

LIBRO: **MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

PARTE: **4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

TÍTULO: *07. Superficie de Rodadura*

CAPÍTULO: *022. Determinación de las Deflexiones con Equipo de Medición Dinámica*

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar, mediante el uso de un equipo dinámico, la deflexión de un pavimento a la que refiere la Norma N·CSV·CAR·3-02-010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*.

B. OBJETIVO

Obtener mediante el uso de un equipo dinámico las deflexiones del pavimento. La prueba consiste en colocar el equipo en un área especificada del tramo por estudiar y aplicar una carga.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con la Norma N·CSV·CAR·1-03-010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*, la NOM-046-SCTFI, *Instrumentos de medición cintas métricas de acero y flexómetros* y el Protocolo NMEA-0183 de la *National Marine Electronics Association*.

D. EQUIPO

El equipo que se utilice para la determinación de las deflexiones del pavimento, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, como se muestra en la Figura 1. 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. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. El equipo contará con sensores de deflexión (geófonos) con una resolución de 2 micrómetros.

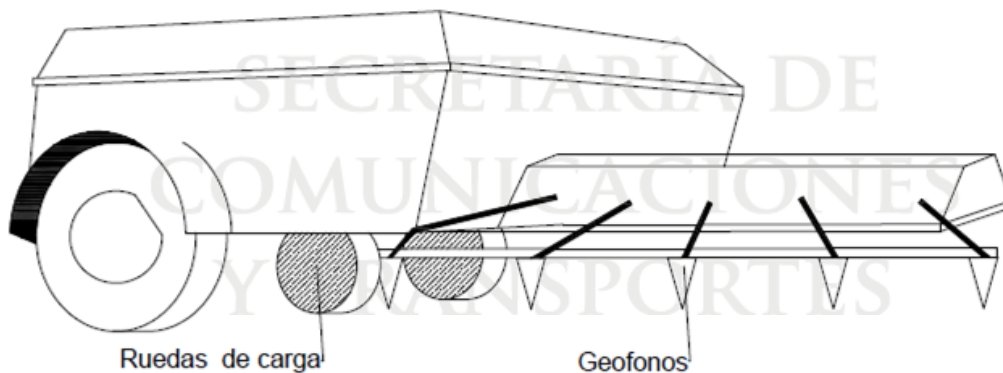


FIGURA 1.- Equipo de medición dinámica remolcado por un vehículo

D.1. VEHÍCULO

Contará con las características necesarias de potencia de motor y estabilidad para tirar del remolque de manera segura.

D.2. EQUIPO DE EVALUACIÓN

Generador de fuerza dinámica, una unidad de control y geófonos, que estarán montados en un remolque de dos ruedas.

D.3. DISPOSITIVO DE CARGA DE ESTADO FIJO CONSTANTE

Este dispositivo usa un generador de fuerza dinámica. El generador de fuerza utiliza una masa de rotación contraria que opera a una frecuencia fija para producir una carga dinámica bajo un peso estático aplicado.

D.4. DISPOSITIVO CON MASA DE ROTACIÓN CONTRARIA

Sistema electro-mecánico para la medición de deflexión dinámica de una superficie producido por una carga oscilatoria el cual consiste en un generador de fuerza montado en un pequeño remolque de dos ruedas, una unidad de control, un conjunto de 5 sensores y una unidad de calibración de sensores (en función de las necesidades del proyecto, se puede utilizar una cantidad mayor de sensores de deflexión).

D.4.1. Ruedas de acero

Cada rueda cuenta con 102 mm de ancho y 406 mm de diámetro. La superficie de carga de llantas se encuentra recubierta con uretano lanzado con un espesor uniforme de 9,53 mm con una separación de centro a centro de 508 mm de distancia.

D.5. INSTRUMENTO DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS).

Tendrá una precisión mínima de ± 3 m en modalidad de navegación, y de ± 1 cm en modo estático. Cumplirá con el Protocolo NMEA – 0183 de la *National Marine Electronics Association*.

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. CINTA MÉTRICA

Una será de 2 m y otra de 25 m con un porcentaje de exactitud en relación a su longitud total conforme con la Norma NOM-046-SCTFI, *Instrumentos de medición cintas métricas de acero y flexómetros*.

D.7. TERMÓMETRO

Este dispositivo podrá ser infrarrojo o manual acoplado en un vehículo. Será de 0° a 100° C con divisiones cada grado Celsius.

E. CALIBRACIÓN

Es importante que el sistema y sus componentes se verifiquen periódicamente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El equipo será calibrado cuando se realice la sustitución de alguno de sus componentes, lo solicite la secretaría o al menos dos veces al año. Los registros que se generen serán conservados como evidencia de las calibraciones, entregando una copia a la Secretaría.

E.1. CARGA

La calibración de la carga aplicada se realizará mensualmente checando la frecuencia del contador rotacional de las llantas que se encuentran en el aire con una luz estroboscópica. El rango de carga estática estará entre 8,88 y 9,24 kN.

E.2. SENSORES DE DEFLEXIÓN

Se realizará una inspección rutinaria de calibración de los sensores de deflexión una vez al mes, si se notan diferencias significativas en algún sensor será consultado con el fabricante para inspección o calibración bajo vibraciones oscilatorias de calibración. Una diferencia significativa es que dos lecturas de los sensores en condiciones exactamente iguales tengan una diferencia mayor al 2%.

E.3. SENSOR DE VELOCIDAD

Serán calibrados diariamente como se lo indique el fabricante.

F. PREPARACIÓN DEL EQUIPO

Una vez realizada la calibración se realizará lo siguiente:

F.1. Comprueba el correcto funcionamiento de todo el sistema

F.2. Se acondiciona la frecuencia con la que se trabajará hasta una frecuencia máxima de entre 8 a 20 Hz, dependiendo de la estructura del pavimento, la carga aplicada, y las características del equipo, las pruebas iniciales sobre un rango de frecuencias en el mismo lugar de la prueba son necesarias para obtener la frecuencia óptima de la carga. Generalmente, frecuencias más altas generan deflexiones más bajas. Si se busca correlacionar la medición con la viga Benkelman se sugiere utilizar una frecuencia de 10 Hz o menor.

F.3. El espaciamiento entre cada uno de los geófonos será de 30 cm de distancia en una línea perpendicular al centro del eje del remolque.

F.4. UBICACIÓN DE PRUEBA

La ubicación de la prueba de ensayo depende del tipo de pavimento, el propósito de la prueba y la utilización de los datos. El tipo de proyecto especificará la ubicación de la prueba.

G. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

G.1. Iniciar con el registro de los datos que identifican el tramo y las características del pavimento.

G.2. Registrar la información que identifica la configuración exacta del equipo en el momento de la prueba. Usualmente los datos de la configuración del equipo incluyen la carga utilizada, posición en el carril, la orientación de los sensores de deflexión y la temperatura del aire y de la superficie.

G.3. Colocar el dispositivo de tal manera que el centro de la carga quede en el lugar seleccionado para la prueba y la barra del sensor esta paralela a la dirección del recorrido.

G.4. Bajar la barra del sensor para posicionar los sensores y las ruedas de carga según sea el caso. Se inicia la generación de la fuerza hasta alcanzar la estabilidad a la frecuencia y a la magnitud de carga seleccionadas.

G.5. Leer y registrar las deflexiones medidas por cada uno de los sensores, almacenando en archivos del equipo, los cuales forman la base de datos de la medición.

H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

H.1. CÁLCULOS

El software seleccionado por el fabricante realizara los cálculos y serán interpretados según las instrucciones del fabricante.

H.1.1. Procedimiento para corrección por temperatura

El valor de deflexión, será corregido por temperatura. La corrección por temperatura es el cálculo que se realiza para determinar cuál es el valor de la deflexión a una temperatura de 20° C, cuando fue determinada a una temperatura diferente. Para la determinación del factor de corrección por temperatura se utilizan los gráficos que se presentan a continuación.

H.1.1.1. Pavimentos flexibles con bases hidráulicas, estabilizadas o tratadas con productos asfálticos y/o cal, el factor de corrección se determina según el gráfico mostrado en la Figura 2.

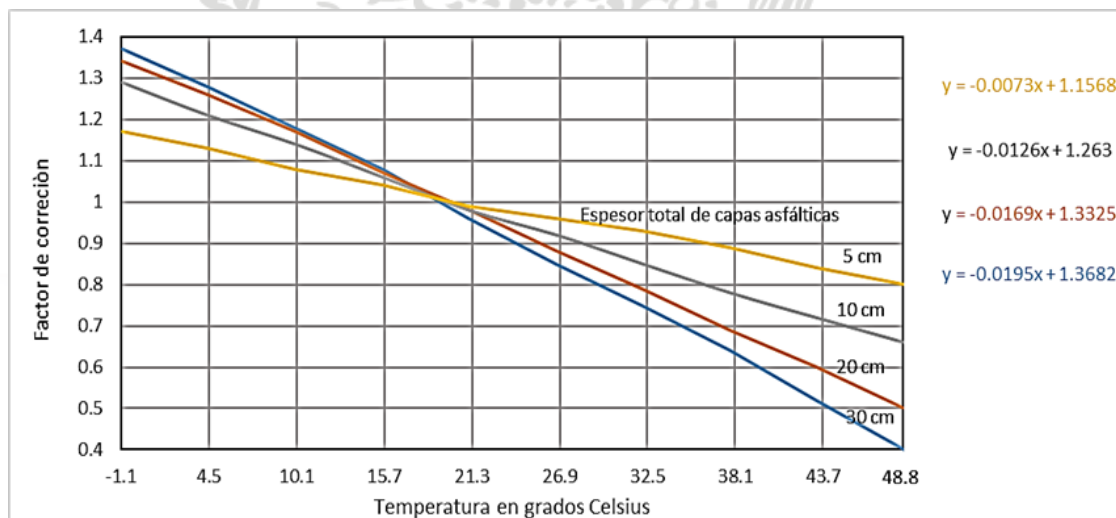


FIGURA 2.- Gráfico para determinación del factor de corrección de deflexiones por temperatura para pavimentos con bases hidráulicas o estabilizadas con asfalto y/o cal

H.1.1.2. Pavimentos flexibles con bases modificadas, tratadas o estabilizadas con cemento, el factor de corrección se determina según el gráfico mostrado en la Figura 3.

H.1.2. El valor de deflexión reportado será el que resulta de los valores de multiplicados por el factor de corrección por temperatura.

H.2. REPORTE DE RESULTADOS

H.2.1. Informe de los trabajos

Informe conciso, integrado por los conceptos que se indican a continuación:

H.2.1.1. Identificación del tramo

- Nombre y clave de la carretera a la que pertenece el tramo, los cuales serán congruentes según la nomenclatura de la Secretaría emitida a través de la Dirección General de Servicios Técnicos

- Origen y destino, referenciados mediante la información que se estipula en la Fracción E.1. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*

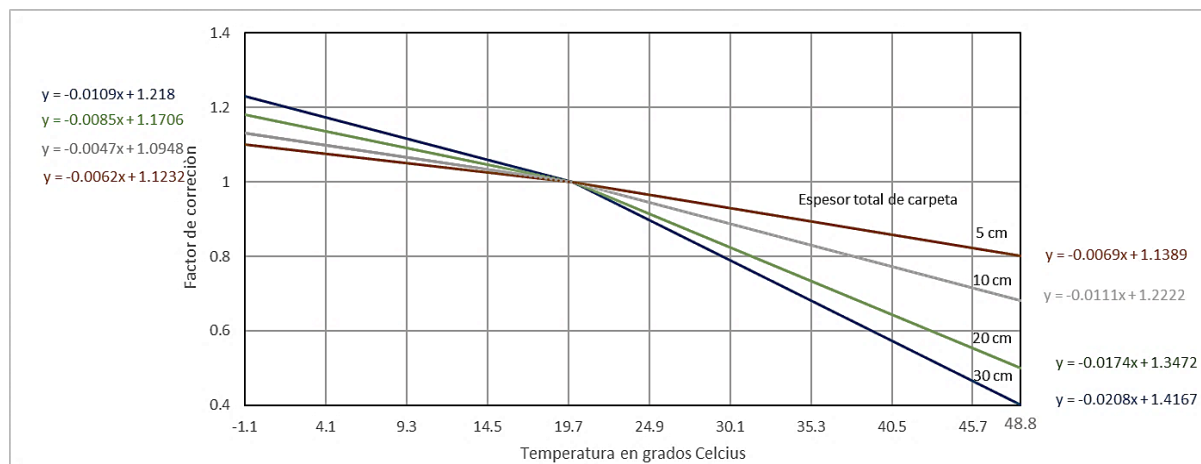


FIGURA 3.- Gráfico para determinación del factor de corrección de deflexiones por temperatura para pavimentos con bases estabilizadas con cemento

H.2.1.2. Características generales del tramo

- Longitud total
- Tipo de pavimento existente, indicando las variaciones detectadas durante la medición
- Número de carriles por sentido de circulación, señalando los cambios de configuración de la calzada observados

H.2.1.3. Descripción general de los trabajos efectuados

- Características del equipo de medición utilizado, incluyendo la información sobre su calibración
- Detalles del procedimiento de medición utilizado
- Listado de los eventos relevantes que se presentaron durante el proceso de la medición

H.2.1.4. Resumen de resultados de evaluación

En los trabajos de evaluación, el resumen de resultados se integrará con los productos que se indican a continuación, los cuales se elaborarán para cada segmento de medición (Fracción B.11. de la Norma N-CSV-CAR-1-03-010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*).

- Larguillo con los valores de deflexión representativa con la información en segmentos de kilómetro, representando en el eje de las abscisas el kilómetro y en el eje de las ordenadas la deflexión en milímetros (mm). En este gráfico, se indicarán los rangos que delimitan la condición estructural a los que se hace referencia en la Fracción B.12. Norma N-CSV-CAR-1-03-010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*, como se muestra en la Figura 4.

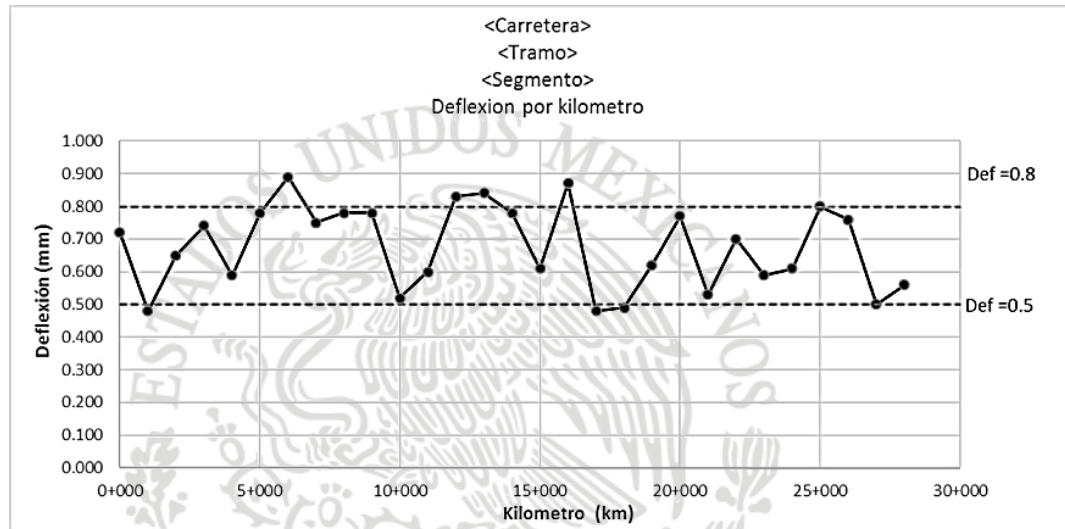


FIGURA 4.- Larguillo de Deflexiones por kilómetro

- Representación geográfica de los valores representativos por segmento de acuerdo a un código de colores en función de su condición estructural. La capa base del tramo sobre la que se mostrarán los valores representativos, se construirá con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, o bien con los datos que provea la contratista siempre y cuando la información se encuentre actualizada.
- Los porcentajes de la longitud en cada condición estructural en función de los rangos definidos en la Tabla 1 de la Norma N.CSV.CAR.1-03-010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*, se ilustrarán mediante un gráfico circular.
- Comparación de los valores de deflexión por kilómetro con los del año inmediato anterior, la cual se acompañará de una valoración general que explique, a satisfacción de la Secretaría, las causas de los posibles cambios observados.

H.2.1.5. Resumen de resultados de validación

En los trabajos de validación, el resumen de resultados comprenderá los conceptos que se indican a continuación:

- Descripción general del tramo evaluado
- Información teórica relativa a la medición de deflexiones
- Descripción genérica de los equipos para la medición de deflexiones
- Tabla comparativa de resultados
- Coeficiente de correlación de los valores obtenidos con cada equipo
- Conclusiones del proceso de validación

H.2.2. Anexos

La información contenida en el cuerpo principal del informe, será complementada con los siguientes anexos:

H.2.2.1 Anexo “A”: Bitácora del servicio

Reproducción en formato electrónico de la bitácora del servicio a la que se refiere la Fracción D.5. de la Norma N·CSV·CAR·1·03·010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*.

H.2.2.2. Anexo “B”: Base de datos con información de campo

Base de datos en hoja de cálculo con los valores obtenidos en campo para cada punto de medición que contenga la siguiente información:

- Nombre de la carretera a la que pertenece el tramo o segmento evaluado, según la nomenclatura de la Secretaría emitida a través de la Dirección General de Servicios Técnicos
- Sentido de circulación, de acuerdo con la nomenclatura especificada en la Fracción D.4. de la Norma N·CSV·CAR·1·03·010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*
- Carril evaluado, de acuerdo con la misma nomenclatura
- Kilómetro de medición
- Valor de la deflexión para todos los sensores de desplazamiento
- Esfuerzo aplicado en kilopascales
- Temperatura del aire y de la superficie del pavimento en grados Celsius
- Coordenadas geográficas

H.2.2.3. Anexo “C”: Reporte de datos procesados

Los informes relativos a los trabajos de evaluación, incorporarán un anexo con los valores procesados de las mediciones, almacenados en hojas de cálculo. Se presentará la información por cada kilómetro y segmento evaluado, se incluirán los elementos que se describen a continuación:

- Nombre de la carretera a la que pertenece el tramo o segmento evaluado, según la nomenclatura de la Secretaría emitida a través de la Dirección General de Servicios Técnicos
- Sentido de circulación, de acuerdo con la nomenclatura especificada en la Fracción D.4. de la Norma N·CSV·CAR·1·03·010, *Determinación de las Deflexiones de un Pavimento (DEF)*
- Carril evaluado, de acuerdo con la misma nomenclatura
- Kilómetro inicial y final del segmento de medición (solo para trabajos realizados con equipos de alto rendimiento)
- Valor de la deflexión representativa del segmento o kilómetro

H.2.2.4. Anexo “D”: Resumen fotográfico

Conjunto de fotografías con resolución de al menos 46,5 pixeles por cm² (300 ppp²) y formato “JPG”.

El conjunto de imágenes constituirá una secuencia fotográfica que muestre, entre otros aspectos, el vehículo de medición, su equipamiento externo e interno, las características más relevantes del tramo a lo largo del recorrido y ejemplos de segmentos según su condición estructural.

I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

- I.1. Realice periódicamente mantenimiento preventivo de manera general en el sistema del equipo.
- I.2. Revise los datos registrados por el equipo después de cada medición para detectar a tiempo alguna inconsistencia en el registro y pueda repetir la prueba.

J. BIBLIOGRAFÍA

Advisory Circular, *Use of Nondestructive testing in the Evaluation of Airport Pavements*. Federal Aviation Administration, EUA (2011).

Operators' Manual for Dynaflect, S.I.E. Inc, EUA (1983).

ASTM International, E 867-06 (2012), *Terminology Relating to Vehicle – Pavement Systems*, EUA.

ASTM International, D 4695-03 (2015), *Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements*, EUA.

Instituto Nacional de Vías (INV), E 797-07, *Medidas de deflexión en pavimentos*, Colombia.

ASTM International, D 4602-93 (2015), *Standard Guide for Nondestructive Testing of Pavements Using Cyclic-Loading Dynamic Deflection Equipment*, EUA.

Florida Department of Transportation (FDOT), FM 5-526, *Florida Method of Test for Dynamic Pavement Deflection Measurements*, EUA (2000).

SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán 1895
Col. Acacias
Ciudad de México, 03240
www.GOB.MX/SCT