distancia de observación, de acuerdo con lo establecido en la Fracción F.2., (m)

E_r = Iluminancia reflejada por el elemento reflejante bajo prueba, (lx)

E_i = Iluminancia incidente medida en la posición del botón bajo prueba, (lx)

E_b = Iluminancia reflejada por el modelo negro del botón reflejante, (lx)

Nota:

[1] En el numerador las unidades resultantes son m^2 lx, que son equivalentes a candelas (cd), mientras que en el denominador las unidades quedan como lx, lo que permite que el coeficiente de intensidad luminosa se exprese en cd/lx

H.1.3. Procedimiento del método de razón con fotorreceptor no calibrado

H.1.3.1. Al iniciar una serie de pruebas de una misma muestra o siempre que se ajusten o modifiquen los ángulos o distancias del equipo, se coloca el fotorreceptor no calibrado sobre la base de soporte con goniómetro donde se ubicará el botón bajo prueba, de tal forma que la apertura de entrada coincida con la posición que tendrá el reflejante. La apertura del fotorreceptor se orientará hacia la fuente de iluminación y será perpendicular al eje de iluminación. Se enciende la fuente de iluminación y se registra la lectura de iluminancia incidente sobre el fotorreceptor como m_2, en las unidades que proporcione el aparato.

H.1.3.2. Una vez registrada la lectura de iluminancia m_2, a que se refiere el Párrafo anterior, se desplaza el fotorreceptor no calibrado a la posición del observador sobre la fuente de iluminación, en la base de soporte con goniómetro. Se coloca el modelo negro de botón reflejante sobre la base de soporte con goniómetro en la posición de prueba. La apertura del fotorreceptor se orienta hacia el modelo negro de botón reflejante y será perpendicular al plano de observación. Se enciende la fuente de iluminación y se registra la lectura de iluminancia reflejada como m_b en las unidades que proporcione el aparato.

H.1.3.3. Se reemplaza el modelo negro de botón reflejante por los botones reflejantes bajo prueba, se enciende la fuente de iluminación y se registra, para cada botón probado, el valor de la iluminancia reflejada como m_1 en las unidades que proporcione el aparato.

H.1.4. Cálculos del método de razón para fotorreceptores no calibrados

Se calcula el valor del coeficiente de intensidad luminosa mediante la siguiente expresión:

$$R = 1000\frac{(m_1 - m_b)d^2}{m_2}$$

Donde:

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx) [2]

d = Distancia de observación, de acuerdo con lo establecido en la Fracción F.2., (m)

m_1 = Iluminancia reflejada por el elemento reflejante bajo prueba, (unidades del fotorreceptor) [1]

m_2 = Iluminancia incidente medida en la posición del botón bajo prueba, (unidades del fotorreceptor) [1]

m_b = Iluminancia reflejada por el modelo negro de botón reflejante, (unidades del fotorreceptor) [1]

Notas:

[1] Cuando se emplea un fotorreceptor no calibrado o del que directamente no se obtienen magnitudes de iluminancia (lx), se considera que las lecturas son magnitudes de iluminancia no exactas. Para poder convertir cada una de estas magnitudes no calibradas a calibradas sería necesario multiplicarlas por un factor de proporcionalidad, sin embargo dado que se emplean estas lecturas tanto en el numerador como en el denominador de la expresión, al hacer la división, este factor de calibración se elimina permitiendo considerar las lecturas como calibradas. Es indispensable que se emplee durante todo el procedimiento el mismo fotorreceptor no calibrado, ya que de tal forma no será necesario conocer el factor de proporcionalidad.

[2] En el numerador las unidades quedan virtualmente como m^2 lx, que son equivalentes a cd, mientras que en el denominador las unidades quedan virtualmente como lx, lo que permite que el coeficiente de intensidad luminosa se exprese en cd/lx.

H.2. MÉTODO DE INTENSIDAD LUMINOSA DIRECTA

Este método emplea un fotorreceptor calibrado y otro no calibrado. La calibración del segundo fotorreceptor se realiza como parte del método, usando para ello una lámpara calibrada de intensidad luminosa conocida (I_{cal}).

H.2.1. Procedimiento

H.2.1.1. Se registra el valor de la intensidad luminosa conocida de la lámpara calibrada, como I_{cal}, en cd y se coloca el fotorreceptor no calibrado en la posición del observador sobre la fuente de iluminación, en la base de soporte con goniómetro.

