

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Control de Revisiones

Versión	Revisión	Fecha	Descripción Modificación	Folios
4	1	2019-12-19	Versión inicial del documento. A partir de la Resolución 10910 de 2019 se adoptan las especificaciones ET-IC-01 "ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO EN BOGOTÁ D.C.	9

El documento original ha sido aprobado mediante el SID (Sistema Información Documentada del IDU). La autenticidad puede ser verificada a través del código



Participaron en la elaboración¹	David Andres Romero Cardenas, OAP / Ivan Alberto Caamano Murillo, DTE / Jairo Alexander Ibarra Trujillo, DTE / Jose Alberto Prieto Hernandez, DTE / Nattalia Angelica Romero Hermosilla, DTE / Oscar Mauricio Velasquez Bobadilla, DTE / Roberto Carlos Aleman Lopez, OAP / Stefania Olivera Rios, DTE / Vicente Edilson Leal Moreno, DTE / Yuly Caterin Diaz Jimenez, DTE /
Validado por	Isauro Cabrera Vega, OAP Validado el 2019-12-16
Revisado por	Joanny Camelo Yepez, DTE Revisado el 2019-12-16
Aprobado por	Diana Maria Ramirez Morales, SGDU Aprobado el 2019-12-19

¹El alcance de participación en la elaboración de este documento corresponde a las funciones del área que representan

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO

CONTENIDO

		Pág.
421.1	ALCANCE	3
421.2	RESTRICCIÓN DE USO Y APLICACIÓN ACORDES AL DISEÑO	3
421.3	MATERIALES	3
421.4	REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS	4
421.5	CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS	7
421.6	MEDIDA	9
421.7	FORMA DE PAGO	9
421.8	ÍTEM DE PAGO	9

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

421.1 ALCANCE

La presente Especificación tiene como alcance definir los requisitos mínimos para la ejecución de procesos de modificación o estabilización de suelos de subrasante con una mezcla de cemento agua y aditivos en el caso que se requieran, con el fin de reducir contenidos altos de humedad, reducir plasticidad, mejorar trabajabilidad o aumentar la resistencia.

421.2 RESTRICCIÓN DE USO Y APLICACIÓN ACORDES AL DISEÑO

Dependiendo del fin que se quiera alcanzar con el uso del cemento, el especialista en geotecnia debe definir el alcance y las condiciones del tratamiento a aplicar, con respecto a los efectos deseados ya sean incrementos de resistencia, reducción de plasticidad, mejora de trabajabilidad o reducción de humedad; definiendo también las zonas del proyecto en que se debe usar apoyado en los resultados de los procesos de caracterización de la subrasante.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista de Obra debe presentar el diseño de la estabilización o mejoramiento propuesto, definiendo los alcances, proceso constructivo y restricciones de este, así como los criterios recomendados para la verificación de la efectividad de la medida propuesta.

El uso o aplicación como mejorador o estabilizante para subrasantes solo debe ser permitido si existe un diseño que lo soporte en el cual se especifiquen función, aporte a la estructura, en caso de no existir diseño, el Interventor debe solicitar un concepto técnico firmado por parte del especialista en geotecnia aprobado para el Contratista de Obra quien debe diseñar y proponer los parámetros que permitan su verificación y recibo.

Bajo ninguna circunstancia se puede aprobar la aplicación de cemento a la subrasante, sin contar con un diseño y/o concepto técnico previo en el que se propongan los parámetros de desempeño debidamente justificados y se pueda evidenciar la bondad del uso respecto a la alternativa de no usarla.

Si dentro de los documentos del proyecto no se cuenta con un diseño, el especialista en geotecnia del Contratista de Obra debe ser el que defina finalmente el alcance y las condiciones del tratamiento a aplicar, con respecto a los efectos deseados ya sean incrementos de resistencia, reducción de plasticidad, mejora de trabajabilidad, reducción de humedad; definiendo también las zonas del proyecto en que se debe usar apoyado en los resultados de los procesos de caracterización de la subrasante. Todo eso debe ser consignado en un concepto por escrito que sea avalado por el Interventor.

421.3 MATERIALES

421.3.1 Subrasante

Los suelos que se vayan a estabilizar o modificar con cemento deben ser evaluados para garantizar la aplicabilidad del tratamiento propuesto; la Tabla 421.1 propone unas condiciones generales de referencia para la aplicación de cemento en suelos de subrasante.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

421.3.2 Cemento

El cemento que se vaya a aplicar debe cumplir con lo establecido en la Especificación 230. El tipo de cemento a utilizar debe ser definido en el diseño y deben establecerse las condiciones relacionadas para su utilización referente a tiempos máximos de intervención, manejabilidad y evolución de resistencias en concordancia con sus características y los aditivos que se recomienden para su aplicación.

Todo cemento que presente alteraciones que hagan pensar que ha fraguado debido a mala manipulación debe ser rechazado y no puede ser utilizado

Tabla 421.1

Características generales de referencia de un material in situ para considerar su estabilización con cemento

Ensayo	Norma de ensayo	Recomendación
Proporción de sulfatos del material combinado, expresada como SO ₄ Máximo (%)	INV E 233-13	0.80%
Reactividad Alkali-Agregado: Concentración SiO ₂ y reducción de alcalinidad R	INV E 234-13	SiO ₂ < R cuando R >70 SiO ₂ < 35 + 0.5R cuando R < 70
Contenido de materia orgánica Máximo (%)	INV E 121-13	1

421.3.3 Agua

El agua a utilizar debe ser limpia, libre de sustancias nocivas (materia orgánica, álcalis y sustancias que afecten el desempeño del cemento a usar), en general el agua a usar debe ser potable con un pH entre 5.5-8 y un contenido de sulfatos So₄ máximo de 1 g/l.

421.3.4 Aditivos

Corresponden a las sustancias que puedan ser adicionadas a la mezcla de suelo cemento para mejorar su trabajabilidad y demás características de la mezcla. Solo se pueden usar aditivos cuya eficiencia haya sido verificada por los fabricantes y que su eficiencia para los suelos a estabilizar o modificar haya sido comprobado incluyéndolos en el proceso de diseño de la mezcla. Todo aditivo debe presentar ficha técnica y sus restricciones de aplicación para ser aprobado su uso. El costo de la utilización de aditivos debe ser asumido por el Contratista de Obra.

421.4 REQUERIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

A continuación, se presentan los requerimientos generales que deben ser considerados durante el desarrollo de la estabilización o modificación para garantizar un adecuado desarrollo de los trabajos, los cuales no reemplazan ni eximen las recomendaciones incluidas en el diseño realizado para la estabilización del sitio.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

421.4.1 Fórmula de trabajo

Esta debe ser establecida como resultado del diseño de la mezcla y debe ser definida de acuerdo con el propósito previsto del uso del cemento, en la Tabla 421.2 se relacionan los aspectos mínimos a considerar.

Tabla 421.2
Aspectos mínimos a considerar para la fórmula de trabajo

Propósito de la adición	Aspectos a considerar
Reducción de contenidos altos de humedad	<ul style="list-style-type: none"> -Óptimo contenido de humedad deseado. -Tipo de cemento y la proporción óptima a emplear. -Peso unitario seco máximo de referencia. -Porcentaje de compactación esperado para el material estabilizado.
Reducción plasticidad	<ul style="list-style-type: none"> -Índice de plasticidad final esperado. -Tipo de cemento y la proporción óptima a emplear. -Contracción esperada en el material estabilizado. -Óptimo contenido de humedad deseado -Peso unitario seco máximo de referencia. -Porcentaje de compactación esperado para el material estabilizado.
Mejorar resistencia	<ul style="list-style-type: none"> -Condiciones de Resistencia esperadas después de la estabilización (Mr, K o CBR). -Durabilidad esperada de la mezcla. -Óptimo contenido de humedad deseado -Peso unitario seco máximo de referencia. -Porcentaje de compactación esperado para el material estabilizado.

421.4.2 Tramo experimental

Para garantizar un adecuado desempeño del proceso de estabilización o mejoramiento, se deben realizar verificaciones de la fórmula de trabajo, en tramos o secciones de prueba que deben ser definidos de acuerdo con la magnitud del proyecto y lo establecido en el capítulo de Aspectos Generales; para el caso de proyectos pequeños el Interventor y el Contratista de Obra deben acordar la forma adecuada para realizar la verificación y ajuste del procedimiento constructivo.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se puede ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la fase de experimentación. Si se observan variaciones significativas en los suelos por estabilizar, esta debe ser determinada nuevamente.

421.4.3 Aprestamiento del suelo

Con el fin de incorporar el cemento a la subrasante en el espesor definido en el diseño, el suelo debe ser pulverizado en un área que pueda ser trabajada durante una jornada de trabajo, bajo ninguna circunstancia se debe permitir preparar tramos que no se vayan a intervenir en la misma jornada. La preparación de la subrasante debe hacerse buscando la mayor uniformidad posible en los tamaños del suelo disgregado para garantizar un proceso de mezclado lo más parejo posible, motivo por el cual todo sobre tamaño o material extraño (escombro, materia orgánica) debe ser removido.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

421.4.4 Aplicación de cemento

El cemento debe ser aplicado siguiendo el procedimiento especificado en el diseño (polvo o en lechada), buscando cumplir las dosificaciones recomendadas.

Para el caso de cemento en polvo se debe verificar que el contenido de humedad del suelo no cambie más de 1% de lo definido en la fórmula de trabajo. Adicionalmente, se debe ajustar la dosificación considerando posibles desperdicios y se debe verificar que se esparza uniformemente evitando concentraciones excesivas.

Para el caso de lechada el Contratista de Obra debe presentar al Interventor la dosificación de lechada a usar de acuerdo con el equipo a utilizar para la aplicación, especificando:

- Relación agua - cemento.
- Porcentaje de sólidos.
- Litros de lechada requeridos por metro cuadrado, para satisfacer la dosificación.
- Incremento esperado en humedad respecto a la óptima (no debe ser superior al 2 %).
- Numero de pasadas requeridas de acuerdo con las características del equipo.

Si al momento de aplicar la lechada la humedad del suelo es superior a la óptima propuesta se debe considerar la bondad de aplicar la lechada.

421.4.5 Mezclado

El proceso de mezclado debe ser realizado inmediatamente se esparza el cemento ya sea en polvo o aplicado en lechada. La mezcla debe realizarse de tal forma que se logre el espesor de estabilización o modificación requerido por los diseños, de una forma homogénea sin exceder los límites de las humedades definidos en el numeral anterior.

421.4.6 Compactación

Se recomienda que la labor de compactación no se extienda más de dos horas después de haber realizado la mezcla, sin embargo, este tiempo puede variar de acuerdo con las características del cemento y aditivos sugeridos por el diseño de la mezcla. El proceso debe ser realizado buscando conservar la humedad del material dentro de los rangos permisibles, adicionalmente se deben desarrollar las juntas que se requieran para empalmar las capas construidas en días diferentes.

421.4.7 Curado

Una vez se haya finalizado la compactación, la capa se debe proteger garantizando que su humedad se conserve durante al menos siete días, humedeciéndola frecuentemente hasta que la capa se proteja mediante la colocación del material que debe conformar la capa suprayacente.

421.4.8 Condiciones climáticas requeridas

La mezcla de suelo cemento no se debe colocar cuando la temperatura ambiente sea inferior de 5 °C. Para cuando la temperatura ambiente supere los 25 °C, se deben verificar los tiempos de compactación

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

en función al desarrollo de fraguado y se debe verificar la necesidad de utilizar aditivos que retarden el fraguado.

La mezcla no puede ser instalada durante condiciones de lluvia, ni una vez finalice un fenómeno de precipitación, ya que se debe esperar a que la subrasante recupere su humedad de equilibrio. En caso de que durante el proceso de instalación llueva y no se haya podido compactar, generándose humedades superiores a las tolerancias definidas previamente, el material debe ser retirado y reemplazado.

421.4.9 Control de Insumos y suelos

El control del cemento se efectúa siguiendo los controles propuestos en la Especificación 230.

El agua debe ser verificada en su pH y contenido de sulfatos si se considera que puede estar alterada.

Si se observa una variación significativa de los suelos respecto de los contemplados en el diseño de la mezcla, el Interventor debe ordenar la realización de los ensayos y verificación de los parámetros de la Tabla 421.1, en caso de encontrar diferencias significativas respecto de los suelos de diseño se debe ordenar el ajuste de la fórmula de trabajo.

421.5 CONDICIONES DE ENTREGA PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

421.5.1 Controles generales

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor debe adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar mediante ensayos de campo y laboratorio la calidad de los materiales y del procedimiento constructivo durante el desarrollo de la actividad.
- Comprobar las humedades durante el proceso de curado.
- Comprobar la compactación de todas las capas.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie terminada.

421.5.2 Calidad de la mezcla

En la Tabla 421.3 se definen los controles para la verificación de la calidad de la mezcla, que deben ser aplicados de acuerdo con el tipo de tratamiento propuesto.

Tabla 421.3
Controles para calidad de la mezcla

Ensayo	Norma de ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayo		Criterio para la validación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación Individual
Contenido de cemento	INV E 617-13	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	±0.30% (respecto óptimo)	±0.50% (respecto promedio muestras)

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. <small>FORMANDO</small> Desarrollo Urbano
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO			
INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

Ensayo	Norma de ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayo		Criterio para la validación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación Individual
Humedad	INV E 122-13	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	±1% (respecto óptimo)	±2% (respecto óptimo)
pH	INV E 131-13	1 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥pH diseño	≥pH diseño
Índice de plasticidad	INV E 126-13	1 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥IP diseño	≥ 90% IP diseño
Peso unitario seco máximo (γ_d)	INV E 611-13	1 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥95% γ_d diseño	≥ 90% γ_d diseño
Durabilidad procesos de humedecimiento y secado	INV E 612-13	1 cada 2400 m ²	-	≥90% durabilidad diseño	
Compresión inconfiada 7 días (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 614-13	5 cada 800 m ²	2 cada 800 m ²	≥90% Resistencia diseño	≥85% Resistencia diseño
CBR (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 148-13	1 cada 1600 m ²	1 cada 3200 m ²	≥95% CBR diseño	≥90% CBR diseño
Módulo resiliente (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 156-13	1 cada 2400m ²	-	≥90% Mr diseño	≥88% Mr diseño
Prueba de placa (Solo si es requerida en el diseño)	INV E 168-13	1 cada 800m ²	1 cada 2400m ²	≥90% K diseño	≥85% K diseño

421.5.3 Calidad del producto terminado

En la Tabla 421.4 se definen los controles para la verificación de calidad de la capa terminada, que deben ser aplicados de acuerdo con el tipo de mejoramiento propuesto.

Tabla 421.4
Controles para calidad del producto terminado

Ensayo	Norma de ensayo	Cantidad y frecuencia de ensayo		Criterio para la validación	
		Contratista de Obra	Interventor	Promedio muestras	Determinación Individual
% Compactación	INV E 161-13 INV E 162-13 INV E 164-13	3 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥95%	≥90%
Espesor	-	2 cada 800 m ²	1 cada 800 m ²	≥H diseño	≥90% H diseño
Planicidad	INV E 793-13	1 cada 70 m ²	1 cada 210 m ²	Irregularidad <15 mm	Irregularidad <15 mm

Además debe cumplir con los lineamientos establecidos en los numerales de aseguramiento de la calidad de la Especificación 102.

CÓDIGO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN, PARA PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL Y DE ESPACIO PÚBLICO, PARA BOGOTÁ D.C.	VERSIÓN	
ET-IC-01		4	
Especificación	EMAR	Revisión	
421-18	ESTABILIZACIÓN O MODIFICACIÓN DE SUBRASANTES CON CEMENTO	1	
PROCESO INNOVACIÓN Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO			

421.6 MEDIDA

La unidad de medida es el metro cubico (m³) de subrasante estabilizada o modificada con cemento compactada.

421.7 FORMA DE PAGO

El pago por la subrasante estabilizada o mejorada con cemento se hace por metro cúbico, al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con la presente Especificación y aceptada a satisfacción por el Interventor.

El precio unitario debe incluir los costos adquisición del cemento, aditivos cuando estos se requieran y agua, además debe incluir los costos relacionados con el uso de los equipos. Todo esto conforme a las disposiciones de la presente Especificación.

Dentro de lo anteriormente citado están implícitas las actividades relacionadas con el suministro en el sitio, acopio, desperdicios, cargues, descargues, escarificación y pulverización, mezcla, aplicación, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados, las actividades de conservación de la capa terminada, y en general, toda actividad relacionada con la correcta construcción de la capa, conforme a los requerimientos para la ejecución de los trabajos de esta Especificación.

421.8 ÍTEM DE PAGO

421.8.1	Subrasante estabilizada o modificada con cemento (incluye suministro del cemento)	Metro cúbico (m ³)
---------	---	--------------------------------