

ARTÍCULO 340 – 07

BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

340.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una base estabilizada con emulsión asfáltica, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor. El material por estabilizar puede ser aquel que resulta al escarificar una capa superficial existente, un material que se adiciona o una mezcla de ambos.

340.2 MATERIALES

340.2.1 Agregados y suelos

Los materiales por estabilizar podrán ser agregados pétreos o suelos naturales, cuyas características básicas se indican a continuación. Los agregados pétreos podrán ser utilizados en la construcción de bases estabilizadas para todo tipo de tránsito, en tanto que los suelos sólo se podrán emplear en la construcción de bases estabilizadas en proyectos con nivel de tránsito NT1.

340.2.1.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con emulsión asfáltica podrán provenir de la trituración de piedra de cantera o de grava, de fuentes de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deberán encontrarse exentos de materia orgánica, terrones de arcilla o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada.

El agregado pétreo por estabilizar deberá presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 340.1. La gradación por emplear se indicará en los documentos técnicos del proyecto.

Tabla 340.1

Gradaciones de agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	BEE-1	BEE-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25 mm	1	70-100	100
12.5 mm	1/2"	50-80	60-90
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No.4	30-60	30-60
2.36 mm	No.8	20-45	20-45
425 µm	No.40	10-27	10-27
150 µm	No.100	5-18	5-18
75 µm	No.200	3-15	3-15

En adición a los requisitos de granulometría de la Tabla 340.1, la relación de polvo (% pasa tamiz 75 μm (N° 200) / % pasa tamiz 425 μm (N° 40)) no deberá exceder de 2/3. Además, el producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de setenta y dos (72).

Además, los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 340.2

Tabla 340.2
Requisitos de los agregados pétreos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Dureza			
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones, % máximo	E – 218	50
	- En seco, 100 revoluciones, % máximo		10
	- Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones, % máximo		70
	- Relación húmedo/seco, 500 revoluciones, máximo		2
Micro-Deval ⁽¹⁾	- Agregado grueso, % máximo	E -238	45
10% de finos	- Valor en seco, kN mínimo	E-224	30
	- Relación húmedo/seco, % mínimo		50
Durabilidad			
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, % máximo	- Sulfato de sodio	E – 220	12
	- Sulfato de magnesio		18
Limpieza			
Límite líquido, % máximo		E – 125	35
Índice de plasticidad, % máximo		E – 126	7
Equivalente de arena, % mínimo		E – 133	20
Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo		E – 211	2
Capacidad de soporte			
CBR del material sin emulsión asfáltica, % mínimo Nota: Porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión. Método D.		E – 148	20

(1) No es necesario para obras en vías con tránsito NT1.

340.2.1.2 Suelos

Para la construcción de bases estabilizadas con emulsión en proyectos de tránsito NT1, se podrán emplear suelos granulares finos de los tipos A-1-b y A-2-4, que sean pulverizables o disgregables económicamente, que se encuentren exentos de cantidades perjudiciales de materia orgánica, arcilla plástica, materiales micáceos y cualquier otra sustancia objetable.

Sus requisitos básicos de calidad son los indicados en la Tabla 340.3.

Tabla 340.3

Requisitos de los suelos aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
Limpieza		
Índice de plasticidad, % máximo	E – 125 E – 126	7
Equivalente de arena - Suelos A-1-b, % mínimo - Suelos A-2-4, intervalo admisible, en %	E – 133	≥ 90 20 – 40
Capacidad de soporte		
CBR del suelo sin estabilizar, % mínimo Nota: Porcentaje asociado al 95% de la densidad seca máxima, medida según la norma de ensayo INV-142	E – 148	15

La granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar, deberá ajustarse a los límites señalados en la Tabla 340.4.

Tabla 340.4

Gradación de suelos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	BEE-3
4.75 mm	No.4	100
75 µm	No.200	5-25

340.2.2 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, que corresponda a los tipos CRL-1 o CRL-1h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en el numeral 400.2.4 del Artículo 400 de este documento.

