

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS

TÍTULO: 07. Superficie de Rodadura

CAPÍTULO: 023. *Determinación del Índice de Fricción Internacional y del Diagrama Macrotectura - Fricción*

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar el Índice de Fricción Internacional (IFI) y el diagrama Macrotectura – Fricción de la superficie de rodadura de un pavimento.

B. OBJETIVO

Este procedimiento permite determinar el Índice de Fricción Internacional (IFI) y generar su correspondiente diagrama Macrotectura – Fricción, con el fin de definir las obras de conservación relativas a la macrotectura y la fricción, necesarias en la superficie de rodadura, determinados, según sea el caso, mediante alguno de los procedimientos de prueba establecidos en los Manuales M·MMP·4·07·008, *Determinación de la Profundidad Media de la Macrotectura con Perfilómetro Láser* o M·MMP·4·07·009, *Determinación de la Profundidad Media de la Macrotectura de un Pavimento por el Método de Círculo de Arena*, y M·MMP·4·07·010, *Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua* o M·MMP·4·07·013, *Determinación del Coeficiente de Fricción con Péndulo Británico*, respectivamente.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Determinación de la Macrotectura (MAC)	N·CSV·CAR·1·03·006
Determinación del Coeficiente de Fricción (CF)	N·CSV·CAR·1·03·007
Determinación de la Profundidad Media de la Macrotectura con Perfilómetro Laser	M·MMP·4·07·008
Determinación de la Profundidad Media de la Macrotectura de un Pavimento por el Método del Círculo de Arena	M·MMP·4·07·009
Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua ...	M·MMP·4·07·010
Determinación del Coeficiente de Fricción con Péndulo Británico	M·MMP·4·07·013

D. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI)

Una vez obtenidos los valores del coeficiente de fricción (CF) y de la profundidad media de la macrotectura de un pavimento (MAC) a que se refieren las Normas N·CSV·CAR·1·03·007, *Determinación del Coeficiente de Fricción (CF)* y N·CSV·CAR·1·03·006, *Determinación de la Macrotectura (MAC)*, respectivamente, se obtiene el Índice de Fricción Internacional (IFI), el cual se calcula como se indica a continuación:

D.1. UNIDAD DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL

El cálculo del Índice de Fricción Internacional (IFI) se puede realizar para un punto, para un segmento o para un tramo carretero, según lo indique la Secretaría. Cuando se requiera calcular para un segmento o un tramo, se utilizará como base del cálculo el promedio de los valores del coeficiente de fricción y macrotextura que se tengan disponibles dentro de esa unidad de cálculo segmento o tramo, como pueden ser los valores reportados a intervalos de 20, 100 y 1 000 m.

D.2. CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE VELOCIDAD v_p

D.2.1. La constante de velocidad, v_p , está relacionada con la medición en campo de la macrotextura. Para calcular v_p es necesario utilizar las constantes a y b , adimensionales, que dependen del procedimiento de prueba ejecutado para la determinación de la macrotextura del pavimento, las cuales se indican en la Tabla 1 de este Manual.

TABLA 1.- Valor de las constantes a y b según el procedimiento de prueba utilizado

Procedimiento	Constantes adimensionales	
	a	b
M-MMP-4-07-008, <i>Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura con Perfilómetro Laser</i>	14,2	89,7
M-MMP-4-07-009, <i>Determinación de la Profundidad Media de la Macrotextura de un Pavimento por el Método del Círculo de Arena</i>	-11,6	113,6

D.2.2. La constante de velocidad v_p , se determina mediante la siguiente fórmula:

$$v_p = a + (b \times MAC)$$

Donde:

v_p = Constante de velocidad, (km/h)

a y b = Constantes según el procedimiento de prueba usado para la obtención de profundidad media de la macrotextura del pavimento, adimensional

MAC = Profundidad media de la macrotextura de la superficie del pavimento, (mm). El valor de MAC puede ser un valor único o el promedio de un conjunto de valores, según lo solicite la Secretaría.

