

# DENSIDAD DE RECHAZO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL MÉTODO MARSHALL

INV E – 809 – 13

## 1 OBJETO

---

- 1.1 Esta norma describe un procedimiento para determinar la máxima densidad que alcanza una mezcla asfáltica al ser sometida un proceso extendido de compactación con el equipo Marshall.
- 1.2 El método coadyuva en el diseño de mezclas que retengan un mínimo de vacíos con aire a causa de la compactación secundaria producida por el tránsito automotor.

## 2 RESUMEN DEL MÉTODO

---

- 2.1 Se elaboran mezclas de prueba con diferentes contenidos de asfalto alrededor de aquel que da lugar a un volumen de vacíos con aire de 6 % en el diseño de la mezcla por el método Marshall. Con estas mezclas se fabrican probetas cilíndricas de 101.6 mm (4") de diámetro y 63.5 mm (2½") de espesor, siguiendo el procedimiento descrito en la norma INV E-748, pero empleando un proceso extendido de compactación, consistente en la aplicación de un número creciente de golpes por cara, hasta que no se obtengan incrementos posteriores de densidad.

## 3 IMPORTANCIA Y USO

---

- 3.1 El procedimiento de la densidad de rechazo se usa como suplemento al diseño de mezclas asfálticas en caliente por el método Marshall.
- 3.2 El diseño convencional de la mezcla se puede complementar adoptando como contenido óptimo de ligante aquel que, dando lugar al cumplimiento de los requisitos corrientes del método Marshall, produce un mínimo de 3 % de vacíos con aire a la densidad de rechazo.

## 4 EQUIPO

---

- 4.1** Elementos requeridos para la elaboración y la compactación de mezclas asfálticas – Los indicados en la norma INV E-748.
- 4.2** *Elementos requeridos para determinar la densidad de las probetas* – Los indicados en las normas INV E-733, INV E-734 o INV E-802, según la que se desee aplicar.

## 5 PROCEDIMIENTO

---

- 5.1** Una vez efectuados los cálculos del diseño convencional de la mezcla asfáltica por el método Marshall con probetas compactadas con 75 golpes por cara, se determina el porcentaje de asfalto que ha dado lugar a 6 % de vacíos con aire, en la gráfica que relaciona estos parámetros.
- 5.2** Se preparan mezclas adicionales, con 3 contenidos de asfalto: una con el que dio lugar a 6 % de vacíos con aire y las otras dos con porcentajes 0.5 % por encima y 0.5 % por debajo del anterior.
- 5.3** Usando el contenido de asfalto más bajo, se compactan por duplicado, con el equipo y el procedimiento Marshall, probetas con un número creciente de golpes por cara: por ejemplo 200, 300, 400, etc., hasta que no se logre ningún incremento en la densidad. Generalmente, resulta suficiente un máximo de 500 golpes/cara.

*Nota 1: Las mezclas se deben elaborar y compactar dentro de los rangos de temperatura indicados en el numeral 5.4 de la norma INV E-748. Debido al elevado número de golpes por aplicar a cada probeta, es necesario tomar las medidas necesarias para evitar que la temperatura de la mezcla sea inferior a la exigida por la norma durante la compactación.*

*Nota 2: El número de golpes por cara requerido para producir la condición de máxima densidad (densidad de rechazo) varía de una mezcla a otra.*

*Nota 3: La compactación excesiva mediante golpes puede producir la rotura de las partículas del agregado. Si ello ocurre de una manera evidente, el procedimiento descrito en esta norma resulta inaplicable, debiendo recurrirse a un sistema de compactación mediante martillo vibratorio.*

- 5.4** A las mezclas elaboradas con los otros dos contenidos de asfalto se les aplica el mismo procedimiento indicado en el numeral 5.3.

## 6 CÁLCULOS

- 6.1** Se determinan las densidades de todas las mezclas compactadas, mediante alguna de las normas INV E-733, INV E-734 o INV E-802 y, a partir de ellas, se calcula su respectivo contenido de vacíos con aire, de acuerdo con la norma INV E-736.

*Nota 4: A cada juego de 2 probetas se le debe determinar el contenido medio de vacíos con aire.*

- 6.2** Para cada uno de los 3 contenidos de asfalto, se dibuja una curva que relacione el número de golpes por cara aplicado durante la compactación con el porcentaje obtenido de vacíos con aire (ver ejemplo en la Figura 809 - 1). El contenido mínimo de vacíos con aire para cada porcentaje de asfalto corresponde a un estado de máxima densidad que recibe el nombre de densidad de rechazo.

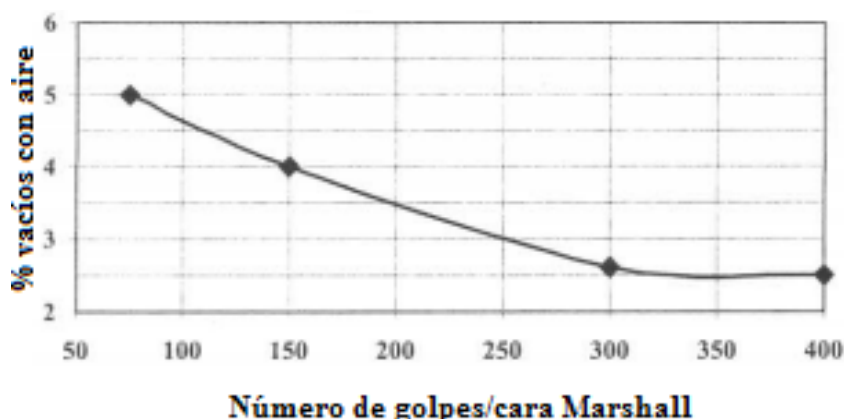


Figura 809 - 1. Ejemplo de la relación energía de compactación – vacíos con aire para un determinado contenido de asfalto

- 6.3** Se dibuja una curva que relacione los vacíos con aire que presenta la mezcla a la densidad de rechazo, con el porcentaje de asfalto. En esta gráfica se determina el contenido de asfalto que da lugar a 3% de vacíos con aire a la densidad de rechazo (ver ejemplo en la Figura 809 - 2). Este valor se debe determinar por interpolación y no por extrapolación. De ser necesario, se deberán elaborar probetas con contenidos de ligante superiores o inferiores a los indicados en el numeral 5.2, según corresponda.
- 6.4** Si el diseño de la mezcla por el método Marshall incluye la exigencia de la densidad de rechazo, se verifican los datos del diseño para asegurar que con el contenido de ligante que ha dado lugar a 3 % de vacíos con aire a la densidad de rechazo, se cumplen todas las exigencias del método. El contenido de

ligante que se elija como óptimo deberá satisfacer los requisitos generales del método y, a la vez, asegurar un mínimo de 3 % de vacíos con aire a la densidad de rechazo.

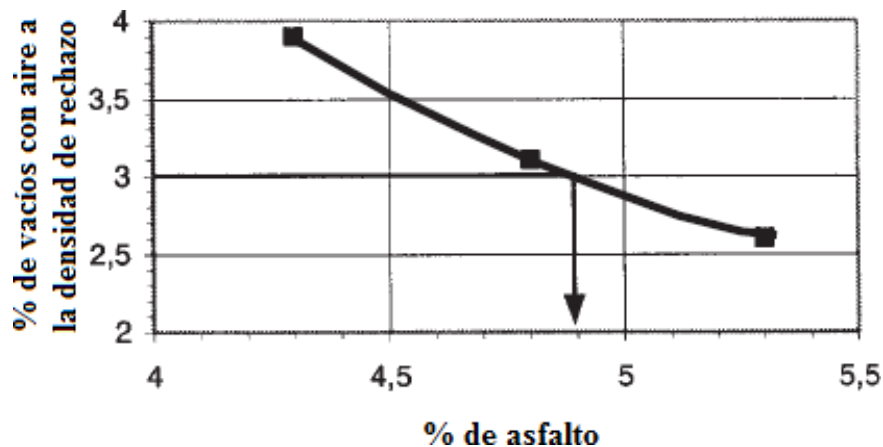


Figura 809 - 2. Ejemplo de la relación porcentaje – vacíos con aire a la densidad de rechazo

## 7 INFORME

7.1 El informe debe incluir lo siguiente:

- 7.1.1 Tipo e identificación de la mezcla ensayada.
- 7.1.2 Contenido de vacíos a la densidad de rechazo para todas las muestras.
- 7.1.3 Contenido estimado de asfalto que da lugar a 3 % de vacíos con aire a la densidad de rechazo.
- 7.1.4 Descripción de las desviaciones con respecto a este procedimiento.

## 8 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

TRL Limited, "Overseas Road Note 19. A guide to the design of hot mix asphalt in tropical and sub-tropical countries", Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 2002

TRL Limited, "Overseas Road Note 31. A guide to the structural design of bitumen surfaced roads in tropical and sub-tropical countries", Crowthorne, Berkshire, United Kingdom, 1993

Ministry of Works, The United Republic of Tanzania, "Laboratory Testing Manual 2000" Test 3.20 (Refusal density mix design), Dar es Salaam, June 2000

## **ANEXO A**

### **(Informativo)**

#### **EJEMPLO DE MEZCLA DISEÑADA A LA DENSIDAD DE RECHAZO**

---

- A.1** En un diseño Marshall, el contenido de asfalto correspondiente a 6 % de vacíos con aire es 4.8 %. De acuerdo con el procedimiento descrito en esta norma, se prepararon muestras con 4.3, 4.8 y 5.3 % y se compactaron hasta la densidad de rechazo. La Figura 809 - 2 muestra los contenidos de vacíos obtenidos a la densidad de rechazo para los tres porcentajes de asfalto utilizados.
- A.2** Como lo muestra la Figura 809 - 2, el contenido de asfalto que corresponde a 3 % de vacíos con aire es 4.9 %. Este es el contenido máximo de asfalto que puede tener la mezcla, si se diseña de acuerdo con el procedimiento de la densidad de rechazo. Con este porcentaje se deben verificar los resultados del diseño Marshall.
- A.3** El porcentaje óptimo finalmente escogido deberá cumplir los requisitos regulares del método de diseño y dar lugar a un contenido de vacíos de, por lo menos, 3 % a la densidad de rechazo.