

## BASE TRATADA CON CEMENTO

### ARTÍCULO 351 – 13

#### 351.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una capa de base tratada con cemento, constituida por una mezcla uniforme de agregados pétreos, cemento hidráulico, agua y eventualmente aditivos, de acuerdo con las dimensiones, alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto o determinados por el Interventor.

#### 351.2 MATERIALES

##### 351.2.1 Clases de agregados para base tratada con cemento

Se definen dos clases de agregados para base tratada con cemento en función de su calidad (clases A y B), como se indica en la Tabla 351 - 2. Los documentos del proyecto definirán la clase de agregado por utilizar en el proyecto; así mismo, definirán el tipo de granulometría por emplear.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, las clases de agregado se usarán como se indica en la Tabla 351 - 1, en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 351 - 1. Uso típico de las diferentes clases de agregado para base tratada con cemento

CLASE DE AGREGADO PARA BASE TRATADA CON CEMENTO	NIVEL DE TRÁNSITO
Clase B	NT2
Clase A	NT3

##### 351.2.2 Requisitos de calidad de los agregados

Los agregados deberán estar libres de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar el correcto fraguado del cemento. También, deberán cumplir los requisitos generales que se indican en la Tabla 351 - 2, y se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la Tabla 351 - 3.

Tabla 351 - 2. Requisitos de los agregados para base de tratada con cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	CLASE DE AGREGADO	
		CLASE B	CLASE A
<b>Dureza (O)</b>			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8	35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	30	25
Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	70 75	90 75
<b>Durabilidad (O)</b>			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
<b>Limpieza (F)</b>			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10
Contenido de materia orgánica, máximo (%)	E-121	1	1
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2	2
<b>Geometría de las partículas (F)</b>			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	50	60
<b>Resistencia del material (F)</b>			
CBR para una compactación del 95 % del ensayo modificado de compactación (norma INV E-142), medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo (%).	E-148	60	80
<b>Características químicas (O)</b>			
Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^{2-}$ , máximo (%)	E-233	0.5	
Reactividad álcali - agregado: Concentración $SiO_2$ y reducción de alcalinidad R	E-234	$SiO_2 \leq R$ cuando $R \geq 70$ $SiO_2 \leq 35 + 0.5R$ cuando $R < 70$	

Nota 1: El ensayo de valor de azul de metileno solo será exigido cuando el equivalente de arena del material sea inferior a treinta (30), pero igual o superior a veinticinco (25).

Tabla 351 - 3. Requisitos granulométricos del agregado para base tratada con cemento

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA								
BTC-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	2-15
BTC-25	-	100	70-100	50-80	35-65	25-50	15-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	6 %			3 %			1.5 %

### 351.2.3 Cemento

El cemento para la base tratada con cemento deberá ser cemento hidráulico de uso general, el cual deberá cumplir lo especificado en el Artículo 501, "Suministro de cemento hidráulico".

No se permitirá el empleo de cemento que haya fraguado parcialmente o que contenga terrones del producto endurecido. Tampoco se permitirá el empleo de cemento extraído de bolsas usadas en jornadas anteriores.

### 351.2.4 Agua

El agua que se requiera para la base tratada con cemento deberá ser limpia y deberá estar 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 351 - 4.

Tabla 351 - 4. Requisitos del agua no potable para base tratada con cemento

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

### 351.2.5 Aditivos

Los documentos del proyecto pueden establecer el uso de aditivos para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla.

Así mismo, el Constructor puede poner a consideración del Interventor el empleo de aditivos con los mismos propósitos; en particular, el empleo de retardadores de fraguado para extender el tiempo de trabajo de las mezclas.

En todos los casos, los aditivos que se empleen deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494; además, el Constructor deberá realizar los ensayos que demuestren que los aditivos cumplen su función prevista con los materiales y dosificaciones previstos en la fórmula de trabajo.

## 351.3 EQUIPO

---

Básicamente, el equipo estará constituido por equipos para la elaboración de la mezcla (planta de mezcla o máquina estabilizadora), motoniveladora, compactadores metálico vibratorio y de llantas, carrotanques para aplicar agua y el material de curado de la capa compactada, equipo para la formación de las juntas, elementos de transporte y herramientas menores.

Si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, la extensión de la mezcla elaborada en planta se deberá hacer con una máquina extendedora autopropulsada.

### 351.3.1 Equipo para la elaboración de la mezcla de base tratada con cemento

Los documentos del contrato definirán el tipo de equipo para elaborar la base tratada con cemento, dentro de las siguientes opciones: planta de mezcla y máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio. La máquina estabilizadora debe ser de paso sencillo, es decir, capaz de producir una mezcla homogénea en una sola pasada.

Si los documentos del proyecto no definen el equipo, se dará por definido el uso de una máquina estabilizadora con cámara de tambor rotatorio. Si exigen la preparación de la mezcla en una planta, ellos deberán establecer en detalle las características de la planta y el procedimiento para la ejecución de la mezcla de base tratada con cemento; si no lo establecen,

se aplicarán las características de la planta y los procedimientos descritos en el Artículo 500, “Pavimento de concreto hidráulico”.

En cualquier caso, el equipo para la mezcla que suministre el Constructor deberá ser capaz de lograr una completa homogenización de los componentes, dentro de las tolerancias establecidas en este Artículo.

### **351.3.2 Equipos para explotación y el manejo de materiales**

El equipo deberá incluir, también, elementos para la explotación de los agregados, el cargue, el transporte, la clasificación y la trituración, cuando ella se requiera.

## **351.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

---

### **351.4.1 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo**

#### **351.4.1.1 Energía de referencia para la compactación**

La energía de referencia para la compactación en la construcción de las capas de base tratada con cemento será establecida en los documentos técnicos del proyecto, en función del tipo de material granular por estabilizar, del nivel de tránsito, del tipo de pavimento y de la capacidad de soporte de la subrasante.

Todas las probetas necesarias para evaluar las propiedades de la mezcla se elaborarán con la humedad óptima y el peso unitario seco máximo correspondientes a dicha energía de referencia, según los criterios de la Tabla 351 - 5; así mismo, los controles de compactación se efectuarán comparando los resultados de los ensayos de densidad en el terreno contra los resultados del ensayo de compactación en el laboratorio efectuado con esa energía.

Si los documentos técnicos del proyecto no indican otra cosa, la energía de referencia para la compactación será la correspondiente al ensayo modificado de compactación, norma de ensayo INV E-142.

**351.4.1.2 Diseño de la mezcla**

La mezcla de base tratada con cemento se diseñará mediante los criterios de resistencia a la compresión indicados en la Tabla 351 - 6. El contenido mínimo de cemento será aquel que permita cumplir con los parámetros definidos en la tabla citada, pero en ningún caso será inferior a cuatro por ciento (4 %) de la masa seca del material por estabilizar.

Tabla 351 - 5. Procedimiento la preparación de probetas en mezclas base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	DENSIDAD MÁXIMA DE REFERENCIA	
	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN NORMAL	ENERGÍA DE COMPACTACIÓN MODIFICADA
Ensayo de referencia para la energía de compactación	INV E-141	INV E-142
Determinación del peso unitario seco máximo y preparación de probetas para prueba de compresión	INV E-611 ajustado - Molde: 3243 cm <sup>3</sup> - Masa martillo: 4.536 kg - Caída martillo: 457 mm - No. capas: 7 - Golpes/capa: 13	INV E-611 ajustado - Molde: 3243 cm <sup>3</sup> - Masa martillo: 4.536 kg - Caída martillo: 457 mm - No. capas: 7 - Golpes/capa: 61

*Nota 1: el ajuste en la norma INV E-611 se refiere al cambio del molde, el martillo, el número de capas y el número de golpes por capa.*

*Nota 2: el molde de 3243 cm<sup>3</sup> corresponde al del ensayo de CBR (norma de ensayo INV E-148) sin el disco espaciador o falso fondo; sus dimensiones son: 152,4 mm ± 0.66 mm (6 ± 0.026") de diámetro interior y 177,8 ± 0.46 mm (7 ± 0.018") de altura. Se deberá usar con una base sin perforaciones, como la que se emplea para la realización del ensayo de compactación modificado, norma de ensayo INV E-142, método C.*

