

	Apell.								
	Fecha								
	Apell.	R.R.C. J.P.F		R.U.P.F.		J.I.I.Q. V.Q.P.		Emisión Original	BPE
	Fecha	15/04/21		25/05/21		27/07/21			
N°		ELABORÓ	FIRMA	REVISÓ	FIRMA	VALIDÓ Y APROBÓ	FIRMA	MODIFICACIONES	ESTAT.
<b>LISTA DE DISTRIBUCION</b>		Secretaría del Trabajo y Previsión Social					1 copia		
 <b>STPS</b> SECRETARÍA DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL		GOBIERNO DEL ESTADO DE COAHUILA <u>Secretaría del Trabajo y Previsión Social</u>							
 Comisión Federal de Electricidad®		<b>COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD</b> <i>Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura</i> <i>Subdirección de Ingeniería y Administración de la Construcción</i> <i>Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil</i>							
<b>ESPECIFICACIONES</b>									
<b>PROYECTO:</b> PASTA DE CONCHOS <b>CONJUNTO:</b> LUMBRERAS DE ACCESO Y VENTILACIÓN <b>TÍTULO:</b> <b>CAPÍTULO 06 TRATAMIENTOS A LA ROCA</b>									
IDENTIFICACIÓN:		GI-PAS-K1333-EA-DMR-EO-006					Núm. Pág.22 (Se incluye esta página)		
FECHA: 27/07/2021		No. ARCHIVO DE C.F.E.:							

**CAPÍTULO 6  
TRATAMIENTOS DE LA ROCA**

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>6.1. GENERALIDADES .....</b>	<b>4</b>
<b>6.2. TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE .....</b>	<b>6</b>
6.2.1. Anclajes de fricción.....	6
6.2.2. Concreto lanzado.....	6
6.2.3. Drenajes .....	6
<b>6.3. EQUIPO TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE .....</b>	<b>7</b>
6.3.1. Generalidades .....	7
6.3.2. Perforadoras .....	7
6.3.3. Canastillas o plataformas de trabajo .....	8
6.3.4. Equipo para fabricación de mezclas de inyección .....	8
6.3.5. Equipo para inyección .....	9
6.3.6. Manómetros.....	9
6.3.7. Estaciones de aire comprimido .....	9
6.3.8. Lanzadora para concreto.....	10
6.3.9. Equipo para la extracción y pruebas de capacidad de anclaje.....	10
<b>6.4. MATERIALES PARA TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE .....</b>	<b>11</b>
6.4.1. Generalidades .....	11
6.4.2. Agua .....	11
6.4.3. Cemento .....	11
6.4.4. Arena .....	12
6.4.5. Aditivos .....	12
6.4.6. Malla de refuerzo .....	13
6.4.7. Geotextil.....	13
6.4.8. Membrana impermeable .....	13
6.4.9. Membrana de protección .....	13
6.4.10. Fibras metálicas.....	13
6.4.11. Acero de barrenación .....	14
6.4.12. Tuberías.....	14
6.4.13. Mangueras.....	14

6.4.14. Anclas (pernos de anclaje) .....	15
6.4.14.1. Mezclas para la inyección de anclas .....	15
6.4.14.2. Inyecciones para el anclaje .....	16
<b>6.5. ACTIVIDADES COMUNES DE EJECUCIÓN TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN .....</b>	<b>17</b>
6.5.1. Localización y trazo de barrenos .....	17
6.5.2. Perforaciones en roca.....	17
6.5.2.1. Perforaciones para el anclaje .....	17
6.5.2.2. Instalación de barras de acero con mortero inyectado a presión.....	18
6.5.2.3. Pruebas previas de instalación y control de calidad del anclaje .....	18
6.5.3. Equipamientos de barrenos de drenaje .....	19
El equipamiento de los barrenos de drenaje consiste en instalar tubo de PVC de diámetro menor al barreno, colocado a lo largo del barreno y conectado a la tubería general de drenaje. Instalación de tubos guía .....	19
6.5.4. Amacice y limpieza de superficies para revestimientos .....	19
6.5.5. Colocación de Concreto lanzado.....	19
6.5.6. Malla de Refuerzo.....	20
6.5.6.1. Habilitado de la malla de refuerzo .....	20
6.5.6.2. Colocación de la malla .....	20
6.5.7. Limpieza en el sitio de trabajo .....	20
6.5.8. Documentación para la ejecución de los trabajos .....	20
<b>6.6. NORMAS Y DOCUMENTOS APLICABLES .....</b>	<b>22</b>

**Índice de tablas.**

Tabla 1. Características granulométricas que debe cumplir la arena.....	12
Tabla 2. Proporcionamiento tentativo para mezclas de inyección de anclas. ....	16

## **CAPÍTULO 6**

### **TRATAMIENTOS DE LA ROCA**

#### **6.1. GENERALIDADES**

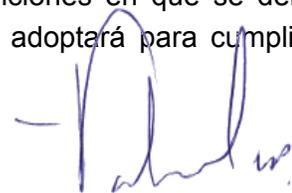
En este capítulo se describen las especificaciones relativas a las actividades que debe ejecutar el Contratista para el tratamiento de la roca en la construcción de las Lumbreras de acceso y ventilación (Tiros).

Las actividades que debe realizar el Contratista, de manera enunciativa y no limitativa, son las que enseguida se describen: trabajos previos de limpieza y amacice superficial del terreno; ejecución de tratamientos de estabilización y soporte (barrenación, anclajes, concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada o con fibras metálicas, drenaje); en donde lo indiquen los planos de proyecto o La Comisión durante el desarrollo de los trabajos.

El tratamiento de la roca tiene la finalidad de garantizar la estabilidad del macizo rocoso y de las obras que ahí se construyan, por lo cual el Contratista tiene la responsabilidad de conocer la naturaleza geológica de la zona de las obras, las condiciones del sitio donde se van a realizar los trabajos y los alcances del proyecto descritos en los documentos del Concurso y los planos, a partir de la información que se presenta en estas especificaciones, con la que obtenga como resultado de su visita a la obra, con la información previa del concurso y con la que obtenga por otros medios.

La Comisión Federal de Electricidad (La Comisión) ha realizado estudios geológicos y geotécnicos para el desarrollo del Proyecto, los resultados de estos estudios se entregan al Contratista como información de referencia, con la advertencia de que las conclusiones que de él obtenga serán de su exclusiva responsabilidad. La Comisión no asume compromiso alguno de las consecuencias y costos económicos que se deriven de conclusiones equivocadas de estos estudios. Por tanto, el Contratista tiene la obligación de verificar la información que se le entrega y de realizar los estudios geológico - geotécnicos complementarios, si así lo considera necesario, para garantizar la estabilidad de las excavaciones en roca con los tratamientos de la roca que así se requieran, por lo cual debe considerar en su oferta los costos que implican estos trabajos.

El Contratista tiene la responsabilidad de tomar en cuenta y evaluar las anomalías geológicas que registra el subsuelo a través de los estudios que se le entregan, y de prever las dificultades de construcción que tiene que enfrentar, así como los trabajos, las condiciones en que se deberán ejecutar los trabajos, procedimientos y estrategias de construcción que adoptará para cumplir con el diseño y con el programa ejecutivo global del proyecto.



La Comisión proporciona toda la información referente a los diseños de tratamientos de la roca para las diversas obras del proyecto, así como las cantidades incluidas en el catálogo de conceptos a precios unitarios, y que el Contratista debe cotizar por unidad de medida. En el probable caso de incremento de las cantidades, por orden de la Comisión, el Contratista tendrá la obligación de ejecutar estos trabajos.

El Contratista debe suministrar oportunamente el personal, materiales, equipos y maquinaria idóneos para ejecutar los tratamientos de la roca, dando estricto cumplimiento con las fechas establecidas en el programa general de construcción del proyecto.

El personal, el equipo y la maquinaria para construcción, deben ser revisados y aceptados por la Comisión antes de su uso en la obra, y deben ser mantenidos por el Contratista en condiciones óptimas de operación en todo momento durante la construcción.

El Contratista debe instalar los laboratorios de mecánica de rocas en el sitio de construcción del proyecto, independientemente de los instalados por La Comisión, para realizar todos los muestreos, pruebas o ensayos de los materiales que se emplearán en los tratamientos, para verificar el control de calidad de éstos y garantizar el aseguramiento de calidad de las estructuras (ver apartado 6.6), de acuerdo con las normas aplicables vigentes, de las presentes especificaciones y de acuerdo con las instrucciones de trabajo del supervisor que la Comisión designe en el frente de trabajo.

Durante la ejecución de los trabajos, se debe establecer una estrecha vigilancia de los procesos de producción y/o construcción, verificando entre otros aspectos lo siguiente:

- En la colocación de los sistemas de estabilización y soporte se deben verificar: los diámetros y características del acero de refuerzo; en los sistemas de anclajes, la compatibilidad entre los diámetros del barreno y ancla, la calidad y dosificación de los materiales para la fabricación de las lechadas y morteros, la limpieza previa de los barrenos y la saturación correspondiente antes de la inyección, los volúmenes de mezclas inyección en barrenos comparados con los teóricos, la colocación de las placas metálicas de asiento, la orientación y longitud conforme a lo indicado en los planos de proyecto y las pruebas de extracción; los espesores de recubrimiento de concreto lanzado con el uso de escantillones y su resistencia; y la integración de conjunto de los distintos sistemas de soporte (anclaje en sus distintas opciones integrado al concreto lanzado con y sin refuerzo de acero, etc.).

## **6.2. TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE**

### **6.2.1. Anclajes de fricción**

- El anclaje es el soporte que debe aplicarse en forma sistemática y/o selectiva en el terreno, según se indique en los planos de proyecto o las recomendaciones de los especialistas en mecánica de rocas de la Comisión, para estabilizar las excavaciones. Para que cumpla este propósito, la actividad del anclaje debe quedar integrada a cada ciclo de trabajo de las excavaciones. Anclaje con mortero de cemento, para uso en general, tanto en las obras a cielo abierto como en las subterráneas.

Todo el anclaje está diseñado como un soporte definitivo para que trabaje a fricción de acuerdo a su diseño. Las anclas consisten en pernos de varilla de acero corrugado de  $f_y = 411,9$  MPa (4 200 kg/cm<sup>2</sup>), instalados e inyectados en toda su longitud dentro del barrenado con mortero de cemento. La longitud es variable y se fija para cada caso particular, según se indica en los planos de proyecto. En el extremo libre del ancla se debe colocar una placa de acero, de dimensiones preestablecidas, la cual se fija contra el terreno con una tuerca apretada con el torque especificado.

### **6.2.2. Concreto lanzado**

Con el fin de evitar la erosión, la intemperización de la roca y problemas de inestabilidad en zonas de alto fracturamiento, se debe aplicar de forma sistemática o selectiva, según se indique en los planos de proyecto, una o varias capas de concreto lanzado aplicado por vía húmeda.

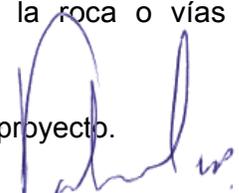
En zonas inestables, donde además esté en riesgo la seguridad del personal y del equipo, el Contratista debe aplicar este revestimiento antes de continuar con las actividades subsecuentes. En estos casos, el concreto lanzado debe incluirse a cada ciclo de excavación.

El Contratista debe realizar un muestreo aleatorio y selectivo de los componentes empleados en los procesos de producción y/o construcción de concreto lanzado con pruebas de laboratorio, bajo los lineamientos indicados en el Capítulo "CONCRETOS" de estas Especificaciones.

### **6.2.3. Drenajes**

El sistema de drenaje empleado tiene por objeto captar el agua subterránea para eliminar problemas y abatir la presión hidrostática de los macizos rocosos para asegurar su estabilidad; El sistema de drenaje debe estar formado por drenes mediante perforaciones sistemáticas convenientemente orientadas para interceptar el fracturamiento dominante de la roca o vías preferenciales de flujo identificadas.

Los drenajes largos y cortos serán del diámetro y longitud indicada en los planos de proyecto.



