	MÉTODO DE PRUEBA	
	<b>Método estándar para determinar las deflexiones con equipo de medición estática</b>	(SCT M-MMP-4-021) Rev. 00 Fecha: 20211130

## PRÓLOGO

Este método de prueba está basado en la norma N-CSV-AR-1-010/17 “Determinación de deflexiones de una estructura” y la norma M-MMP-4-021/17 “Determinación de deflexiones con equipo de medición estática” emitida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.


**1. OBJETIVO.** Determinar la magnitud de las deflexiones de la superficie de una vía terrestre al circular un vehículo en las cercanías del palpador de una viga Benkelman para determinar la recuperación elástica de la estructura por evaluar.

## 2. ALCANCE

- 2.1 Este método de prueba describe el procedimiento para la medición de la recuperación elástica de una estructura de vía terrestre al aplicar una carga conocida en las cercanías del palpador o sensor de deflexión.
- 2.2 Los valores establecidos ya sea en unidades del Sistema Internacional o en pulgadas-libras se consideran como estándar por separado. Dentro del texto las unidades en pulgadas-libras se muestran entre paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema no son equivalencias exactas; Por o tanto, cada sistema debe ser utilizado independientemente uno del otro. Combinando valores de los dos sistemas puede resultar que no se cumpla con la especificación.
- 2.3 Esta norma no intenta considerar todos los tópicos de seguridad, si es que alguno esté asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud adecuadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

## 3. DEFINICIONES

- 3.1 Definiciones: Para definiciones de términos utilizados en este método de prueba, refiérase a la Terminología ASTM E867.
- 3.2 Definiciones de términos específicos para esta norma:
- 3.2.1 Deflexión, n- Es la medida de la deformación elástica o de recuperación vertical que experimenta un pavimento al paso de la carga. Es función tanto del tipo y estado de la sección estructural de la vía y el terreno de cimentación subyacente. Su medición se realiza en forma no destructiva y se utiliza para relacionarla con la capacidad estructural del pavimento.
- 3.2.2 Cuenca de deflexiones, n- Es la deformación elástica de la superficie de un pavimento medida a distancias variables con respecto al punto de aplicación de la carga. Las mediciones a distintas distancias del punto de aplicación de la carga, determinan la forma de la cuenca de deflexiones, que puede utilizarse para estimar la capacidad estructural de la vía. También es útil para identificar secciones que son estructuralmente uniformes, así como de aquellas secciones débiles o deterioradas.
- 3.2.3 Capacidad estructural. Es la capacidad que tiene la estructura para soportar las cargas del tránsito que circulan sobre ella durante el período de vida de diseño establecida. La capacidad estructural o módulo de vía, puede conocerse mediante pruebas no destructivas, a través de las cuales se determina si existen deficiencias estructurales incluso antes de que se manifiesten superficialmente.

	MÉTODO DE PRUEBA	
	<b>Método estándar para determinar las deflexiones con equipo de medición estática</b>	(SCT M-MMP-4-021) Rev. 00 Fecha: 20211130

#### 4. IMPORTANCIA Y USO

4.1 La capacidad estructural de pavimentos se puede definir a partir de métodos no destructivos como es el caso de la determinación de deflexiones superficiales de las vías terrestres. Las deflexiones constituyen a la recuperación elástica de la estructura al aplicar y retirar la carga conocida. La magnitud de las deflexiones sirven para estimar la capacidad portante de todo el paquete estructural de la vía lo que puede servir para estimar umbrales de mantenimiento, estimar vida remanente o definir el módulo de la estructura con ayuda de metodologías adecuadas para ello, basadas en la teoría de elasticidad.

#### 5. EQUIPO

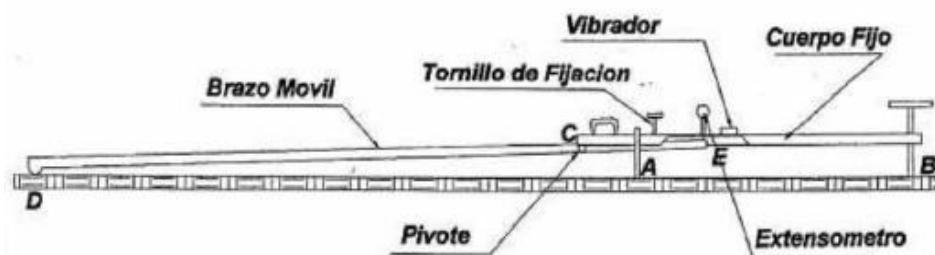
##### 5.1 Viga Benkelman

5.1.1 Instrumento completamente mecánico y de diseño simple como se muestra en la Figura 1 de este procedimiento; consta esencialmente de dos partes un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos; dos delanteros fijos y uno trasero regulable, un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante un articulación de giro o pivote, uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical. Adicionalmente, el equipo posee un vibrador incorporado que, al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador de carátula se trabaje. El micrómetro será de carátula redonda. El equipo contará como mínimo con las partes que se indican a continuación.

5.1.1.1 Cuerpo Fijo o de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos


5.1.1.2 Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote, uno de cuyos extremos se apoya sobre el terreno y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical.

5.1.2 Vehículo lastrado. Será un vehículo con carga de prueba que simule la carga habitual del vehículo, la carga total, tara más útil, será conocida y considerada para fines de cálculo del módulo de vía.



El punto D corresponde al palpador

Figura 1. Viga Benkelman

	<b>MÉTODO DE PRUEBA</b>	
	<b>Método estándar para determinar las deflexiones con equipo de medición estática</b>	(SCT M-MMP-4-021) Rev. 00 Fecha: 20211130

## 5.2 Vehículo lastrado.

- 5.2.1 Será un vehículo con carga de prueba que simule la carga habitual del vehículo, la carga total, tara más útil, será conocida y considerada para fines de cálculo del módulo de vía.

## 5.3 Cinta métrica.

- 5.3.1 Una de 5m y otra de 25 m con un porcentaje de exactitud en relación con su longitud total conforme con la norma NOM 046 SCTFI, Instrumentos de medición cintas métricas de acero y flexómetros.

## 6. PREPARACIÓN DEL EQUIPO


### 6.1 Antes de realizar cada medición se realizará lo siguiente:

- 6.1.1 Cargar al vehículo con cualquier tipo de material y determinar la carga total hasta llegar al peso de carga útil.
- 6.1.2 Armar la viga Benkelman tal como lo indique el fabricante.
- 6.1.3 Comprobar el correcto funcionamiento de todo el sistema.

## 7. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

### 7.1 Ubicar y marcar el punto de medición

- 7.1.1 Determine la distancia longitudinal entre el punto de medición y el cadenamiento de la vía por analizar.
- 7.1.2 Coloque el soporte auxiliar del palpador de la viga Benkelman a un costado del riel con algún sistema de fijación adecuado.
- 7.1.3 Una vez colocado el soporte y registrado el cadenamiento del punto de medición, sitúe el palpador sobre el soporte y nivele el cuerpo fijo de la viga Benkelman.
- 7.1.4 Colocar el indicador de carátula en cero y tomar la lectura inicial (Li).
- 7.1.5 Hacer circular el vehículo lastrado sobre la vía a una baja velocidad constante conocida y cercana a 5km/h).
- 7.1.6 Tomar las lecturas continuas con el tiempo para el vagón lastrado, en este caso en el último sitio del arreglo del tren, y para los dos ejes del mismo, con la finalidad de definir la deflexión máxima (Lf) y la cuenca de deflexiones.

	MÉTODO DE PRUEBA	
	<b>Método estándar para determinar las deflexiones con equipo de medición estática</b>	(SCT M-MMP-4-021) Rev. 00 Fecha: 20211130

## 8. CÁLCULOS

8.1 La deflexión máxima se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Def} = (\text{Lf} - \text{Li})$$

Donde:

Def = deflexión, mm  
Lf = lectura final, mm  
Li = lectura inicial, mm

En el caso de la definición de la cuenca de deflexiones Lf corresponderá a la lectura registrada para cada posición de aplicación de la carga respecto al punto de medición.

8.2 El valor de def se multiplicará por dos cuando se utilice viga estándar, cuya relación entre las distancias entre el punto pivote de la barra de medición del palpador, respecto a la ubicación del indicador de carátula sea 2:1, o la relación de ajuste que indique el fabricante del equipo.

## 9. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS


9.1 Informe de los trabajos.

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

- 9.1.1 Fecha de evaluación
- 9.1.2 Identificación del tramo. Nombre del tramo, estaciones entre las que se encuentra, cadenamiento
- 9.1.3 Características del tramo, tipo de sección indicando los cambios detectados durante las mediciones
- 9.1.4 Número de vías, identificando y señalando los cambios de configuración de los arreglos de vía.
- 9.1.5 Descripción general de los trabajos realizados
- 9.1.6 Características del equipo utilizado
- 9.1.7 Detalles del procedimiento de medición utilizado
- 9.1.8 Listado de los eventos relevantes que se presentaron durante el proceso de medición
- 9.1.9 Resumen de los resultados de evaluación

9.1.9.1 Larguillo con los valores de deflexión representativa con la información en segmentos de kilómetro, representando en el eje de las abcisas el cadenamiento en kilómetros, y en el eje de las ordenadas la deflexión máxima presentada para cada punto de medición en milímetros. En este gráfico se indicarán los rangos que delimitan la condición estructural buena, regular o mala; umbrales dependiente del tipo de vía por analizar.

9.1.9.2 Representación geográfica de los valores representativos por segmento de acuerdo con un código de colores en función de su condición estructural. La capa base del tramo sobre la que se mostrarán los valores representativos, construirá con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, o

	MÉTODO DE PRUEBA	
	<b>Método estándar para determinar las deflexiones con equipo de medición estática</b>	(SCT M-MMP-4-021) Rev. 00 Fecha: 20211130

bien con los datos que provea el administrador de la vía, siempre y cuando la información se encuentre actualizada.

- 9.1.9.3 Los porcentajes de cada condición estructural en función de los rangos definidos para el tipo de vía.
- 9.1.9.4 Comparación de los valores de deflexión por kilómetro con los de la evaluación o evaluaciones anteriores, la cual se acompañará de una valoración general que explique las causas de los posibles cambios observados.
- 9.1.10 Anexos. La información contenida en el cuerpo principal del informe será complementada con los siguientes anexos:
  - 9.1.10.1 Anexo A. Bitácora de servicio. Reproducción en formato electrónico de la bitácora del servicio que será semejante a la presentada en la Figura 2.
  - 9.1.10.2 Anexo B. Reporte de los datos procesados. Los informes relativos a los trabajos de evaluación, incorporarán en un anexo con los valores procesados de las mediciones, almacenados en hojas de cálculo. Se presentará la información por cada kilómetro y segmento evaluado, y de los cuales se presenta el resumen en el cuerpo del informe.
  - 9.1.10.3 Anexo C. Resumen fotográfico. Que se compone de fotografías con resolución de al menos 46.5 pixeles por cm<sup>2</sup> (300ppp<sup>2</sup>) y formato JPG. El conjunto de imágenes constituirá una secuencia fotográfica que muestre, entre otros aspectos, el vehículo lastrado, sus características externas, e internas si fuera de interés; las características más relevantes del tramo a lo largo del recorrido y ejemplos de segmentos según su condición estructural.