*Nota 3: para la preparación de las probetas se tendrá en cuenta lo siguiente: si todo el material pasa el tamiz de 19 mm (¾"), se deberá usar la gradación entera, sin modificación, para fabricar los especímenes para ensayo. Si hay partículas retenidas en dicho tamiz, ellas se deberán remover y reemplazar por una cantidad igual, en masa, de material que pase el tamiz de 19 mm (¾") y quede retenido en el tamiz de 4.75 mm (No. 4), obtenido de porciones de la muestra total que no se van a usar para el ensayo*

Tabla 351 - 6. Criterios de diseño para la mezcla de base tratada con cemento

ENSAYO	NORMA DE ENSAYO INV	NIVEL DE RESISTENCIA	
		R 3.5	R 5.2
<b>Resistencia</b>			
Comportamiento de la resistencia con: - Incremento en el contenido de cemento - Incremento en la edad	E-614 ajustado	Crece Crece	
Resistencia a la compresión a 7 días, MPa - Mínima - Máxima	E-614 ajustado	3.5 7.0	5.2 7.0

Nota 1: el ajuste en la norma de ensayo INV E-614 se refiere a la modificación de las dimensiones de las probetas, las cuales serán elaboradas según las indicaciones de la Tabla 351 - 5.

Los documentos del proyecto definirán el nivel de resistencia por emplear para la base tratada con cemento del proyecto; podrán también definir un nivel de resistencia diferente a los indicados en la Tabla 351 - 6.

#### 351.4.1.3 Fórmula de trabajo

Dentro de la franja granulométrica elegida, el Constructor propondrá al Interventor una “Fórmula de trabajo” a la cual se deberá ajustar durante la construcción de la capa, con las tolerancias que se indican en la Tabla 351 - 3, pero sin permitir que la curva se salga de la franja adoptada.

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

- La granulometría del agregado
- El tipo y la marca de cemento empleado en el diseño
- El contenido óptimo de cemento (CFT %)
- El valor de resistencia a compresión a los 7 días ( $R_d$ )

- Los porcentajes óptimos de agua para mezcla y compactación
- El tipo y la dosificación de los aditivos por emplear, si se requieren

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación; la fórmula ajustada deberá cumplir con los requisitos establecidos para el diseño de la mezcla.

Si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o la curva granulométrica incumple las tolerancias que se indican en la Tabla 351 - 3, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

#### **351.4.2 Fase de experimentación**

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

Con base en los resultados que se obtengan a partir de muestras tomadas de la base tratada con cemento, el Interventor evaluará su conformidad en relación con las condiciones especificadas sobre humedad, espesor de la capa, proporción de cemento y demás requisitos exigidos.

En caso que los ensayos indicasen que la base tratada con cemento no se ajusta a dichas condiciones, deberá ser removida y reemplazada por el Constructor a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías; antes de efectuar el reemplazo, el Constructor deberá hacer las modificaciones necesarias a los equipos y procedimientos de construcción y, si fuese preciso, modificar el diseño.

El proceso se repetirá cuantas veces sea necesario hasta que las secciones de ensayo resulten satisfactorias para el Interventor.



### **351.4.3 Preparación de la superficie existente**

El Interventor sólo autorizará la colocación de material de base tratada con cemento cuando la superficie sobre la cual se debe asentar tenga la compactación apropiada y las cotas y secciones indicadas en los planos o definidas por él, con las tolerancias establecidas. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Si en la superficie de apoyo existen irregularidades que excedan las tolerancias determinadas en la especificación de la capa de la cual forma parte, de acuerdo con lo que se prescribe en la unidad de obra correspondiente, el Constructor hará las correcciones necesarias, a satisfacción del Interventor.

### **351.4.4 Transporte y almacenamiento de agregados**

Los agregados se transportarán 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 agregados, se deberá tener en cuenta lo indicado en el numeral 300.4.3 del Artículo 300.

### **351.4.5 Elaboración de la mezcla**

#### **351.4.5.1 Mezcla en planta**

Si los documentos del proyecto exigen la preparación de la mezcla en una planta, en ellos se deberá establecer en detalle el procedimiento para la ejecución de los trabajos; si no lo establecen, se aplicarán los procedimientos para la elaboración y transporte de la mezcla descritos en el Artículo 500, "Pavimento de concreto hidráulico".

La mezcla elaborada en la planta se transportará al sitio en volquetas estancas y cubiertas, aptas para el transporte de concreto, cumpliendo con los requisitos y los procedimientos establecidos en los numerales 500.3.2 y 500.4.6 del Artículo 500.

**351.4.5.2 Mezcla en vía****351.4.5.2.1 Conformación inicial de los agregados**

Los agregados sin cemento se deberán conformar a la sección transversal mostrada en los planos, mediante el empleo de motoniveladora.

**351.4.5.2.2 Aplicación del cemento**

El cemento se podrá aplicar en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el agregado empleando el procedimiento aceptado por el Interventor durante la fase de experimentación, de manera que se esparza la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa de base tratada con cemento. Durante la aplicación del cemento, la humedad del material no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como adecuada para lograr una mezcla íntima y uniforme del material con el cemento. Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el material.

**351.4.5.2.3 Mezcla**

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, hasta obtener de una mezcla homogénea. La humedad de la mezcla deberá ser la establecida en la fórmula de trabajo, con una tolerancia de más o menos uno por ciento (+/- 1 %).

**351.4.6 Extensión y conformación**

La mezcla elaborada vía se extenderá en todo el ancho previsto en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación, y se conformará a la sección transversal de la calzada.

Si los documentos técnicos del proyecto así lo indican, la extensión y la conformación de la mezcla elaborada en planta se deberá hacer con una

máquina extendidora autopropulsada. En caso contrario, la operación se realizará con motoniveladora.

En cualquier caso, la cantidad de material extendido y conformado deberá ser tal, que el espesor de la capa compactada no resulte inferior a cien milímetros (100 mm) ni superior a doscientos milímetros (200 mm). Si el espesor de la base tratada con cemento por construir es superior a doscientos milímetros (200 mm), el material se deberá colocar en dos o más capas, procurándose que el espesor de cada una de ellas sea sensiblemente igual y nunca inferior a cien milímetros (100 mm).

El material extendido y conformado deberá mostrar una distribución granulométrica uniforme, sin segregaciones evidentes. El Interventor no permitirá la colocación de la capa siguiente, antes de verificar y aprobar la compactación de la precedente.

#### **351.4.7 Prefisuración**

Cuando los documentos técnicos del proyecto así lo indiquen, se efectuará una prefisuración de las capas de base tratada con cemento antes de iniciar su compactación. La necesidad de efectuar la prefisuración dependerá de factores tales como el tipo de rodadura, la resistencia del material tratado con cemento y el tipo de medidas que eventualmente contemple el proyecto para evitar o controlar que el desarrollo de fisuras de contracción en la base tratada con cemento deteriore el pavimento; uno de los criterios para decidir si se requiere la prefisuración puede ser que se superen las resistencias máximas de la mezcla mencionadas en la Tabla 351 - 6.

La prefisuración consistirá en la ejecución de juntas transversales en fresco, es decir, del material extendido pero sin compactar. El diseño establecerá la distancia a la cual se deben realizar las juntas transversales en fresco; en general, la separación entre juntas estará comprendida entre tres y cuatro metros (3 a 4 m).

Para la ejecución de las juntas transversales en fresco, se utilizarán equipos que efectúen en cada pasada un surco recto que penetre al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa y que, al mismo tiempo, introduzca en él un producto adecuado para impedir que la junta se cierre de nuevo. Este producto podrá consistir en una emulsión bituminosa de rotura rápida, una cinta de plástico flexible, un perfil ondulado de plástico rígido u otros sistemas que además de impedir que se cierre de nuevo la

junta durante la compactación, permitan la transmisión de cargas entre los dos lados de la junta.