D.3. CÁLCULO DEL PARÁMETRO FR_{60}

El parámetro FR_{60} se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$FR_{60} = CF \times e^{(v-60)/v_p}$$

Donde:

FR_{60} = Coeficiente de fricción teórico a una velocidad de 60 km/h

CF = Valor del coeficiente de fricción correspondiente al procedimiento de prueba utilizado para su determinación, adimensional. El valor de CF puede ser un valor único o el promedio de un conjunto de valores, según lo solicite la Secretaría.

- v = Velocidad a la que se efectuó el procedimiento de prueba para la determinación del coeficiente de fricción (CF), calculada de acuerdo con las fórmulas indicadas en la Tabla 2 de este Manual, (km/h)
- vp = Constante de velocidad, calculada como se indica en el Inciso D.2.2. de este Manual, adimensional.

TABLA 2.- Cálculo de la velocidad v según el procedimiento de prueba para la determinación del coeficiente de fricción (CF)

Procedimiento	Velocidad según el procedimiento de prueba v km/h
M-MMP-4-07-010, <i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua</i>	$v = v_{veh} \times \text{Sen } \alpha$ Donde: v_{veh} = Velocidad del vehículo de prueba, (km/h) α = Ángulo de convergencia, (°)
M-MMP-4-07-013, <i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Péndulo Británico</i>	10 km/h

D.4. CÁLCULO DEL PARÁMETRO $F60$

El parámetro $F60$ se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F60 = A + (B \times FR60)$$

Donde:

$F60$ = Valor teórico del coeficiente de fricción a 60 km/h

A y B = Constantes según el equipo utilizado para medir la fricción; estos valores se muestran en la Tabla 3 de este Manual.

TABLA 3.- Valor de las constantes A y B, según el procedimiento utilizado para la determinación del coeficiente de fricción (CF)

Procedimiento	Constantes adimensional	
	A	B
M-MMP-4-07-010, <i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Equipo de Rueda Oblicua</i>	0,1379	0,7175
M-MMP-4-07-013, <i>Determinación del Coeficiente de Fricción con Péndulo Británico</i>	0,07784	0,0079

D.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL (IFI)

Una vez determinado el parámetro $F60$ y la constante de velocidad, vp , el Índice de Fricción Internacional es el par de valores, ($F60$, vp), que fueron calculados a partir de los valores del coeficiente de fricción y macrotextura para un punto o para el promedio de los valores medidos en un segmento o tramo de la carretera analizada.

D.6. DIAGRAMA DE MACROTEXTURA - FRICCIÓN

- D.6.1.** A partir del diagrama de Macrotextura - Fricción se puede inferir el estado de conservación del tramo en estudio con relación a la fricción (la cual se asocia a la textura superficial de los agregados pétreos) y la macrotextura (textura de la superficie de rodadura del pavimento), y determinar la necesidad de llevar a cabo trabajos para la conservación del pavimento.
- D.6.2.** El diagrama de Macrotextura - Fricción es una gráfica con cuatro cuadrantes, como se muestra en la Figura 1 de este Manual. En el eje de las abscisas se ubican los valores de la profundidad media de la macrotextura (MAC) y en el eje de las ordenadas se ubican los valores del parámetro $F60$.

Para graficar el diagrama Macrotextura – Fricción se utiliza para trazar la línea vertical el valor límite de la profundidad media de la textura (PMT) para la macrotextura que define el estado Malo de acuerdo con lo indicado en la Norma N-CSV-CAR-1-03-006, *Determinación de la Macrotextura (MAC)*, según el tipo de red carretera que se esté analizando.

La curva F, que define el límite entre fricción baja o adecuada, es función de la macrotextura y se grafica a partir de la siguiente fórmula:

$$CF_{\min} = \frac{(F60^* - A) \times e^{\frac{v-60}{a+(b \times MAC)}}}{B}$$

Donde:

- CF_{\min} = Variable dependiente de fricción mínima, función de MAC, que define la curva F en el diagrama Macrotextura – Fricción
- $F60^*$ = Valor límite del parámetro $F60$, usualmente igual a 0,3 a menos que la Secretaría solicite un valor diferente
- a y b = Constantes según el procedimiento de prueba usado para obtención de profundidad media de la macrotextura del pavimento, adimensionales
- A y B = constantes según el equipo utilizado para medir el coeficiente de fricción; estos valores se muestran en la Tabla 3 de este Manual, adimensionales
- v = Velocidad calculada de acuerdo con las fórmulas indicadas en la Tabla 2 de este Manual, (km/h)
- MAC = Profundidad media de la macrotextura de la superficie del pavimento, (mm). MAC es la variable independiente que se utiliza para graficar la Curva F

Dependiendo de las coordenadas macrotextura, coeficiente de fricción, cada cuadrante indica si existe la necesidad de efectuar trabajos para la conservación del pavimento, de acuerdo con lo siguiente:

D.6.2.1. Cuadrante I

Presenta una constante de velocidad, v_p , baja, por lo que se recomienda realizar acciones de conservación enfocadas en la macrotextura del pavimento.

D.6.2.2. Cuadrante II

Buena condición superficial del pavimento.

D.6.2.3. Cuadrante III

Presenta un parámetro CF bajo, por lo que se recomienda realizar acciones para mejorar la microtextura de los agregados pétreos del pavimento.

D.6.2.4. Cuadrante IV

Presenta una constante de velocidad, v_p y CF bajos, por lo que se recomienda realizar acciones para mejorar la fricción y la macrotextura del pavimento.

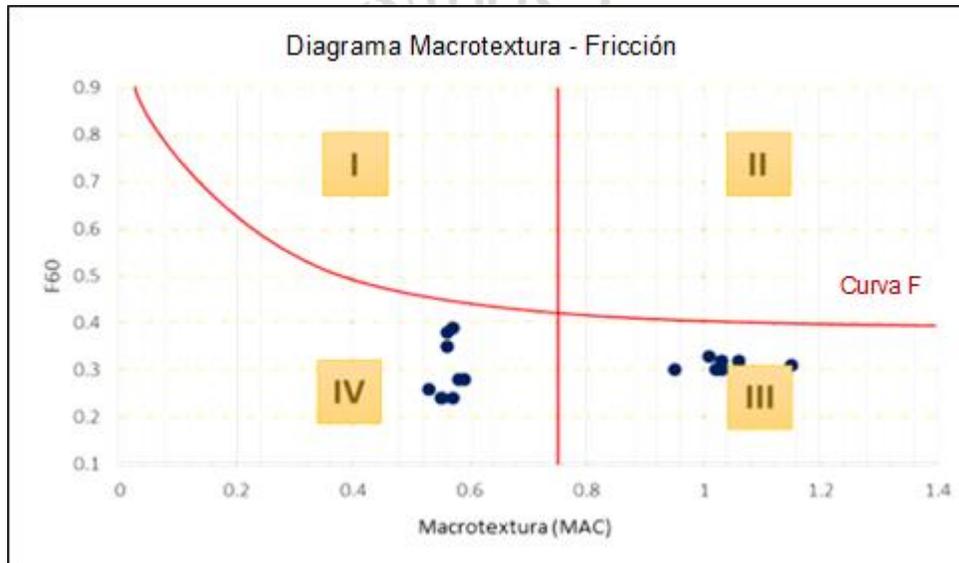


FIGURA 1.- Diagrama Macrotextura - Fricción

E. REPORTE DEL RESULTADOS

El reporte de resultados se realizará para cada valor de IFI calculado y contendrá la siguiente información:

- Ubicación indicada en un mapa, incluyendo el nombre de la carretera, kilómetro de inicio y fin, carril, sentido y tipo de pavimento, del tramo en estudio.
- Las condiciones climáticas al momento de realizar las determinaciones del coeficiente de fricción (CF) y la profundidad media de la macrotextura (MAC).
- Descripción del estado del pavimento, reportando los deterioros superficiales del pavimento observados tales como agrietamiento, baches, bacheos, o cualquier otro observado.
- Valor de IFI.
- Diagrama de Macrotextura – Fricción con su recomendación de acuerdo con el cuadrante donde se ubique el valor promedio de CF y MAC.

F. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se revisará que los datos obtenidos de las constantes correspondan al tipo de procedimiento de prueba utilizado para la determinación del coeficiente de fricción (CF) y la macrotextura (MAC). También se verificará que los valores de CF y MAC se encuentren dentro de rangos razonables de acuerdo con el procedimiento de medición utilizado.

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