En barrenos de drenaje que crucen zonas de fallas importantes con presencia de material fino, arcilloso susceptible a ser erosionado o donde lo indique la CFE, se debe realizar una protección con tubos de PVC ranurado, protegido con una capa de geotextil sujeto con alambre galvanizado o flejes plásticos al exterior del tubo de PVC, para garantizar la retención del material fino.

#### 6.2.4 Anillos de acero

Los anillos de acero son elementos formados por perfiles de acero tipo I, que sirven para el soporte y sujeción de las instalaciones y servicios (mampara, ventilación, drenaje, instalaciones eléctricas, elevador, escaleras etc.) soportados por anclas de diámetro y separación indicados en planos de proyecto. Es necesario que la instalación de los anillos quede integrada al ciclo de excavación.

### 6.3. EQUIPO TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE

#### 6.3.1. Generalidades

El equipo que se utilice para realizar las actividades del tratamiento de la roca debe estar en excelentes condiciones mecánicas, ser del tipo y capacidad adecuados para asegurar la óptima ejecución del concepto de trabajo, y llevar a cabo un mantenimiento sistemático para conservarlo en estas condiciones durante su utilización en la obra. El Contratista debe demostrar a Comisión que está cumpliendo en todo momento este requisito mediante la aplicación de un sistema de gestión de la Calidad.

El Contratista es responsable de la elección del equipo de construcción; sin embargo, La Comisión especifica que el equipo debe cumplir con las características generales que se indican en la presente sección de las especificaciones de construcción, sin que esto exima la responsabilidad del Contratista de la elección adecuada del equipo de construcción.

#### 6.3.2. Perforadoras

Se recomienda la utilización de perforadoras neumáticas con martillo de fondo, con el fin de garantizar la correcta dirección del barreno, según se especifique en los planos de proyecto.

Para barrenos cortos como los utilizados para anclas cortas, drenes para concreto lanzado o para el contacto concreto-roca, se recomienda el uso de perforadoras ligeras equipadas con acero de barrenación integral.

Para garantizar la correcta ejecución de un barreno, el Contratista debe tomar en cuenta lo siguiente:

- **Longitud.** Las perforaciones se deben ejecutar donde se requiera, por lo cual, el tamaño del equipo y del acero de barrenación debe ser el adecuado a los espacios disponibles.

- **Alineación.** Debe conservarse la dirección de la perforación en toda la longitud del barreno, por lo que se debe considerar el peso del varillaje o acero de barrenación que seleccione; sobre todo en barrenos inclinados, se requiere contar con los accesorios necesarios para alinear, en el momento que se requiera el equipo de perforación (transportador, plomada, pintura, escuadras, etc).
- **Estabilidad de las paredes del barreno.** Es fundamental que el barreno permanezca limpio durante el proceso de perforación para optimizar el avance; sin embargo, se pueden presentar zonas donde el terreno esté muy fracturado y sea necesario ademar las paredes del mismo a medida que se realiza la perforación hasta llegar a la profundidad de diseño, por lo cual el Contratista debe considerar la utilización de ademes metálicos para estos casos. Dependiendo del propósito de la barrenación, el contratista podrá proponer la utilización de algún otro método para estabilizar el barreno para su revisión y, en su caso, aprobación por parte de la Comisión.

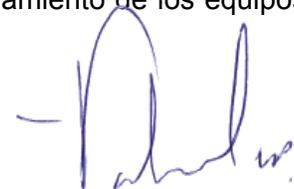
### **6.3.3. Canastillas o plataformas de trabajo**

Las canastillas o plataformas para el personal con elevador de acción telescópica deben ser del tipo autopropulsable, mediante orugas o llantas neumáticas, de tal forma que permitan un rápido posicionamiento y un ágil desplazamiento a cualquier zona durante el desarrollo de los trabajos, evitando interferencias con las actividades comunes del ciclo de excavación.

### **6.3.4. Equipo para fabricación de mezclas de inyección**

Para la fabricación y almacenamiento de las mezclas de inyección para el anclaje, se requiere la utilización de un turbomezclador de altas revoluciones y un agitador o mezclador de bajas revoluciones, respectivamente. El turbomezclador se utiliza para fabricar morteros y el agitador para depositar la mezcla previamente preparada en el turbomezclador, manteniendo en suspensión las partículas sólidas y eliminando las burbujas de aire de la mezcla, de tal manera que la operación o proceso de inyectado sea continua. Se recomienda que la capacidad mínima de estos agitadores sea de 100 litros.

Cabe señalar que al turbomezclador, agitador y sus aditamentos se deberá de realizar sistemáticamente una limpieza exhaustiva al término de cada jornada de trabajo o con la frecuencia que indique la Comisión. También deberá elaborar un programa de mantenimiento para cada equipo, en donde incluya la frecuencia con la que se realizará y cuáles serán los puntos a evaluar, dicho programa deberá ser aprobado por Comisión. Los retrasos por el mal funcionamiento de los equipos serán imputables al Contratista.



### 6.3.5. Equipo para inyección

Para la inyección de mezclas para anclaje y para contactos concreto-placa o bien contacto concreto-roca, se requiere la utilización de equipos con la capacidad adecuada para mezclar e inyectar lechadas de cemento, bentonita y morteros.

Estos equipos deben ser formados por los siguientes componentes:

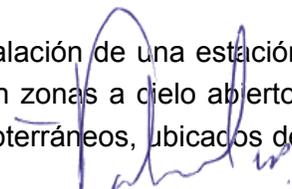
- **Turbomezcladora.** Consiste de una cuba y una bomba mezcladora de alta velocidad de mezclado coloidal, que provocan fuerzas de cizallamiento hidráulicamente, que separan las partículas individuales unas de otras y generan la hidratación completa de toda la mezcla, con la capacidad para desarrollar al menos mil doscientas cincuenta revoluciones por minuto (RPM).
- **Agitador.** Sirve de tanque de acumulación para garantizar un trabajo continuo y previene sedimentaciones en las suspensiones, deben de ser de baja velocidad y con la capacidad para desarrollar al menos 60 revoluciones por minuto (RPM).
- **Bomba de inyección.** Puede ser de émbolo vertical de acción simple, de doble pistón o peristáltica. Durante el proceso de inyección deben garantizarse caídas mínimas de presión aun bombeando caudales muy pequeños. Deben tener la capacidad de bombear lechadas y suspensiones con una relación agua/cemento muy baja y con arena hasta de 5 mm, estar equipadas con válvulas o aditamentos para purga y limpieza que eviten sedimentaciones e incrustaciones, estar dotada de válvulas de control para la presión y para el caudal que permitan preseleccionar ambos parámetros independientemente uno de otro.

### 6.3.6. Manómetros

Los manómetros son dispositivos para medir la presión; deben tener una capacidad de 1,5 veces la presión máxima especificada de operación, estar protegidos contra el golpe hidráulico (de glicerina) y utilizar protectores de membrana plana o de membrana tubular; además, deben estar debidamente calibrados y certificados por un laboratorio de calibración acreditado. Los manómetros en uso deben revisarse frecuentemente y reemplazarse inmediatamente todo aquel que muestre indicios de inexactitud. El Contratista debe contar con medios o dispositivos para verificar y calibrar los manómetros de la obra, estableciendo un programa periódico.

### 6.3.7. Estaciones de aire comprimido

Debe preverse como condición obligada para las obras subterráneas, la instalación de una estación para el aire comprimido, en la cual se instale una batería de compresores en zonas a cielo abierto, debido a que no se permiten compresores de combustión interna en sitios subterráneos, ubicados de



acuerdo con la planeación del frente de trabajo sin que cause interferencias con otras actividades que se ejecuten en paralelo. La capacidad debe ser tal que cubra las demandas de los conceptos de trabajo que se ejecuten.

Estas instalaciones deben incluir todas las tuberías, conducciones, conexiones, válvulas, recipientes para el almacenamiento del aire comprimido; a la salida de este último, se debe instalar un separador de agua para eliminar el agua de condensación para que el aire llegue seco a las máquinas.

### **6.3.8. Lanzadora para concreto**

El Contratista debe seleccionar el equipo adecuado para efectuar la aplicación del concreto lanzado solo por vía húmeda. El equipo de lanzado seleccionado debe cumplir con las características siguientes: contar con bombas de doble pistón que permita transportar la mezcla a distancias horizontales del orden de 300 m y verticales de 100 m, manteniendo una presión de bombeo de concreto entre 50 a 75 bar y que tenga una producción efectiva mínima de 4 m<sup>3</sup>/h; debe contemplarse dentro de este equipo que las boquillas sean las que especifica el fabricante; debe contar también con los dosificadores de aditivos que garantice la dosificación constante y uniforme de la cantidad adecuada de acelerante que deba agregarse a la mezcla en la boquilla; el compresor de aire debe tener la capacidad de mantener un flujo de aire continuo de 5 a 7 m<sup>3</sup>/min a 6 bar para proyección manual y de 10 a 15 m<sup>3</sup>/min a 7 bar para proyección robotizada, libre de aceite y agua para proporcionar una velocidad suficiente del concreto en la boquilla.

Para el mezclado pueden usarse plantas dosificadoras, camiones premezcladores o mezcladores portátiles que cumplan con las especificaciones de la producción de mezclas para concreto lanzado por vía húmeda, indicados en el Capítulo "CONCRETOS".

Es responsabilidad del Contratista que el equipo cumpla con los requerimientos técnicos, de presión efectiva, de producción y de regulación ambiental.

### **6.3.9. Equipo para la extracción y pruebas de capacidad de anclaje**

Este equipo se compone de un cilindro hueco (de capacidad variable acorde al diseño de trabajo del anclaje), de una bomba hidráulica y de accesorios (un manómetro, dos indicadores de carátula y dispositivo para medir las deformaciones), además de los dispositivos que garanticen el apoyo adecuado entre el gato y el terreno, así como su alineación correcta con el eje longitudinal del ancla. Este equipo se utiliza para verificar si el anclaje cumple con las características indicadas en el proyecto en cuanto a su capacidad de diseño. El costo que se genere derivado de los trabajos de ejecución de las pruebas de extracción del anclaje instalado, no será objeto de medición y pago en forma independiente a los conceptos de anclaje por lo que el contratista deberá considerar en su análisis de costos de los anclajes los cargos que conlleva la ejecución de esta actividad.

## **6.4. MATERIALES PARA TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE**

### **6.4.1. Generalidades**

Los materiales que utilice el Contratista en la ejecución de los conceptos de trabajo propios del tratamiento de la roca, deben ser de las características especificadas y cumplir con las normas que se indican en esta especificación. Todos los materiales deben ser suministrados por el Contratista, incluyendo el transporte, traspaleos o acarreos internos, almacenamiento y todo lo necesario para disponerlos en el sitio.

Es responsabilidad del Contratista disponer en cada frente de trabajo de una bodega para almacenar y conservar los materiales con las características de calidad especificadas hasta su utilización final.

El Contratista debe poner especial cuidado en el almacenamiento de todos aquellos materiales que pudieran perder su calidad al estar expuestos a la humedad, a los rayos directos del sol, a la contaminación con aceites, a una rotación de uso deficiente y a un maltrato, entre otras. Se deberán realizar las pruebas necesarias a los materiales a utilizar, para garantizar el cumplimiento de sus requerimientos, utilizando los equipos adecuados en obra para tal fin.

### **6.4.2. Agua**

El agua que se utilice para la fabricación de las mezclas de lechada, mortero de cemento o mezclas autofraguantes debe ser suministrada por el Contratista, estar limpia, con bajo contenido de sales, libre de sólidos disueltos, libre de materia orgánica, aceites y grasas, cumpliendo con los requisitos establecidos en el Capítulo "CONCRETOS".

### **6.4.3. Cemento**

El cemento que se utilice para la fabricación de mezclas que se emplean en los diversos tratamientos de la roca, debe cumplir con las características siguientes.

Para la inyección de anclas: Cemento tipo CPC 30 R. Cemento Portland Compuesto, que cumpla con los requisitos indicados en la norma NMX-C-414-ONNCCE.

No se permite la utilización de cemento húmedo o con grumos, por lo tanto, debe estar protegido contra los agentes atmosféricos para evitar su fraguado prematuro. La Comisión se reserva el derecho de retirar el cemento del frente de trabajo, que no cumpla con las características establecidas.

A elección del Contratista, para el caso de la preparación de las mezclas, puede optar por utilizar cemento envasado en sacos de 50 kg o a granel. De suministrarse a granel se debe contar con los instrumentos para realizar la dosificación correcta de los materiales. Si se requiere el uso de

básculas para la dosificación del cemento, estas deberán estar debidamente calibradas ante un laboratorio certificado. En caso de utilizarse el cemento envasado en sacos de 50 kg no deberán estibarse más de 20 sacos.

Para cada lote de cemento que presente un cambio en la fecha de producción y/o ensacado deberá de verificarse la superficie específica Blaine en campo.

#### 6.4.4. Arena

La arena que se utilice en la preparación de morteros para la inyección de anclas, puede ser arena natural, triturada o una combinación de ambas.

Tabla 1. Características granulométricas que debe cumplir la arena.

Malla U.S. Bureau Of. Standard		Porcentaje acumulado que pasa	Retenido
No.	8	100 – 100	0 – 0
No.	16	95 – 100	5 – 0
No.	30	60 – 95	40 – 5
No.	50	20 – 50	80 – 50
No.	100	10 – 30	90 – 70

Adicional a lo antes mencionado, la arena debe cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo “CONCRETOS” de estas especificaciones.

#### 6.4.5. Aditivos

Los aditivos que se utilicen en la preparación de las mezclas, deben cumplir con los aspectos generales indicados en el capítulo “CONCRETOS”. Pueden emplearse los siguientes tipos:

- En caso de requerirse, pueden emplearse aditivos para acelerar el fraguado de la mezcla. El Contratista deberá realizar pruebas para definir el aditivo más adecuado y someter a juicio de la Comisión su empleo. Igualmente, se deberán definir las propiedades de estos aditivos y los controles de calidad necesarios para asegurar un comportamiento adecuado de éstos.

- b) Para los morteros utilizados en la inyección de anclas debe utilizarse un aditivo expansor plastificante.
- c) Para el concreto lanzado, el indicado en el Capítulo “CONCRETOS” de estas especificaciones.

#### **6.4.6. Malla de refuerzo**

La malla de refuerzo o malla de alambre electrosoldada es una red metálica formada por una trama cuadrada de alambres soldados en su intersección, que se utiliza para el refuerzo del concreto lanzado. Debe cumplir con las normas NMX- B-253 y NXM-B-290 y tener una resistencia a la tensión (a la fluencia) de 515,02 MPa (5 250 kg/cm<sup>2</sup>). La malla electrosoldada comercial que se puede utilizar tienen las siguientes características: 15 x 15 x 0,343 cm (6-6/10-10), 15 x 15 x 0,572 cm (6-6/4-4) y 15 x 15 x 0,635 cm (6-6/1/4 1/4), donde los dos primeros números indican la abertura de la trama y el siguiente el calibre de los alambres. Para la utilización como refuerzo del concreto lanzado debe, además, estar libre de óxido, no tener adherido material de rebote del mismo concreto lanzado ni otra sustancia que disminuya la adherencia.

#### **6.4.7. Geotextil**

El geotextil es una tela permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster, las cuales se pueden fabricar de forma no tejida (non woven) o tejida (woven) dependiendo de su uso o función a desempeñar. Está compuesta por fibras sintéticas cuyas funciones principales se basan en su resistencia mecánica a la perforación y tracción, y a su capacidad drenante y deberá cumplir con las especificaciones de materiales indicadas en los planos de tratamientos de lumbreras.

#### **6.4.8. Membrana impermeable**

Es una barrera sintética que, como ya mencionamos, está diseñada especialmente para impedir el paso de sustancias y materiales, particularmente de líquidos y vapores, fuera de la barrera que crea. En la fabricación de las membranas se emplean polímeros termoplásticos o termoestables; los que tienen la particularidad de presentar un alto nivel de impermeabilidad ofreciendo un excelente nivel de contención; si se les compara con otros materiales. Deberá cumplir con las especificaciones de materiales indicadas en los planos de tratamientos de lumbreras.

#### **6.4.9. Membrana de protección**

Esta membrana de protección deberá cumplir con las especificaciones de materiales indicadas en los planos de tratamientos de lumbreras.

#### **6.4.10. Fibras metálicas**

Son elementos metálicos fabricados a partir de alambre cortado en frío, lámina cortada, o de extractos de una masa fundida, que cumplan con ASTM A-820.). El proporcionamiento de fibra debe definirse con base en pruebas que el Contratista realice en el sitio, siempre que cumpla con

las propiedades mecánicas (resistencia a compresión, resistencia a la flexión, tenacidad, etc) y con los rangos establecidos en planos de proyecto. El diseño de mezclas de concreto lanzado será responsabilidad del Contratista y deberá seguir los lineamientos indicados en el capítulo "CONCRETOS".

#### **6.4.11. Acero de barrenación**

Es la sarta compuesta por: el zanco, los coples, las barras de extensión, adaptadores y la broca, la cual debe tener la longitud y diámetros necesarios para cumplir con las dimensiones del barreno especificado y además, las características apropiadas con relación al espacio del frente de trabajo donde se utilice, montada en el equipo de perforación. El tipo de broca deberá ser acorde con las características de terreno y será responsabilidad del Contratista su elección.

#### **6.4.12. Tuberías**

Las tuberías que se utilicen deben ser metálicas de una capacidad mínima de 1,5 veces la presión de trabajo; con el diámetro, acoplamientos y cambios de dirección adecuados para disminuir en lo posible las pérdidas por fricción; con las válvulas adecuadas para el tipo de fluido que transporten y las protecciones contra la intemperie, contra las voladuras y el paso de vehículos de transporte.

Es particularmente importante utilizar válvulas de diafragma en los circuitos de aire comprimido.

En las conducciones de mezclas, es obligado el uso de válvulas de esfera o bola, ya que permite el paso en toda la sección de la conducción y por su construcción se pueden desmontar sus partes rápidamente, sin necesidad de desmontar la carcasa y dar el mantenimiento requerido, sin causar retrasos cuando suceda un taponamiento durante el proceso de inyección.

Las tuberías de inyección en operación y expuestas a la intemperie, deben protegerse del sol para evitar que aumente la temperatura de las mezclas de cemento, ocasionando una aceleración en el fraguado de las mismas. Deben protegerse cubriéndolas con un material aislante de fibra de vidrio y aluminio o cualquier otra metodología que proponga el Contratista, previa autorización de la Comisión.

#### **6.4.13. Mangueras**

Las mangueras que se utilicen deben ser capaces de resistir un tratamiento rudo, para lo cual deben seleccionarse las que estén reforzadas por capas helicoidales de trenzado de alambres de acero, que las hagan resistentes a las sobrepresiones y paso de vehículos pesados y cuya capacidad mínima a la rotura sea de cinco veces la presión de trabajo.



#### 6.4.14. Anclas (pernos de anclaje)

El perno de anclaje consiste en una varilla de acero de  $f_y = 412 \text{ MPa}$  ( $4\,200 \text{ kg/cm}^2$ ), el cual lleva soldados 3 centradores de alambón de 6 mm de diámetro a cada 2 m y 0.20m de longitud.. El perno completo incluye una placa de acero de 20 por 20 cm de lado y de 12,7 mm (1/2") de espesor (o de la dimensión que indique los planos de proyecto), la cual tiene soldados 4 alambones de 6 mm de diámetro y de 50 cm de longitud cada uno, con el fin de integrarse a la malla electrosoldada (placa o alambres) y una tuerca de acero con cuerda estándar de igual diámetro del perno tal como se indica en los planos de proyecto.

Para el caso de pernos de anclaje inyectados con mortero o lechada, además de lo indicado en el párrafo anterior, se debe instalar dentro del barreno y adosadas al perno de anclaje un par de mangueras para asegurar la inyección completa de todo el carril, una para inyección y otra para purga o testigo. Es recomendable que estas mangueras sean de plástico flexible. La manguera que servirá para la inyección del mortero deberá tener un diámetro máximo de 16 mm; mientras que la manguera testigo o de regreso del mortero, será máximo de 12 mm de diámetro. Dependiendo de la posición del perno de anclaje, ascendente o descendente, la manguera para inyección deberá estar ubicada en la parte más baja del perno de anclaje y la de purga o testigo en la parte más alta. En el interior del barreno, estas mangueras deberán estar fijadas firmemente en toda su longitud al perno de anclaje, por medio de cinta adhesiva o cinchos plásticos y deberán sobresalir de la boca del barreno 50 cm como mínimo.

##### 6.4.14.1. Mezclas para la inyección de anclas

El cemento a utilizar en la fabricación de los morteros para los anclajes debe ser del tipo CPC-30R (Cemento Portland Compuesto clase resistente 30R), el cual deberá cumplir con la Norma NMX-C-414-ONNCCE. El agua debe cumplir con lo indicado en el apartado correspondiente de la presente especificación.

La arena a emplear debe tener un módulo de finura de  $2,8\% \pm 0,5$ , debe pasar la malla No. 16 (1,19 mm); la pérdida por lavado determinada según ASTM C 117, no debe exceder del 5% y debe apegarse a las especificaciones señaladas en dosificación para concreto y tener una humedad comprendida entre el 4 y el 8%.



Tabla 2. Proporcionamiento tentativo para mezclas de inyección de anclas.

Material	Proporción en peso
Arena fina (malla # 8 a 16)	24 kg
Agua	29 litros
Cemento CPC-30R	50 kg
Aditivo expansor	250 gr

El Contratista debe realizar pruebas para definir el proporcionamiento final, el cual someterá a la consideración de la Comisión. Los parámetros que debe cumplir son los siguientes:

Fluidez en cono Prepakt **9 - 12** segundos

Densidad Puede variar en  $\pm 0,03\text{g/cm}^3$  respecto a la densidad de diseño o teórica

Decantación **< 0.5%** (en 60 minutos).

Resistencia a la compresión simple  $\geq 19,6$  MPa (200 kg/cm<sup>2</sup>), a los 28 días de edad

Para efecto de medir los parámetros físicos de las mezclas se requiere contar con la balanza de lodos y el cono Prepakt, además de otros utensilios auxiliares.

El método de ensaye para la densidad, decantación y resistencia a la compresión simple, es similar a lo descrito posteriormente en este mismo apartado, para la fluidez se describe a continuación:

Fluidez en cono Prepakt. Se define como el tiempo en segundos que tarda en escurrir un litro de mezcla, de un total de 1,725 litros, depositados en un embudo de dimensiones estándar denominado Cono Prepakt.

La resistencia del mortero debe ser de  $f_c \geq 19,6$  MPa (200 kg/cm<sup>2</sup>), como mínimo a los 28 días de edad, que cumpla con las especificaciones de diseño para este proyecto.

#### **6.4.14.2. Inyecciones para el anclaje**

Para la inyección de las anclas se deberá utilizar el equipo que se especifica en el apartado 6.3, especial para la inyección de morteros en barrenos para anclaje, ya que permiten tener un control adecuado de la presión y el gasto durante la inyección.

La inyección debe ejecutarse en una sola progresión y en forma continua desde el inicio hasta el llenado total del barreno, utilizando para tal efecto la manguera de inyección que esté en la parte más

baja del barreno (corta o larga dependiendo de la posición ascendente o descendente del barreno). La inyección de un barreno se da por terminada cuando se observe la salida del mortero por la manguera testigo (es en ese momento en que ésta debe sellarse), y cuando la inyección del mortero alcance una presión de 0,1 MPa (1 kg/cm<sup>2</sup>) y el gasto o consumo registrado de la mezcla sea nulo.

Esta actividad incluye los materiales para el mortero de inyección y los desperdicios que el Contratista, con base en su experiencia, considere necesarios para su total ejecución.

## **6.5. ACTIVIDADES COMUNES DE EJECUCIÓN TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN**

En esta sección se describen las principales actividades que debe ejecutar el Contratista, y se proporcionan los lineamientos mínimos que deben cumplir los procesos para que se ejecuten de manera integral los tratamientos de estabilización a la roca en las diversas obras del proyecto.

### **6.5.1. Localización y trazo de barrenos**

Son las actividades necesarias para ubicar y posicionar físicamente en el terreno los barrenos para anclaje, inyección, drenaje, etc, que debe ejecutar el Contratista, apegado a los datos indicados en los planos de proyecto. Para esto se requiere del apoyo de trazos auxiliares de topografía.

### **6.5.2. Perforaciones en roca**

Todas las perforaciones deben realizarse con los equipos descritos en los apartados, de esta especificación, y deben ejecutarse sin interrupción en toda su longitud.

Si durante el proceso de perforación se presentan pérdidas de agua o se detecta alguna fractura o falla de importancia que dificulte la continuidad de la perforación, se podrá reubicar a 50 cm a la redonda del punto indicado en el proyecto o bien, de previa autorización de la Supervisión o personal especializado de mecánica de rocas, donde resulte más conveniente, dependiendo de la magnitud de la afectación encontrada y previendo no interferir con el resto de los tratamientos considerados en la zona.

Se requieren perforaciones para el anclaje como se describe enseguida:

#### **6.5.2.1. Perforaciones para el anclaje**

El diámetro de los barrenos debe ser en función del diámetro del perno de anclaje y del cementante que se utilice para rellenar el espacio anular entre el perno de anclaje y la pared del barreno.

De manera ilustrativa y como ejemplo, a continuación, se muestran las combinaciones de diámetros que pueden tenerse para pernos de 25,4 y 38,1 mm de diámetro (1" y 1½" respectivamente):

Perno de 25,4 mm - Con mortero de cemento fabricado en sitio – barreno de 57,2 mm (2 1/4")

Perno de 38,1 mm - Con mortero de cemento fabricado en sitio -- barreno de 76,2 mm ( 3" ).

Las longitudes y los diámetros de anclaje están definidos para cada estructura en los planos de proyecto.

#### **6.5.2.2. Instalación de barras de acero con mortero inyectado a presión**

La barra de acero se debe introducir equipada con dos mangueras, la de inyección y la de testigo. En la boca del barreno se detiene el perno con una cuña de madera y se calafatea con papel y mortero seco con yeso, cuidando de no dañar las mangueras ni la rosca. Después de la inyección y transcurridas 72 horas, se debe instalar la placa metálica, la cual se apoya contra la roca mediante la tuerca en el extremo libre. Debe tenerse cuidado que los alambrones soldados a la placa no se dañen, ya que están diseñados para ligar el anclaje con la malla de refuerzo y formar en conjunto con el concreto lanzado el soporte definitivo.

El volumen inyectado en un ancla, debe ser por lo menos igual al volumen teórico (diferencia entre el volumen del barreno y el volumen de la barra de acero) para una longitud y diámetro de barreno. Debe suspenderse la inyección, cuando para la presión de inyección especificada el gasto de mortero de inyección sea nulo.

Después de instalar la placa metálica, se deberá colocar el respaldo a base de mortero entre la placa y el terreno natural o concreto lanzado.

#### **6.5.2.3. Pruebas previas de instalación y control de calidad del anclaje**

##### **a) Pruebas previas de campo**

El Contratista debe elegir, previa aceptación de la Comisión, un sitio cercano a las zonas de instalación de anclaje, que sea representativa del terreno, para realizar una serie de pruebas destructivas que permitan verificar la eficiencia de los distintos tipos de anclaje indicados en el proyecto. Estas pruebas deben ejecutarse con base en lo estipulado en la norma ASTM D4435 y en la norma CFE-0042.

Lo anterior, tiene el propósito de asegurar que el comportamiento del anclaje cumpla con lo indicado en su diseño.

## **b) Pruebas sistemáticas de campo o de control de calidad**

El Contratista debe realizar un muestreo aleatorio y selectivo de los componentes empleados en los procesos de producción y/o construcción con pruebas de laboratorio, bajo los siguientes lineamientos:

- Obtener muestras del mortero por cada 15 anclas colocadas e inyectadas, a las cuales se les deberá determinar las propiedades físicas y verificar que cumplan con lo señalado en el apartado 6.4.14.1 y de resistencia mecánica; los resultados deben cumplir con los requerimientos del proyecto.
- Por cada 70 anclas colocadas, se debe realizar una prueba de extracción, según la norma ASTM D4435, seleccionándose éstas de manera aleatoria o en sitios donde se tengan dudas sobre el procedimiento aplicado para su instalación. El Contratista debe disponer del equipo necesario y adecuado para realizar estas pruebas conforme lo establece la norma antes citada. En el caso que los resultados de las pruebas de extracción de anclas se encuentren por debajo de lo especificado en las normas aplicables, el Contratista estará obligado a reponer todo el lote de anclas representado por la prueba de extracción, sin costo alguno para la Comisión.

### **6.5.3. Equipamientos de barrenos de drenaje**

El equipamiento de los barrenos de drenaje consiste en instalar tubo de PVC de diámetro menor al barreno, colocado a lo largo del barreno y conectado a la tubería general de drenaje. Instalación de tubos guía

### **6.5.4. Amacice y limpieza de superficies para revestimientos**

Son las actividades preparatorias que se deben efectuar a todas las superficies que vayan a revestirse con concreto lanzado o hidráulico. Consiste en eliminar la roca floja o suelta y concreto mal adherido, utilizando herramientas manuales y/o mecánicas; y efectuar una limpieza enérgica, por medio de chiflones de agua y aire a presión para eliminar el polvo, el aceite, la vegetación y los restos de material de rebote, para dejar la superficie preparada y asegurar una óptima adherencia.

### **6.5.5. Colocación de Concreto lanzado**

Esta actividad consiste en proyectar un chorro de concreto a presión para obtener una capa compacta, densa y firmemente adherida, con una pérdida de rebote mínima, controlando la fuerza y el ángulo de incidencia del material proyectado, manteniendo la distancia adecuada entre la boquilla y la superficie, evitando la formación de bolsas o acumulación de rebote. El espesor de las capas

lanzadas debe ser tal que su peso muerto no exceda ni la cohesión interna ni la resistencia de adherencia a la superficie, por lo que se debe tener cuidado de lanzar en una pasada solo el espesor de la capa que pueda adherirse, dependiendo de la posición de la superficie a cubrir. Las capas subsiguientes de concreto lanzado para alcanzar el espesor de proyecto pueden aplicarse únicamente después de que las anteriores han endurecido lo suficiente.

#### **6.5.6. Malla de Refuerzo**

##### **6.5.6.1. Habilitado de la malla de refuerzo**

El habilitado de la malla de refuerzo consiste en preparar los lienzos o tramos de malla, cortándolos con las dimensiones adecuadas al sitio donde se van a colocar y limpiándolos previo a su utilización para que estén libres de óxido, de aceite y de otras sustancias que disminuyan la adherencia del concreto lanzado. En esta actividad se debe incluir el transporte y el almacenamiento en el sitio de colocación.

##### **6.5.6.2. Colocación de la malla**

La malla de refuerzo se debe colocar donde se indique en los planos de proyecto. Cada unión de lienzos de malla se debe traslapar por lo menos con una retícula, para la fijación de la malla las anclas de fricción cuentan con alambres adosados, que deben ser fijados a la malla electrosoldada, de manera que trabajen en conjunto. Una vez colocada la malla, se continúa colocando el concreto lanzado hasta completar el espesor indicado en los planos de proyecto, debiendo quedar completamente cubierta la malla.

##### **6.5.7. Limpieza en el sitio de trabajo**

Durante la ejecución de todas y cada una de las actividades correspondientes a los tratamientos de la roca, el Contratista debe tomar las precauciones necesarias para impedir que los desechos propios de la construcción causen interferencias, entorpezcan otras actividades o disminuyan la calidad de los trabajos.

Es responsabilidad del Contratista mantener en todo momento los frentes de trabajo libres de desechos; así también, que todo desperdicio sea retirado, transportado y depositado en los bancos de almacenamiento destinados para este fin, determinados o aceptados por Comisión. Después de la terminación de todos los trabajos, debe efectuarse una limpieza general de los desperdicios de materiales y de las mezclas fraguadas.

##### **6.5.8. Documentación para la ejecución de los trabajos**

Antes de iniciar un trabajo, el Contratista debe contar con los planos aprobados para construcción, al tratarse de los tratamientos y por el carácter de ajuste acorde a las condiciones realmente

encontradas en el sitio, deberá atender todas las recomendaciones e indicaciones por parte del personal de Supervisión, o bien de los especialistas de mecánica de rocas y geología, para atender cualquier instrucción emitida, el contratista está obligado a ejecutar las cantidades de obra indicadas en el proyecto, y los costos serán cubiertos por los conceptos que integran el Catalogo de Conceptos que integren su oferta económica.

Al término de las actividades de cada día, en caso de ser requeridos, el Contratista debe entregar a la Comisión los reportes correspondientes a las diferentes operaciones realizadas y las observaciones particulares que para cada caso se requieran.

## 6.6. CONTROL DE CALIDAD

El Contratista tiene la obligación de contar en el sitio del Proyecto con un laboratorio certificado por la Entidad Mexicana de Acreditación A. C. (EMA), que cumpla con los lineamientos de confiabilidad, calidad y certeza preestablecidos, y debe aplicar un sistema de aseguramiento de calidad en todas las actividades y procesos de tratamientos a la roca.

En el laboratorio y en el sitio, los ensayos y pruebas deben hacerse con procedimientos escritos previamente autorizados por Comisión; estos documentos deben formar parte del sistema de aseguramiento de calidad. El personal responsable, tanto de construcción como de supervisión del Contratista, debe ser calificado y contar con la capacitación que se requiere para la construcción de proyectos similares y de la misma magnitud.

El laboratorio de mecánica de rocas, puede considerarse como una parte del descrito en el apartado 4.6 del Capítulo 04, Especificaciones de Concretos, considerando la adición de los ensayos específicos abajo indicados.

El Contratista debe entregar a la Comisión un informe técnico mensual emitido por su laboratorio en donde se encuentren asentadas las siguientes características de la roca intacta y elementos de soporte:

- Peso volumétrico (determinado de acuerdo con la Norma NMX-C-164-ONNCCE-2002).
- Contenido de agua en rocas (determinado de acuerdo con la Norma ASTM D2216).
- Obtención y preparación de muestras cilíndricas (realizado de acuerdo con la Norma ASTM D 4543).
- Resistencia a la compresión simple con determinación del módulo de elasticidad, Et50 (determinadas de acuerdo con la Norma ASTM D 3148).
- Resistencia a la tensión Indirecta "brasileña" (determinadas de acuerdo con la Norma ASTM ASTM D 3967).
- Resistencia a la carga puntual en roca (según Norma ASTM D5731 08).



- Extracción de anclas en roca (según Norma ASTM D4435)

### 6.7. NORMAS Y DOCUMENTOS APLICABLES

Invariablemente, el Contratista debe aplicar las siguientes normas y otros documentos, en su edición vigente:

DGN B-252	Requisitos generales para la entrega de planchas, placas, perfiles, tablaestacas y barras de acero laminado para usos estructurales.
ASTM C 39	Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
ASTM C 117	Test method for materials finer than 75 um (N°.200) sieve in mineral aggregates by washing.
ASTM C 185	Standard Specification for Steel Welded Wire Reinforcement, Plain, for Concrete.
ASTM C 150	Portland Cement
ASTM C 494	Chemical Admixtures for Concrete
ASTM C 618	Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete
ASTM C 820	Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete.
ASTM C 1017	Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete
ASTM D 2488	Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
ASTM D 4435	Standard Test Method for Rock Bolt Anchor Pull Test.
ASTM D 4729	Standard Test Method for In Situ Stress and Modulus of Deformation Using the Flatjack Method.
API-SPEC-13A	Specification for drilling-fluid materials.
API-RP-13B	Recommended Practice Standard Procedure for Field Testing Water-Based Drilling Fluids.