340.2.3 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Su pH, medido de acuerdo con norma de ensayo ASTM D-1293,

deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 y 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como SO_4^- y determinado según norma ASTM D-516, no podrá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l). Si se emplea agua reconocida como potable, no será necesario efectuar ensayos para la verificación de sus características.

340.2.4 Aditivos

En caso de requerirse aditivos para rebajar la tensión superficial y mejorar la adherencia, éstos deberán ajustarse a lo descrito en el numeral 400.2.7 del Artículo 400 y en el Artículo 412 del presente documento.

340.3 EQUIPO

En relación con el equipo, rigen las condiciones generales descritas en el numeral 300.3 del Artículo 300. Básicamente, el equipo incluirá elementos para la explotación, cargues, transportes, eventual trituración, clasificación y extensión del material mineral; el almacenamiento, transporte y distribución del agua, de la emulsión asfáltica y del aditivo que eventualmente se requiera; para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso que su utilización esté prevista en el proyecto.

340.4 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

340.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

En caso de que la estabilización incluya suelos o agregados diferentes de los obtenidos al escarificar la capa superficial existente, se aplicarán las instrucciones del numeral 300.4.1 del Artículo 300.

340.4.2 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor entregará al Interventor, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos. Si a juicio del Interventor, los materiales resultan objetables, el Constructor deberá efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el Interventor manifieste su conformidad con los materiales, el Constructor procederá a definir el contenido óptimo de agua de preenvuelta y a diseñar la mezcla.

El contenido óptimo de agua de preenvuelta se fijará a la vista del suelo o agregado por estabilizar, basándose principalmente en la experiencia obtenida en casos análogos. La humedad por elegir será aquella que dé lugar a un cubrimiento uniforme y homogéneo del material mineral por parte del ligante, mientras que la humedad óptima de compactación será la óptima del ensayo modificado de compactación sobre el suelo o agregado por estabilizar (norma de ensayo INV E-142).

En el caso que los materiales por estabilizar sean agregados pétreos, el diseño de la mezcla se efectuará empleando el ensayo de inmersión-compresión (anexo de la norma de ensayo INV E-738), aplicando el siguiente criterio para la determinación del contenido óptimo de ligante:

- Resistencia seca $R_s \geq 15 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia conservada $R_c = \frac{R_h}{R_s} \times 100 \geq 75\%$

Cuando los materiales por estabilizar correspondan a suelo según la descripción del numeral 340.2.1.2, el diseño de la mezcla se hará a través del ensayo de extrusión, norma INV E-812, aplicando el siguiente criterio para la determinación del contenido óptimo de ligante:

- Extrusión seca $E_s \geq 457 \text{ kg}$
- Extrusión húmeda $E_h \geq 151 \text{ kg}$
- Absorción de agua 7% máximo
- Hinchamiento 5% máximo

La fórmula de trabajo establecida como resultado del diseño de la mezcla deberá indicar:

- La identificación y la proporción (en peso seco) de cada fracción del material granular.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada.
- El porcentaje de agua para mezcla y compactación, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión, en relación con el peso seco del componente mineral.
- El valor mínimo de la densidad por obtener.
- La resistencia de diseño.

La aprobación del diseño y de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena responsabilidad de alcanzar, con base en ellos, la calidad exigida en este Artículo.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

340.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la base estabilizada se comprobará que la superficie que le va a servir de apoyo se

encuentre limpia, tenga la densidad y la lisura apropiadas y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que exceden las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán corregirse de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.

Si el proyecto exige la aplicación previa de un riego de imprimación, éste se efectuará de acuerdo con lo previsto en el Artículo 420 de este documento.

En caso que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el suelo existente, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en los planos o indicado por el Interventor. Esta operación deberá efectuarse cuando menos dos (2) días antes del proceso de pulverización del material por estabilizar.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante.

En todos los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, total o parcialmente, deberá comprobarse que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, el Interventor ordenará las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos deberá estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios para el drenaje de la calzada que requieran ser construidos, previamente a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica.

340.4.4 Transporte y almacenamiento de suelos y agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán a la planta de mezcla o a la vía, según el caso, en vehículos apropiados protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurándolos a la carrocería, de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

Cuando se requiera almacenar los suelos o agregados para construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica se deberán tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del Artículo 300 de estas especificaciones.

340.4.5 Elaboración de la mezcla

La mezcla se podrá elaborar en la vía, en una planta central o en una planta caminera, de acuerdo con los procedimientos generales que se indican a continuación.

En todos los casos en que se empleen aditivos, éstos se deberán unir al material granular antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

340.4.5.1 Mezcla en vía en varias pasadas

Si la mezcla se va a efectuar con material de aporte, éste se transportará a la vía y se extenderá en el ancho y espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada y compactada, cumpla con las secciones indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor. Dicho material deberá cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 340.2.1 de este Artículo.

Cuando en el proceso se incorpore el suelo existente, éste deberá ser pulverizado previamente hasta obtener una eficacia del ochenta y cinco por ciento (85%) referida al tamiz de 9.5 mm (3/8") y del setenta y cinco por ciento (75%) referida al tamiz de 4.75 mm (No.4), entendiéndose por eficacia la relación entre los porcentajes que pasan por tamizado en seco en obra y por tamizado húmedo en laboratorio. Si el suelo es difícil de pulverizar en estado natural, la operación se puede facilitar con un humedecimiento previo, el cual no podrá rebasar la humedad óptima para la mezcla.

Inmediatamente antes de efectuar la mezcla con la emulsión, se verificará la humedad, y si fuere necesario un aumento de ella, se incorporará la cantidad debida de agua y se efectuará la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente, aproximadamente, la sección indicada en los planos u ordenada por el Interventor.

A continuación, se aplicará la emulsión asfáltica por medio de un carrotanque irrigador, con la dosificación y temperatura aprobadas por el Interventor, procediendo a la mezcla con el equipo aceptado, hasta obtener un producto homogéneo, de color uniforme y exento de concentraciones de ligante.

En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm), la construcción de la base deberá fraccionarse en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

340.4.5.2 Mezcla en vía en una sola pasada

Cuando se emplee un equipo mezclador de paso sencillo, una vez preparada la superficie existente o extendido uniformemente el material de aporte, las operaciones de pulverización, adición de agua y emulsión y mezcla de los tres componentes se efectuarán en una sola pasada, regulando la velocidad de avance de la máquina y los caudales de agua y emulsión, de modo que la mezcla resulte homogénea y con las dosificaciones de agua y emulsión previstas en el diseño de la mezcla.

340.4.5.3 Mezcla en planta fija

Las plantas de mezcla podrán ser de tipo continuo o discontinuo y deberán estar provistas de dispositivos adecuados que permitan dosificar por separado la emulsión, el agua y el material mineral, con una precisión compatible con las tolerancias aceptadas por esta especificación.

Si la planta es de tipo continuo, se introducirán en el mezclador los suelos o agregados por estabilizar y, en forma sucesiva y con intervalos de tiempo apropiados, los caudales de agua y de emulsión requeridos para cumplir con la fórmula de trabajo.

Si la planta es de tipo discontinuo, una vez introducidos los suelos o agregados por estabilizar dentro del mezclador, se añadirán el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquellos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo del material granular, se

añadirá automáticamente la cantidad de emulsión calculada para cada bachada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente al camión de transporte, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte al camión o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso que se emplee una banda, se deberá regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

340.4.5.4 Mezcla en planta caminera

Si la mezcla se realiza en una planta caminera, los materiales por estabilizar, preparados de manera que cumplan con la granulometría exigida, serán transportados al sitio de las obras y vertidos a la tolva receptora de la planta, la cual estará provista de dispositivos dosificadores similares a los de las plantas fijas continuas. Tales dosificadores deberán ser sincrónicos para obtener las proporciones deseadas de los tres (3) ingredientes, que serán conducidos a una mezcladora continua que verterá posteriormente la mezcla en la carretera.

340.4.6 Transporte de la mezcla

La mezcla elaborada en planta fija se transportará a la vía en volquetas hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz solar. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche si, a juicio del Interventor existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada, como se indica en el numeral 340.4.11 de esta especificación. Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y la pérdida de humedad.

340.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extenderá mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y cotas indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor.

Las mezclas elaboradas en planta fija se deberán extender con una terminadora asfáltica.

Una vez que se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado se realizará la compactación, mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 340.5.2.6 de este Artículo.

En el caso de mezcla en vía con varias pasadas, cuando se hayan efectuado aproximadamente las dos terceras partes del trabajo de compactación se realizará, de ser necesario, un perfilado de la superficie de las rasantes previstas, continuando esta última fase de la operación con los compactadores y la motoniveladora, hasta obtener la densidad y el perfil requeridos.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se deberá realizar con equipo neumático para eliminar las huellas de los rodillos lisos y la motoniveladora.

En las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo aprobado durante la fase de experimentación, la mezcla se extenderá y

compactará con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

340.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad se aplicará una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva.

Si se trabaja por franjas, se dispondrán juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas.

340.4.9 Fase de experimentación

Al comienzo de los trabajos, el Constructor elaborará secciones de ensayo de longitud, ancho y espesor definidos en acuerdo con el Interventor, donde se probarán el equipo y los materiales y se determinará el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El Interventor tomará muestras del material estabilizado y determinará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de emulsión asfáltica, compactación y demás requisitos exigidos.

En caso de que los ensayos indicaren que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el Constructor deberá hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificará la fórmula de trabajo, repitiéndose las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones, hasta que ellas resulten satisfactorias para el Interventor.

340.4.10 Apertura al tránsito

No se permitirá el tránsito público hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras cuarenta y ocho horas (48 h) a partir de la apertura, la velocidad de los vehículos se deberá limitar a veinte kilómetros por hora (20 km/h) e impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenados o giros bruscos.

340.4.11 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión y compactación de mezclas para base estabilizada con emulsión asfáltica cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5°C) o haya lluvia o fundados temores que ella ocurra.

En caso que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el Constructor deberá, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor.

Los trabajos de construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica se deberán efectuar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVIAE o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Interventor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Constructor garantice el suministro

y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquel. Si el Constructor no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

340.4.12 Manejo ambiental

Se aplicará lo pertinente del numeral 300.4.8 del Artículo 300 de estas especificaciones.

340.4.13 Conservación

El Constructor deberá conservar la base estabilizada en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente, deberá corregirlo a su costa y a plena satisfacción del Interventor.

340.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

340.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del Artículo 300, el Interventor deberá efectuar ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de ella luego de compactada.

340.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

340.5.2.1 Calidad de la emulsión

A la llegada de cada carrotanque con emulsión al sitio de los trabajos, el Constructor deberá entregar al Interventor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en el numeral 400.2.4 del Artículo 400 de las presentes especificaciones.

El Interventor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, el Constructor efectuará las verificaciones exigidas en el numeral 411.5.2 del Artículo 411 de estas especificaciones. En todos los casos, se guardará una muestra para ensayos ulteriores de contraste, en caso que alguna de las partes manifieste inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la Tabla 400.5 del Artículo 400 de las presentes especificaciones.

340.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que el Interventor tenga alguna incertidumbre sobre la calidad del agua empleada, verificará su pH y su contenido de sulfatos. Si los resultados no satisfacen las exigencias del

numeral 340.2.3 se impedirá el uso del agua y la mezcla elaborada con ella se pondrá en observación.

340.5.2.3 Calidad de los suelos y agregados pétreos

De cada procedencia de los suelos o agregados de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se harán las siguientes determinaciones.

Para los agregados pétreos.

- La granulometría, según norma de ensayo INV E-213.
- La resistencia a la abrasión, según la norma de ensayo INV E-218.
- La resistencia a la abrasión, según la norma de ensayo INV E –238 (no se requiere en proyectos para tránsito NT1).
- El diez por ciento (10%) de finos, según la norma de ensayo INV E –224.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, según la norma de ensayo INV E – 220.
- La plasticidad, según normas de ensayo INV E – 125 y E – 126.
- El equivalente de arena, según la norma de ensayo INV E – 133.
- Los terrones de arcilla y partículas deleznales, según la norma de ensayo INV E – 211.
- El valor de CBR, medido según la norma de ensayo INV E – 148.

Para los suelos;

- La granulometría, según la norma de ensayo INV E – 123.
- La plasticidad, según las normas de ensayo INV E – 125 y E – 126.
- La clasificación por el método AASHTO.
- El equivalente de arena, según la norma de ensayo INV E – 133.
- El CBR, según la norma de ensayo INV E – 148.

Para permitir el uso de los agregados, los resultados de estos ensayos deberán cumplir, en su totalidad, las exigencias que contemplan las Tablas 340.1 y 340.2.

En el caso de los suelos, se deberán cumplir, en su totalidad, los requisitos indicados en las Tablas 340.3 y 340.4.

Durante la etapa de producción, el Interventor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de agregados y suelos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, adelantará las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 340.5.

Tabla 340.5
Verificaciones periódicas sobre los materiales granulares y los suelos

ENSAYO		NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA PARA AGREGADOS	FRECUENCIA PARA SUELOS
Composición				
Granulometría		E-123 o E-213	1 por jornada	1 por jornada
Dureza				
Desgaste Los Ángeles (Gradación A)	- En seco, 500 revoluciones. - En seco, 100 revoluciones. - Después de 48 horas de inmersión, 500 revoluciones.	E – 218	1 por mes	No aplica
Micro-Deval	- Agregado grueso	E-238	1 por mes	No aplica
10% de finos	- Seco y húmedo	E-224	1 por mes	No aplica
Durabilidad				
Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos		E – 220	1 por mes	No aplica
Limpieza				
Límite líquido		E – 125	1 por jornada	1 por jornada
Índice de plasticidad		E – 126	1 por jornada	1 por jornada
Equivalente de arena		E – 133	1 por semana	1 por jornada
Terrones de arcilla y partículas deleznable		E – 211	1 por semana	No aplica
Capacidad de soporte				
CBR		E – 148	1 por mes	1 por mes

Así mismo, podrá efectuar las pruebas adicionales que considere necesarias para tener certeza que la calidad de suelos y agregados se ajusta a las exigencias de la presente especificación.

El Interventor, podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 340.5, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

En ningún caso se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente Artículo. En la eventualidad que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se tomarán dos (2) muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Interventor impedirá el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

340.5.2.4 Composición de la mezcla

a. Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, como se define en el numeral 340.5.2.6, se determinará el contenido de asfalto residual de ellas, mediante la norma de ensayo INV E – 732.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1%) para estabilizaciones realizadas en vía y medio por ciento (0.5%) para mezclas elaboradas en planta, respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %):

$$\text{ARF \%} - 1\% \leq \text{ART \%} \leq \text{ARF \%} + 1\% \quad (\text{Mezcla en vía})$$

$$\text{ARF \%} - 0.5\% \leq \text{ART \%} \leq \text{ARF \%} + 0.5\% \quad (\text{Mezcla en planta})$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor medio del lote en más de uno por ciento (1%), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo:

$$\text{ART \%} - 1\% \leq \text{ARI \%} \leq \text{ART \%} + 1\%$$

Un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso de ligante, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la base estabilizada.

b. Granulometría

Sobre las muestras empleadas para determinar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica del material estabilizado, según norma INV E-782. Para cada ensayo individual, la granulometría deberá encontrarse dentro de los límites de la franja adoptada.

Si los valores hallados incumplen este requisito, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas de valoración descritas en el numeral 340.4.2 del presente Artículo. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el tramo representado por esas muestras.

340.5.2.5 Calidad de la mezcla

a. Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (tres por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión o extrusión, según el tipo de material mineral que se estabilice (normas de ensayo INV E – 738 y E-812, respectivamente). Una muestra se curará en seco y otra en condición húmeda.

La resistencia media de las probetas elaboradas diariamente bajo curado seco y húmedo (R_m), deberá ser, por lo menos, igual al noventa por ciento (90%) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t), bajo las mismas condiciones de curado:

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio, para cada método de curado, admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

Cuando se emplee el ensayo de inmersión-compresión, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75%), sin que al respecto se acepte ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa de base estabilizada con emulsión asfáltica correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, todo ello a cargo y costa del Constructor.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deberán suspender los trabajos hasta que se estudie y apruebe una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 340.4.2 del presente Artículo.

340.5.2.6 Calidad del producto terminado

Para efectos del control, se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Quinientos metros lineales (500m) de base estabilizada con emulsión asfáltica en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de base estabilizada con emulsión asfáltica.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida, excluyendo sus chaflanes no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota de cualquier punto de la capa compactada no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, el Interventor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

a. Compactación

Las determinaciones de la densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos cinco (5) por lote, las cuales se efectuarán en todo el espesor de la capa compactada, por algún método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161 y E-164. Los sitios

para la toma de muestras o mediciones in situ se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E – 730, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

Para el control de la compactación se aplicarán los siguientes criterios:

Si $D_m - (k \times s) \geq 0.95 \times D_e$ se acepta el lote

Si $D_m - (k \times s) < 0.95 \times D_e$ se rechaza el lote

Siendo:

D_m : Valor promedio de los resultados de los ensayos de densidad de la capa compactada, que integran la muestra que representa al lote.

$$D_m = \frac{\sum D_i}{n}$$

D_i : Resultado de un ensayo de densidad de la capa compactada.

n : Número de ensayos que integran la muestra.

k : Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la densidad de la capa compactada. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la Tabla 340.6

Tabla 340.6
Valores del factor k

n	5	6	7	8	9	10
k	0.685	0.602	0.544	0.500	0.465	0.437

s : Desviación estándar de la muestra.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (D_i - D_m)^2}{n - 1}}$$

D_e : Valor promedio de los valores de densidad de las seis (6) probetas por lote, elaboradas en el laboratorio, según la metodología de diseño de la mezcla utilizada, como se indica en el inciso “a” del numeral 340.5.2.5, de esta especificación.

El incumplimiento de este requisito trae como consecuencia el rechazo del lote. En tal caso, el Constructor deberá levantar la capa mediante fresado y corregirla, a costa y cargo suyo, a satisfacción plena del Interventor.

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya establecido en la fase de experimentación.

b. Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Interventor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser cuando menos igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño (e_d), admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85%) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, salvo que el Constructor se comprometa, por escrito, a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para el Instituto Nacional de Vías.

c. Lisura

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, zonas de acumulación de agua ni irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán estar afectados por cambios de pendiente.

Todas las áreas de base estabilizada con emulsión asfáltica donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

d. Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Constructor

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la base estabilizada con emulsión por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al Constructor, el Interventor delimitará el área afectada y ordenará las correcciones necesarias, por cuyo trabajo autorizará el pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

e. Medidas de deflexión

El Interventor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la base estabilizada con emulsión, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-795. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada veinte metros (20 m), no constituirán base para aceptación o rechazo de la base estabilizada con emulsión construida, sino que servirán al Instituto Nacional de Vías para verificar la homogeneidad de la

estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

340.6 MEDIDA

Se aplica lo indicado en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

340.7 FORMA DE PAGO

Se aplica lo descrito en el numeral 300.7.1 del Artículo 300.

La emulsión asfáltica se pagará conforme lo establece el Artículo 411 del presente documento.

ÍTEM DE PAGO

340.1 Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-1	Metro cúbico (m ³)
340.2 Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-2	Metro cúbico (m ³)
340.3 Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-3	Metro cúbico (m ³)