Se emplearán el equipo y el método de ejecución aprobados por el Interventor, cuya eficacia haya sido comprobada después de la realización de la fase de experimentación.

#### **351.4.8 Compactación**

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Constructor y aprobado por el Interventor durante la fase previa de experimentación.

El proceso de compactación deberá ser tal que evite la formación de una costra o capa superior delgada, débilmente adherida al resto de la capa de base tratada con cemento. En caso de que ella se produzca, deberá ser eliminada hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de dos (2) horas desde el inicio de la mezcla. Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de experimentación, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación. Una vez terminada la compactación, la superficie se deberá mantener húmeda hasta que se aplique el riego de curado o hasta que se construya la capa superior.

Cuando la base tratada con cemento se deba construir en varias capas, las operaciones se deberán adelantar de tal forma que se pueda completar el espesor total de base tratada con cemento en un tiempo no mayor que 2 horas; si se usan aditivos retardadores, este tiempo se puede extender según se defina en la fase de experimentación. Alternativamente, la superficie de la capa inferior de base tratada con cemento se deberá mantener húmeda en forma permanente mediante riego por aspersion hasta la colocación de la capa superior, la cual deberá ser extendida y compactada en un lapso de tiempo no mayor a 7 días después de terminada la capa inferior.

#### **351.4.9 Juntas de trabajo**

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos se deberán cuidar para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente. Para ello, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si la capa de base tratada con cemento no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, se deberán disponer también, mediante un procedimiento aceptable para el Interventor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

#### **351.4.10 Curado de la capa compactada**

Terminada la compactación de la capa de base tratada con cemento, ésta se deberá proteger contra pérdidas de humedad por un período no menor de siete (7) días, mediante la aplicación de una película bituminosa con emulsión de rotura rápida tipo CRR-1, conforme se establece en el Artículo 422, "Riego de curado".

Si la aplicación del riego de curado no se hace inmediatamente después de terminada la compactación, se deberá mantener la humedad de la superficie mediante riego por aspersión.

Cuando la base tratada con cemento se deba construir en varias capas, no se aplicará el riego de curado sobre la superficie de la capa inferior de base tratada con cemento, sino que ésta se deberá mantener húmeda en forma permanente mediante riego por aspersión hasta la colocación de la capa superior.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro (24) horas después de terminada la compactación, la superficie de la capa de base tratada con cemento deberá presentar un aspecto denso y homogéneo y contener la humedad suficiente que permita el curado.

#### **351.4.11 Apertura al tránsito**

La capa de base tratada con cemento sólo se podrá abrir al tránsito público y al de los equipos de construcción a los siete (7) días de su compactación. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada y localizar las

áreas que deban ser objeto de corrección. Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Interventor definirá el instante de apertura definitiva de la capa compactada, al tránsito público.

#### **351.4.12 Limitaciones en la ejecución**

La construcción de la base tratada con cemento sólo se podrá llevar a cabo cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a cinco grados Celsius (5° C) y cuando no haya lluvia o temores fundados de que ella se produzca. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere a la establecida en la fórmula de trabajo en más de uno por ciento (1 %), el Constructor deberá retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

Los trabajos 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.

#### **351.4.13 Manejo ambiental**

Se aplicará lo pertinente del numeral 300.4.8 del Artículo 300, "Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas".

#### **351.4.14 Conservación de la capa terminada**

El Constructor deberá conservar la capa de base tratada con cemento en perfectas condiciones, hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente deberá corregirlo a plena satisfacción del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

## **351.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

---

### **351.5.1 Controles**

En adición a lo indicado en el numeral 300.5.1 del Artículo 300, se deberán efectuar ensayos de control de la mezcla y, una vez compactada, de densidad, espesor y planicidad de la capa terminada.

### **351.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

#### **351.5.2.1 Calidad de los materiales**

##### **351.5.2.1.1 Calidad los agregados**

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de la base tratada con cemento y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y se ejecutarán los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 351.2.2.

