

BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

ARTÍCULO 340 – 13

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 autorizados 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 estar 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. Franjas granulométricas de los agregados para construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)									
	37.5 1 ½"	25.0 1"	12.5 1/2"	9.5 3/8"	4.75 No. 4	2.36 No. 8	0.425 No. 40	0.150 No. 100	0.075 No. 200	
% PASA										
BEE-38	100	70-100	50-80	45-75	30-60	20-45	10-27	5-18	3-15	
BEE-25	-	100	60-90	50-80	30-60	20-45	10-27	5-18	3-15	
Tolerancias en producción sobre la fórmula de Trabajo (±)	5 %							3 %		

En adición a los requisitos de granulometría de la Tabla 340 - 1, la relación de polvo [% pasa tamiz 75 µm (No. 200) / % pasa tamiz 425 µm (No. 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

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación A, máximo (%)	E-218	50 10
- 500 revoluciones		
- 100 revoluciones		
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%) (Nota 1)	E-238	45
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos (tránsitos NT2 y NT3)	E-224	30 50
- Valor en seco, mínimo (kN)		
- Relación húmedo/seco, mínimo (%)		
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, máximo (%)	E-220	18

CARACTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo.	E - 148	20

Nota 1: este requisito no es necesario para obras con tránsito NT1

340.2.1.2 Suelos granulares

Para la construcción de bases estabilizadas con emulsión en proyectos de tránsito NT1, se podrán emplear suelos granulares 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 granulares aptos para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

CARÁCTERÍSTICA	Norma de ensayo INV	REQUISITO
Tipo de suelo (F)		
Clasificación según el sistema AASHTO	E-180	A-1-b o A-2-4
Limpieza, gradación combinada (F)		
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	7
Equivalente de arena	E-133	≥ 90 20 - 40
- Suelos A-1-b, mínimo (%) - Suelos A-2-4, intervalo admisible (%)		
Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Capacidad de soporte (F)		
CBR del material sin emulsión asfáltica (%): porcentaje asociado al 90 % de la densidad seca correspondiente al ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días de	E - 148	15

inmersión, mínimo.		
--------------------	--	--

La granulometría del material pulverizado, listo para estabilizar, se deberá ajustar a los límites señalados en la Tabla 340 - 4.

Tabla 340 – 4. Gradación de suelos granulares para la construcción de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE MATERIAL	TAMIZ (mm / U.S. Standard)	
	4.75	0.075
	No. 4	No. 200
% PASA		
BEE-5	100	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 Artículo 411, “Suministro de emulsión asfáltica”.

340.2.3 Puzolanas

Se consideran como tales, algunos llenantes comerciales que complementan la acción del ligante asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento hidráulico, la cal hidratada y las cenizas volantes, cuyas características se deberán establecer en una especificación particular.

Si los llenantes son adicionados con el propósito de controlar la rotura de la emulsión asfáltica, no se considerarán como puzolanas y, en consecuencia, no habrá pago separado por su suministro.

340.2.4 Aditivos mejoradores de adherencia

En caso de requerirse aditivos para rebajar la tensión superficial y mejorar la adherencia, éstos se deberán ajustar a lo descrito en el Artículo 412, “Suministro de aditivo mejorador de adherencia”.

340.2.5 Agua

El agua que se requiera para la estabilización deberá ser limpia y libre de materia orgánica, álcalis y otras sustancias perjudiciales. Puede ser agua

potable; si no lo es, deberá cumplir los requisitos que se indican en la Tabla 340 - 5.

Tabla 340 – 5. Requisitos del agua no potable para la construcción de base estabilizada con emulsión asfáltica

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO ASTM	REQUISITO
pH	D 1293	5.5 - 8.0
Contenido de sulfatos, expresado como SO_4^- , g/l máximo	D 516	1.0

340.3 EQUIPO

En relación con el equipo, rigen las condiciones generales descritas en el numeral 300.3 del Artículo 300, “Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases y bases granulares y estabilizadas”. 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 de puzolanas y aditivos que eventualmente se requieran; 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 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

340.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del Artículo 300.

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

340.4.2.1 Generalidades

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 en función 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).

Las mezclas de base estabilizada con emulsión asfáltica se diseñarán siguiendo los métodos indicados en la Tabla 340-6.

Tabla 340 – 6. Método de diseño para mezclas de bases estabilizadas con emulsión asfáltica

TIPO DE BASE ESTABILIZADA	NORMA DE ENSAYO	MÉTODO
BEE-38 y 25	INV E-622	Inmersión-compresión
BEE-5	NLT 170/77	Extrusión

Se pueden utilizar otros procedimientos para el diseño de las mezclas. En tal caso, los métodos de diseño y los criterios de selección del porcentaje óptimo de ligante se deberán definir en una especificación particular.

340.4.2.2 Diseño de la mezcla por resistencia

340.4.2.2.1 Diseño de la mezcla por el método de inmersión-compresión para bases estabilizadas con agregados pétreos

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de inmersión-compresión. El contenido óptimo de ligante se determinará aplicando los criterios de la Tabla 340 - 7.

Tabla 340 – 7. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con agregados pétreos BEE-38 y BEE-25

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO INV	VALOR
Resistencia de probetas curadas en seco R_s , mínimo (MPa)	E-622	1.5
Resistencia conservada tras curado húmedo $R_c = R_h/R_s$, mínimo (%)		75

El porcentaje óptimo de ligante residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo R_h .

340.4.2.2 Diseño de la mezcla por el método de extrusión para bases estabilizadas con suelos granulares

Se elaborarán mezclas con diferentes contenidos de ligante por encima y por debajo del óptimo teórico (al menos 4 contenidos de ligante), para someterlas al ensayo de extrusión. En la Tabla 340-8, se presentan los criterios para la determinación del contenido óptimo de ligante.

Tabla 340 – 8. Criterios de resistencia para la determinación del contenido óptimo de emulsión asfáltica para bases estabilizadas con suelos granulares BEE-5

PARÁMETRO	NORMA DE ENSAYO	VALOR
Extrusión seca, mínimo (N)	NLT 170/77	4500
Extrusión húmeda, mínimo (N)		1500
Absorción de agua, máximo (%)		7
Hinchamiento, máximo (%)		5

340.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el Constructor, en el cual propondrá la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del Interventor, contendrá, cuando menos, la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) 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 para compactación, en relación la masa seca del componente mineral.
- El porcentaje óptimo de ligante residual y de emulsión en relación con la masa seca del material.
- La identificación y la dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deberán ser de la misma marca utilizada tanto en las pruebas de laboratorio como en la fase de experimentación y en la ejecución de los trabajos.
- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o en la prueba de extrusión.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indique el Pliego de Condiciones.

340.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

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.

Los trabajos no se podrán iniciar a escala industrial, si la fórmula de trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el Interventor.

La aprobación de la fórmula de trabajo por parte del Interventor, no exime al Constructor de su plena

responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en este Artículo.

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 planicidad apropiadas y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Interventor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, se deberán corregir de acuerdo con lo indicado en ella, a plena satisfacción del Interventor.

Si el proyecto exige la aplicación previa de una imprimación, ésta se efectuará de acuerdo con lo previsto en el Artículo 420, “Imprimación”, 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 se deberá efectuar 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 los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, total o parcialmente, se deberá comprobar 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 destinados a la 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.

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 o puzolanas, éstos se deberán adicionar 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.

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), entendiendo 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 carro tanque 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 se deberá fraccionar 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 (incluidos los aditivos y puzolanas), 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 acondicionadas para tal fin. 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 340.5.2.7.3.

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 les 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

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del Artículo 300.

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 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas de base estabilizada con emulsión requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material mezclado y compactado sea inferior a uno por ciento (1 %). Por lo general, dicho período es, como mínimo, de diez (10) días, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho lapso, el Constructor aplicará los riegos de protección que le solicite el Interventor, para prevenir el deterioro de la capa por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán de acuerdo con el Artículo 422, “Riego de curado”, excepto que la emulsión estará diluida en agua de manera que el ligante residual sea aproximadamente treinta por ciento (30 %) y la dosificación del ligante estará entre dos y tres décimas de kilogramo de ligante residual por metro cuadrado (0.2 - 0.3 kg/m²).

340.4.12 Conservación

El Constructor deberá conservar la capa base estabilizada con emulsión asfáltica en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.4.13 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 se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por el INVÍAS 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 la 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.

340.4.14 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, regirá todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del Artículo 300

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, se efectuarán 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 del producto bituminoso

Los requisitos de calidad, controles y criterios de aceptación para la emulsión asfáltica serán los establecidos en el Artículo 411.

340.5.2.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna incertidumbre en relación con la calidad del agua, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos. Sus resultados deberán satisfacer las exigencias del numeral 340.2.5 para permitir su empleo. Si no las satisfacen, se impedirá el uso posterior de dicha agua y se someterán a observación los tramos ya elaborados con ella.

340.5.2.3 Calidad de los aditivos y elementos de aporte

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se realizarán las pruebas requeridas para verificar la calidad de estos productos. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

340.5.2.4 Calidad de los agregados pétreos y suelos granulares

Se realizarán los siguientes controles:

340.5.2.4.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán

realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tablas 340-2 o 340-3, según corresponda.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

340.5.2.4.2 Control de producción

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados y suelos que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, se ordenará acopiar por separado aquellos materiales que presenten alguna anomalía de aspecto y se vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, se efectuarán las verificaciones de calidad indicadas en la Tabla 340-9.

Tabla 340 – 9. Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos y suelos granulares

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA	
		AGREGADOS	SUELOS
Composición (F)			
Granulometría	E-123	1 por jornada	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes	No aplica
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes	
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos	E-224	1 por mes	
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	E-220	1 por mes	No aplica
Limpieza, gradación combinada (F)			
Límite líquido	E-125	1 por jornada	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y E-126	1 por jornada	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana	1 por semana
Terrones de arcilla y partículas deleznales	E-211	1 por semana	No aplica
Capacidad de soporte (F)			
CBR del material sin emulsión asfáltica	E-148	1 por mes	1 por mes

En el caso de suelos granulares, cada jornada se verificará la clasificación según el sistema AASHTO a partir de los resultados obtenidos de los ensayos diarios de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad.

El Interventor, podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 340.9, 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.

No 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.

340.5.2.5 Composición de la mezcla

Para efectos del control, se considerará como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 340.5.2.7.1.

Cuantitativamente, se realizarán los siguientes controles:

340.5.2.5.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 340.5.2.7.1, se determinará el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia de uno por ciento (1.0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y

medio por ciento (0.5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$ARF\% - 1.0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1.0\%$ [340.1]
(mezcla en vía)

$ARF\% - 0.5\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.5\%$ [340.2]
(mezcla en planta)

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1.0 %), admitiéndose sólo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$ART\% - 1.0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1.0\%$ [340.3]

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

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.5.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados, mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual deberá cumplir la gradación de la fórmula de trabajo, dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 340 - 1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el Constructor deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en el numeral 340.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.5.2.1 Agregados pétreos

Las curvas obtenidas se deberán ajustar a la establecida al determinar la fórmula de trabajo, con las tolerancias que se indican en la Tabla 340-1.

340.5.2.5.2.2 Suelos granulares

Las curvas obtenidas se deberán encontrar dentro de la banda granulométrica de la Tabla 340-4.

340.5.2.6 Calidad de la mezcla

340.5.2.6.1 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 establezca (normas de ensayo INV E-622 y NLT 170/77, respectivamente). Una muestra se curará en seco y otra en condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las tres (3) probetas sometidas a curado seco (R_m), deberá superar o al menos igualar al noventa por ciento (90 %) de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0.90 R_d \quad [340.4]$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite:

$$R_m \geq 0.80 R_d \quad [340.5]$$

En el caso de base con agregados pétreos, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el setenta y cinco por ciento (75 %), sin que al respecto se admita 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 correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos, se deberán suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 340.4.2, para el tipo de base que se esté evaluando

340.5.2.7 Calidad del producto terminado**340.5.2.7.1 Tamaño del lote**

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en densa en frío:

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

340.5.2.7.2 Aspectos generales

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, excluidos sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

340.5.2.7.3 Compactación

Los sitios para la determinación de la densidad de la capa se elegirán al azar, según la norma de ensayo INV E-730 “Selección al azar de sitios para la toma de muestras”, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa base estabilizada con emulsión, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones humedad-peso unitario (ensayo

modificado de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [340.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C_{Y_{d,m\acute{a}x}}} \times 100 \quad [340.7]$$

Siendo: GC_i : Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$Y_{d,i}$: Valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164, sin efectuar corrección de ella por presencia de sobretamaños de manera que corresponda a la muestra total.

$Y_{d,m\acute{a}x}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 (ensayo modificado de compactación) sobre una muestra representativa del mismo.

$C_{Y_{d,m\acute{a}x}}$: Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según la norma de ensayo INV E-142 sobre una muestra representativa del mismo, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}) – Porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (norma INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C_{y_{d,máx}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual GC_i se obtendrá, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, P_{FG} , presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se aplicarán los siguientes criterios:

$GC_i(90) \geq 95.0 \%$	se acepta el lote	[340.8]
$GC_i(90) < 95.0 \%$	se rechaza el lote	[340.9]

Siendo:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad del 90%, se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje; se calcula según el numeral 107.3.1.3 del Artículo 107, "Control y aceptación de los trabajos", a partir de los valores individuales del grado de compactación GC_i .

Las verificaciones de compactación se deberán efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

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

En caso de rechazo, la capa de base estabilizada correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y corregida a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

340.5.2.7.4 Espesor

1

Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d \quad [340.10]$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 e_d \quad [340.11]$$

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

340.5.2.7.5 Planicidad

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), según la norma de ensayo INV E-793; la regla se colocará tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Interventor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

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

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa de base estabilizada, 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 pago al Constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

340.6 MEDIDA

La base estabilizada con emulsión asfáltica se medirá según lo descrito en el Artículo 300 y en particular en el numeral 300.6.1.

340.7 FORMA DE PAGO

La base estabilizada con emulsión asfáltica se pagará según lo descrito en el Artículo 300 y en particular en el numeral 300.7.1.

Se excluyen del precio unitario de la base estabilizada con emulsión asfáltica los siguientes aspectos:

- El suministro de la emulsión asfáltica, que se pagará de acuerdo con el Artículo 411.
- La puzolana que se incluya en la mezcla para complementar la reactividad, de acuerdo con lo indicado en el numeral 340.2.3, que se pagará como se indique en una especificación particular.

340.8 ÍTEM DE PAGO

340.1	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-38	Metro cúbico (m ³)
340.2	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-25	Metro cúbico (m ³)
340.3	Base estabilizada con emulsión asfáltica tipo BEE-5	Metro cúbico (m ³)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS