EM 385-1-1

Capítulo 26

Construcción Subterránea, Tiros y Cajones de Cimentación

Traducción de cortesía — la edición oficial y la única con validez es la edición en inglés del U.S. Army Corps of Engineers (15 de marzo de 2024). En caso de diferencia, prevalece el texto en inglés.

26-1. Referencias.

a. ASME B31, Código de Tuberías a Presión (https://www.asme.org) (26-1.a)

b. EM 1110-1-2907, Refuerzo de Roca (https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/) (26-1.b)

c. EM 1110-1-2908, Cimentaciones en Roca (https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/) (26-1.c)

d. EM 1110-2-2901, Túneles y Tiros en Roca (https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/) (26-1.d)

e. Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminantes (National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES) de la EPA (https://www.epa.gov/npdes) (26-1.e)

f. NFPA 122, Norma para la Prevención y el Control de Incendios en Instalaciones Mineras Metálicas/No Metálicas y de Procesamiento de Minerales Metálicos (https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards) (26-1.f)

g. NFPA 55, Código de Gases Comprimidos y Fluidos Criogénicos (https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards) (26-1.g)

h. NFPA 70, Código Eléctrico Nacional (https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards) (26-1.h)

i. NFPA 1006, Norma de Calificaciones Profesionales del Personal de Rescate Técnico (https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards) (26-1.i)

j. UFC 3-601-02, Inspección, Pruebas y Mantenimiento de Sistemas de Protección contra Incendios (https://www.wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-criteria-ufc) (26-1.j)

k. UFGS 14 21 13, Elevadores Eléctricos de Tracción para Carga (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.k)

l. UFGS 14 21 23, Elevadores Eléctricos de Tracción para Pasajeros (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.l)

m. UFGS 14 24 13, Elevadores Hidráulicos para Carga (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.m)

n. UFGS 14 24 23, Elevador Hidráulico para Pasajeros (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.n)

o. UFGS 22 15 14.00 40, Sistemas de Aire Comprimido de Servicio General, Baja Presión (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.o)

p. UFGS 22 15 26.00 20, Tuberías de Aire Comprimido de Alta y Media Presión (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.p)

q. UFGS 31 63 26, Cajones de Cimentación Perforados (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.q)

r. UFGS 31 68 13, Anclajes de Suelo y Roca (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.r)

s. UFGS 41 24 26, Sistemas de Potencia Hidráulica (https://wbdg.org/ffc/dod/unified-facilities-guide-specifications-ufgs) (26-1.s)

t. 29 CFR 1910.22, Requisitos Generales (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol5/pdf/CFR-2020-title29-vol5-sec1910-22.pdf) (26-1.t)

u. 29 CFR 1910.1020, Acceso a los Registros de Exposición y Médicos del Empleado (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol6/pdf/CFR-2020-title29-vol6-sec1910-1020.pdf) (26-1.u)

v. 29 CFR 1926.55, Gases, Vapores, Humos, Polvos y Nieblas (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-sec1926-55.pdf) (26-1.v)

w. 29 CFR 1926.1052, Escaleras Fijas (Stairways) (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-sec1926-1052.pdf) (26-1.w)

x. 29 CFR 1926.1413, Inspecciones de Cable de Acero (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-sec1926-1413.pdf) (26-1.x)

y. 29 CFR 1926 Subparte D, Controles de Salud Ocupacional y Ambientales (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-part1926-subpartD.pdf) (26-1.y)

z. 29 CFR 1926 Subparte F, Protección y Prevención contra Incendios (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-part1926-subpartF.pdf) (26-1.z)

aa. 29 CFR 1926 Subparte K, Electricidad (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-part1926-subpartK.pdf) (26-1.aa)

bb. 29 CFR 1926 Subparte M, Protección contra Caídas (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-part1926-subpartM.pdf) (26-1.bb)

cc. 29 CFR 1926 Subparte S, Construcción Subterránea, Cajones de Cimentación, Ataguías y Aire Comprimido (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-part1926-subpartS.pdf) (26-1.cc)

dd. 29 CFR 1926 Subparte U, Voladuras y Uso de Explosivos (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title29-vol8/pdf/CFR-2020-title29-vol8-part1926-subpartU.pdf) (26-1.dd)

ee. 30 CFR Parte 49, Equipos de Rescate Minero (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title30-vol1/pdf/CFR-2020-title30-vol1-part49.pdf) (26-1.ee)

ff. 30 CFR Parte 57, Normas de Seguridad y Salud para Minas Subterráneas Metálicas y No Metálicas (https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2020-title30-vol1/pdf/CFR-2020-title30-vol1-part57.pdf) (26-1.ff)

26-2. Definiciones.

a. Participante Autorizado (construcción subterránea). Una persona que ha completado la capacitación requerida (véase el párrafo 26-3.a), usa el PPE apropiado y ha recibido permiso del empleador para realizar trabajo bajo tierra. (26-2.a)

b. Cajón de Cimentación (Caisson). Una cámara de madera, acero, concreto o concreto reforzado, hermética al aire y al agua, en la que es posible trabajar bajo una presión de aire mayor que la presión atmosférica para

excavar material por debajo del nivel del agua. (26-2.b)

c. Persona Competente (Competent Person, CP). Véanse los párrafos 1-2 o 2-2, según aplique. (26-2.c)

d. Persona Designada. Un empleado que ha sido capacitado o está calificado y al que se le ha asignado la responsabilidad de realizar una tarea específica. (26-2.d)

e. Fluido de Perforación. Un fluido formulado que se bombea dentro de un barreno perforado y se usa para arrastrar los recortes fuera del barreno. El lodo de perforación es un tipo de fluido de perforación hecho de una lechada de arcilla o polímeros y agua que se usa para recubrir y soportar las paredes del barreno y sellar los estratos permeables. (26-2.e)

f. Frente (Face). El extremo de avance o la pared de un túnel, una galería u otra excavación donde el trabajo está progresando. (26-2.f)

g. Frente de Avance (Heading). Una pared de roca sin excavar en el extremo de avance de un túnel. También se usa para designar un túnel pequeño, o un túnel pequeño excavado como parte de un túnel mayor. (26-2.g)

h. Malacate (Hoist). Una unidad de maquinaria que se usa para izar o bajar una carga libremente suspendida (sin guía). (26-2.h)

i. Jumbo. Una máquina móvil que contiene plataformas de trabajo y perforadoras, que se usa para perforar roca y cargar barrenos de voladura, sanear el frente o realizar otro trabajo relacionado con la excavación. (26-2.i)

j. Persona Calificada (Qualified Person, QP), Construcción Subterránea. Aquella que, por poseer un título, certificado o posición profesional reconocidos, o un amplio conocimiento, capacitación y experiencia, ha demostrado con éxito la capacidad de resolver problemas relacionados con la materia, el trabajo o el proyecto. Una QP típica para este párrafo es un Ingeniero Profesional Registrado (Registered Professional Engineer, RPE), un Ingeniero Geotécnico, un Ingeniero de Minas o un Geólogo de Ingeniería, certificado o licenciado según lo requiera la autoridad competente (Authority Having Jurisdiction, AHJ) para la ubicación del sitio. El término «Persona Calificada (QP)», tal como se usa en este capítulo, se refiere a «Persona Calificada, Construcción Subterránea». (26-2.j)

k. Saneo (Scaling). La remoción de material suelto, saliente, sobresaliente o colocado de otro modo en posición precaria, por encima o a lo largo de los lados de una excavación. (26-2.k)

l. Tiro (Shaft). Un pasaje hecho desde la superficie del terreno hasta un punto bajo tierra, que atraviesa el terreno en un ángulo mayor de 20° respecto a la horizontal. (26-2.l)

m. Línea de Arranque (Spring Line). El punto donde la porción curva del techo se encuentra con la parte superior de la pared. En un túnel circular, las líneas de arranque están en los extremos opuestos de la línea central horizontal. (26-2.m)

n. Túnel. Una excavación por debajo de la superficie del terreno, cuyo eje mayor forma un ángulo no mayor de 20° respecto a la horizontal. (26-2.n)

o. Máquina Tuneladora (Tunnel Boring Machine, TBM). Una máquina que excava un túnel perforando el frente de avance hasta el tamaño completo en una sola operación. También puede llamarse «topo» (mole). La TBM típicamente se impulsa hacia adelante empujando contra los soportes de la excavación colocados detrás de ella o agarrándose del lado de la excavación. (26-2.o)

26-3. Calificación y Capacitación Requeridas del Personal.

a. Participantes Autorizados. Los Participantes Autorizados deben recibir instrucción de seguridad en el reconocimiento y la evitación de los peligros asociados con la construcción subterránea de acuerdo con el 29 CFR 1926.800 (29 CFR 1926 Subparte S), incluidos todos los planes pertinentes de acuerdo con el párrafo 26-7. (26-3.a)

b. Personas Designadas. Las Personas Designadas deben: (26-3.b)

- (1) Recibir la capacitación de Participante Autorizado y estar completamente familiarizadas con el sistema de registro de entrada y salida utilizado en el sitio.
- (2) Saber cómo activar el Equipo de Rescate y otros servicios de emergencia en caso de cualquier emergencia.
- (3) Tener un conocimiento profundo de los sistemas de iluminación, ventilación, comunicación y cualquier otro sistema relacionado con la seguridad de la vida, y ser capaces de tomar la acción apropiada en caso de cualquier falla.

c. Equipo de Rescate. El personal del Equipo de Rescate debe estar familiarizado con el sitio, mantenerse actualizado sobre las operaciones en curso que puedan afectar su plan de respuesta, y estar completamente capacitado de acuerdo con la NFPA 1006 o una norma equivalente aceptable para el supervisor del USACE / el oficial de contrataciones (KO) o el representante del oficial de contrataciones (COR). (26-3.c)

26-4. Roles y Responsabilidades.

a. Personas Designadas. La Persona Designada es responsable de llevar una contabilidad exacta de los empleados que están bajo tierra y de solicitar ayuda de inmediato en caso de una emergencia. Debe permanecer en la superficie, cerca de la entrada, en todo momento, y no debe estar tan ocupada con otras funciones que estas responsabilidades se vean entorpecidas. Las funciones exactas se enumerarán en el Plan de Prevención de Accidentes (Accident Prevention Plan, APP) específico del sitio, en el AHA o en la documentación equivalente. (26-4.a)

b. Persona Calificada (QP). (26-4.b)

- (1) Una QP debe realizar inspecciones del sitio de trabajo para asegurar que cualquier condición relacionada con la geología sea anticipada, reconocida, evaluada y corregida antes de que pueda presentar un peligro para los ocupantes o la propiedad. El alcance y la frecuencia de estas inspecciones deben incluirse en el APP específico del sitio, o en el plan equivalente, y modificarse según sea necesario para asegurar su adecuación siempre que cambien las condiciones o los procesos de trabajo.
- (2) Una QP debe diseñar o revisar todos los sistemas de soporte del terreno, el entibado, los sistemas de soporte del techo, los métodos de excavación y los sistemas de soporte con pernos de roca.
- (3) Una QP debe inspeccionar los soportes subterráneos en el área de voladura después de cada voladura, de acuerdo con el párrafo 29-8.h.
- (4) Una QP debe preparar un Plan de Respuesta a Contingencias (Contingency Response Plan, CRP) de acuerdo con el párrafo 26-7.c.
- (5) Una QP debe inspeccionar los dispositivos de monitoreo de aire de acuerdo con el párrafo 26-5.a.

c. Persona Competente (CP). (26-4.c)

- (1) Una CP es responsable de asegurar que la calidad del aire cumpla los requisitos del capítulo 6 de este manual. Realizará muestreo de aire personal y de área para todos los contaminantes que razonablemente se espere que puedan estar presentes donde el personal esté trabajando. Realizará el muestreo con frecuencias suficientes para asegurar que las condiciones y las exposiciones estén bien caracterizadas. Todo cambio requerido en los controles de seguridad que revelen estos datos debe atenderse e implementarse de inmediato. La CP debe tener la autoridad de coordinar con la Persona Designada la detención del trabajo y la evacuación del sitio de trabajo cuando se encuentren niveles peligrosos que excedan cualquier umbral de Inmediatamente Peligroso para la Vida o la Salud (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH) o del Límite Inferior de Explosividad (Lower Explosive Limit, LEL).
- (2) Realizar inspecciones del techo, el frente y las paredes de los túneles de acuerdo con el párrafo 26-5.e.
- (3) Inspeccionar y probar los sistemas de ventilación de acuerdo con el párrafo 26-5.a.

d. Operador de Equipo. Inspeccionar el equipo de acuerdo con el párrafo 26-5.a. (26-4.d)

e. Electricistas. Inspeccionar los camiones utilizados para el transporte subterráneo de explosivos de acuerdo con el párrafo 26-5.c. (26-4.e)

f. Un higienista industrial (Industrial Hygienist, IH) o una CP especialmente capacitada debe realizar una revisión del sitio de trabajo y de las actividades de los trabajadores cuando las tareas involucren factores de riesgo relacionados con la ergonomía, tales como posturas incómodas, exposición a peligros físicos como vibración o ruido excesivos, estrés térmico o exposición a fluidos, incluida el agua. Los peligros se atenderán y mitigarán en la mayor medida práctica. (26-4.f)

26-5. Requisitos de Inspección.

a. Equipo. (26-5.a)

- (1) El operador debe inspeccionar el equipo motorizado o importante para la seguridad de la vida antes de su uso y al inicio de cada turno. Esto incluye guardas, interruptores de apagado, iluminación y otro equipo de seguridad. El equipo no debe operarse si las guardas, los enclavamientos, los interruptores de seguridad u otras características de seguridad están inoperables o han sido modificados.
- (2) Equipo de Rescate. Realizar y documentar inspecciones mensuales y pruebas de funcionamiento del equipo de rescate.
- (3) Equipo de Perforación. Inspeccionar periódicamente el equipo de perforación, la desviación (drift) y la dirección, para evaluar si el área de trabajo o las condiciones del terreno se han vuelto inestables.
- (4) Inspeccionar los aparejos de acuerdo con el capítulo 15 y el 29 CFR 1926.1413.
- (5) Una CP debe inspeccionar y probar los sistemas de ventilación de acuerdo con el Plan de Ventilación y Control de Polvo (véase el párrafo 26-7.e).
- (6) Una QP debe inspeccionar los dispositivos de monitoreo de aire de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

b. Líneas Neumáticas. Inspeccionar rutinariamente las líneas hidráulicas y neumáticas de acuerdo con las instrucciones del fabricante o la referencia más aplicable enumerada en el párrafo 26-5. Retirar del servicio cualquier línea dañada o defectuosa. (26-5.b)

c. Peligros Eléctricos. Los electricistas deben inspeccionar los camiones utilizados para el transporte subterráneo de explosivos en busca de peligros del sistema eléctrico, tales como corrientes parásitas. No se permiten luces auxiliares en las cajas de los camiones alimentadas por el sistema eléctrico del camión. El registro escrito más reciente de dichas inspecciones se mantendrá dentro del vehículo y estará disponible para su revisión. (26-5.c)

d. Condiciones del Terreno. Una QP debe inspeccionar las condiciones del terreno a lo largo de las vías de acarreo subterráneas y las vías de acceso antes del ingreso inicial de los Participantes Autorizados. La frecuencia de inspección es la especificada en el APP específico del sitio o en la documentación equivalente, y debe modificarse siempre que se encuentren cambios que puedan afectar la estabilidad, o cuando lo justifique un cambio en los métodos de construcción que se utilicen. (26-5.d)

e. Túneles. Una CP debe inspeccionar el techo, el frente y las paredes del área de trabajo al inicio de cada turno y con la frecuencia necesaria para determinar la estabilidad del túnel y la protección adecuada contra la caída de material. (26-5.e)

f. Voladuras. Una QP debe inspeccionar los soportes subterráneos en el área de voladura después de cada voladura, de acuerdo con el párrafo 29-8.h. (26-5.f)

26-6. Requisitos del Análisis de Peligros de la Actividad (AHA).

Desarrollar los AHA de acuerdo con los párrafos 1-6 o 2-6, según aplique, para incluir lo siguiente:

a. El AHA para equipo motorizado debe incluir todos los aspectos requeridos para operar el equipo de manera segura en un ambiente subterráneo. Para el equipo que solo será operado por personal específicamente capacitado y autorizado, este requisito puede cumplirse si está adecuadamente cubierto en su PHA. Se deben atender los peligros inherentes de aplastamiento, atrapamiento entre objetos y sepultamiento asociados con las operaciones de equipo grande y pesado. (26-6.a)

b. Incluir en los AHA específicos del sitio las consideraciones potenciales de salud ocupacional relacionadas con el agua, tales como hipotermia, daño a los tejidos por inmersión crónica, el crecimiento de bioorganismos potencialmente patógenos y la exposición a patógenos transmitidos por la sangre (Bloodborne Pathogens, BBP) debido a aguas residuales. (26-6.b)

26-7. Requisitos Mínimos de los Planes.

a. Los planes específicos requeridos para cualquier trabajo cubierto en este párrafo deben contener la siguiente información, además de los otros requisitos enumerados para el plan específico. (26-7.a)

- (1) Descripción Detallada de la Tarea.
- (2) Peligros Anticipados.
- (3) Capacitación y Calificación Requeridas del Personal.
- (4) Roles y Responsabilidades del Personal.
- (5) Requisitos de Inspección.

b. Plan de Trabajo con Aire Comprimido (Compressed Air Work Plan, CAWP). Se requiere un CAWP cuando se usan gases comprimidos en un proyecto o cuando se usan o almacenan cilindros de gas en el sitio del proyecto por más de 24 horas. El CAWP debe incluir las siguientes consideraciones: (26-7.b)

- (1) Requisitos de la esclusa médica y su operación.
- (2) Sistema de identificación de los trabajadores de aire comprimido.
- (3) Requisitos del sistema de comunicaciones.
- (4) Requisitos de letreros y de mantenimiento de registros.
- (5) Requisitos especiales de compresión y descompresión.
- (6) Requisitos de la esclusa de personal y de la cámara de descompresión.
- (7) Requisitos de los sistemas de compresores y del suministro de aire.
- (8) Requisitos de ventilación.
- (9) Requisitos de energía eléctrica.
- (10) Consideraciones de saneamiento.
- (11) Consideraciones de prevención y protección contra incendios.
- (12) Requisitos de mamparos y pantallas de seguridad.

c. Plan de Respuesta a Contingencias (Contingency Response Plan, CRP). Se requiere un CRP cuando se anticipa que la construcción de túneles, tiros, cámaras, pasajes u otras estructuras subterráneas cubiertas por este párrafo afectará estructuras o instalaciones existentes. Una QP debe preparar el plan y este debe atender, como mínimo, lo siguiente: (26-7.c)

- (1) Descripción general del proyecto, antecedentes y necesidad de un CRP.
- (2) Interacciones o estabilidad de las masas de suelo y/o roca.
- (3) Impactos hidráulicos e hidrogeológicos.
- (4) Impactos inducidos por vibración.
- (5) Sistemas de monitoreo.

- (6) Criterios de alerta y niveles de alarma.
- (7) Respuesta a contingencias requerida cuando se alcancen los criterios de alerta y los niveles de alarma.

d. Planes y Equipo de Rescate de Emergencia. Proporcionar el equipo de emergencia especificado en el plan a no más de 15 minutos de tiempo de viaje de cada entrada de portal o tiro. Los planes y el equipo de rescate de emergencia deben detallarse cuidadosamente y deben incluir las siguientes consideraciones: (26-7.d)

- (1) Medios principales y de respaldo de activación.
- (2) Medios principales y de respaldo de comunicación.

e. Plan de Ventilación y Control de Polvo. Desarrollar e implementar un Plan de Ventilación y Control de Polvo para todo proyecto de construcción subterránea. El plan debe detallar adecuadamente cómo se mantendrá una calidad de aire respirable aceptable, atendiendo también los controles específicos para cualquier contaminante particulado y gaseoso presente, y debe modificarse en consecuencia. Como mínimo, debe incluir lo siguiente: (26-7.e)

- (1) Prácticas de trabajo específicas del sitio que se implementarán.
- (2) Equipo requerido, incluidas las especificaciones de materiales y de desempeño.
- (3) Métodos y frecuencia para confirmar la operación correcta.
- (4) Controles requeridos para mitigar peligros especiales (por ejemplo, el uso de agua al perforar, cortar o esmerilar roca, concreto o mampostería, y las medidas para cumplir los requisitos de exposición a la sílice del 29 CFR 1926.55).

f. Plan de Prevención y Protección contra Incendios. Desarrollar e implementar un Plan de Prevención y Protección contra Incendios para todo proyecto de construcción subterránea, de acuerdo con el capítulo 9. Todo el personal afectado debe revisar el plan con la frecuencia necesaria para mantener un conocimiento práctico de las responsabilidades y los procedimientos de emergencia. El plan debe atender lo siguiente: (26-7.f)

- (1) Requisitos de inspección de acuerdo con el UFC 3-601-02.
- (2) Prácticas de trabajo y controles específicos que se implementarán para la prevención de incendios.
- (3) Medidas de respuesta que se tomarán para controlar y extinguir cualquier incendio que pueda ocurrir.
- (4) Requisitos de inspecciones diarias y semanales de prevención y protección contra incendios.
- (5) La frecuencia de simulacros y capacitación requerida para asegurar la eficacia continua.

26-8. Requisitos Generales.

El párrafo 26-8 aplica a la construcción de túneles, tiros, cámaras y pasajes subterráneos. El párrafo 26-8 también aplica a las excavaciones de corte y cubierta (cut-and-cover) que estén físicamente conectadas con operaciones de construcción subterránea en curso dentro del alcance de este párrafo y cubiertas de tal manera que creen condiciones características de la construcción subterránea.

a. Acceso y Salida. La Persona Designada es responsable de controlar el acceso a todas las aberturas subterráneas para prevenir el ingreso no autorizado. El acceso de los Participantes Autorizados debe coordinarse y controlarse de acuerdo con los requisitos de OSHA. Se establecerán procedimientos de documentación de los trabajadores y un sistema de registro de entrada y salida de acuerdo con el 30 CFR 57.11058. (26-8.a)

b. Excavación de Túneles en Suelo. (26-8.b)

- (1) Donde los túneles se excaven por métodos convencionales, la excavación no debe extenderse más de 24 pulgadas (61 cm) por delante de los soportes del terreno. Donde se usen máquinas de minería continua para la excavación de túneles, la excavación no debe extenderse más de 48 pulgadas (122 cm) por delante de los soportes del terreno.

- (2) No se permitirá bajo ninguna circunstancia que las personas trabajen en secciones no soportadas de los túneles.
- (3) Todos los vacíos detrás de los soportes del terreno deben rellenarse, bloquearse, apuntalarse o tratarse para prevenir más derrumbes.
- (4) Donde no se use placa de revestimiento para el soporte del túnel, debe instalarse malla de alambre de 2 pulgadas (5.1 cm) o tela de eslabones de cadena sobre la sección de la corona, extendiéndose hacia abajo hasta la línea de arranque a cada lado del túnel, y asegurarse en su sitio.

c. Tiros. (26-8.c)

- (1) Soporte de Tiros. (a) Todos los pozos o tiros de más de 5 pies (1.5 m) de profundidad se soportarán con entibado (lagging), pilotes o revestimiento (casing) de resistencia suficiente para soportar el desplazamiento de la tierra circundante. (b) La profundidad total del tiro se soportará con revestimiento o apuntalamiento, excepto donde el tiro penetre en roca sólida con características que no cambiarán debido a la exposición, según lo determine una QP.
- (2) Excavaciones sin Soporte Tipo Barrena. No se permitirá que los empleados ingresen a una excavación tipo barrena sin soporte en material inestable para ningún propósito. En tales casos, la limpieza necesaria debe realizarse sin ingreso.
- (3) Acceso Seguro a los Tiros. En todo momento debe haber dos medios seguros de acceso en los tiros. Esto puede incluir una escalera y un malacate.

d. Protección contra la Caída de Material. (26-8.d)

- (1) Una CP debe inspeccionar el techo, el frente y las paredes del área de trabajo al inicio de cada turno y con la frecuencia necesaria para determinar la estabilidad del túnel y la protección adecuada contra la caída de material.
- (2) Las masas de roca separadas de la masa principal por discontinuidades deben asegurarse mediante pernos de roca, otros medios adecuados, o deben removerse. Un ingeniero geotécnico, un ingeniero estructural u otra QP debe diseñar los medios para asegurar las masas de roca.
- (3) Proporcionar tela de eslabones de cadena anclada, u otro método aprobado por el supervisor del USACE o aceptado por el KO o el COR, en las caras de roca sujetas a desprendimientos (spalling).
- (4) Donde los túneles se excaven a través de tierra o lutita, toda excavación por encima o adyacente a las áreas de portal debe inclinarse hasta el ángulo de reposo o mantenerse en su sitio mediante soportes del terreno. Cuando ocurra socavación en estas pendientes, ya sea por erosión u otras causas, el material saliente debe removerse de inmediato.
- (5) Proporcionar un refugio protector en cada portal subterráneo para proteger a las personas y el equipo de los peligros de la caída de roca u otro material, cuando sea necesario. El refugio protector debe estar hecho de un material suficientemente durable y resistente, y tener el tamaño apropiado con base en las condiciones del sitio de trabajo y el riesgo. Esta determinación debe documentarse en un APP específico del sitio o en un documento equivalente.
- (6) Remover de inmediato la acumulación de hielo o nieve en las caras de roca o las pendientes de tierra que cree un peligro.

e. Sistemas de Soporte del Terreno. Una QP debe diseñar o revisar todos los sistemas de soporte del terreno, el entibado, los sistemas de soporte del techo, los métodos de excavación y los sistemas de soporte con pernos de roca. Se proporcionará protección adecuada a los empleados expuestos al peligro de terreno suelto mientras instalan los sistemas de soporte del terreno. (26-8.e)

f. Izaje. Las vías de izaje pueden usarse para izar materiales o personal, pero no ambos simultáneamente. (26-8.f)

g. Equipo de Manejo de Materiales. (26-8.g)

- (1) Montar una luz ámbar giratoria intermitente en todos los vehículos y el equipo móvil que deba entrar y salir de las áreas de construcción subterránea. La luz se montará de modo que sea visible en todas direcciones y debe estar operativa siempre que el vehículo o el equipo móvil esté en operación.
- (2) Equipar el equipo de acarreo con dos faros en ambos extremos, una luz de retroceso y una alarma automática de retroceso.
- (3) Donde se usen ferrocarriles de vía angosta para el acarreo, las vías deben asegurarse para prevenir su desplazamiento. No se permitirá el acoplamiento por impacto («humping») de los carros de volteo de mina.
- (4) Las locomotoras y los carros de volteo de mina deben estar equipados con acoplamientos automáticos de seguridad, y los carros cuna deben estar equipados con un dispositivo de bloqueo positivo para prevenir el volteo accidental.
- (5) No operar el equipo de acarreo a una velocidad que ponga en peligro a cualquier empleado.
- (6) Los operadores deben asegurar que exista una línea de visión clara hacia toda el área donde se volteará una carga, directamente o a través de un señalero que haya coordinado los requisitos de espacio libre y los métodos de comunicación con el operador antes de voltear las cargas. Todo el demás personal debe permanecer fuera de esta área hasta que el volteo se complete y el operador indique que el acceso puede reanudarse.
- (7) Mantener los vehículos que no estén directamente involucrados en el trabajo alejados de los portales y separados de las actividades de construcción.
- (8) Los transportadores utilizados para transportar el material excavado desde los túneles deben instalarse, protegerse y mantenerse de acuerdo con el capítulo 14. Proporcionar extintores de incendio o protección equivalente en las poleas de cabeza y de cola de los transportadores de banda subterráneos y a intervalos de 300 pies (91.4 m) a lo largo de la línea de la banda.

h. Seguridad en el Agua y Prevención de Inundaciones. (26-8.h)

- (1) El agua descargada de cualquier sitio subterráneo o de construcción debe probarse y tratarse para asegurar que cumpla los requisitos de descarga del NPDES de la EPA y de la autoridad local, según corresponda.
- (2) Cuando exista el potencial, el agua debe probarse para asegurar que no contenga peligros que puedan exponer a los trabajadores por encima de cualquier límite de exposición ocupacional (Occupational Exposure Limit, OEL) de acuerdo con el capítulo 6 de este manual.
- (3) Tomar medidas para prevenir inundaciones siempre que las aberturas estén ubicadas junto a fuentes de agua que puedan causar inundaciones en el área de trabajo subterránea.
- (4) El personal que trabaje en áreas subterráneas mojadas debe usar botas de hule y ropa para lluvia, según sea necesario.

i. Trabajo con Aire Comprimido. El trabajo en ambientes de aire comprimido se realizará de acuerdo con el 29 CFR 1926.803 (29 CFR 1926 Subparte S), incluido el desarrollo de un CAWP de acuerdo con el párrafo 26-7.b. (26-8.i)

j. Perforación. Las operaciones de perforación de este párrafo se describen para las actividades relacionadas con la construcción subterránea e incluyen la perforación asociada con sondeos exploratorios, voladuras, ventilación y tiros de acceso. Para la perforación asociada con otras operaciones, tales como pozos, estudios geotécnicos y estudios de suelos, véase el capítulo 18. (26-8.j)

- (1) Preparación del Área de Perforación. (a) Despejar la ubicación de perforación de servicios públicos antes de las operaciones de perforación. Los servicios públicos del área deben identificarse y marcarse antes de realizar operaciones intrusivas. La perforación desde ubicaciones en la superficie puede requerir el despeje de servicios públicos aéreos. El mástil o la pluma deben estar libres de obstrucciones aéreas en todas las posiciones de operación. (b) Preparar la superficie de perforación para recibir las herramientas de

perforación. Despejar el material suelto, el material de saneo y otras obstrucciones antes de estacionar el equipo de perforación, de acuerdo con el 29 CFR 1910.22. (c) Colocar las plataformas de perforación y los jumbos sobre superficies estables y niveladas en la medida posible. El equipo de perforación que deba colocarse sobre superficies inclinadas o inestables requiere anclaje, gatos estabilizadores (outriggers), bloqueo o la construcción de plataformas de perforación. (c-1) Todo el anclaje y el bloqueo deben ser suficientes para mantener la dirección del barreno y la estabilidad del equipo y de los compartimentos o plataformas de trabajo. Todas las plataformas de trabajo elevadas deben cumplir este manual, el 29 CFR 1926 Subparte M y el 29 CFR 1926.1052. (c-2) Inspeccionar periódicamente el equipo de perforación, la desviación y la dirección, para evaluar si el área de trabajo o las condiciones del terreno se han vuelto inestables. La plataforma de trabajo, el bloqueo o el anclaje deben ajustarse según sea necesario para mantener la estabilidad del área de trabajo.

- (2) Movimiento del Equipo de Perforación. (a) Asegurar el equipo pesado, los mástiles de perforación, los aparejos, los estabilizadores, la tubería y los compartimentos antes del movimiento. (b) El movimiento de las plataformas de perforación, los jumbos y otro equipo pesado debe realizarse con el personal ubicado únicamente en compartimentos de operador cubiertos o protegidos de otro modo, y no ubicado sobre superficies o en compartimentos que no estén diseñados para ser ocupados durante el desplazamiento. (c) El personal debe mantenerse fuera de la trayectoria de desplazamiento prevista. Pueden requerirse señaleros para posicionar el equipo correctamente. Los señaleros deben ubicarse fuera de la trayectoria directa de desplazamiento en la medida que sea práctico.
- (3) Jumbos. (a) Proporcionar acceso seguro a todos los niveles de trabajo de los jumbos de perforación. (b) Diseñar y asegurar las cubiertas de los jumbos y los peldaños de las escaleras para que sean antideslizantes y para prevenir el desplazamiento accidental. (c) Solo los empleados que asistan al operador podrán viajar en los jumbos, a menos que el jumbo esté diseñado para pasajeros. El diseño debe incluir arreglos de asientos adecuados que protejan a los pasajeros de ser golpeados, aplastados o atrapados entre el equipo y las superficies, y debe permitir el acceso seguro. (d) Notificar a los empleados que trabajen bajo las cubiertas de los jumbos siempre que la perforación esté a punto de comenzar. (e) En las cubiertas de jumbo de más de 6 pies (1.8 m) de altura donde no haya una superficie adyacente que proporcione protección contra caídas, instalar barandales removibles o protección equivalente en todos los lados abiertos, excluidas las aberturas de acceso de las plataformas (véase el capítulo 21). (f) El acceso por escalera a las cubiertas de jumbo de más de 10 pies (3 m) de altura debe ser lo suficientemente ancho para acomodar a dos personas. (g) Proporcionar receptáculos o bastidores para el acero de perforación almacenado en los jumbos. (h) El empleador debe proporcionar medios mecánicos para levantar las perforadoras, los pernos de techo, las cintas de mina y otro material hasta las cubiertas superiores de los jumbos de más de 10 pies (3 m) de altura.
- (4) Avance del Barreno y Revestimiento. (a) Poner barricadas o proteger de otro modo las áreas accesibles dentro del radio de giro de la superestructura giratoria del equipo, para prevenir que un empleado sea golpeado o aplastado por el equipo. (b) Asegurar que el personal esté protegido o se mantenga a una distancia segura de la tubería de perforación, las brocas, los collarines, la varilla y el revestimiento en rotación durante la operación. Operar el equipo desde la cabina o en plataformas de trabajo en la medida posible. Tomar precauciones adicionales para proteger al personal ubicado dentro del radio de giro de plumas articuladas, herramientas o aparejos, o dentro de un área ubicada donde se acumulen recortes o fluidos de perforación. Las precauciones adicionales incluyen tener una ruta segura de salida o escape, mantener comunicación visual, verbal o por radio directa entre los operadores del equipo y el personal que trabaje en la vecindad, y usar ropa de alta visibilidad. (c) Manejar e izar las varillas de perforación, la tubería, el revestimiento y otras herramientas de fondo de barreno con base en el tamaño y el peso de las herramientas y de una manera que reduzca los peligros de golpe y de izaje. (c-1) Mover la tubería, las varillas o las herramientas pesadas usando equipo mecánico si el tamaño y la forma del equipo no son seguros para el manejo manual. (c-2) Los aparejos deben inspeccionarse y dimensionarse apropiadamente de acuerdo con el 29 CFR 1926.1413. (c-3) Acoplar y desacoplar las herramientas de la sarta de perforación, la varilla de perforación, la tubería de perforación y el revestimiento con el equipo asegurado y con un

movimiento mínimo del equipo. Asegurar que el personal mantenga una distancia segura de las mordazas, tenazas, gatos, guías de tubería (pipe stabber), giradores de tubería (pipe spinner) y partes giratorias accionados hidráulicamente o mecanizados. Mantener la varilla de perforación, la tubería, el revestimiento y las herramientas en bastidores o compartimentos seguros cuando no estén en uso. (d) Gestionar los fluidos de perforación y los recortes para mantener la estabilidad del barreno, la estabilidad del jumbo o de la plataforma de perforación, y para prevenir liberaciones de presión que puedan dañar el equipo o lesionar al personal. (d-1) No permitir que los fluidos de perforación y los recortes obstruyan la iluminación del equipo, los dispositivos de seguridad o las guardas, ni que creen obstrucciones en las trayectorias de desplazamiento del personal o del equipo. (d-2) Asegurar las mangueras, la tubería y las herramientas de fluido de perforación contra los peligros de latigazo y colocarlas donde puedan inspeccionarse en busca de desgaste y fugas. (d-3) No despejar manualmente las tuberías de fluido, mangueras, revestimientos o tuberías de perforación obstruidos a menos que el equipo pueda despresurizarse de manera segura y cuando el acceso del personal no requiera el ingreso al barreno. (d-4) Ubicar, en la medida posible, las áreas de acumulación de recortes y fluidos de perforación lejos del equipo de perforación y del personal. Mantener el equipo de circulación de fluido de perforación y las bombas libres de daños y fácilmente disponibles para inspección durante la operación. Contener o apilar los recortes de una manera que no cree obstrucciones en el área de trabajo, ni peligros de tropiezo, de calidad del aire o de sepultamiento. (e) Realizar el revestimiento o la sujeción de un barreno o área de perforación con equipo seleccionado para soportar las cargas esperadas para esa área. (e-1) El revestimiento temporal del barreno puede colocarse con métodos de percusión solo cuando no se espere que dichos métodos desestabilicen las áreas de trabajo. (e-2) Colocar los gatos de revestimiento en áreas niveladas y estables que no desestabilicen la cara de roca, los apoyos de la plataforma de perforación o del jumbo, ni las áreas de trabajo del personal. El personal no debe poner las manos sobre los gatos cuando estén en operación. (e-3) Realizar la instalación permanente del revestimiento conductor o del barreno con concreto u otro medio de sellado que prevenga fugas o desestabilización por fluidos de perforación, aire circulado, material excavado o recortes.

- (5) Perforación Después de una Voladura. Antes de comenzar el ciclo de perforación después de una voladura, examinar el frente y cualquier barreno de voladura restante en busca de tiros fallidos (misfires). El tiro fallido debe removerse antes de continuar las operaciones de perforación.

k. Electricidad e Iluminación. Véase el capítulo 7 para la iluminación y el capítulo 11 para la electricidad. (26-8.k)

- (1) Instalar los circuitos de iluminación en un lado del túnel, cerca de la línea de arranque, y montar los cables sobre aisladores en cada punto de suspensión.
- (2) Diseñar y mantener correctamente todos los sistemas eléctricos y de iluminación. Usar solo accesorios no metálicos e impermeables, montados de una manera que proporcione un espacio libre seguro para el personal y el equipo.
- (3) Proteger al personal de los peligros potenciales de la iluminación, tales como quemaduras térmicas y molestia óptica. Retirar la iluminación y los sistemas no utilizados del área de trabajo cuando ya no se necesiten.
- (4) Todo el personal que trabaje bajo tierra debe llevar consigo dispositivos de iluminación funcionales para ayudar a localizar los dispositivos de iluminación de emergencia del área de respaldo o para facilitar su salida segura.

l. Prevención y Protección contra Incendios. (26-8.l)

- (1) Extintores de Incendio. (a) Proporcionar y mantener extintores de incendio de acuerdo con el capítulo 9, incluidos los requisitos de capacitación necesarios. (b) Proporcionar y mantener extintores de incendio, o protección equivalente, en cada entrada de portal y tiro, a no más de 100 pies (30.5 m) del frente de cada túnel, y en las ubicaciones que contengan materiales combustibles.

- (2) Dentro de los túneles, usar solo dispositivos de calefacción aprobados para tales ubicaciones por un Laboratorio de Pruebas Reconocido a Nivel Nacional (Nationally Recognized Testing Laboratory, NRTL).
- (3) Solo los materiales combustibles similares al diésel o los gases de soldadura y corte aprobados pueden almacenarse bajo tierra. No almacenar más de un suministro de un día de estos materiales combustibles. Nunca almacenar bajo tierra productos inflamables tales como gas licuado de petróleo o gasolina. Nunca conducir por tubería materiales inflamables o combustibles desde la superficie hasta ubicaciones subterráneas.
- (4) Clasificaciones de Peligro. Obtener un permiso de trabajo en caliente de acuerdo con el párrafo 9-8.g y mantener una vigilancia contra incendios, de acuerdo con el párrafo 9-8.g, cuando se realice trabajo en caliente o un área sea designada como operación con gas (gassy operation).

m. Ventilación. (26-8.m)

- (1) Proporcionar sistemas de ventilación y escape para la excavación de túneles con capacidad suficiente para mantener un suministro adecuado de aire sin contaminar en todos los puntos del túnel. Usar solo ventilación mecánica. No usar ventilación natural.
- (2) Suministrar al menos 200 pies cúbicos por minuto (CFM) (94 litros por segundo) de aire fresco para cada empleado bajo tierra. Suministrar el aire adicional necesario para operar el equipo.
- (3) No usar aire que haya pasado a través de áreas subterráneas de almacenamiento de aceite o combustible, ni de cualquier otra atmósfera peligrosa, para ventilar las áreas de trabajo. Diseñar el sistema de ventilación para extraer el aire de estos espacios mediante ductos debidamente clasificados para este servicio.
- (4) El supervisor del USACE / el KO o el COR debe revisar el sistema de ventilación y su desempeño, los caudales y los volúmenes, antes de adquirir o instalar el sistema o cualquiera de sus componentes. Después de la instalación, una CP debe inspeccionar y probar el sistema según se indica en el Plan de Ventilación y Control de Polvo (véase el párrafo 26-7.e). Mantener los registros en el sitio y fácilmente disponibles para su revisión hasta la finalización del proyecto.

n. Monitoreo del Aire y Normas de Calidad del Aire. (26-8.n)

- (1) Requisitos de Monitoreo del Aire. (a) Una QP debe inspeccionar, calibrar, mantener y usar los dispositivos de monitoreo de aire de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Los dispositivos deben tener límites de detección y resolución suficientes y calibrarse rutinariamente para detectar y mostrar competentemente niveles de contaminantes menores o iguales al 50% del OEL aplicable. (b) Mantener un registro de todas las pruebas de calidad del aire en la superficie, en el sitio de trabajo, y ponerlo a disposición de cualquier supervisor del USACE / KO o COR que lo solicite. Registrar la ubicación, la fecha, la hora, la(s) sustancia(s) monitoreada(s), los límites aplicables, los resultados del monitoreo y el nombre de la persona que realiza la prueba. Registrar también los datos específicos del instrumento, tales como el número de serie, la fecha de calibración, los resultados de la prueba funcional (bump test), etc. Si la información de calibración o de la prueba funcional se registra en un registro diferente, como en un sistema automatizado, asegurar que ambos registros contengan un identificador único que los vincule. Conservar los registros de exposición del personal a sustancias tóxicas de acuerdo con el 29 CFR 1910.1020. Mantener todos los registros de pruebas de calidad del aire en el sitio de trabajo hasta la finalización del proyecto y de acuerdo con las políticas del DoD, del Ejército de los EE. UU. y del USACE. Los registros de los resultados de los monitores personales, usados además de otros dispositivos y destinados solo a alertar directamente al personal, no necesitan conservarse; sin embargo, la calibración, la prueba funcional y otra información pertinente deben registrarse.
- (2) Normas de Calidad del Aire. (a) Implementar estrategias de control apropiadas para asegurar que las exposiciones personales promedio ponderado en el tiempo (Time-Weighted Average, TWA) de 8 horas se mantengan por debajo del OEL más restrictivo de acuerdo con el 29 CFR 1926.55, o según se referencia en el capítulo 6 de este manual. Realizar el monitoreo antes del ingreso rutinario de otros Participantes

Autorizados y con las frecuencias dictadas en otros reglamentos o políticas específicas del sitio. Realizar el monitoreo rutinario al menos una vez por turno en ambientes estables y con mayor frecuencia cuando se espere razonablemente que las condiciones cambien. Se prefiere el monitoreo continuo. Las políticas y los procedimientos específicos del sitio deben actualizarse para reflejar las condiciones actuales del sitio. (b) Los OEL para algunos contaminantes que deben monitorearse según el 29 CFR 1926.800 (29 CFR 1926 Subparte S) (es decir, el sulfuro de hidrógeno y el dióxido de nitrógeno) [continúa en el suplemento de frontera].

Suplemento de frontera — cierre del capítulo (primera página de em385-27.pdf, p. impresa 581).

- (2)(b) [continuación] están cerca de los límites de detección de la instrumentación disponible comercialmente. Esto los hace más propensos a fluctuaciones estadísticas y sensibilidades cruzadas que podrían causar falsas alarmas si el OEL TWA se usara como punto de ajuste de las alarmas. Se permite usar el límite de exposición a corto plazo o los límites techo como puntos de ajuste de alarma en lugar de los límites TWA, siempre que se asegure el cumplimiento del TWA y el personal esté capacitado para evacuar de inmediato cuando se alcancen estos niveles.

26-9. Figuras y Tablas.

No Aplica.

26-10. Listas de Verificación y Formularios.

No Aplica.