Durante la etapa de producción, se examinarán las descargas a los acopios y se ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, se efectuarán las verificaciones periódicas indicadas en la Tabla 351 - 7.

El Interventor podrá adelantar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los agregados, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

Tabla 351 - 7. Verificaciones periódicas sobre los agregados para base tratada con cemento

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	FRECUENCIA
<b>Composición (F)</b>		
Granulometría	E-123	1 por jornada
<b>Dureza (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles	E-218	1 por mes
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval	E-238	1 por mes
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido	E-125	1 por jornada
Índice de plasticidad	E-125 y 126	1 por jornada
Equivalente de arena	E-133	1 por semana
Valor de azul de metileno (si aplica)	E-235	1 por semana
Contenido de materia orgánica	E-121	1 por semana
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales	E-211	1 por semana
<b>Geometría de las partículas (F)</b>		
Índices de alargamiento y aplanamiento	E-230	1 por semana
Caras fracturadas	E-227	1 por jornada
<b>Resistencia del material (F)</b>		
CBR	E-148	1 por mes

El Interventor podrá reducir la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 351 - 7, 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.

Cuando el Interventor considere que las características del material que está siendo explotado en una fuente han cambiado, se deberán repetir todos los ensayos especificados en la Tabla 351 - 2 y adoptar los correctivos que sean necesarios.

En la eventualidad de que el resultado de alguna prueba sea insatisfactorio, 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 no autorizará la utilización del material al cual representen dichos ensayos.



No se permitirá el empleo de materiales que no satisfagan los requisitos de calidad indicados en el numeral 351.2.

#### **351.5.2.1.2 Calidad del cemento**

Cada vez que el Interventor lo considere necesario, se efectuarán los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

#### **351.5.2.1.3 Calidad del agua**

Siempre que tenga alguna sospecha sobre la calidad del agua empleada, se verificarán su pH y su contenido de sulfatos.

#### **351.5.2.1.4 Calidad de los aditivos y productos de curado**

El Constructor deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del Interventor.

### **351.5.2.2 Calidad de la mezcla**

#### **351.5.2.2.1 Contenido de cemento**

Sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote, definido como se indica en el numeral 351.5.2.3, se determinará el contenido de cemento (norma de ensayo INV E-617). Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

El porcentaje de cemento promedio de las tres muestras que representan al lote, (CPL %), tendrá

una tolerancia de tres por mil (0.3 %), respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (CFT %).

$$\text{CFT \%} - 0.3 \% \leq \text{CPL \%} \leq \text{CFT \%} + 0.3 \% \quad [351.1]$$

A su vez, el porcentaje de cemento de cada muestra individual (CI %), no podrá diferir del valor promedio del lote (CPL %), en más de medio por ciento (0.5 %), admitiéndose un (1) solo valor por fuera de ese intervalo.

$$\text{CPL \%} - 0.5 \% \leq \text{CI \%} \leq \text{CPL \%} + 0.5 \% \quad [351.2]$$

Un porcentaje de cemento promedio (CPL %) 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 de cemento, el Constructor demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la capa de base tratada con cemento.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

#### 351.5.2.2.2 Resistencia

Con un mínimo de dos (2) muestras por lote de la mezcla elaborada en la obra se moldearán probetas (dos por muestra) según los criterios de la Tabla 351 - 5, para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete (7) días de curado, de conformidad con un procedimiento similar al realizado durante el diseño de la mezcla. Cada muestra se tomará en un solo sitio de la capa extendida y conformada inmediatamente antes de iniciar la compactación, abarcando todo su espesor.

La resistencia media de las cuatro (4) o más probetas que representan al lote ( $R_m$ ), deberá ser igual o superior al noventa y dos por ciento (92%) de la resistencia correspondiente al diseño presentado por el Constructor ( $R_d$ ) y aprobado por el Interventor.

$$R_m \geq 0.92 R_d \quad [351.3]$$

A su vez, la resistencia de cada probeta ( $R_i$ ) deberá ser igual o mayor al noventa por ciento (90%) del valor medio, ( $R_m$ ).

$$R_i \geq 0.90 R_d \quad [351.4]$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

### 351.5.2.3 Calidad de la capa terminada

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 (500 m) de capa de base tratada con cemento.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m<sup>2</sup>) de capa de base tratada con cemento.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y deberá estar ajustada a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde

de la capa que se está construyendo, 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, se realizarán los siguientes controles:

#### 351.5.2.3.1 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 prueba por hectómetro. Se deberán efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de base tratada con cemento, se deberá calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de compactación en el laboratorio, mediante la siguiente expresión:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,m\acute{a}x}} \times 100$$

[351.5]

Siendo:

GC<sub>i</sub>: Valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

γ<sub>d,i</sub>: 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;

$\gamma_{d,m\acute{a}x}$ : Valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido según los criterios de la Tabla 351 - 5 sobre una muestra representativa del mismo.

Si los documentos del proyecto no indican otra cosa, se aplicarán los siguientes criterios para la aceptación del lote:

$GC_i(90) \geq 98.0\%$	se acepta el lote	[351.6]
$GC_i(90) < 98.0\%$	se rechaza el lote	[351.7]

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.

Si el lote es rechazado, el Constructor deberá levantar la capa y reponerla, a costa y cargo suyo, a satisfacción del Interventor. El material removido será de propiedad del Constructor.

#### 351.5.2.3.2 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 ( $e_d$ ).

$$e_m \geq e_d$$

[351.8]

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.

$$e_i \geq 0.9 e_d$$

[351.9]

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. En este caso, el Constructor deberá remover la capa y reponerla a satisfacción plena del Interventor, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías. El material removido será de propiedad del Constructor.

#### 351.5.2.3.3 Planicidad

Inmediatamente después de la compactación, se comprobará la uniformidad de la superficie de la obra ejecutada mediante la regla de tres metros (3 m), según norma de ensayo INV E-793, en todos los sitios que el Interventor lo considere conveniente; la regla se colocará tanto paralela como normalmente al eje de la vía y no se admitirán variaciones superiores a diez milímetros (10 mm), para cualquier punto que no esté afectado por un cambio de pendiente.

Todas las áreas de la capa de base tratada con cemento donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Constructor de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste, sin costo adicional para el Instituto Nacional de Vías.

### 351.6 MEDIDA

La base tratada con cemento se medirá según lo descrito en el numeral 300.6.1 del Artículo 300.

Si los documentos del proyecto indican que suministro del cemento hidráulico se paga por aparte, la unidad de medida de éste será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla, debidamente aceptada por el Interventor. En este caso, para determinar la cantidad de cemento hidráulico efectivamente incorporado a la mezcla se tomará el porcentaje de cemento promedio del lote (CPL), determinado en los ensayos de contenido de cemento realizados a la mezcla como se indica en el numeral 351.5.2.2.1, se efectuará el cálculo correspondiente y se aproximará al kilogramo completo.

### 351.7 FORMA DE PAGO

La base trata con cemento se pagará según lo que sea aplicable del numeral 300.7 del Artículo 300.

El precio unitario debe incluir, además, el costo de la ejecución de la prefisuración mencionada en el numeral 351.4.7, incluyendo el suministro y la aplicación o instalación del producto que impida que las juntas se cierren de nuevo.

Si los documentos del proyecto especifican otro tipo de medidas para evitar o controlar el reflejo de fisuras, como instalación de geosintéticos o construcción de capas asfálticas de mezcla abierta, éstas se pagarán según el ítem correspondiente del contrato.

### 351.8 ÍTEM DE PAGO

**Alternativa I:** el precio unitario de base tratada con cemento incluye el suministro del cemento

351.1	Base tratada con cemento, resistencia R3.5 (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
351.2	Base tratada con cemento, resistencia R5.2 (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )

**Alternativa II:** el precio unitario de base tratada con cemento no incluye el suministro del cemento

351.10 Base tratada con cemento, resistencia R3.5 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
351.11 Base tratada con cemento, resistencia R5.2 (no incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
351.12 Cemento hidráulico para base tratada con cemento	Kilogramo (kg)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS