LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: ***4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS***

TÍTULO: 07. Superficie de Rodadura

CAPÍTULO: 017. Determinación del Perfil Transversal y Cálculo de la Profundidad de Roderas con Perfilómetro de Alto Rendimiento

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar mediante el empleo de un Perfilómetro de Alto Rendimiento el perfil transversal de la superficie de rodadura de un pavimento, para el posterior cálculo de Profundidad de Rodera (PR) a que se refiere la Norma N·CSV·CAR·1·03·009, *Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite obtener el perfil transversal de la superficie de rodadura de un pavimento para el cálculo de Profundidad de Rodera (PR) de acuerdo con lo indicado en la Norma N·CSV·CAR1·03·009, *Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)*. La prueba consiste en medir las irregularidades en la superficie de rodadura que se obtienen al utilizar un Perfilómetro de Alto Rendimiento a lo largo de una franja de pavimento por estudiar.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con la Norma N·CSV·CAR1·03·009, *Determinación de la Profundidad de Roderas (PR) y* el Manual M·MMP·4·07·18, *Determinación de la Profundidad de Rodera con Equipo Óptico Láser*.

D. MATERIAL Y EQUIPO

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

D.1. VEHÍCULO

El equipo de evaluación del perfil transversal del pavimento, estará acoplado en un vehículo de tamaño adecuado de manera tal que sin sufrir modificaciones estructurales mayores permita la correcta instalación del equipo. El motor, mecanismos de dirección y componentes de suspensión serán de manufactura reciente y mantendrán la velocidad y dirección sin cambios bruscos durante el recorrido. Estará equipado con luces de destellos, reflejantes y leyenda que lo describe como vehículo de pruebas.

D.2. SENSORES

Se usan para medir la velocidad, desplazamiento y distancia recorrida.

D.2.1. Sensor de desplazamiento

Medirá la distancia entre el sensor y la superficie del pavimento. Registrará datos con una resolución de 0,1 mm.

D.2.2. Sensor de distancia

Permite cuantificar la distancia recorrida por el vehículo de evaluación con resolución necesaria para cumplir con los requerimientos del equipo. Se puede usar cualquier sensor de distancia que produzca una señal digital o analógica, el cual tendrá una precisión menor de 0,1%, equivalente a una diferencia de ± 1m/km, para satisfacer los requerimientos.

D.3. MARCADORES DE UBICACIÓN

El inicio y fin de tramo serán identificados con marcas de localización que puedan ser detectadas con medios automáticos o de manera visual por el operador del equipo. Ejemplo de ello son la detección magnética, detección de cinta reflejante con fotoceldas, marcas de pintura, referencias físicas.

D.4. VELOCÍMETRO

Dispositivo que muestra la velocidad del vehículo durante el movimiento del mismo. El velocímetro ayudará al conductor a mantener la velocidad durante el proceso de medición. Algunos sistemas, especialmente los sistemas espaciales, son independientes de la velocidad, en cuyo caso el velocímetro del vehículo es suficiente.

D.5. INSTRUMENTO DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

Ofrecerá una precisión mínima de ± 3 m en modalidad de navegación, y de ± 1 cm en modo estático. Satisfará el Protocolo NMEA - 0183.

El equipo tendrá capacidad para que los datos generados durante los recorridos ofrezcan el vínculo entre las coordenadas geográficas y UTM, *Universal Transverse Mercator*, así como la distancia longitudinal recorrida.

D.6. PANTALLA

El equipo tendrá una pantalla que permita el monitoreo visual de los resultados del sistema. La pantalla mostrará el perfil transversal en función del tiempo o de la distancia recorrida.

D.7. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y PROCESO DE INFORMACIÓN

Capaz de registrar y el almacenar los datos obtenidos, así mismo contará con el programa computarizado para realizar los cálculos necesarios para la determinación de la profundidad de rodera.

D.8. MARCADOR DE EVENTO

El operador contará con las herramientas necesarias para registrar la localización de eventos como parte de la recolección de datos. Los eventos que se registran son: zonas de topes, casetas, pasos por población, rebases y cualquier otra situación que pueda alterar los resultados.

E. CALIBRACIÓN

El equipo de evaluación, su sistema y componentes serán calibrados periódicamente de acuerdo con las indicaciones del fabricante o al reemplazar, reparar o realizar alguna modificación importante que pueda afectar la calibración del dispositivo.

El equipo será calibrado al menos dos veces al año o cuando lo solicite la Secretaría y los registros que se generen serán conservados como evidencia de las calibraciones, entregando una copia a la Secretaría.

E.1. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

Se recomienda que el proceso de calibración se automatice para reducir el riesgo de error humano.

F. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

F.1. SISTEMA ELECTRÓNICO

Se enciende el equipo electrónico y se espera el tiempo recomendado por el fabricante antes de iniciar la prueba de evaluación, con la finalidad de permitir que los componentes electrónicos se estabilicen y adquieran la temperatura óptima de trabajo.

F.2. PARÁMETROS DEL SISTEMA

Se seleccionan y configuran los parámetros del sistema necesarios para la realización de la prueba.

F.3. VERIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN

Se realiza la verificación de la calibración al inicio de un día de operación y en cualquier otro momento que el operador sospeche que existen cambios en el desempeño del sistema.

Se verifica la calibración utilizando el procedimiento indicado por el fabricante para comprobar que el sistema está operando adecuadamente.

F.4. VERIFICACIÓN DEL EQUIPO

Al tratarse de equipos desmontables, se verifica la perpendicularidad, separación de componentes, limpieza de los emisores, sensores y hermeticidad de las conexiones.

G. PROCEDIMIENTO DE LA MEDICIÓN

G.1. MEDICIÓN EN TRAMO DE PRUEBA

G.1.1. Al menos 150 m antes del inicio del tramo de prueba se cambiará el sistema al modo de prueba, así mismo, se conseguirá la velocidad deseada del equipo.

G.1.2. La velocidad máxima de operación será la estipulada por los límites del tramo de prueba o como lo permita el flujo del tránsito; la velocidad mínima será definida por el fabricante del equipo y será constante durante las mediciones.

El operador identificará manualmente el inicio del tramo de prueba, como parte de los datos registrados. Esto puede hacerse automáticamente con un marcador de evento.

G.1.3. El operador transitará el vehículo con el equipo de evaluación en el carril tan cerca como sea posible a la trayectoria establecida, obteniendo las coordenadas geográficas y UTM del tramo a evaluar.

G.1.4. Se identificará el final del tramo de prueba y se finaliza la medición.

G.2. ADQUISICIÓN DE DATOS

G.2.1. El operador verificará la existencia de los datos recolectados y registrará las notas pertinentes para que estos sean identificados.

G.2.2. Identificará, como parte de los datos registrados, otras características físicas o puntos de referencia conocidos en el tramo de prueba los cuales ayudarán a relacionar las zonas en conflicto con el perfil calculado.

H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

H.1. CÁLCULO DEL PERFIL TRANSVERSAL

H.1.1. Obtención del perfil transversal

Los equipos tipo Perfilómetro de alto rendimiento usan tecnología láser tipo escáner por medición de fase para determinar el perfil transversal de un pavimento. Esta tecnología consiste de un emisor láser y un espejo poligonal giratorio como se observa en la Figura 1. El sensor láser está integrado por un emisor y un receptor para medir la distancia a la superficie del pavimento. El espejo poligonal giratorio cambia la dirección de la luz láser, haciendo un barrido del perfil transversal del pavimento y obteniendo las elevaciones de puntos consecutivos de dicho perfil. Estas lecturas son enviadas hacia el sistema de registro de datos, el cual procesa la información.

La Figura 1 muestra la configuración típica de un escáner láser, el cual tiene un ángulo de trabajo de 90°, en esta configuración el ancho del carril a medir dependerá de la altura a la cual se coloca el escáner.

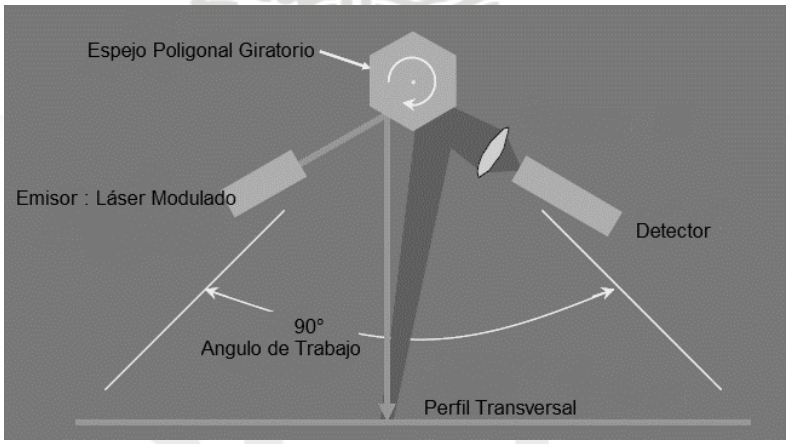

FIGURA 1.- Esquema de un Sistema Escáner Láser

H.2. CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE RODERA (PR)

Un algoritmo implementado por software realiza las operaciones necesarias para determinar la Profundidad de Rodera para cada perfil transversal medido por el Perfilómetro de alto rendimiento y automáticamente reportará el valor de PR del tramo evaluado o por secciones del mismo (Consulte Manual de Usuario), si el equipo y los sistemas que lo integran permiten el almacenamiento de los perfiles transversales registrados, pueden analizarse de manera independiente para la obtención de la profundidad de rodera usando el método que se describe en la Fracción I.2. del Manual M·MMP·4·07·018, *Determinación de la Profundidad de Roderas con Equipo Óptico Láser* o con cualquier otro método o algoritmo que permita calcular el valor de PR y cuya diferencia de resultados comparada con el método mencionado no difiera en más de 2%.

I. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

El informe de resultados se elaborará de acuerdo a lo estipulado en la Cláusula F. de la Norma N·CSV·1·03·009, *Determinación de la Profundidad de Roderas (PR)*; en donde para cada tramo de prueba medido contará con los siguientes datos:

I.1. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Se describirá el tipo de prueba que se realizó, junto con el modo de operar del equipo y método utilizado para el cálculo de resultados.

I.2. FECHA DE MEDICIÓN

Fecha en la cual se llevó a cabo la recolección de datos (dd/mm/aaaa).

I.3. UBICACIÓN

Definirá la localización del tramo a evaluar en un mapa con coordenadas geográficas. Se colocará el cadenamiento, carril y sentido.

I.4. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE SUPERFICIE

Registrar anotaciones que puedan describir el tipo de superficie en la cual se desarrolla la evaluación.

I.5. DESCRIPCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Se reportará la contaminación en la superficie del pavimento como algún material o sustancia que no se puede evitar limpiando, incluyendo la humedad.

I.6. CONDICIÓN SUPERFICIAL

Se reportarán observaciones sobre la condición superficial tales como agrietamiento, baches, parches, etc.

I.7. IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO Y SUS OPERADORES

Se reportará el tipo de equipo de evaluación, así como la identificación de los operadores.

I.8. FECHA DE CALIBRACIÓN

Se reportará la fecha en la cual se realizó la última calibración del equipo.

I.9. LONGITUD TOTAL DEL PERFIL Y NÚMERO DE SEGMENTOS ANALIZADOS

Se reportará la longitud total evaluada en metros y la cantidad de segmentos analizados para la longitud evaluada.

I.10. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

Se reportarán los resultados a intervalos de 20, 100 y 1000 m, así como el promedio de cada segmento junto con las velocidades registradas.

I.11. REPORTE FOTOGRÁFICO

Se anexará un reporte fotográfico donde se muestre el principio y final del tramo, así como el equipo en funcionamiento.

J. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

J.1. REGISTRO DE DATOS

Revisar los datos obtenidos y los valores para la profundidad de rodera al finalizar cada medición, en caso de encontrar alguna inconsistencia repetir la medición.

J.2. IDENTIFICACIÓN DE DATOS

Se recomienda usar una nomenclatura predeterminada para asignar nombre a los datos recolectados, así como anotaciones generales que ayuden a identificar la procedencia de la información y las condiciones en las cuales se realizó dicha recolección de datos.

K. BIBLIOGRAFÍA

Bill Here, M.P., *Calibration and Operation of Pavement Profile Scanners*, Lake Tahoe, EUA (2001).

Serigos, P.A. *et al*, *FHWA/TX-12/0-6663-1 Field Evaluation of Automated Rutting Measuring Equipment*. Washington, DC, EUA (2012).

Wang, H., *Development of laser system to measure pavement*, University of South Florida, EUA (2005).

Spangler, E.B; and Kelly, W.J; *GMR Road Profilometer -A Method for Measuring Road Profile*, Highway Research Record 121, Washington,DC, EUA (1966).

Sayers, M.W. y Karamihas, S.M., *The Little Book of Profiling*, The Regent of the University of Michigan, EUA (septiembre 1998).

American Society for Testing Materials (ASTM), E 867, *Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics*.

American Society for Testing Materials (ASTM), E 950, *Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference*.

American Society for Testing Materials (ASTM), E 1082, *Standard Test Method for Measurement of Vehicular Response to Traveled Surface Roughness*.

American Society for Testing Materials (ASTM), E 1703, Standard Test Method for Measuring Rut-Depth of Pavement Surfaces Using a Straig.

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES