

Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural

Artículo 321 – 22

321.1 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de una subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural en vías con un nivel de tránsito NT1, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto. 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.

Para efectos de aplicación de esta especificación se define como subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural, la adición en una planta, zona de acopio o in situ, de una mezcla asfáltica natural seleccionada a un agregado pétreo, que cumplan los requisitos del presente artículo.

321.2 Materiales

321.2.1 Agregados pétreos

Los agregados susceptibles de estabilizar con una mezcla asfáltica natural pueden provenir de la trituración de materiales pétreos de la vía, piedra de cantera o de grava natural o estar constituidos por una mezcla de ambos. Independientemente de su procedencia, los agregados deben 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.

La estructura de los pétreos resultante (combinada) para la construcción de la capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural debe presentar una gradación que se ajuste a alguna de las franjas señaladas en la Tabla 321-1. La gradación por emplear se debe indicar en los documentos del proyecto. Dentro de la franja elegida, el constructor debe proponer al interventor una fórmula de trabajo la cual se debe ajustar durante la construcción de la capa con las tolerancias que se indican en la Tabla 321-1, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

Los agregados pétreos resultantes no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico - química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente puedan darse en la zona de empleo. Tampoco pueden, junto con el agua, dar origen a disoluciones que puedan causar daños a estructuras, otras capas del pavimento o contaminar corrientes de agua. Los agregados pétreos por estabilizar deben cumplir los requisitos de calidad que se indican en la Tabla 321- 2.

El constructor, como responsable de los materiales que suministre para la

ejecución de los trabajos, debe realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados a utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en esta especificación.

Tabla 321-1 Franjas granulométricas de los agregados combinados para la construcción de capas desubbases estabilizadas con una mezcla asfáltica natural

Tipo de mezcla	Tamiz (mm / U.S. Standard)								
	50,0	37,5	25,0	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	2 Pulgadas	1 ½ Pulgadas	1 Pulgada	1/2 Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)									
SBEMAN-50	100	70 - 95	60 - 90	45 - 75	40 - 70	25 - 55	15 - 40	6 - 25	2 - 15
SBEMAN-38	-	100	75 - 95	55 - 85	45 - 75	30 - 60	20 - 45	8 - 30	2 - 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Tabla 321-2 Requisitos de los agregados pétreos por estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles, máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
Durabilidad (O)		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio, Máximo (%)	E-220	18
Limpieza (F)		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	35
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 E-126	9
Terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	20
Capacidad de soporte (F)		
CBR del agregado a estabilizar (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca medido en una muestra sometida a cuatro días de Inmersión.	E-148	≥ 15

321.2.2 Mezcla Asfáltica Natural

La mezcla asfáltica natural es un material compuesto esencialmente de arenas finas y conglomerado que están impregnadas de asfalto, siendo este parámetro común para la mayoría de los depósitos que se encuentran en el territorio colombiano. El contenido de asfalto residual puede variar según la fuente de explotación. El material pétreo presente en el asfalto natural debe estar exento de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial.

321.3 Equipo

Al respecto rigen las condiciones generales que se indican en el numeral 300.3 del artículo 300, Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases, bases granulares y capas granulares estabilizadas. Para la construcción de las capas de subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se requieren, además, equipos para la explotación de los materiales, eventualmente una planta de trituración, una unidad clasificadora, equipos para mezclado y homogenización, cargue, transporte, extensión, humedecimiento y compactación del material, equipos para la elaboración, extensión, compactación y nivelación de la mezcla estabilizada, así como herramientas menores y un equipo apropiado para escarificar la capa existente, en caso de que su utilización esté prevista en el proyecto.

321.4 Ejecución de los trabajos

321.4.1 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo indicado en el numeral 300.4.1 del artículo 300. En la explotación de la mezcla asfáltica natural se debe hacer la respectiva clasificación del material con el fin de evitar sobretamaños, materiales fósiles u otros elementos nocivos o contaminantes para la capa a conformar o cualquier otra sustancia que pueda resultar ambientalmente nociva o inconveniente para el buen comportamiento de la capa estabilizada. Se debe obtener en lo posible, una mezcla asfáltica natural con un porcentaje de asfalto relativamente homogéneo.

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

321.4.2.1 Generalidades

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe entregar 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 criterio del interventor los materiales resultan objetables, el constructor debe efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales, el constructor debe definir la fórmula de trabajo para determinar las proporciones de los materiales utilizados y parámetros de compactación que permitan cumplir con los requerimientos exigidos a la capa de subbase estabilizada construida. Una vez el interventor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, este solo puede ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se llega a presentar una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella.

Las mezclas de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben diseñar utilizando el método inmersión – compresión, siguiendo el procedimiento definido por la norma de ensayo INV E-622. Para la aplicación de este método

de dosificación, se debe tener en cuenta que al agregado pétreo ya se le ha colocado el ligante asfáltico a través de la adición de la cantidad necesaria de mezcla asfáltica natural, por lo tanto, se debe determinar la humedad óptima de compactación del material granular estabilizado siguiendo el procedimiento definido por la norma INV E-142 y proceder a la evaluación de la resistencia a la compresión en estado seco y después del proceso de inmersión, tal como lo describe la norma INV E- 622.

321.4.2.2 Diseño de la subbase con mezcla asfáltica natural por resistencia

La evaluación de las propiedades del material pétreo estabilizado con la mezcla asfáltica natural se debe realizar por el método de inmersión – compresión. La dosificación óptima propuesta debe cumplir con los criterios establecidos en la Tabla 321-3.

Tabla 321-3 Criterios de resistencia para la determinación de la dosificación óptima de mezcla asfáltica natural

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 (%)		50

El porcentaje óptimo de mezcla asfáltica natural debe ser aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo R_h .

321.4.2.3 Informe de diseño de la mezcla

El informe de diseño que presente el constructor, en el cual debe proponer la fórmula de trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y eventual aprobación del interventor, debe contener por lo menos la siguiente información:

- La identificación y la proporción (en masa seca) de cada fracción del material granular a estabilizar.
- La granulometría de cada fracción del material granular.
- Las proporciones (en masa seca) de la mezcla asfáltica natural y del material granular.
- La granulometría combinada (agregado pétreo y mezcla asfáltica natural).
- El porcentaje de ligante asfáltico en la dosificación de diseño, con relación a la masa seca del componente mineral.

- El porcentaje de agua para compactación, con relación a la masa seca del componente mineral.
- Las resistencias a la compresión obtenidas en la prueba de inmersión - compresión.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que indiquen los documentos del proyecto.

321.4.2.4 Ajuste de la fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede 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 debe requerir el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

Los trabajos no pueden ser iniciados 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.

321.4.3 Preparación de la superficie existente

Si el material pétreo por estabilizar es totalmente de aporte, sea que la mezcla se realice en vía o en planta, antes de construir la subbase estabilizada se debe comprobar que la superficie que le va a servir de apoyo se encuentre limpia, tenga la densidad y la planicidad apropiadas y cumpla con las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva se deben corregir, de acuerdo con lo indicado en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Si los documentos del proyecto exigen la aplicación previa de una imprimación, esta se debe efectuar de acuerdo con lo previsto en el artículo 420, Riego de imprimación.

En caso de que la construcción se vaya a realizar mediante el procedimiento de mezcla en vía en varias pasadas utilizando el material existente, este se debe 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 documentos del proyecto. Si se contempla la adición de un material de aporte para mejorar el existente, ambos se deben mezclar uniformemente antes de iniciar la aplicación del ligante asfáltico a través de la mezcla asfáltica natural. Además, se debe 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 debe ordenar las modificaciones previas que considere necesarias en el procedimiento de trabajo.

En todos los casos debe estar concluida la construcción de los dispositivos necesarios que sean requeridos para el drenaje de la calzada, previamente a la construcción de la subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural.

321.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados de aporte

Cuando la estabilización incluya agregados de aporte, estos se deben transportar a la planta de mezcla o a la vía, según sea el caso, en vehículos apropiados, protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, los cuales se deben asegurar a la carrocería para impedir que parte del material caiga sobre las vías por las cuales transitan los vehículos.

La mezcla asfáltica natural se puede acopiar, ya sea a lo largo de la vía a intervenir o en una zona aledaña a la misma, para después movilizarla en volquetas, cuidando que no pierda sus condiciones de calidad. Si el material está expuesto a condiciones climáticas adversas, deben tomarse las precauciones que se estimen convenientes para garantizar que la calidad de este se vea inmodificable.

Cuando se requiera almacenar los agregados destinados a la construcción de la subbase estabilizada con la mezcla asfáltica natural, se deben tener en cuenta los cuidados señalados en el numeral 300.4.3 del artículo 300.

321.4.5 Elaboración de la mezcla

Se recomienda realizar la mezcla del agregado pétreo seleccionado y la mezcla asfáltica natural en un patio fuera de la vía, utilizando un cargador o un equipo que sea capaz de homogenizar los materiales en la proporción definida en la fórmula de trabajo.

En caso de utilizar parte de la capa existente como el material por estabilizar, la mezcla puede ser elaborada en la vía. El material que conforma la capa existente debe ser escarificado y pulverizado previamente. Si es necesario adicionar material de aporte, este se debe transportar a la vía para ser extendido en el ancho y en el espesor adecuados que permitan que la capa, luego de mezclada con el material pulverizado y la mezcla asfáltica natural, cumpla con las secciones indicadas en los documentos del proyecto.

Cuando la mezcla entre el agregado y la mezcla asfáltica natural se realice en la vía, el interventor debe aprobar por escrito el sector sobre el cual se van a homogenizar los materiales mediante las siguientes opciones: planta de mezcla, máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio y motoniveladora. Si los documentos del proyecto no indican el equipo por utilizar, se debe dar por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio de paso sencillo. Solo se debe permitir el uso de motoniveladora para la mezcla

cuando los documentos del proyecto lo señalen taxativamente. Cualquiera que sea la forma utilizada, los materiales deben ser mezclados uniformemente y para ello debe distribuirse en dos cordones, verificando en cada uno de ellos la cantidad y la uniformidad de tal manera que garantice la obtención del contenido de asfalto y la granulometría combinada definida en la fórmula de trabajo. Previa verificación de la humedad se incorpora la cantidad debida de agua, en caso de requerirse, efectuando la mezcla correspondiente, perfilando la superficie de modo que presente aproximadamente la sección indicada en los documentos del proyecto. En caso de que el espesor de diseño exceda de quince centímetros (15 cm) la construcción de la capa estabilizada se debe fraccionar en dos (2) capas, preferiblemente de igual espesor.

321.4.6 Transporte de la mezcla

Si la mezcla es elaborada en una zona aledaña o en un patio de mezclado, esta se debe transportar a la vía en volquetas acondicionadas para tal fin. Durante el transporte de la mezcla se deben tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo la segregación y garantizar la uniformidad de la granulometría. La mezcla elaborada en el patio se debe transportar 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. Solo se permite el trabajo en horas de la noche si, por aprobación del interventor, existe una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de la mezcla de manera adecuada.

321.4.7 Extensión y compactación de la mezcla

Después de las operaciones de mezclado y eventual transporte, la mezcla se extiende mecánicamente en el ancho especificado y en un espesor tal que, después de compactada, se ajuste a la sección transversal y a las cotas indicadas en los documentos del proyecto, con la verificación del constructor y el interventor.

Una vez se verifique que la mezcla tiene la humedad óptima de apisonado y el contenido óptimo de asfalto, se continúa con la compactación mediante el procedimiento definido durante la fase de experimentación, hasta alcanzar los niveles de densidad exigidos en el numeral 321.5.2.4.3.

Independientemente del tipo de compactadores empleados, la compactación final se debe realizar con equipo neumático para eliminar las huellas de la maquinaria de construcción.

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 debe extender y compactar 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.

321.4.8 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se deben disponer 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 debe aplicar una capa uniforme y delgada de emulsión asfáltica, antes de colocar la mezcla nueva, de acuerdo con lo previsto en el artículo 421, Riego de liga. Las juntas transversales en la capa de rodadura se deben compactar transversalmente.

Si se trabaja por franjas, se deben disponer juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas. En lo posible, la mezcla se debe colocar en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la terminadora y la producción del material.

Cuando se emplee una terminadora, que es la opción recomendada, se debe regular de manera que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin arrastres ni segregaciones, y con un espesor tal que, luego de compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los documentos del proyecto con las tolerancias establecidas en la presente especificación. Por ningún motivo se permite el empleo de máquinas terminadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permite la segregación de materiales. Si ocurre, la extensión de la mezcla debe ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación debe ser removida y reemplazada con material apropiado, a expensas del constructor.

La colocación de la mezcla se debe realizar con la mayor continuidad posible, verificando dejar la superficie a las cotas previstas en el proyecto, con el objeto de no tener que corregir la capa extendida.

321.4.9 Fase de experimentación

Rige lo indicado en el numeral 300.4.2 del artículo 300.

Al comienzo de los trabajos, el constructor debe elaborar secciones de prueba cuya longitud, ancho y espesor deben quedar definidos en acuerdo con el interventor, para probar tanto el equipo como los materiales, y así establecer el método definitivo de trabajo, de manera que se cumplan los requisitos de la presente especificación.

El interventor debe tomar muestras del material estabilizado para determinar su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre el grado de disgregación del material mineral, espesor de capa, proporción de mezcla asfáltica natural, contenido de ligante asfáltico, compactación y demás requisitos

exigidos, conforme a lo determinado en la fórmula de trabajo.

En caso de que los ensayos indiquen que el material estabilizado no se ajusta a dichas condiciones, el constructor debe hacer inmediatamente todas las correcciones necesarias y, si fuere preciso, modificar la fórmula de trabajo repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones hasta que ellas sean aprobadas por el interventor.

321.4.10 Apertura al tránsito

No se debe permitir el tránsito público hasta que la mezcla haya adquirido la densidad especificada y la capa compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Si esto no es posible, el tránsito que necesariamente deba circular sobre ella se debe distribuir de manera que no se concentren las huellas de su circulación sobre la superficie. Los daños producidos por esta causa deben ser reparados por el constructor sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS.

321.4.11 Conservación

El constructor debe conservar la capa estabilizada con la mezcla asfáltica natural en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente debe ser corregido para lograr los requisitos de la presente especificación previa aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.4.12 Limitaciones en la ejecución

No se permite la extensión y compactación de mezclas cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a cinco grados Celsius (5 °C), esté lloviendo o exista alta probabilidad de que ello ocurra.

En caso de que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua de lluvia, el constructor debe, a su costa, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado con una nueva mezcla, hasta ser aprobado por el interventor.

Los trabajos de construcción de la capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en jornada nocturna, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial adecuado. Si el constructor no ofrece esta garantía, debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicional para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

321.4.13 Manejo ambiental

En relación con el manejo ambiental, debe regir todo lo que resulte aplicable del numeral 300.4.8 del artículo 300.

321.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

321.5.1 Controles

En adición a lo exigido por el numeral 300.5.1 del artículo 300, se deben efectuar ensayos para el control de calidad de la mezcla y de densidad y resistencia de la capa luego de compactada.

321.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

321.5.2.1 Calidad de los agregados pétreos a estabilizar

Se deben realizar los siguientes controles:

321.5.2.1.1 Aprobación inicial

De cada procedencia de los agregados pétreos a estabilizar con la mezcla asfáltica natural y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le debe realizar los ensayos que se encuentran indicados en la Tabla 321-2, según corresponda. Los resultados de estas pruebas deben satisfacer las exigencias indicadas en ellas, so pena de rechazo de los materiales defectuosos.

321.5.2.1.2 Control durante el proceso de producción

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

Además, se deben efectuar las verificaciones de calidad a los agregados pétreos por estabilizar con la mezcla asfáltica natural, indicadas en la Tabla 321-4.

Tabla 321-4 Ensayos de verificación sobre los agregados pétreos por estabilizar

Característica	Norma de ensayo INV	Frecuencia
Composición (F)		
Granulometría combinada	INV E-213	1 por jornada
Dureza, agregado grueso (O)		
Desgaste en la Máquina de los Ángeles	INV E-218	1 por mes
Durabilidad (O)		

Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de magnesio	INV E-220	1 por mes
Limpieza, gradación combinada (F)		
Límite líquido	INV E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	INV E-125 INV E-126	1 por jornada
Terrones de arcilla y partículas deleznales	INV E-211	1 por semana
Equivalente de arena	INV E-133	1 por semana
Capacidad de soporte (F)		
CBR	INV E-148	1 por mes

Nota: Si no se especifica lo contrario, las características se deben verificar al agregado por estabilizar

No se permite el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos pertinentes del presente artículo. En la eventualidad de que alguna prueba reporte un resultado no satisfactorio, se deben tomar dos (2) muestras adicionales del material para proceder a repetir la prueba. Los resultados de ambos ensayos deben ser satisfactorios, de lo contrario, el interventor debe impedir el uso del volumen de material al cual representen dichos ensayos.

El interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 321-4, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada haya aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

321.5.2.2 Composición de la mezcla

Para efectos del control se considera como lote el volumen de material que resulte de aplicar los criterios del numeral 321.5.2.4.1.

Cuantitativamente se deben realizar los siguientes controles:

321.5.2.2.1 Contenido de asfalto

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote definido como se indica en el numeral 321.5.2.4.1, se determina el contenido de asfalto residual (Norma de ensayo INV E-732).

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) debe tener una tolerancia de uno por ciento (1,0 %) para estabilizaciones realizadas en vía y cero coma cinco por ciento (0,5 %) para mezclas elaboradas en planta, con respecto al establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

(mezcla en vía) $ARF\% - 1,0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1,0\%$ **[321.1]**

(mezcla en planta) $ARF\% - 0,5\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0,5\%$ **[321.2]**

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %) no

puede diferir del valor medio del lote (ART %) en más de uno por ciento (1,0 %), admitiéndose solo un (1) valor por fuera de este intervalo.

$$\text{ART \%} - 1,0 \% \leq \text{ARI \%} \leq \text{ART \%} + 1,0 \% \quad \text{[321.3]}$$

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 hay problemas de comportamiento de la capa estabilizada.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.2.2 Granulometría

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se debe determinar la composición granulométrica de los agregados mediante la norma de ensayo INV E-782, la cual debe cumplir la gradación de la fórmula de trabajo dentro de las tolerancias establecidas en la Tabla 321-1.

Cuando los valores obtenidos incumplan estos requisitos, el constructor debe preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa. Ella se debe someter a las pruebas mencionadas en el numeral 321.4.2. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechaza el lote al cual correspondan esas muestras.

En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.3 Calidad de la mezcla

321.5.2.3.1 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada, se deben moldear probetas (tres (3) probetas por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en los ensayos de inmersión-compresión (norma de ensayo INV E-622). Una muestra se debe curar en seco y otra en condición húmeda.

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

$$R_m \geq 0,90 \quad \text{[321.4]}$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o superior al ochenta por ciento (80 %) del valor medio de su respectivo grupo. Se admite solo un (1)

valor individual por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0,80$$

[321.5]

La resistencia conservada promedio (R_{cm}) debe ser, como mínimo, el cincuenta por ciento (50 %) sin que al respecto se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se debe rechazar el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida o reemplazada por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

Si el incumplimiento se presenta en dos (2) lotes consecutivos se deben suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva fórmula de trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en el numeral 321.4.2.

321.5.2.4 Calidad del producto terminado

321.5.2.4.1 Tamaño del lote

Se considera como lote que se acepta o rechaza en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural:

- Longitud de quinientos metros (500 m), medida a lo largo del eje de vía, de mezcla colocada en todo el ancho de la calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m²) de mezcla colocada.
- La obra ejecutada con el mismo material, de la misma procedencia y con el mismo equipo y procedimiento de trabajo.

321.5.2.4.2 Aspectos generales

La capa terminada debe 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 debe ser menor que la señalada en los documentos del proyecto. La cota definitiva de cualquier punto de la capa no puede variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

321.5.2.4.3 Compactación

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

Para el control de la compactación de una capa de subbase estabilizada con una mezcla asfáltica natural, se debe 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 INV E-142), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobre tamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{Y_{d,m\acute{a}x}} \times 100 \quad [321.6]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{Y_{d,i}}{C_{Y_{d,m\acute{a}x}}} \times 100 \quad [321.7]$$

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 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 ($C_{Y_{d,m\acute{a}x}}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños, (P_{FG}), presente en ese sitio.

Para la aceptación del lote se deben aplicar los siguientes criterios:

$$GC_i(90) \geq 95,0 \% \text{ se acepta el lote} \quad [321.8]$$

$GC_i(90) < 95,0\%$ se rechaza el lote

[321.9]

Donde:

$GC_i(90)$: Límite inferior del intervalo de confianza en el que con una probabilidad del noventa por ciento (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 deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

En caso de rechazo la capa de subbase estabilizada correspondiente al lote controlado debe ser levantada mediante fresado y corregida por el constructor, hasta contar con la aprobación del interventor, sin costo adicional para INVÍAS.

321.5.2.4.4 Espesor

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

$$e_m \geq e_d$$

[321.10]

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) debe ser como mínimo, igual al noventa por ciento (90 %) del espesor de diseño (e_d), 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.

$$e_i \geq 0.90 * e_d$$

[321.11]

Si se incumple alguno de estos requisitos se debe rechazar 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 ello genere costo alguno para INVÍAS, ni problemas por gálibo.

321.5.2.4.5 Planicidad

La superficie acabada no puede 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 debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el interventor, los cuales no pueden corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

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

Cuando sea necesario efectuar correcciones a la capa estabilizada, por modificaciones en el diseño estructural o por fuerza mayor u otras causas inequívocamente no imputables al constructor, el interventor debe delimitar el área afectada y ordenar las correcciones necesarias por cuyo trabajo autoriza el pago al constructor, al respectivo precio unitario del contrato.

321.6 Medida

La subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe medir según lo descrito en el numeral 300.6.1 del artículo 300.

321.7 Forma de pago

La subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural se debe pagar según lo descrito en el numeral 300.7 del artículo 300.

En el precio unitario se deben incluir todos los costos de explotación para los agregados pétreos de adición y/o importados y los de la mezcla natural.

321.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
321.1	Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo SBEMAN-50	Metro cúbico (m ³)
321.2	Subbase estabilizada con mezcla asfáltica natural tipo SBEMAN-38	Metro cúbico (m ³)

REVISIÓN 2