

	Apell.								
	Fecha								
	Apell.	R.R.C. J.P.F		R.U.P.F.		J.I.I.Q. VQ.P.		Emisión Original	BPE
	Fecha	15/04/21		25/05/21		27/05/21			
N°		ELABORÓ	FIRMA	REVISÓ	FIRMA	VALIDÓ Y APROBÓ	FIRMA	MODIFICACIONES	ESTAT.
LISTA DE DISTRIBUCION		Secretaría del Trabajo y Previsión Social					1 copia		
		GOBIERNO DEL ESTADO DE COAHUILA <u>Secretaría del Trabajo y Previsión Social</u>							
		COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD <i>Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura</i> Subdirección de Ingeniería y Administración de la Construcción <i>Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil</i>							
ESPECIFICACIONES									
PROYECTO: PROYECTO DE RESCATE EN MINA PASTA DE CONCHOS CONJUNTO: OBRAS CIVILES TÍTULO: CAPÍTULO 06 TRATAMIENTOS A LA ROCA									
IDENTIFICACIÓN:		GI-PAS-K1333-EC-DMR-EO-006					Núm. Pág.28 (Se incluye esta página)		
FECHA: MAYO 2021		No. ARCHIVO DE C.F.E.:							

**CAPÍTULO 6
TRATAMIENTOS DE LA ROCA**

CONTENIDO	Página
6.1. GENERALIDADES	4
6.2. TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE	6
6.2.1. Anclajes de fricción	6
6.2.2. Concreto lanzado	6
6.2.3. Drenajes.....	7
6.2.4. Marcos de acero	7
6.2.5. Inyección de mezclas cementicias para impermeabilización, consolidación y relleno ..	7
6.2.6. Poliuretanos para consolidación del terreno.....	8
6.2.7. Espuma de inyección para relleno de cavidades.....	8
6.3. EQUIPO TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE.....	8
6.3.1. Generalidades.....	8
6.3.2. Perforadoras	9
6.3.3. Canastillas o plataformas de trabajo	10
6.3.4. Equipo para fabricación de mezclas de inyección	10
6.3.5. Equipo para inyección de mezclas cementicias.....	10
6.3.6. Equipo para inyección de poliuretanos y espumas bicomponente.....	11
6.3.7. Manómetros	11
6.3.8. Estaciones de aire comprimido.....	11
6.3.9. Lanzadora para concreto	12
6.3.10. Equipo para la extracción y pruebas de capacidad de anclaje	12
6.3.11. Equipo para la instalación de anclas con resinas	13
6.4. MATERIALES PARA TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN Y/O SOPORTE	13
6.4.1. Generalidades.....	13
6.4.2. Agua	13
6.4.3. Cemento	13
6.4.4. Arena	14
6.4.5. Aditivos	15
6.4.6. Resina epóxica.....	15
6.4.7. Malla de refuerzo	15

6.4.8.	Parrillas de acero	16
6.4.9.	Fibras metálicas	16
6.4.10.	Acero de barrenación	16
6.4.11.	Tuberías.....	16
6.4.12.	Mangueras	17
6.4.13.	Anclas (pernos de anclaje).....	17
6.4.13.1.	<i>Mezclas para la inyección de anclas</i>	<i>18</i>
6.4.14.	Colocación de los cartuchos de resina epóxica	19
6.4.14.1.	<i>Mezclas de inyección para rellenos de contacto</i>	<i>19</i>
6.4.14.2.	<i>Inyecciones para el anclaje</i>	<i>20</i>
6.4.14.3.	<i>Inyecciones de contacto concreto-roca.....</i>	<i>20</i>
6.4.14.4.	<i>Inyecciones de impermeabilización y consolidación</i>	<i>21</i>
6.5.	ACTIVIDADES COMUNES DE EJECUCIÓN TRATAMIENTOS DE ESTABILIZACIÓN	22
6.5.1.	Localización y trazo de barrenos	22
6.5.2.	Instalación de tubos guía	22
6.5.3.	Instalación de boquillas	22
6.5.4.	Perforaciones en roca	23
6.5.4.1.	<i>Perforaciones para el anclaje</i>	<i>23</i>
6.5.4.2.	<i>Instalación de barras de acero con cartuchos de resina</i>	<i>23</i>
6.5.4.3.	<i>Instalación de barras de acero con mortero inyectado a presión</i>	<i>24</i>
6.5.4.4.	<i>Pruebas previas de instalación y control de calidad del anclaje.....</i>	<i>24</i>
6.5.5.	Equipamientos de barrenos de drenaje	25
6.5.6.	Amacice y limpieza de superficies para revestimientos.....	25
6.5.7.	Colocación de Concreto lanzado.....	25
6.5.8.	Malla de Refuerzo	26
6.5.8.1.	<i>Habilitado de la malla de refuerzo</i>	<i>26</i>
6.5.8.2.	<i>Colocación de la malla</i>	<i>26</i>
6.5.9.	Limpieza en el sitio de trabajo	26
6.5.10.	Documentación para la ejecución de los trabajos.....	26
6.6.	CONTROL DE CALIDAD	27
6.7.	NORMAS Y DOCUMENTOS APLICABLES	28

Índice de tablas.

Tabla 1. Características granulométricas que debe cumplir la arena.	14
Tabla 2. Proporcionamiento tentativo para mezclas de inyección de anclas.	18

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 los túneles de acceso, ventilación, galerías de aproximación y las galerías de conexión.

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, marcos metálicos, parrillas de acero, 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; el calibre y espesor de la sección de los marcos de acero de acuerdo a la geometría del proyecto; 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 (marcos metálicos, 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.
- Anclaje con resina de fraguado rápido, de uso muy restringido en el proyecto, aplicable solo donde indique la Comisión.

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 $f_y = 411,9 \text{ MPa}$ (4 200 kg/cm^2), instalados e inyectados en toda su longitud dentro del barreno con mortero de cemento o con resina epóxica. 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 podrán canalizarse con la instalación de boquillas y líneas de conducción secundarias, concentrando el flujo hacia su sitio de disposición o bombeo final.

Los drenajes largos y cortos serán del diámetro y longitud indicada donde sean requeridos de acuerdo a observación directa en el frente de excavación, previamente autorizados por la Comisión.

En barrenos de drenaje que crucen zonas de fallas importantes con presencia de material fino o arcilloso susceptible a ser erosionado, 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. Marcos de acero

Los marcos de acero son elementos estructurales formados por perfiles de acero tipo IR, de acuerdo a la sección indicada en planos de proyecto, que sirven para el soporte de la roca en los túneles y en zonas dentro de las obras subterráneas donde las excavaciones presenten condiciones de inestabilidad por roca de mala calidad. Es necesario que, en estas zonas, la instalación de marcos quede integrada al ciclo de excavación-soporte, de acuerdo los claros libres sin soporte indicados en los planos de proyecto.

Para la colocación de estos elementos, se debe considerar que sus dimensiones dejen libre el área establecida en los planos de proyecto.

Los espacios entre la separación de los marcos de acero deberán empacarse en concreto hidráulico, colocarse parrillas de acero o bien permanecer sin refuerzo adicional, como se indica en los planos de proyecto.

La separación, ubicación tratamiento complementario de marcos se definirá en función de la calidad de la roca en el sitio. En los planos de proyecto están indicados los espaciamientos estimados a partir de la información geológica, sin embargo, éstos podrán modificarse de acuerdo con las condiciones encontradas durante la excavación.

6.2.5. Inyección de mezclas cementicias para impermeabilización, consolidación y relleno

Se considera la inyección de mezclas cementicias para cubrir los tratamientos de impermeabilización, consolidación, contacto y relleno de la masa rocosa, para mejorar sus características de permeabilidad y comportamiento mecánico, inyectándolas en presiones variables al terreno (masa rocosa, barrenos,

contactos y oquedades), con la ayuda de equipos de bombeo, conexiones, líneas de conducción necesarias.

Inyecciones de impermeabilización. Estos trabajos se ejecutan a la masa rocosa a través de barrenos, controlando las características reológicas y movilidad durante su inyección, así como las propiedades mecánicas después del fraguado, con el objeto de rellenar fracturas y reducir la permeabilidad del medio.

Inyecciones de consolidación. Este proceso se aplica a la masa rocosa para rellenar fracturas naturales o inducidas en la masa rocosa, con el objeto de mejorar el comportamiento mecánico bajo sollicitaciones de carga o el avance de las excavaciones, controlando las características reológicas y movilidad durante su inyección, así como las propiedades mecánicas después del fraguado.

Inyecciones de contacto. Estas inyecciones se deben ejecutar para asegurar un buen contacto entre el concreto y la roca, para garantizar con ello un apoyo uniforme. Estas inyecciones se realizan perforando y/o equipando los tubos guía ahogados previamente a los colados.

Inyecciones de relleno de cavidades u oquedades que queda entre los concretos y la roca, se debe emplear una mezcla base aprobada por la Comisión.

6.2.6. Poliuretanos para consolidación del terreno

Los poliuretanos para la consolidación de terrenos se consideran como tratamientos de mejora del comportamiento mecánico de la masa rocosa, impermeabilización y aplicaciones de inyección de anclajes. El poliuretano es una mezcla bicomponente, el cual se emplaza en el sitio de interés a través de lanzas aplicadores o barrenos perforados, de forma líquida, presentando tiempos de reacción variables desde 30 segundos a 2 minutos 30 segundos, factores de expansión de 2 a 5, resistencia a la compresión mínima de 7,5 MPa al 10% de la deformación, adherencia garantizada en zonas con presencia de agua, insoluble en agua.

6.2.7. Espuma de inyección para relleno de cavidades

Las espumas de inyección para relleno de cavidades de terrenos se consideran como tratamientos de control de estabilidad en zonas parcialmente colapsadas, sobreexcavadas, oquedades, chimeneas, y obras mineras abandonadas, dando continuidad y soporte a las excavaciones, así como la construcción de tapones temporales y permanentes para las aplicaciones de control de ventilación.

Las espumas de inyección para relleno de cavidades son una mezcla bicomponente, el cual se emplaza en el sitio de interés a través de lanzas aplicadores o barrenos perforados, de forma líquida, presentando tiempos de reacción variables desde 30 segundos a 5 minutos, factores de expansión de 30 a 50, resistencia a la compresión mínima 0,03 MPa al 10% de la deformación, clasificación al fuego M1, reacción garantizada en presencia de agua, insoluble en agua.

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 específica 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.

En las áreas de influencia de excavaciones en carbón o con potencial de presencia de metano, deberán cumplirse los aspectos indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM- 032-STPS-2008 y la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene de la CFE, y deben ser aprobados por dicha Comisión.

6.3.2. Perforadoras

Se recomienda la utilización de perforadoras neumáticas con martillo de fondo, roto percusión y rotarias 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 de mezclas cementicias

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. Equipo para inyección de poliuretanos y espumas bicomponente

Para la inyección de poliuretanos y espumas bicomponente se requieren equipos neumáticos, con capacidades de inyección de mezclas 1:1 hasta 4:1 y caudales mínimos de 7 l/min en procesos de consolidación y 20 l/min mínimos en procesos de rellenos en el terreno, presiones de alimentación de 2 a 7 bares, dimensiones adecuadas para interactuar con los procesos de excavación y soporte. Sin embargo, la selección de equipo será responsabilidad del Constructor, de forma que garantice la calidad y continuidad de los trabajos.

Se deberán considerar las herramientas, líneas de conducción (flexibles y rígidas), válvulas, y conexiones necesarias para llevar la mezcla desde su punto de fabricación en galerías de aproximación y túneles de conexión, hasta los sitios de interés zonas de roca fracturada y galerías abandonadas con distancias que oscilan entre los 30 y 160 m.

6.3.7. 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.

6.3.8. 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.

6.3.9. 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 m³/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 m³/min a 6 bar para proyección manual y de 10 a 15 m³/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.

6.3.10. 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.

6.3.11. Equipo para la instalación de anclas con resinas

Este equipo se requiere para la instalación de anclas con resina. Debe ser de accionamiento neumático y estar adaptado al equipo de barrenación.

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:

- a) 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. Resina epóxica

La resina epóxica es un material fabricado para que al mezclar sus componentes reaccionen químicamente produciendo un fraguado rápido en unos cuantos minutos. Existen en el mercado, con diferentes tiempos de fraguado y para diversas condiciones de humedad y temperatura.

La presentación comercial de la resina epóxica que se especifica para el anclaje, debe ser suministrada en cartuchos con envoltura de nylon que permita protegerla de la humedad y que con cierta facilidad se destruya dentro del barreno al ser desgarrada por el perno del anclaje. El diámetro de los cartuchos está directamente relacionado con el perno de anclaje y el barreno; debe elegirse con base a lo especificado por el fabricante.

Este material debe almacenarse cuidadosamente, protegerse de los rayos directos del sol, de los cambios de temperatura, de la humedad y del maltrato por su delicado empaque. Debe vigilarse con especial cuidado su caducidad y llevar una rotación adecuada para el uso de este producto.

6.4.7. 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/cm²). 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.

6.4.8. Parrillas de acero

La parrilla de acero, constituida por varilla lisa o corrugada electrosoldada es una red metálica formada por una trama cuadrada de varillas soldadas en su intersección, que puede utilizarse para el refuerzo del espacio entre los marcos metálicos con base al procedimiento constructivo del Contratista y sus necesidades de avance. Debe cumplir con las normas NMX- B-253 y NXM-B-290 y tener una resistencia a la tensión (a la fluencia mínima) de 490,33 MPa (5 000 kg/cm²). El acero comercial que se puede utilizar tienen las siguientes características: 10 x 10 x 0,950 cm, donde los dos primeros números indican la abertura de la trama y el siguiente el calibre de las varillas. Las parrillas se conformarán con piezas de 60 x 130 cm, 60 x 180 cm, considerando además un doblez de 5 cm en uno de sus extremos en el sentido longitudinal Para la utilización como sistema de refuerzo o retención debe, además, al momento de su colocación, estar libre de óxido, no tener adherido material de rebote del mismo concreto lanzado ni otra sustancia que disminuya la adherencia de la posible colocación de concretos hidráulicos o lanzados.

6.4.9. Fibras metálicas

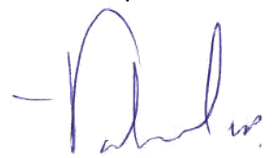
Son elementos metálicos fabricados a partir de alambre cortado en frío, lámina cortada, o de extractos de una masa fundida, que cumplan con ASTM A-820. El proporcionamiento de fibra debe definirse con base en pruebas que el Contratista realice en el sitio, siempre que cumpla con las propiedades mecánicas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

6.4.10. 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.

6.4.11. 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.

6.4.12. 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.

6.4.13. 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 alambres de 6 mm de diámetro a cada 2 m. En un extremo del perno se le fabrica 20 cm de cuerda estándar y en el otro extremo un bisel de 5 cm para los pernos que se utilicen con resina. 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 alambres 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.

6.4.13.1. 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 $\geq 19,6 \text{ MPa}$ (200 kg/cm^2), 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 o resina debe ser de $f'c \geq 19,6$ MPa (200 kg/cm^2), como mínimo a los 28 días de edad, que cumpla con las especificaciones de diseño para este proyecto.

6.4.14. Colocación de los cartuchos de resina epóxica

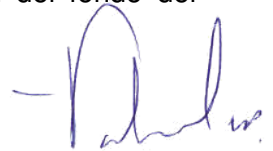
El procedimiento de la colocación de los cartuchos de resina epóxica está relacionado con el diámetro del barreno, del perno de anclaje y del cartucho de resina (indicado en las especificaciones del fabricante del producto); por lo general, se deben introducir en juegos de 2 a 3 cartuchos intercalados con soportes de plástico para evitar que se salgan del barreno en perforaciones ascendentes. Es preferible utilizar un dispositivo neumático para lanzar los cartuchos al interior del barreno y evitar el uso de faineros que puedan desgarrarlos.

En cada barreno se deben colocar dos tipos de resina:

Resina 1. Fraguado rápido de 1 a 2 minutos

Resina 2: Fraguado normal de 15 a 20 minutos

La resina de fraguado rápido se debe utilizar para cementar los primeros 100 cm del fondo del ancla, mientras que en el resto debe utilizarse la resina de fraguado normal.



6.4.14.1. Mezclas de inyección para rellenos de contacto

Para otros casos, como lo es el relleno de cavidades u oquedades que queda entre los concretos y la roca, se debe emplear una mezcla base aprobada por la Comisión que deberá cumplir con las características que se describen a continuación: La relación agua/cemento (A/C) será variable de 0.7/1 a 1.0/1. El Contratista deberá presentar las propiedades de las mezclas de inyección obtenidas en laboratorio para diferentes relaciones A/C en este rango (por ejemplo: 0.7:1, 0.75:1, 0.8:1, 0.85:1, 0.9:1, 0.95:1, 1:1) u otros valores que considere convenientes, en combinación con diferentes proporciones de aditivo fluidificante en el rango recomendado por el fabricante, así como variaciones en el orden y tiempo de mezclado cuando se considere conveniente. De igual forma podrán probarse otros tipos de cemento que el Contratista considere convenientes para cumplir con las propiedades especificadas para la mezcla, o un mortero de cemento de alta densidad, que tenga una relación

agua/cemento/Arena (A/C/Ar)= 1.0:1.0:1.0. La dosificación tentativa para este mortero es la siguiente:

Material	Proporción en peso
Arena fina (malla # 8 a 16)	50 kg
Agua	50 litros
Cemento CPC-30R ó CPP-30R	50 kg

El empleo de una u otra mezcla estará en función del tamaño de la oquedad y/o del propósito buscado según el tratamiento de contacto de que se trate. Los cambios deberán ser notificados previamente al supervisor de Comisión, para someterlos a su aprobación.

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/cm²) 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.

6.4.14.3. Inyecciones de contacto concreto-roca

Estas inyecciones se deben ejecutar para asegurar un buen contacto entre el concreto y la roca, para garantizar con ello un apoyo uniforme. Estas inyecciones se realizan perforando y/o equipando los tubos guía ahogados previamente a los colados, como se especifica en el inciso 6.5.2, introduciendo el volumen necesario de lechadas y/o de morteros hasta lograr el llenado completo de la oquedad (mortero especificado en el inciso 6.4.13.1), vigilando que la presión máxima de inyección no sobrepase la presión que se especifica para cada caso, según el proyecto.

El procedimiento para la ejecución de estas inyecciones es el siguiente:

- Los barrenos podrán ser de diámetro mínimo: 38.1 a 57.2 mm (1 ½" a 2 ¼"), penetrando 0,50 a 1.0 m después del contacto concreto-roca.
- El contacto concreto-roca se inyectará en una sola progresión, obturando a 0,20 m antes del contacto concreto-roca o colocando boquillas de tubo metálico de un diámetro mínimo de 25,4 mm (1").
- El avance u orden de la inyección será de los barrenos inferiores hacia los superiores, debiendo mantener abiertos y obturados o equipados con boquillas y con válvula o manguera flexible los barrenos restantes de la propia sección en proceso de inyección y los de las secciones anteriores y posteriores. En caso de comunicación de la inyección con barrenos vecinos, se puede optar por cualquiera de los dos criterios siguientes:
 1. Se pueden derivar líneas de inyección a los barrenos comunicados para su inyección simultánea con el barreno de origen, debiendo instrumentarlos con sus respectivos manómetros para verificar que el sellado sea con la presión máxima establecida, en este caso se dará por sellado el barreno, de lo contrario se deberá reinyectar.
 2. También se puede cerrar la válvula u obturar la manguera flexible del barreno comunicado y continuar con la inyección del barreno de origen hasta su sellado final, inmediatamente después realizar la inyección del barreno comunicado.

En caso de observar taponamiento del barreno comunicado este deberá reponerse por medio de la perforación de un barreno ubicado a una distancia no mayor a 30 cm., para posteriormente inyectarse.

6.4.14.4. Inyecciones de impermeabilización y consolidación

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

La inyección debe ejecutarse en progresiones en tramos de longitud mínima de 1 m y máximas de 5 m, adecuándose a las dimensiones particulares del barreno, realizándolo en forma continua desde el inicio hasta el llenado total del barreno en cada tramo. La inyección de un barreno se da por terminada cuando se haya alcanzado la presión máxima recomendada y un gasto nulo.

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

La dosificación del material inyectable debe cumplir ciertos parámetros reológicos, de ello, pueden proponerse de la manera siguiente:

- Viscosidad inicial tipo Marsh (s) 30-32
- Viscosidad en una hora (s) <35 s

- Densidad 1.60+/-0.03 g/cm³
- Decantación <=4%
- Temperatura 28-32°

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. Instalación de tubos guía

Para iniciar la perforación de un barreno hasta la profundidad requerida y ejecutar un tratamiento de inyección o de drenaje específico sin problemas de obstrucción, el contratista está obligado a dejar instalados tubos guía previamente a la colocación del concreto lanzado, al colado del concreto hidráulico, a los colados de concreto plástico y/o al fraguado de la lechada autofraguante de los muros pantalla. La instalación de estos tubos guía debe garantizar que la perforación del barreno cumpla con los datos de proyecto, para tal efecto, es indispensable fijarlos firmemente y vigilar que durante las actividades de los revestimientos y los colados no sufran movimientos indeseables. Deben estar protegidos por ambos extremos del tubo para conservar todo el carril vacío, evitando obstrucciones en el interior. La longitud de los tubos guía es la que permite llegar desde la superficie hasta la profundidad donde se debe iniciar el tratamiento o hasta pasar los armados de acero de refuerzo y/o hasta el contacto con la roca, en el caso, que un tubo guía no cumpla con los datos de proyecto, se deberá realizar la barrenación desde la superficie hasta la profundidad que se requiera, siendo responsabilidad del contratista los trabajos adicionales en que se incurran.

Es responsabilidad total del Contratista la elección del diámetro y material de los tubos guía; debe considerarse que el diámetro de los tubos guía es el que permita, en cada caso específico, un eficiente proceso de perforación y de inyección. La Comisión no aceptará ninguna reclamación de costo por omisión del Contratista.

6.5.3. Instalación de boquillas

Se refiere a las actividades que deben realizarse para instalar un tubo en una grieta o brocal de un barreno. El tubo o boquilla debe quedar sujeto firmemente mediante taquetes o cuñas de madera o acero y sellado con papel y mortero de yeso-cemento, con la finalidad de que no se mueva durante el lanzamiento del concreto, colocación del concreto hidráulico o proceso de inyección. Las características de la boquilla son: tubo de fierro de diámetros que varían desde 19.1 a 76.2 mm (3/4" y 3"

respectivamente), con el extremo libre roscado para colocar una válvula de esfera o de bola. La boquilla así instalada permitirá la captación de agua y/o la inyección de mezclas. Para drenajes largos y cortos pueden utilizarse tubos de PVC.

6.5.4. 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.

Para la ejecución de tratamientos en la masa rocosa, rellenos de oquedades y galerías abandonadas, se requerirá de barrenos desde verticales a subhorizontales, y longitudes de 30 a 160 m, por lo que el Constructor deberá considerar los equipos con las capacidades adecuadas. Estos barrenos serán determinados en ubicación y longitud por la Comisión de acuerdo a las condiciones encontradas durante el desarrollo de los trabajos.

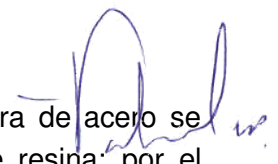
Se requieren perforaciones para el anclaje como se describe enseguida:

6.5.4.1. Perforaciones para el anclaje

El diámetro mínimo de los de los barrenos para anclaje debe ser de 3" (7.62 cm), orientación y longitudes variables como se indica en los planos de proyecto.

6.5.4.2. Instalación de barras de acero con cartuchos de resina

Previo a la instalación del perno se deben colocar los cartuchos de resina. La barra de acero se debe introducir por el extremo biselado como punta para romper los cartuchos de resina; por el otro extremo, mediante un conector a la rosca se debe girar el perno durante 20 segundos en caso de usar máquina rotatoria ó de 40 a 60 revoluciones si se utiliza equipo de rotopercusión. Finalmente, debe instalarse la placa metálica, la cual se apoya contra la roca mediante la tuerca en el extremo libre a la que se debe aplicar un torque que transmita al perno una tensión del 30% de la capacidad nominal del perno. Debe tenerse cuidado de que los alambrones soldados a la placa no se dañen, debido a que están diseñados para ligar el anclaje con la malla de refuerzo y formar en conjunto con el concreto lanzado el soporte definitivo.



6.5.4.3. 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.

6.5.4.4. 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, o en los taludes o paredes de las galerías, que sean representativas 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, calculando la longitud adecuada para garantizar la falla en alguna de las interfaces roca-mortero-acero.

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 6.4.1.1 y de resistencia mecánica; los resultados deben cumplir con los requerimientos del proyecto.

- Obtener muestras del mortero o de resinas epóxicas 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 6.4.13.1 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, no destructiva, 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.

6.5.5. Equipamientos de barrenos de drenaje

El equipamiento de los barrenos de drenaje, donde lo indique la Comisión, consiste en instalar tubo de PVC colocado a lo largo del barreno, ranurado, protegido con una capa de geotextil sujeto con alambre galvanizado o flejes plásticos al exterior del tubo de PVC.

6.5.6. 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 energética, 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.

6.5.7. 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.

6.5.8. Malla de Refuerzo

6.5.8.1. 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.

6.5.8.2. 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.

6.5.9. 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.

6.5.10. 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 Catálogo 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.
NOM-032-STPS-2008	Seguridad para minas subterráneas de carbón