H.2.1.2. Al iniciar una serie de pruebas de una misma muestra o siempre que se ajusten o modifiquen los ángulos o distancias del equipo, se coloca la lámpara calibrada sobre la base de soporte con goniómetro donde se ubicará el botón bajo prueba. La apertura del fotorreceptor no calibrado se orienta hacia la lámpara calibrada y será perpendicular al plano de observación. Se enciende la lámpara y se registra la lectura de iluminancia incidente en el fotorreceptor no calibrado como m_{ncal}, en las unidades que proporcione el aparato. La fuente de iluminación en el lado del observador estará apagada durante esta medición.

H.2.1.3. Una vez registrada la lectura de iluminancia m_{ncal}, a que se refiere el Párrafo anterior, se reemplaza la lámpara calibrada por el fotorreceptor calibrado, de tal forma que su apertura de entrada coincida con la posición que tendrán los elementos reflejantes de los botones por probar. La apertura del fotorreceptor calibrado se orientará hacia la fuente de iluminación y será perpendicular al eje de iluminación. Se enciende la fuente de iluminación en el lado del observador y se registra la lectura de iluminancia incidente en el fotorreceptor calibrado como E_i, en lx.

H.2.1.4. Una vez registrada la lectura de iluminancia E_i, a que se refiere el Párrafo anterior, se reemplaza el fotorreceptor calibrado por el modelo negro de botón reflejante. La apertura del fotorreceptor no calibrado se orientará hacia el modelo negro de botón reflejante y será perpendicular al plano de observación. Se enciende la fuente de iluminación en el lado del observador y se registra la lectura de iluminancia reflejada en el fotorreceptor no calibrado como m_b en las unidades que proporcione el aparato.

H.2.1.5. Se reemplaza el modelo negro de botón reflejante por los botones reflejantes bajo prueba, se enciende la fuente de iluminación y se registra, para cada botón probado, el valor de la iluminancia reflejada en el fotorreceptor no calibrado como m_1, en las unidades que proporcione el aparato.

H.2.2. Cálculos

Se calcula el valor del coeficiente de intensidad luminosa mediante la siguiente expresión:

$$R = 1000 \frac{I_{cal}(m_1 - m_b)}{m_{ncal}\, E_i}$$

Donde:

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx)

I_{cal} = Intensidad luminosa conocida de la lámpara calibrada, (cd)

E_i = Iluminancia incidente en el fotorreceptor calibrado, (lx)

m_{ncal} = Iluminancia incidente en el fotorreceptor no calibrado, medida cuando se coloca la lámpara calibrada en la posición del botón bajo prueba, (unidades del fotorreceptor) [1]

m_1 = Iluminancia reflejada por el elemento reflejante del botón bajo prueba, (unidades del fotorreceptor no calibrado) [1]

m_b = Iluminancia reflejada por el modelo negro de botón reflejante, (unidades del fotorreceptor no calibrado) [1]

Nota:

[1] Cuando se emplea un fotorreceptor no calibrado o del que directamente no se obtienen magnitudes de iluminancia (lx), se considera que las lecturas son magnitudes de iluminancia no exactas. Para poder convertir cada una de estas magnitudes no calibradas a calibradas sería necesario multiplicarlas por un factor de proporcionalidad, sin embargo dado que se emplean estas lecturas tanto en el numerador como en el denominador de la expresión, al hacer la división, este factor de calibración se elimina permitiendo considerar las lecturas como calibradas. Es indispensable que se emplee durante todo el procedimiento el mismo fotorreceptor no calibrado, ya que de tal forma no será necesario conocer el factor de proporcionalidad.

H.3. MÉTODO DE MEDICIÓN DIRECTA DE LUMINANCIA

Este método emplea un fotorreceptor calibrado que medirá la iluminancia incidente y una cámara fotométrica para determinar la intensidad luminosa del elemento reflejante del botón bajo prueba.

H.3.1. Procedimiento

H.3.1.1. Al iniciar una serie de pruebas de una misma muestra o siempre que se ajusten o modifiquen los ángulos o distancias del equipo, se coloca el fotorreceptor calibrado sobre la base de soporte con goniómetro donde se ubicará el botón bajo prueba, de tal forma que la apertura de entrada coincida con la posición que tendrá el elemento reflejante. La apertura del fotorreceptor se orientará hacia la fuente de iluminación y será perpendicular al eje de iluminación. Se enciende la fuente de iluminación y se registra la lectura de iluminancia incidente en el fotorreceptor como E_i, en lx.

H.3.1.2. Se coloca la cámara fotométrica en la posición del observador sobre la fuente de iluminación, en la base de soporte con goniómetro y se reemplaza el fotorreceptor calibrado por los botones reflejantes bajo prueba. La apertura de la cámara fotométrica se orienta hacia el elemento reflejante y será perpendicular al plano de observación. Para cada botón probado se obtiene el valor promedio de la luminancia de la superficie de su elemento reflejante, registrándolo como L_{prom}, en cd/m^2. La lectura promedio de luminancia considerará la totalidad de la superficie aparente del elemento reflejante del botón bajo prueba.

H.3.1.3. Se calcula la superficie aparente del elemento reflejante de los botones bajo prueba, como se percibe desde la posición del observador y se registra como Aa, en cm^2. La superficie aparente es entonces equivalente a la superficie proyectada, es decir, un botón con una cara reflejante plana de A = 42 cm^2 y una inclinación ε de 32°, que se pruebe con un ángulo de entrada β igual a 20° y un ángulo de observación α igual a 0,2°, tendrá una superficie aparente A_a para el observador igual al producto 42 *sen* (32°-0,2°) *cos* (20°) = 20,8 cm^2.

H.3.2. Cálculos

Se calcula el valor del coeficiente de intensidad luminosa mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{L_{prom} \times A_a}{10 E_i}$$

Donde:

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón reflejante bajo prueba, (mcd/lx)

L_{prom} = Luminancia promedio del elemento reflejante bajo prueba medida con la cámara fotométrica en la posición del observador, (cd/m^2)

A_a = Superficie aparente del elemento reflejante bajo prueba como se percibe desde la posición del observador, (cm^2)

E_i = Iluminancia incidente en el fotorreceptor calibrado, (lx)

H.4. MÉTODO DE SUSTITUCIÓN

Este método se basa en el uso de botones de referencia o testigos cuyo coeficiente de intensidad luminosa es conocido. El valor del coeficiente de intensidad luminosa del elemento reflejante de un botón bajo prueba se determina por la comparación de la reflexión medida en éste y la reflexión del elemento reflejante de un botón de referencia obtenida por el método de razón con fotorreceptores calibrados o por el método de medición directa de luminancia. Cuando se opta por este método, es indispensable que el botón de referencia sea igual en forma, tamaño y color que el botón bajo prueba, con un elemento reflejante del mismo tipo,

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

tamaño y color; que se le marque con tinta indeleble su coeficiente de intensidad luminosa y la fecha de su determinación, en la superficie superior del botón o en la cara opuesta a la de su elemento reflejante; que se use con mucho cuidado y precaución para evitar que se dañe, y cuando no se utilice, que se guarde en un recipiente opaco y hermético para protegerlo de la luz, la humedad, el polvo u otro material que pudiera degradar su reflexión. El coeficiente de intensidad luminosa del botón de referencia se volverá a obtener mediante el mismo método utilizado para la primera determinación, al menos cada año a partir de aquella o cada vez que exista sospecha de que se haya alterado, con el propósito de garantizar la confiabilidad de los resultados de la prueba.

H.4.1. Procedimiento

Este método puede emplear un fotorreceptor calibrado o no calibrado.

H.4.1.1. Se registra el valor del coeficiente de intensidad luminosa conocido del botón de referencia, como R_{ref}, en mcd/lx y se coloca el fotorreceptor en la posición del observador sobre la fuente de iluminación, en la base de soporte con goniómetro.

H.4.1.2. Al iniciar una serie de pruebas de una misma muestra o siempre que se ajusten o modifiquen los ángulos o distancias del equipo, se coloca el botón de referencia sobre la base de soporte con goniómetro donde se ubicará el botón bajo prueba. La apertura del fotorreceptor se orientará hacia el botón de referencia y será perpendicular al plano de observación. Se enciende la fuente de iluminación y se registra la lectura de iluminancia incidente en el fotorreceptor calibrado, como E_{ref}, en lx, y en el caso de un fotorreceptor no calibrado, como m_{ref}, en las unidades que proporcione el aparato.

H.4.1.3. Una vez registrada la lectura de iluminancia E_{ref} o m_{ref}, a que se refiere el Párrafo anterior, se reemplaza el botón de referencia por el modelo negro de botón reflejante. Se enciende la fuente de iluminación y se registra el valor de la iluminancia reflejada en el fotorreceptor calibrado como E_b, en lx, y en el caso del fotorreceptor no calibrado como m_b, en las unidades que proporcione el aparato.

H.4.1.4. Se sustituye el modelo negro de botón reflejante por los botones reflejantes bajo prueba, se enciende la fuente de iluminación y se registra, para cada botón probado, la lectura de iluminancia reflejada en el fotorreceptor calibrado, como E_r en lx, y en el caso del fotorreceptor no calibrado, como m_1, en las unidades que proporcione el aparato.

H.4.2. Cálculos

Se calcula el valor del coeficiente de intensidad luminosa mediante alguna de las siguientes expresiones.

H.4.2.1. Cuando se use un fotorreceptor calibrado:

$$R = \frac{R_{ref}\ (E_r - E_b)}{E_{ref} - E_b}$$

Donde:

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx)

R_{ref} = Coeficiente de intensidad luminosa conocida del botón de referencia o testigo, (mcd/lx)

E_r = Iluminancia reflejada por el elemento reflejante del botón bajo prueba, (lx)

E_{ref} = Iluminancia reflejada en el elemento reflejante del botón de referencia , (lx)

E_b = Iluminancia reflejada por el modelo negro de botón reflejante, (lx)

H.4.2.2. Cuando se use un fotorreceptor no calibrado:

$$R = \frac{R_{ref}\ (m_1 - m_b)}{m_{ref} - m_b}$$

Donde:

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx)

R_{ref} = Coeficiente de intensidad luminosa conocida del botón de referencia o testigo, (mcd/lx)

m_1 = Iluminancia reflejada por el elemento reflejante del botón bajo prueba, (unidades del fotorreceptor)

m_{ref} = Iluminancia reflejada en el elemento reflejante del botón de referencia, (unidades del fotorreceptor)

m_b = Iluminancia reflejada por el modelo negro de botón reflejante, (unidades del fotorreceptor)

I. RESULTADOS

Se reporta como resultado el coeficiente de intensidad luminosa, en mcd/lx, para cada botón probado y para cada condición de observación, en uno de los formatos mostrados en las Figuras 4 a 7 de este Manual, según el método de prueba utilizado. El resultado se compara con el valor establecido en la Tabla 1 de la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes*, según el color del elemento reflejante probado.

J. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de las pruebas, se observarán las siguientes precauciones:

J.1. Que el elemento reflejante del botón bajo prueba, esté limpio y libre de polvo, grasa o aceite.

J.2. Que los ejes, ángulos y distancias correspondan a los esquemas de disposición del equipo establecidos en las Figuras 1 y 2 de este Manual.

J.3. Que se utilicen equipos calibrados en los métodos que así lo requieren.

J.4. Que se evite la presencia de luz intensa y de objetos con brillo cerca del túnel fotométrico, para evitar la desviación de ésta y reflexiones parásitas.

J.5. Que cada vez que se mueva de lugar o se reemplace algún aparato del equipo o se reemplace el botón bajo prueba, se verifiquen los ángulos y las distancias.

J.6. Que, en su caso, el botón de referencia o testigo conserve el coeficiente de intensidad luminosa obtenido en su última determinación.

INFORME DE REFLEXIÓN DE BOTONES REFLEJANTES CON EL MÉTODO DE RAZÓN

DE ACUERDO CON EL MANUAL M·MMP·5·04·002, *Reflexión de Botones Reflejantes*

FECHA DE LA PRUEBA: _____

	Para β = 0°		Para β = 20°			
	R_i [1] =		R_i [1] =		d = _____	
	E_i o m_2 =		E_i o m_2 =			
	E_b o m_b =		E_b o m_b =		Cumple	
N° [2]	E_r o m_1	R	E_r o m_1	R	SÍ	NO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
		SUMATORIA:				

OBRA: _____

TRAMO: _____

SUBTRAMO: _____

MARCA: _____ MODELO: _____ OPERADOR: _____

FECHA DE FABRICACIÓN: _____ FECHA DE MUESTREO: _____ N° DE LOTE: _____

TAMAÑO DE LA MUESTRA: _____ NÚMERO DE PRUEBA: _____

TIPO DE BOTÓN: DH-1 ☐ DH-2 ☐

COLOR DEL ELEMENTO REFLEJANTE BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-1 BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-2 GRIS ☐ GALVANIZADO ☐

TAMAÑO DEL LOTE (Pza) ≤ 10 000 ☐ 10 000 < X ≤ 25 000 ☐

FORMA SENSIBLE DE LOS BOTONES

DH-1 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐

DH-2 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐ TRIANGULAR ☐ TRAPECIAL ☐

DIMENSIONES DE LOS BOTONES (cm) LARGO: _____ ANCHO: _____ ALTO: _____

FOTORRECEPTORES CALIBRADOS ☐ NO CALIBRADOS ☐

$$R = 1000 \frac{d^2 (E_r - E_b)}{E_i} \qquad R = 1000 \frac{d^2 (m_1 - m_b)}{m_2}$$

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx)

d = Distancia de observación, (m)

E_r o m_1 = Iluminancia reflejada por el elemento reflejante bajo prueba, (lx)

E_b o m_b = Iluminancia reflejada por el modelo negro de botón reflejante, (lx)

E_i o m_2 = Iluminancia incidente medida en la posición del botón bajo prueba, (lx)

Antes de llevar a cabo la prueba, se considerará que:

1) Todos los botones se probarán con un ángulo de observación α = 0,2°

2) De acuerdo con lo indicado en la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes*, será motivo de rechazo, si más del 10% de los botones probados no cumplen con el coeficiente de intensidad luminosa inicial R_i establecido en dicha Norma.

Notas:

[1] Se utilizará el coeficiente de intensidad luminosa inicial mínimo R_i establecido en la Tabla 1 de la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes*, para el color que tenga el elemento reflejante.

[2] Cada botón por probar, se marcará con un número sucesivo y con el número del lote al que pertenece, con tinta indeleble en un sitio que no altere la prueba o los resultados.

Probados (a)	Cumplen (b)	No cumplen (c = a - b)	% No cumplen (c / a) x 100

EL LOTE SE ACEPTA

SÍ ☐ NO ☐

REVISÓ _____ APROBÓ _____

FIGURA 4.- Informe de la prueba de reflexión de botones reflejantes con el método de Razón

INFORME DE REFLEXIÓN DE BOTONES REFLEJANTES CON EL MÉTODO DE INTENSIDAD LUMINOSA DIRECTA

DE ACUERDO CON EL MANUAL M·MMP·5·04·002, *Reflexión de Botones Reflejantes*

FECHA DE LA PRUEBA: _____

	Para β = 0°		Para β = 20°		d =	
	R_i [1] =		R_i [1] =		I_{cal} =	
	E_i =		E_i =		m_{cal} =	
	m_b =		m_b =		Cumple	
N° [2]	m_1	R	m_1	R	SÍ	NO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
				SUMATORIA:		

OBRA: _____

TRAMO: _____

SUBTRAMO: _____

MARCA: _____ MODELO: _____ OPERADOR: _____

FECHA DE FABRICACIÓN: _____ FECHA DE MUESTREO: _____ N° DE LOTE: _____

TAMAÑO DE LA MUESTRA: _____ NÚMERO DE PRUEBA: _____

TIPO DE BOTÓN: DH-1 ☐ DH-2 ☐

COLOR DEL ELEMENTO REFLEJANTE BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-1 BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-2 GRIS ☐ GALVANIZADO ☐

TAMAÑO DEL LOTE (Pza) ≤ 10 000 ☐ 10 000 < X ≤ 25 000 ☐

FORMA SENSIBLE DE LOS BOTONES

DH-1 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐

DH-2 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐ TRIANGULAR ☐ TRAPECIAL ☐

DIMENSIONES DE LOS BOTONES (cm) LARGO: _____ ANCHO: _____ ALTO: _____

$$R = 1000 \frac{I_{cal}(m_1 - m_b)}{m_{cal}\, E_i}$$

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx)

I_{cal} = Intensidad luminosa conocida de la lámpara calibrada, (cd)

E_i = Iluminancia incidente en el fotorreceptor calibrado, (lx)

m_{cal} = Iluminancia incidente en el fotorreceptor no calibrado, medida cuando se coloca la lámpara calibrada en la posición del botón bajo prueba, (unidades del fotorreceptor)

m_1 = Iluminancia reflejada por el elemento reflejante del botón bajo prueba, (unidades del fotorreceptor no calibrado)

m_b = Iluminancia reflejada por el modelo negro de botón reflejante, (unidades del fotorreceptor no calibrado)

Antes de llevar a cabo la prueba, se considerará que:

1) Todos los botones se probarán con un ángulo de observación α = 0,2°

2) De acuerdo con lo indicado en la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes* , será motivo de rechazo, si más del 10% de los botones probados no cumplen con el coeficiente de intensidad luminosa inicial R_i establecido en dicha Norma.

Notas:

[1] Se utilizará el coeficiente de intensidad luminosa inicial mínimo R_i establecido en la Tabla 1 de la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes* , para el color que tenga el elemento reflejante.

[2] Cada botón por probar, se marcará con un número sucesivo y con el número del lote al que pertenece, con tinta indeleble en un sitio que no altere la prueba o los resultados.

Probados (a)	Cumplen (b)	No cumplen (c = a - b)	% No cumplen (c / a) x 100

EL LOTE SE ACEPTA

SÍ ☐ NO ☐

REVISÓ _____ APROBÓ _____

FIGURA 5.- Informe de la prueba de reflexión de botones reflejantes con el método de Intensidad Luminosa Directa

INFORME DE REFLEXIÓN DE BOTONES REFLEJANTES CON EL MÉTODO DE MEDICIÓN DIRECTA DE LUMINANCIA

DE ACUERDO CON EL MANUAL M·MMP·5·04·002, *Reflexión de Botones Reflejantes*

FECHA DE LA PRUEBA: _____

	Para β = 0°		Para β = 20°			
	R_i [1] =		R_i [1] =			
	E_i =		E_i =		d =	
	A_a =		A_a =		Cumple	
N° [2]	L_{prom}	R	L_{prom}	R	SÍ	NO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
	SUMATORIA:					

OBRA: _____

TRAMO: _____

SUBTRAMO: _____

MARCA: _____ MODELO: _____ OPERADOR: _____

FECHA DE FABRICACIÓN: _____ FECHA DE MUESTREO: _____ N° DE LOTE: _____

TAMAÑO DE LA MUESTRA: _____ NÚMERO DE PRUEBA: _____

TIPO DE BOTÓN: DH-1 ☐ DH-2 ☐

COLOR DEL ELEMENTO REFLEJANTE BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-1 BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-2 GRIS ☐ GALVANIZADO ☐

TAMAÑO DEL LOTE (Pza) ≤ 10 000 ☐ 10 000 < X ≤ 25 000 ☐

FORMA SENSIBLE DE LOS BOTONES

DH-1 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐

DH-2 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐ TRIANGULAR ☐ TRAPECIAL ☐

DIMENSIONES DE LOS BOTONES (cm) LARGO: _____ ANCHO: _____ ALTO: _____

ÁREA DEL ELEMENTO REFLEJANTE A, (cm^2): _____

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL ELEMENTO REFLEJANTE DE LOS BOTONES ε, (°): _____

$$A_a = A \text{ sen } (\varepsilon - 0{,}2°) \cos (\beta)$$

$$R = \frac{L_{prom} \times A_a}{10 E_i}$$

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx)

L_{prom} = Luminancia promedio del elemento reflejante bajo prueba medida con la cámara fotométrica en la posición del observador, (cd/m^2)

A_a = Superficie aparente del elemento reflejante bajo prueba como se percibe desde la posición del observador, (cm^2)

E_i = Iluminancia incidente en el fotorreceptor calibrado, (lx)

Antes de llevar a cabo la prueba, se considerará que:

1) Todos los botones se probarán con un ángulo de observación α = 0,2°

2) De acuerdo con lo indicado en la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes* , será motivo de rechazo, si más del 10% de los botones probados de la muestra no cumplen con el coeficiente de intensidad luminosa inicial R_i establecido en dicha Norma.

Notas:

[1] Se utilizará el coeficiente de intensidad luminosa inicial mínimo R_i establecido en la Tabla 1 de la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes* , para el color que tenga el elemento reflejante.

[2] Cada botón por probar, se marcará con un número sucesivo y con el número del lote al que pertenece, con tinta indeleble en un sitio que no altere la prueba o los resultados.

Probados (a)	Cumplen (b)	No cumplen (c = a - b)	% No cumplen (100 c / a)

EL LOTE SE ACEPTA

SÍ ☐ NO ☐

_____ REVISÓ

_____ APROBÓ

FIGURA 6.- Informe de la prueba de reflexión de botones reflejantes con el método de Medición Directa de Luminancia

INFORME DE REFLEXIÓN DE BOTONES REFLEJANTES CON EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN

DE ACUERDO CON EL MANUAL M·MMP·5·04·002, *Reflexión de Botones Reflejantes*

FECHA DE LA PRUEBA: _____

	Para β = 0°		Para β = 20°			
	R_i [1] =		R_i [1] =		d = _____	
	R_{ref} =		R_{ref} =			
	E_{ref} o m_{ref} =		E_{ref} o m_{ref} =			
	E_b o m_b =		E_b o m_b =		Cumple	
N° [2]	E_r o m_1	R	E_r o m_1	R	SÍ	NO
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
			SUMATORIA:			

OBRA: _____

TRAMO: _____

SUBTRAMO: _____

MARCA: _____ MODELO: _____ OPERADOR: _____

FECHA DE FABRICACIÓN: _____ FECHA DE MUESTREO: _____ Nº DE LOTE: _____

TAMAÑO DE LA MUESTRA: _____ NÚMERO DE PRUEBA: _____

TIPO DE BOTÓN: DH-1 ☐ DH-2 ☐

COLOR DEL ELEMENTO REFLEJANTE BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-1 BLANCO ☐ AMARILLO ☐ ROJO ☐

COLOR DEL CUERPO DEL BOTÓN DH-2 GRIS ☐ GALVANIZADO ☐

TAMAÑO DEL LOTE (Pza) ≤ 10 000 ☐ 10 000 < X ≤ 25 000 ☐

FORMA SENSIBLE DE LOS BOTONES

DH-1 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐

DH-2 CUADRADA ☐ RECTANGULAR ☐ TRIANGULAR ☐ TRAPECIAL ☐

DIMENSIONES DE LOS BOTONES (cm) LARGO: _____ ANCHO: _____ ALTO: _____

FOTORRECEPTORES CALIBRADOS ☐ NO CALIBRADOS ☐

$$R = \frac{R_{ref}\,(E_r - E_b)}{E_{ref} - E_b} \qquad R = \frac{R_{ref}\,(m_1 - m_b)}{m_{ref} - m_b}$$

R = Coeficiente de intensidad luminosa del botón bajo prueba, (mcd/lx)

R_{ref} = Coeficiente de intensidad luminosa conocida del botón de referencia, (mcd/lx)

E_r o m_1 = Iluminancia reflejada en el elemento reflejante del botón bajo prueba, (lx)

E_{ref} o m_{ref} = Iluminancia reflejada en el elemento reflejante del botón de referencia , (lx)

E_b o m_b = Iluminancia reflejada en el modelo negro de botón reflejante, (lx)

Antes de llevar a cabo la prueba, se considerará que:

1) Todos los botones se probarán con un ángulo de observación α = 0,2°

2) De acuerdo con lo indicado en la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes* , será motivo de rechazo, si más del 10% de los botones probados no cumplen con el coeficiente de intensidad luminosa inicial R_i establecido en dicha Norma.

Notas:

[1] Se utilizará el coeficiente de intensidad luminosa inicial mínimo R_i establecido en la Tabla 1 de la Norma N·CMT·5·04, *Botones y Botones Reflejantes* , para el color que tenga el elemento reflejante.

[2] Cada botón por probar, se marcará con un número sucesivo y con el número del lote al que pertenece, con tinta indeleble en un sitio que no altere la prueba o los resultados.

Probados (a)	Cumplen (b)	No cumplen (c = a - b)	% No cumplen (c / a) x 100

EL LOTE SE ACEPTA

SÍ ☐ NO ☐

REVISÓ _____ APROBÓ _____

FIGURA 7.- Informe de la prueba de reflexión de botones reflejantes con el método de Sustitución