

ACHS

Control de Riesgos en Obras en Construcción



Construcción de Túneles

Por un trabajo sano y seguro



Control de Riesgos en Obras de Construcción

Construcción de Túneles

INDICE

1. Generalidades	3
2. Métodos de Trabajo	5
3. Prevención y Control de Riesgos de la Construcción en Subsuelo	15
4. Prevención y Control de Riesgos de la Construcción en Rocas	21
5. Prevención y Control de Riesgos en Faenas	24
5.1. Seguridad en General	24
5.2. Personal	25
5.3. Elementos de Protección Personal	26
5.4. Sanidad	28
6. Prevención y Control de Incendios	29
7. Prevención y Control de Riesgos Eléctricos	34
7.1. Generalidades	34
7.2. Personal Autorizado	36
7.3. Desconexión de la corriente	37
7.4. Puesta a Tierra	37
7.5. Conductores	38
8. Iluminación	40
9. Comunicaciones	42
10. Ventilación	43
11. Prevención y Control de Riesgos en el Uso de Explosivos.	46
11.1. Generalidades	46
11.2. Perforación y Carga de Barrenos	50
11.3. Atraque	54
11.4. Inspecciones Antes y Después de la voladura	55
11.5. Acuñaadura	58
11.6. Almacenaje	62
12. Transporte	63
13. Planes para Acciones de Emergencia	64
14. Primeros Auxilios	66
15. Mantenimiento y Conservación de Túneles	68

1. GENERALIDADES



Los túneles, normalmente son construídos para la minería, proyectos hidroeléctricos, proyectos de riego, carreteras, vías ferreas, etc., y varían en su longitud desde algunos metros hasta kilómetros y en sección desde alrededor de 1m² hasta unos 100 m².

Este manual, sólo se referirá a los riesgos mas comunes asociados a la construcción de túneles para carreteras.

Los principales riesgos de accidentes durante la construcción de un túnel se producen al encontrar condiciones del suelo imprevistas, como por ejemplo : arrastres debido a corrientes de aguas excesivas donde el tratamiento del suelo resulta inadecuado; inundaciones al encontrar fisuras acuíferas o al desmoronarse los muros; compresiones y dilataciones del suelo, y los efectos de la dilatación; como también por causas como: pérdida de aire generalizada mientras se trabaja en el aire comprimido; explosión al encontrar gases inflamables; el uso de técnicas de construcción de túneles en roca de suelos poco resistentes; manufactura defectuosa; desoxigenación ; fuego en ambiente con aire comprimido, y explosiones prematuras y/o tiros quedados.

Teniendo en consideración que la mayor proporción de riesgos de accidentes en estas faenas resulta de los encuentros con tipos de suelos imprevistos - pero no necesariamente imprevisibles - debe obtenerse toda la información razonable que sea relevante para la construcción de un túnel, antes de que esta comience y durante la misma.

Para comprender mejor los problemas que surgen al construir un túnel, es necesario realizar estudios teóricos y analíticos; se construyen túneles experimentales y se estudia su comportamiento, o se realizan experimentos a escala natural en túneles de trabajo.

Es indispensable el conocimiento de : geología, hidrogeología, estructuras y servicios existentes, otros trabajos anteriores realizados en el área, perforaciones de sondeo, investigaciones geofísicas, topografía y mediciones de superficie, mediciones subterráneas, mediciones estructurales, comprobación de aguas subterráneas, tiempo atmosférico, investigación de gas y suelo durante la construcción.

Las operaciones de excavación, soporte, consolidación y revestimiento que se desarrollan durante la construcción del túnel, entrañan riesgos que dependen - además de los originados por el tipo de suelo - de los métodos de avance que se emplee, derivados del uso de explosivos, dragas, equipos de manipulación y transporte de materiales, instalaciones eléctricas, sistemas de aire comprimido y láseres.

El terreno a través del cual se construye un túnel, puede ser suelto, cohesivo o muy cohesivo; puede ser seco, húmedo o saturado y puede estar situado a profundidades considerables o cerca de la superficie.

2. Métodos de Trabajo

No puede asegurarse, que en la construcción de un túnel se vaya a avanzar a través de un único tipo de suelo a lo largo de toda su longitud, en consecuencia resultará necesario más de un método de avance y soporte en la construcción de un mismo túnel.

Los métodos de avance que se utilizan en la excavación y soporte del túnel, dependen del tipo de suelo y también de la longitud del túnel.

Para **túneles cortos** pueden emplearse métodos convencionales y uso de explosivos; efectuando en estos casos, voladuras controladas y uniformes.

Para **túneles largos**, en los que el suelo es duro, o de dureza media, además de los métodos convencionales y uso de explosivos, se suelen emplear máquinas de horadación de sección completa; las cuales a pesar de las modificaciones y el rediseño a que han sido sometidas para lograr mayor eficiencia, economía y seguridad - algunas con un alto grado de sofisticación incluso han sido equipadas con sistemas de rayo láser para la alineación horizontal y vertical - aún no se ha diseñado una que sea capaz de desenvolverse adecuada y eficazmente en todos los tipos de suelo.

Los métodos de excavación de túneles que se usan de acuerdo al tipo de suelo son:

A.- Sección Completa

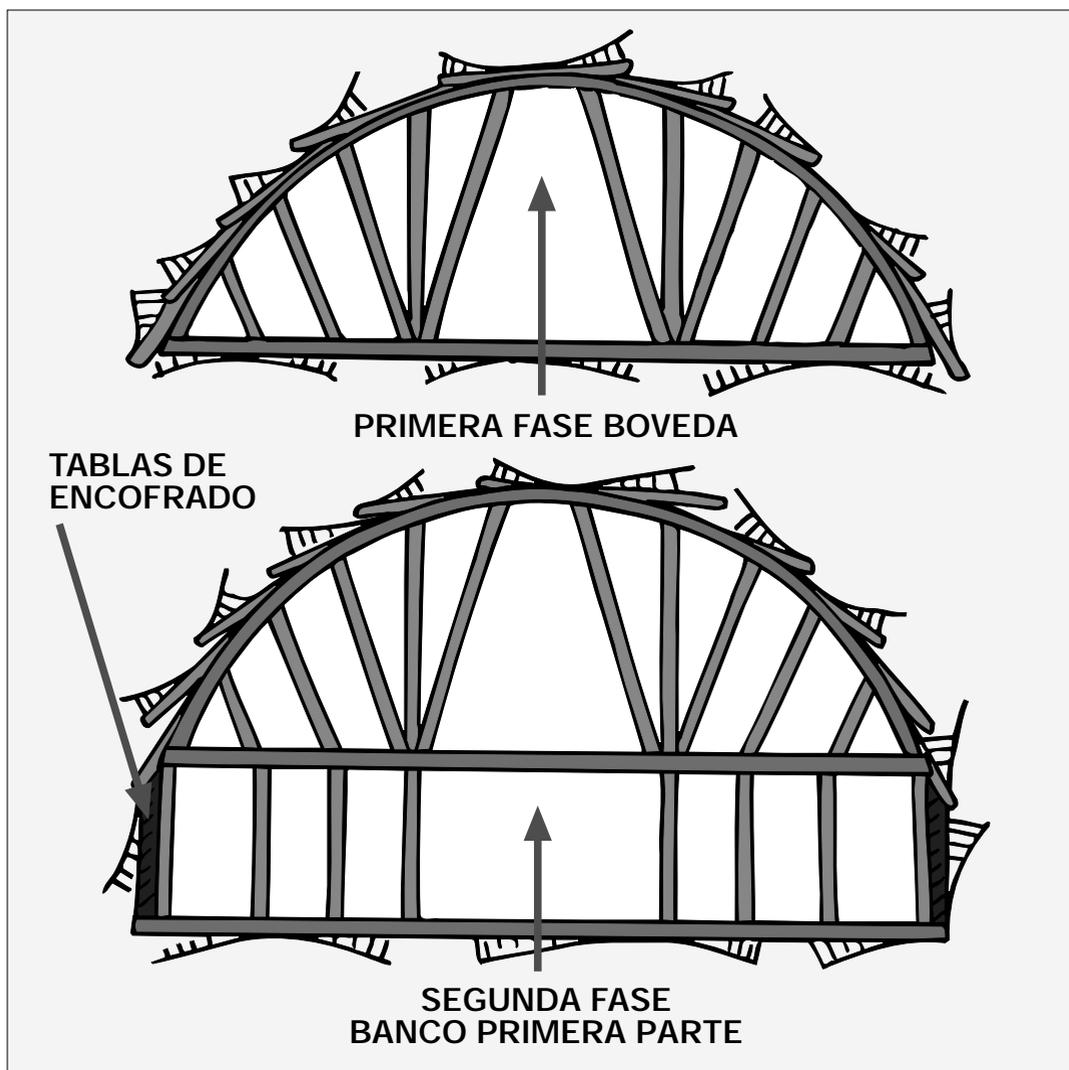
Como su nombre lo indica, se extrae de una sola vez toda la sección, en forma rápida y sencilla.

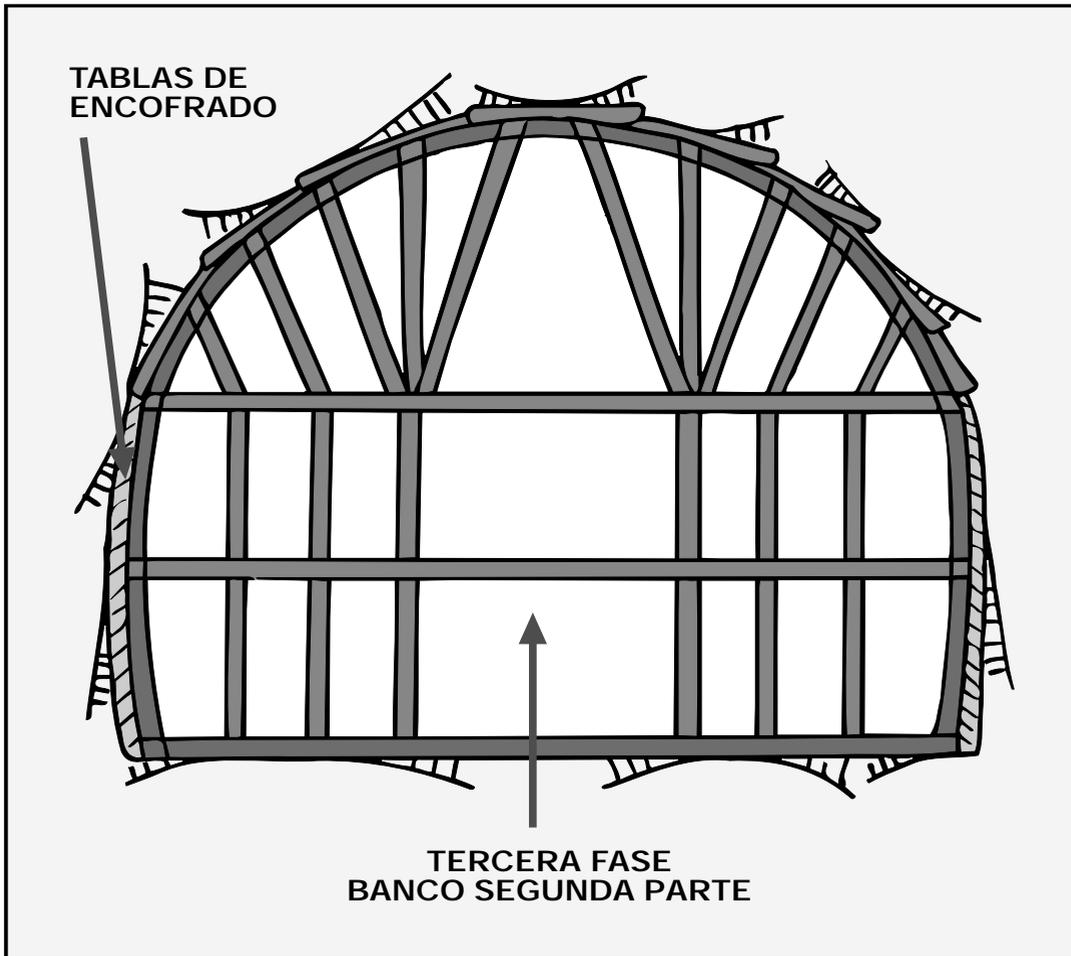
El Método de Ataque a plena sección o Método Inglés:

Se usa principalmente en túneles de pequeña sección (menos de 15 m²).

En este método, se extrae cualquiera de los lados hasta la clave, se alzaprima y se concreta el muro y un cuarto de arco, luego se repiten las mismas operaciones en la otra mitad.

Como su nombre lo indica, se extrae de una vez toda la sección, en forma más rápida y sencilla.





Este método permite una evacuación más rápida de los trabajadores en caso de derrumbes, intoxicaciones, incendios u otros accidentes, además de presentar la ventaja de permitir las voladuras en una sección que da a los trabajadores más espacio que en las estrechas galerías características de otros métodos. Como se trata de un método esencialmente mecanizado, requiere de menor cantidad de trabajadores, por lo tanto se minimizan las posibilidades de accidentes laborales.

B.- Frente y Banco

Se usa cuando se trata de secciones mayores a 15 m², y la calidad del suelo determinará el método específico mediante el cual se desarrollará la excavación del túnel.

Los principales métodos que se emplean actualmente son:

a. Método de Galería de Clave o método Belga: Consiste en desarrollar el avance del trabajo en el túnel en dos etapas o en dos partes de la sección del túnel, primero el avance se realiza en la mitad superior en el sector denominado frente, que corresponde al medio arco de la parte superior de la sección y luego, el trabajo se desarrolla en la parte inferior o banco lo que permite remover y extraer el material en forma más rápida por existir una gran cara libre por arriba apta para un mejor resultado de la tronadura. Este método permite perforar en forma continua pues mientras se retira la saca del banco, se puede continuar laborando en el frente.

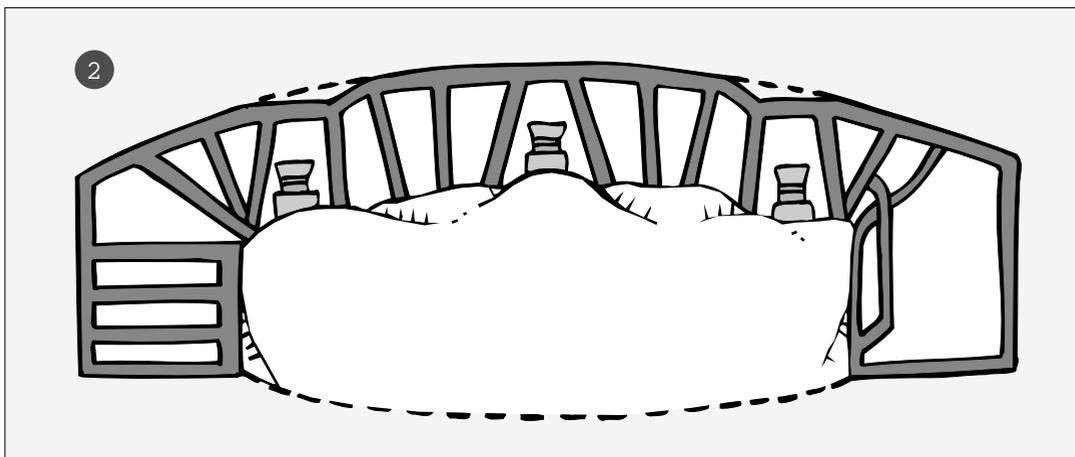
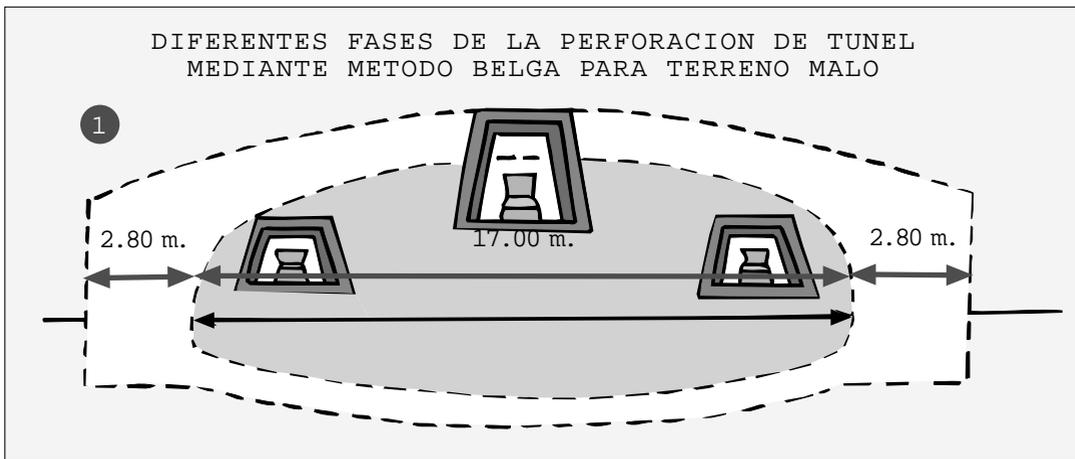
Tiene dos variantes correspondientes a si el terreno es bueno o malo.

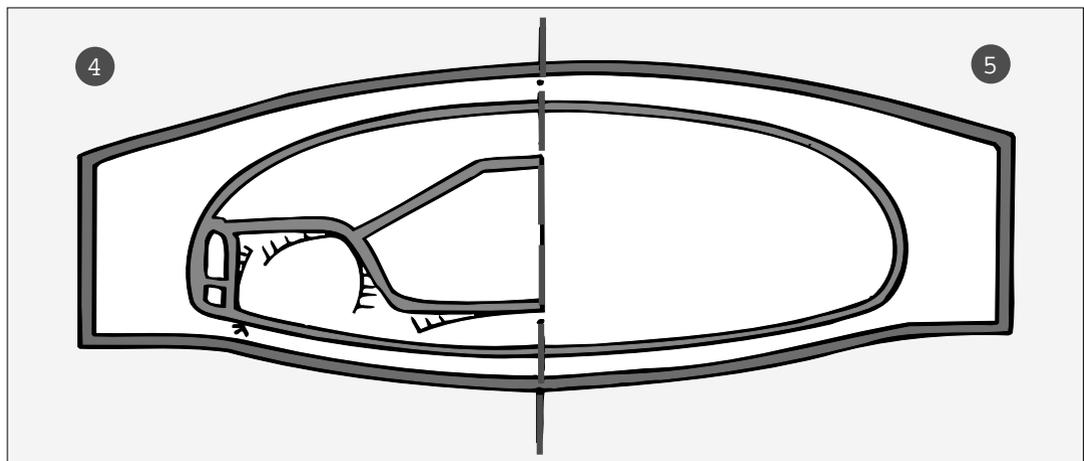
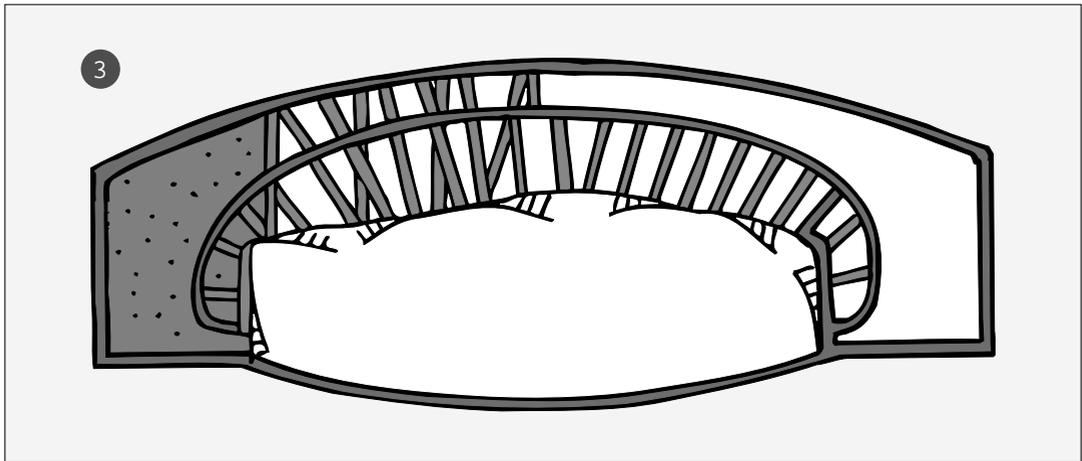
a1. Caso de terreno bueno: Se ataca el túnel en galería de avance de pequeña sección en el eje del túnel y en la parte superior. Se concluye esta galería a nivel de los arranques de la bóveda, ensanchando después a derecha e izquierda para dejar al descubierto la bóveda. A medida que se avanza, ésta se apuntala mediante puntales radiales que se apoyan sobre el banco, teniendo al final de esta etapa, la forma de una excavación en semicírculo correspondiente a la parte superior del galibo del túnel. Después se construye la bóveda haciéndola descansar directamente sobre el suelo o sobre tablonjes longitudinales que reparten las presiones dependiendo si el terreno es resistente o es menos bueno. Cuando la bóveda ha endurecido, se quitan los encofrados y los puntales y la bóveda protege a la obra durante las operaciones siguientes.



Se ataca la excavación en la parte inferior del túnel (banco), excavando una cuneta central; luego se realiza la excavación en el emplazamiento de los muros partiendo de la cuneta hacia los costados, realizando excavaciones de pequeña longitud que se ejecutan alternativamente a derecha e izquierda. Después se ejecutan los muros subiendo bajo la bóveda ya construida.

a2. Caso de terreno mediocre o malo: Si el terreno es poco resistente y exige revestimiento, hay que modificar el método de excavación del banco y de construcción de los muros, para evitar que la bóveda sufra asentamientos durante la construcción de la cuneta y del banco.





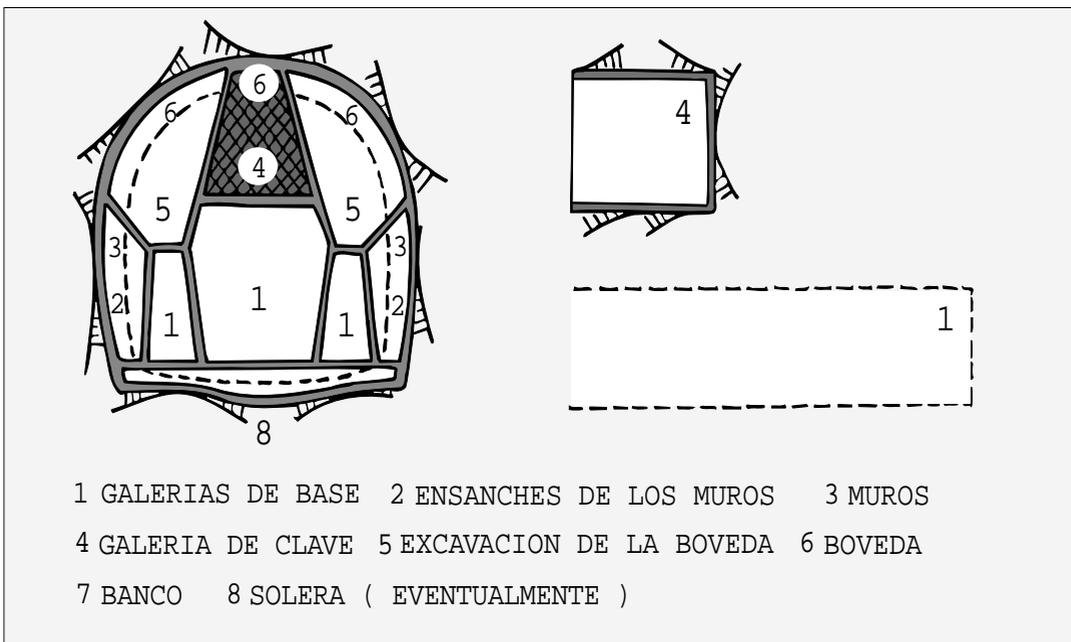
Después de haber excavado bajo la bóveda y de haberla revestido como antes, se excava en zanja revestida el emplazamiento de los muros por elementos cortos ejecutados alternativamente a derecha e izquierda.

En estas excavaciones se construyen los muros bajo la bóveda primeramente, y después se quitan los puntales y se excava el banco a plena sección.

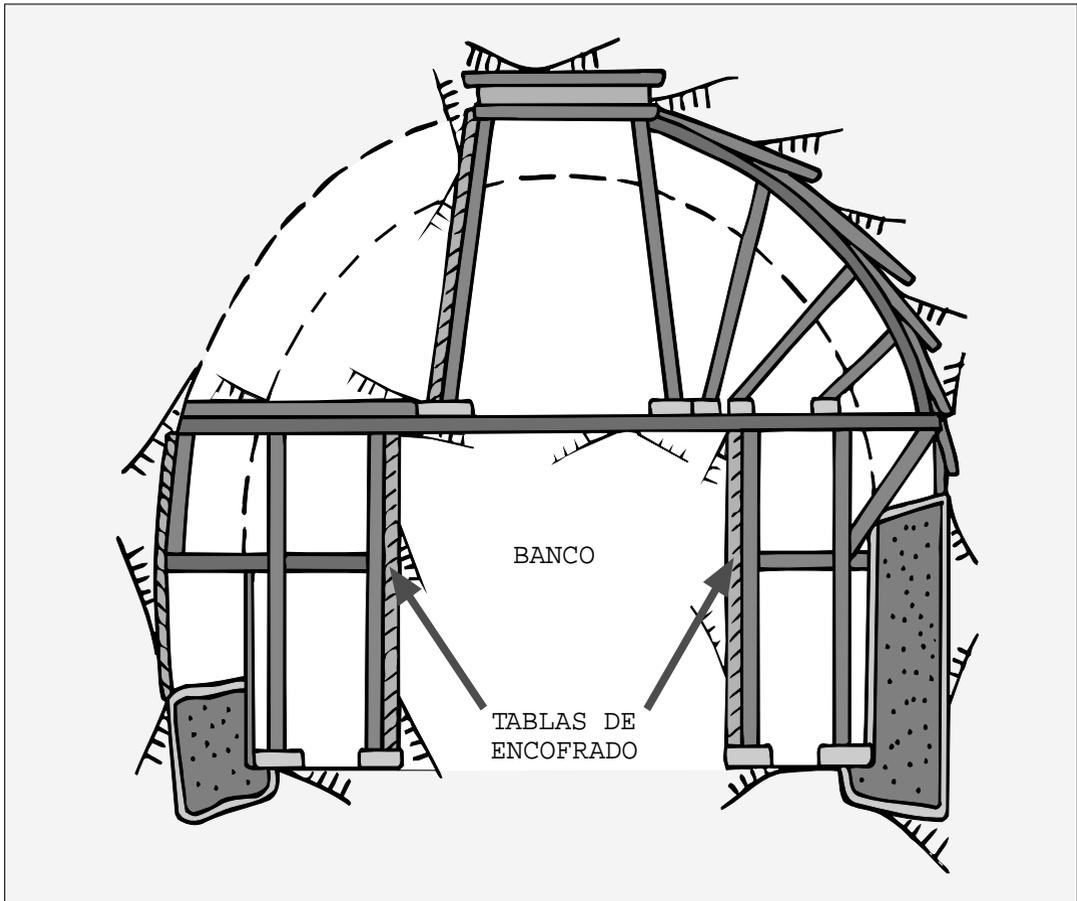
También es posible ejecutar los muros antes que la bóveda, para lo que se excava y apuntala ésta construyendo después los muros en zanjas revestidas. Después se construye la bóveda y se excava el banco a plena sección.

b. Método Italiano: Este método es igual al anterior, pero no se usa el colchón de ripio.

c. Método de las dos galerías o Método Alemán: Este método se caracteriza por la conservación del banco hasta la terminación de los muros y la bóveda. Este banco sirve de apoyo para todos los apuntalamientos y cimbras y evita el empleo de andamios de gran luz. Para que el método resulte interesante es necesario que la sección del túnel sea bastante grande, superior en principio a 50 m².



Se atacan dos galerías de base, a derecha e izquierda del túnel. Se ensanchan después y se construyen los muros en terreno malo apuntalados contra el banco.



Más atrás, se ataca una galería de coronación que se ensancha construyendo la bóveda haciéndola descansar sobre los muros ya construídos y sobre puntales apoyados en el banco.

Cuando la bóveda ha endurecido, pueden quitarse todos los puntales excavando el banco. Luego, se ejecuta la solera para completar el revestimiento por franjas de algunos metros de longitud para evitar excavar completamente el banco antes de terminado el revestimiento.

d. Método Túnel Piloto: Aquí se ejecuta una galería central de 3x3 mts. aproximadamente, denominada galería piloto, cuyo objetivo es tantear el terreno y siempre lleva un avance de 30 mts sobre las otras galerías laterales y así se sigue avanzando. Se extrae la marina con carros de cauilles. Es apropiado cuando el cerro presenta condiciones favorables. Requiere de mucho personal, es caro, utiliza maquinarias y elementos de trabajo pequeñas.



Cuando el suelo es muy cohesivo, la excavación altera la circulación del gas y el agua y modifica la distribución de las tensiones. Alrededor de la cavidad, se libera energía en forma gradual y/o súbitamente, lo que puede ocasionar desprendimiento de rocas, corrimiento de muros, y provocar el derrumbamiento de los soportes temporales y del revestimiento definitivo; podría además haber invasiones de agua y/o explosiones de gases inflamables o nocivos. El contacto de la tierra con aire o agua procedentes de la superficie, provoca reacciones químicas que contribuyen a alterar las fuerzas de las rocas, elevar la temperatura y formar compuestos gaseosos inflamables y/o nocivos para la salud del trabajador.

Para prevenir y controlar estos riesgos, se precisa una buena prospección geológica, que debe ser aún más completa si se emplean máquinas de excavación de túneles de sección completa, y que debe continuar durante el período de construcción.

En suelos blandos, holgados, areniscas y cieno, a fin de evitar la práctica de trabajar en ambiente con aire comprimido, que acarrea riesgos adicionales a los trabajadores, han sido desarrolladas y se están utilizando técnicas alternativas, y se siguen desarrollando y perfeccionando, incluyendo máquinas de broquel con sección completa asistida por líquido, enlechamiento y, en aquellos casos en que con el enlechamiento no se consigue la estabilización, con tratamiento criogénico mediante el uso de nitrógeno líquido, con máquinas que permiten la compensación de la presión de la tierra, etc.

Para lograr el soporte de las paredes y caras del túnel, podemos mencionar los siguientes métodos habitualmente utilizados:

- Uso de aditivo especial basado en el látex, que permita aumentar su elasticidad y evitar la rotura de construcciones de hormigón convencionales o reforzadas, que resulta de la transferencia de tensiones a la masa rocosa;
- Enlechamiento para suelos de arena pedregosa aluvial o glaciofluviales.
- El uso cada vez mas frecuentes de paneles preformados en segmentos de hormigón, y
- Uso de pernos de anclaje mecánico, pernos de anclaje cementado y pernos de fricción.

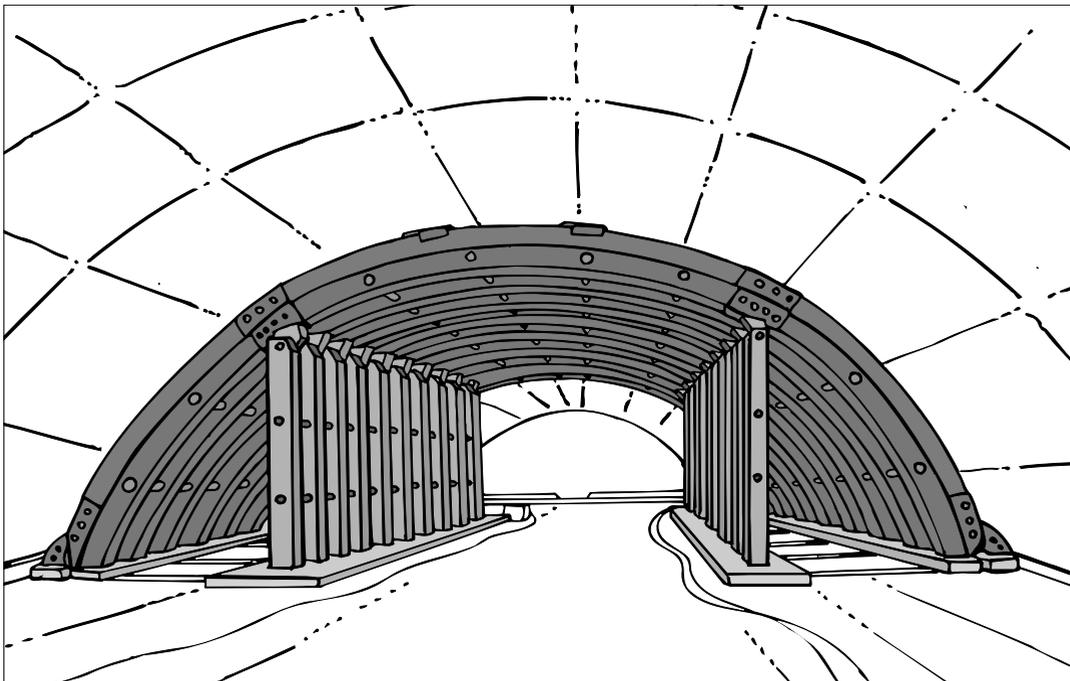
3. Prevención y Control de Riesgos en la Construcción de Túneles en Subsuelo de Tierra

Recomendaciones Generales

A continuación se enumeran algunos problemas comunes al construir túneles en subsuelo de tierra:

Los túneles en subsuelo de tierra, o de tierra y roca se deben entibar y apuntalar firmemente. Los detalles del entibado dependerán de las condiciones de la tierra y quedarán a cargo del ingeniero de la obra. Se debería disponer en la obra, de una cantidad suficiente de material apropiado para tal fin.

El entibado debería avanzar a la menor distancia posible del frente de ataque del túnel. No se debería excavar a mas de 60 cms delante de donde acaba la entibación.

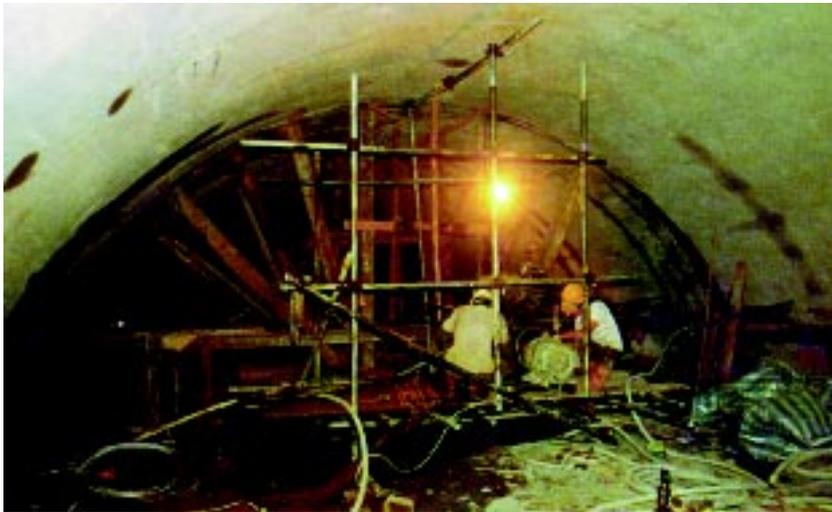


Se debería inspeccionar una vez por lo menos en cada turno de trabajo la entibación de los túneles, y además las paredes y el techo para localizar rocas u otro material suelto.

Se debería reforzar la entibación:

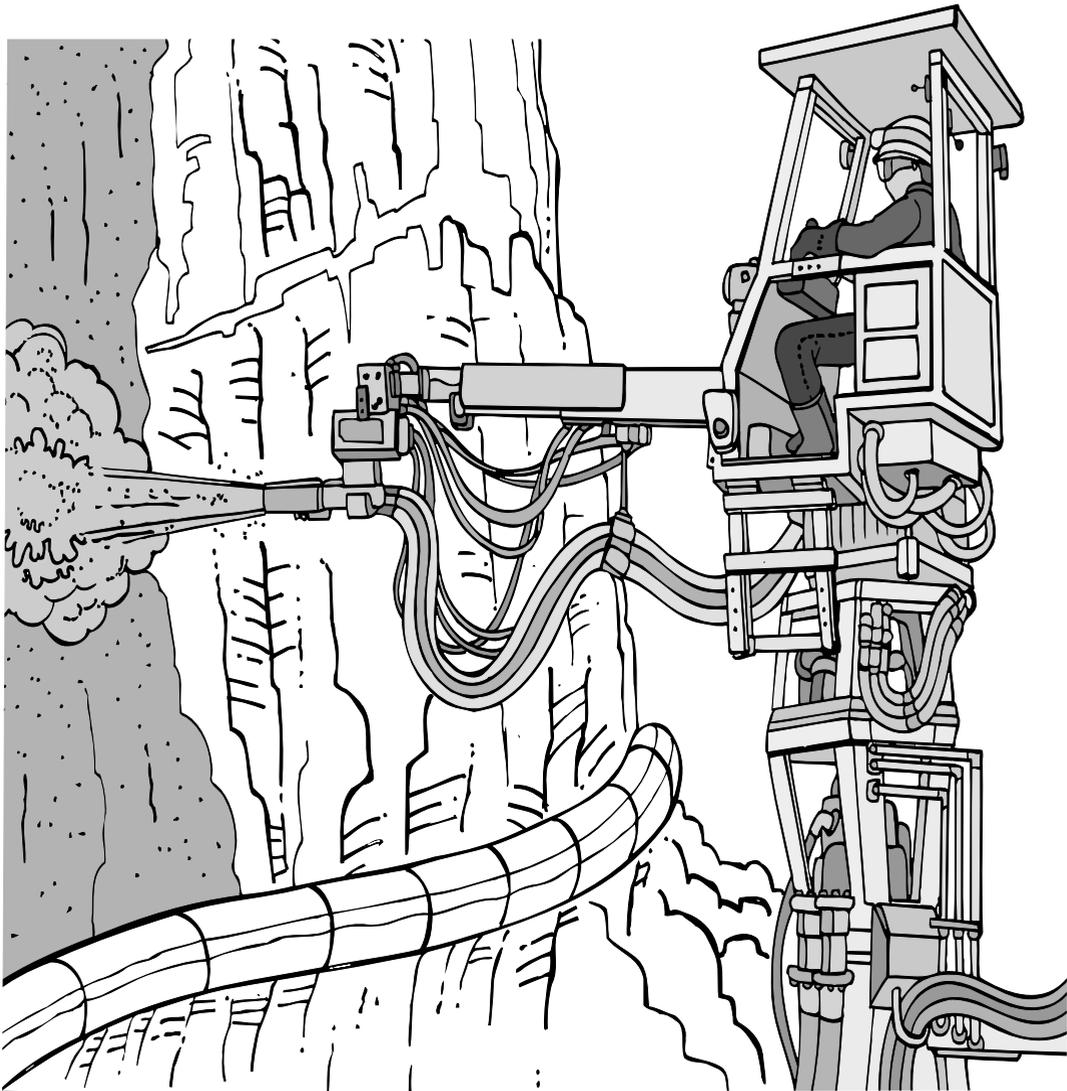
- Si se observa que alguno de sus elementos se ha deformado.
- Cuando se proceda a cambiar alguno de sus elementos.

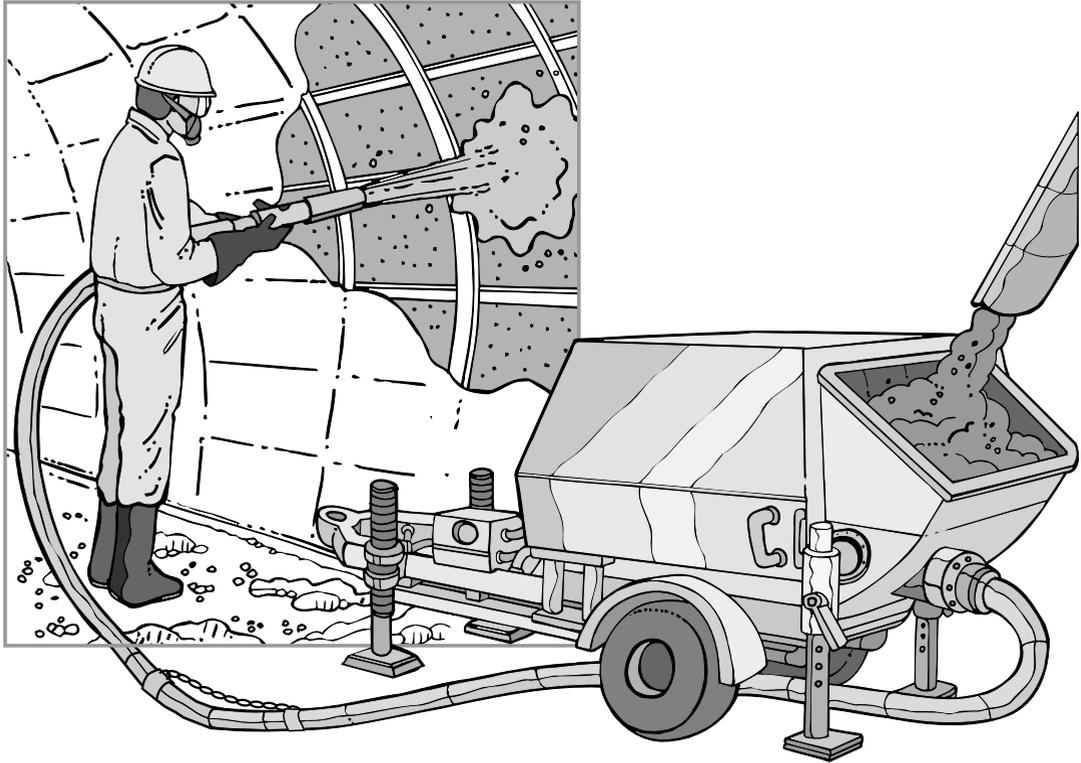
Cuando se proceda a retirar elementos de la entibación se deberían tomar precauciones apropiadas para prevenir los riesgos de derrumbamiento.



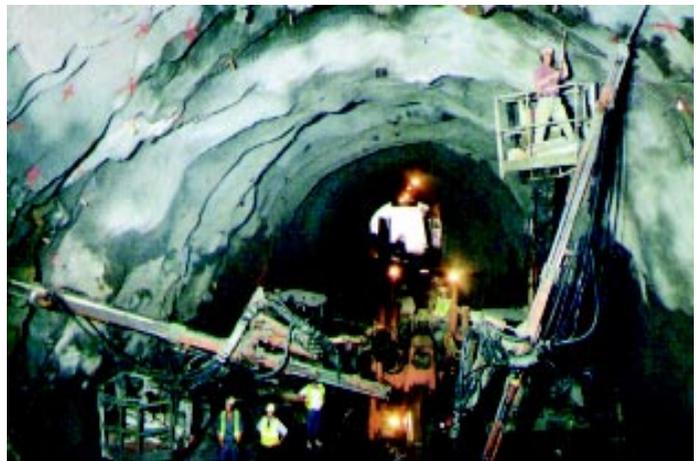
Cuando se vayan a recubrir las paredes de un túnel con hormigón, todos los elementos de la entibación deberían permanecer en su sitio hasta que puedan retirarse sin peligro alguno.

Las hormigoneras descargan a menudo el material a alta velocidad. La abertura de descarga debe asegurarse y protegerse, y asegurar bien todos los puntos de las tuberías de alimentación. No debe permitirse que ninguna persona trabaje en las proximidades de una cañería o manguera de descarga de alta velocidad.





Las mezclas de los enlechados que se usan en el hormigonado, contienen sustancias que pueden afectar a la piel y los ojos. Son esenciales las protecciones adecuadas de vestir para proteger la piel, las protecciones oculares, como también la respectiva protección respiratoria.



El estanque de aire comprimido, al ser un recipiente envasado a presión, debe ser operado únicamente por un trabajador calificado. La máquina debe limpiarse inmediatamente después de su uso y debe realizarse su mantención en forma periódica.

En todos los casos deben determinarse las características químicas de los enlechados utilizados y deben tomarse las medidas oportunas. Algunos de los riesgos que deben evitarse son los siguientes:

- contaminación y daño de la superficie ocasionada por derramamiento y vertido de desechos;
- contaminación de las aguas subterráneas por transferencia del estrato tratado;
- riesgos a personas que manejan los materiales durante y después de la mezcla, incluyendo los riesgos creados por el reventón de los tubos y mangueras;
- toxicidad de algunos enlechados especiales, que incrementan los riesgos de manejo y hacen necesario extremar las precauciones, incluyendo el abastecimiento de ropas de protección y medidas completas de limpieza.

Debe tenerse una especial consideración en suelos susceptibles a las heladas, ya que pueden producirse levantamientos del suelo ocasionados por la expansión del agua al congelarse. Esta situación puede ser un riesgo para las estructuras de sujeción.

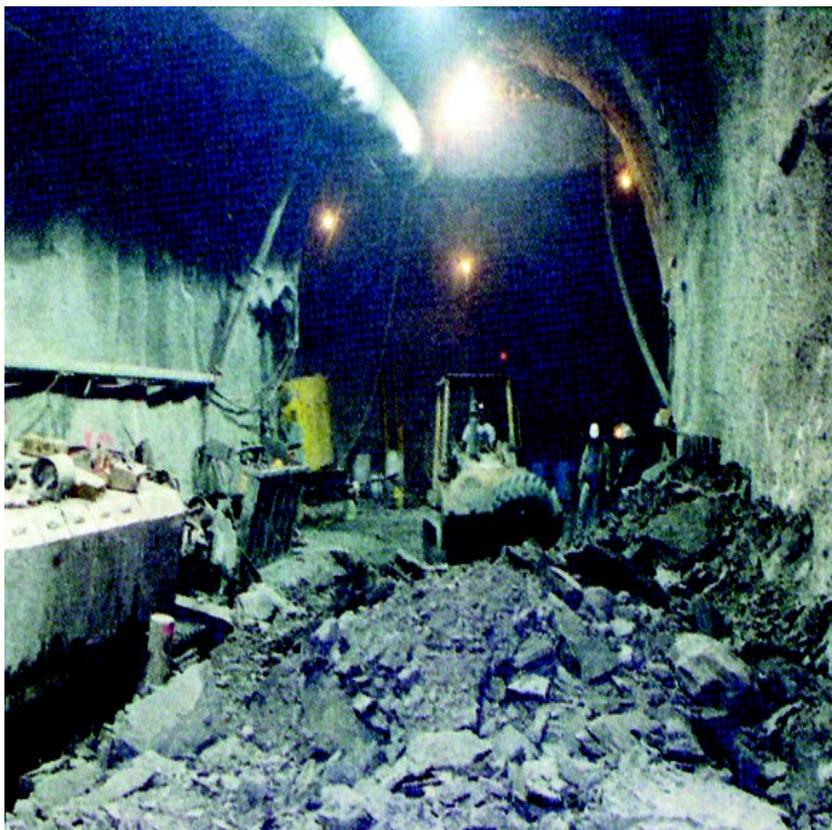
Se deberían tomar precauciones apropiadas para reducir lo mas posible la formación y propagación de polvo en el ambiente, particularmente para impedir la formación o asegurar la eliminación de polvo de sílice formado por partículas de menos de 5 micrones. El polvo en suspensión en el aire se debería precipitar, filtrar o evacuar al exterior.

Debería eliminarse el polvo lo mas cerca posible de su punto de formación.

Una persona competente debería proceder, a intervalos convenientes, a realizar un análisis de muestras del aire para determinar la concentración de polvo.

Los escombros, residuos y material no utilizable deben ser retirados constantemente, las pistas, el drenaje e iluminación deben mantenerse en buen estado, y adecuar zonas de paso seguras.

Los escombros se deberían mojar suficientemente durante su carga, transporte y descarga en el subsuelo, y limpiar con regularidad los que se esparzan durante el transporte.



Cuando se usen máquinas excavadoras de suelos blandos, se deben poner en práctica medidas de precaución que aseguren que la máquina no arrancará mientras haya trabajadores en la pared de excavación.

Debería colocarse un dispositivo de bloqueo y designar a una persona competente para asegurar que la máquina esté detenida, hasta que se haya comprobado la salida de todo aquel que haya entrado.

4. Prevención y Control de Riesgos en la Construcción de Túneles en roca

Recomendaciones Generales

Se deben observar todas las recomendaciones señaladas para la construcción de túneles en subsuelo de tierra, además de las que indican a continuación:

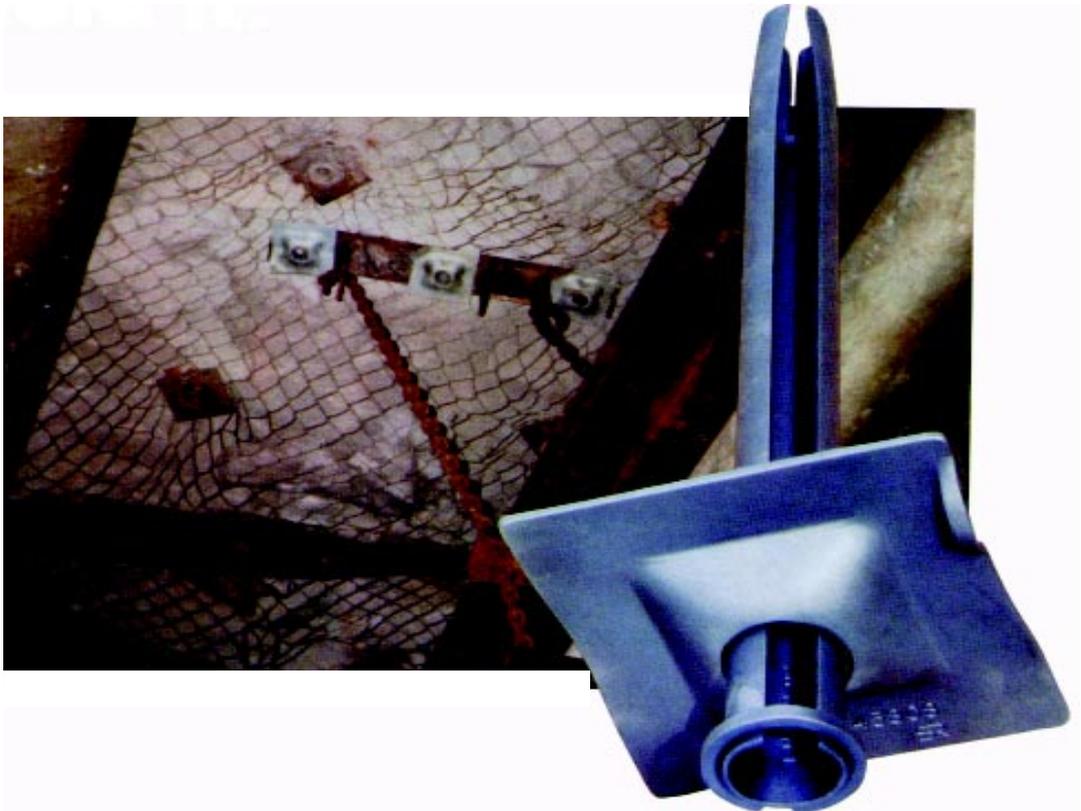


Cuando se efectúen trabajos de perforación en la roca, se deberían retirar los bloques de piedra inestables a fin de prevenir los riesgos de desprendimiento, y si no fuera posible hacerlo, debería instalarse un toldo o una pantalla de protección por encima de los lugares de trabajo.

Las plataformas de operación altas deberían estar provistas de:

- medios de acceso seguros;
- barandillas y plintos
- medios apropiados para guardar los barrenos, por ejemplo, tableros con ganchos o cajas.

Se pueden utilizar pernos para asegurar los tramos relativamente macizos de roca; la roca despedazada y la tierra, pudieran requerir arriostramiento y apuntalamiento.



Los encargados de realizar faenas de perforación, deberían llevar gafas protectoras y guantes gruesos.

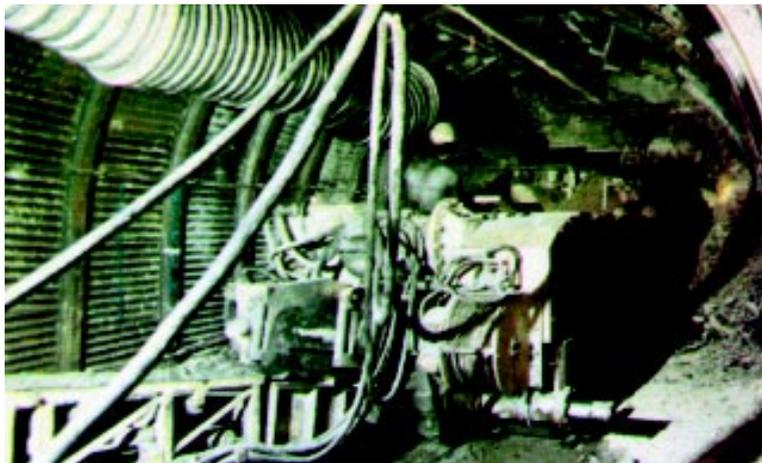
Cuando la perforación de la roca se haga en seco, debería prever un sistema eficaz para aspirar y recoger el polvo.

Cuando la perforación en la roca se haga con inyección de agua, la perforadora debería ser de un tipo tal que no pueda funcionar si no llega el agua.

En la perforación con inyección de agua, esta debería penetrar hasta el fondo del orificio en cantidad y con la presión suficiente para neutralizar el polvo.



Las perforadoras neumáticas con inyección central de agua deberían ser de un tipo tal que no penetre aire en el canal de inyección del barreno.



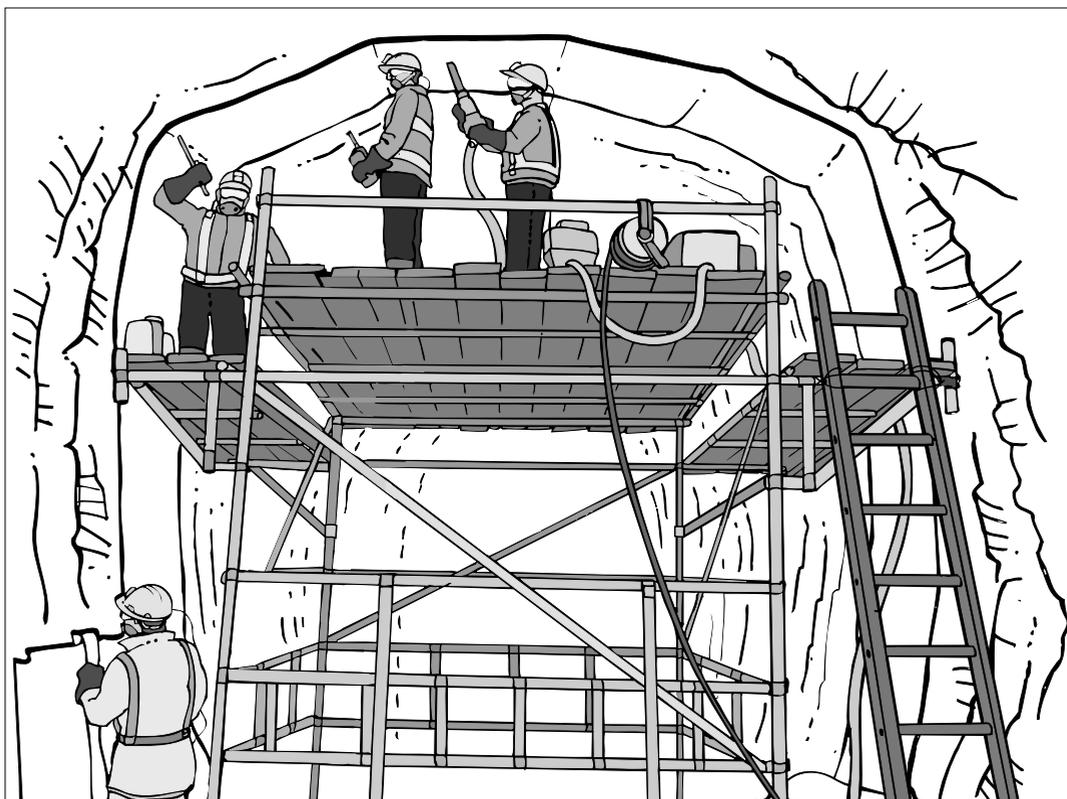
5. Prevención y Control de Riesgos en Faenas

5.1. Seguridad General en las Operaciones

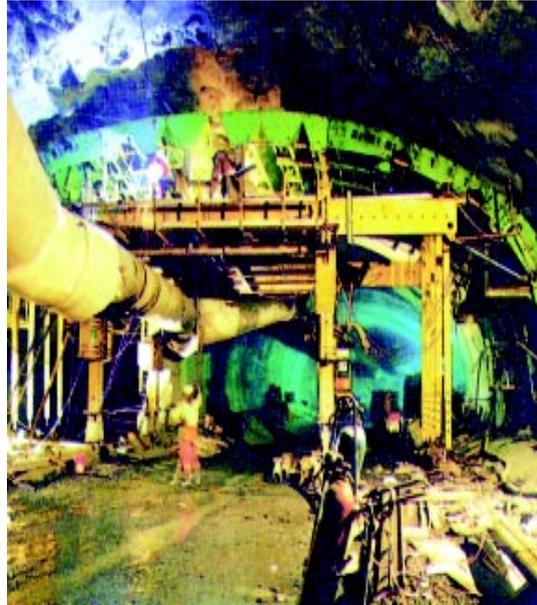
La construcción de túneles es una de las operaciones mas riesgosas de la construcción.

Generalmente en estas faenas se usan explosivos y maquinaria pesada, además de un gran número de operarios que tienen que trabajar en espacios reducidos, con pisos mojados y resbaladizos, con luz artificial, expuestos a riesgos de accidentes por desprendimientos de rocas, inhalación de aire impuro, gases tóxicos, polvos, ruidos, etc.

Los trabajos subterráneos deberían llevarse a cabo de acuerdo con planes aprobados por la autoridad competente.



En todas las obras subterráneas deberían efectuarse, al menos una vez por semana, inspecciones detenidas de la maquinaria, equipos, armazones, ventilación, vías de circulación, medios de salida, almacenes, instalaciones de asistencia médica y sanitaria y lugares de trabajo.



5.2 Personal

La construcción de túneles requiere de supervisión de personas competentes y con experiencia. Se debe planificar con anticipación un programa de seguridad efectivo y fácil de ponerse en práctica, que se seguirá rigurosamente durante las operaciones.

Se deben enseñar a los trabajadores las reglas de seguridad y exigir que las observen en todo momento.

Todos los lugares subterráneos donde haya personas trabajando, deberían ser objeto de inspección, por lo menos, una vez en cada turno de trabajo.

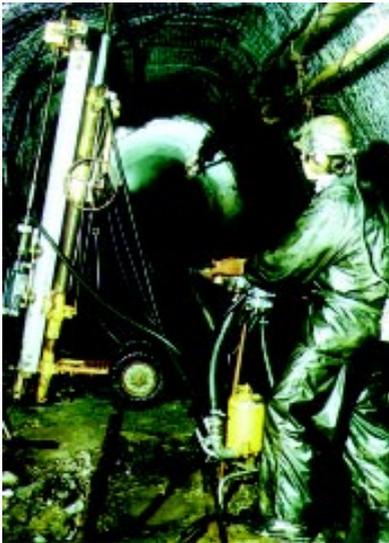
Los lugares donde trabaje una persona sola deberían ser objeto de inspección, por lo menos dos veces en cada turno de trabajo.

Se deberían evacuar todos los trabajadores ocupados en una obra subterránea:

- en caso de falla en la ventilación
- si existe un peligro inminente, por ejemplo de derrumbes, inundaciones, explosiones, incendio, emanaciones de gas u otro riesgo grave que exponga seriamente la integridad física de los trabajadores.

5.3. Equipo de Protección Personal

Se deberían efectuar estudios de las reales necesidades de elementos de protección personal para cada puesto de trabajo, en relación a los riesgos efectivos a que estén expuestos los trabajadores. No obstante, de no existir este estudio, se debería exigir que cuando trabajen en túneles, los operarios usen además de casco y zapatos de seguridad, botas y ropas impermeables en aquellas obras subterráneas donde haya mucha humedad y protectores para la vista, respiratorios y auditivos en aquellas faenas con proyección de partículas, emanaciones de polvo y ruido ambiental.





El uso de los elementos de protección personal (casco, zapatos de seguridad, botas, ropa impermeable, chaqueta o arnés reflectante, lámpara de seguridad, etc) previene de los riesgos efectivos a que están expuestos los trabajadores.



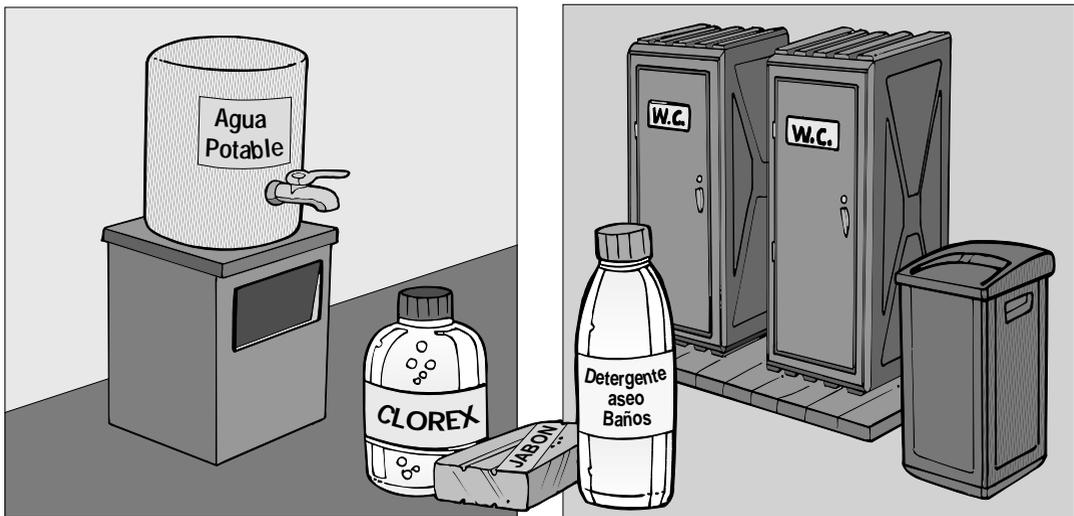
Se debería revisar en forma periódica el estado de los elementos de protección personal y verificar su uso por parte de los trabajadores.

Los artículos de primeros auxilios , así como también los respiradores autógenos, las lámparas de seguridad y los detectores de gases, se deben tener en lugares de fácil acceso, además que se debe instruir a todos los trabajadores de la ubicación de estos lugares.

5.4. Sanidad y Agua Potable

Se deben instalar servicios sanitarios. Se pueden utilizar sanitarios secos, de agua, químicos o carros sanitarios. (Decreto 745).

Se deberán limpiar los sanitarios diariamente y será responsabilidad del empleador mantenerlos protegidos del ingreso de vectores de interés sanitario, del estado de funcionamiento y con regularidad suministrar desinfectantes y desodorantes. Si no es factible instalar los sanitarios cerca del frente de trabajo, se deberán instalar servicios convencionales afuera, en la superficie.



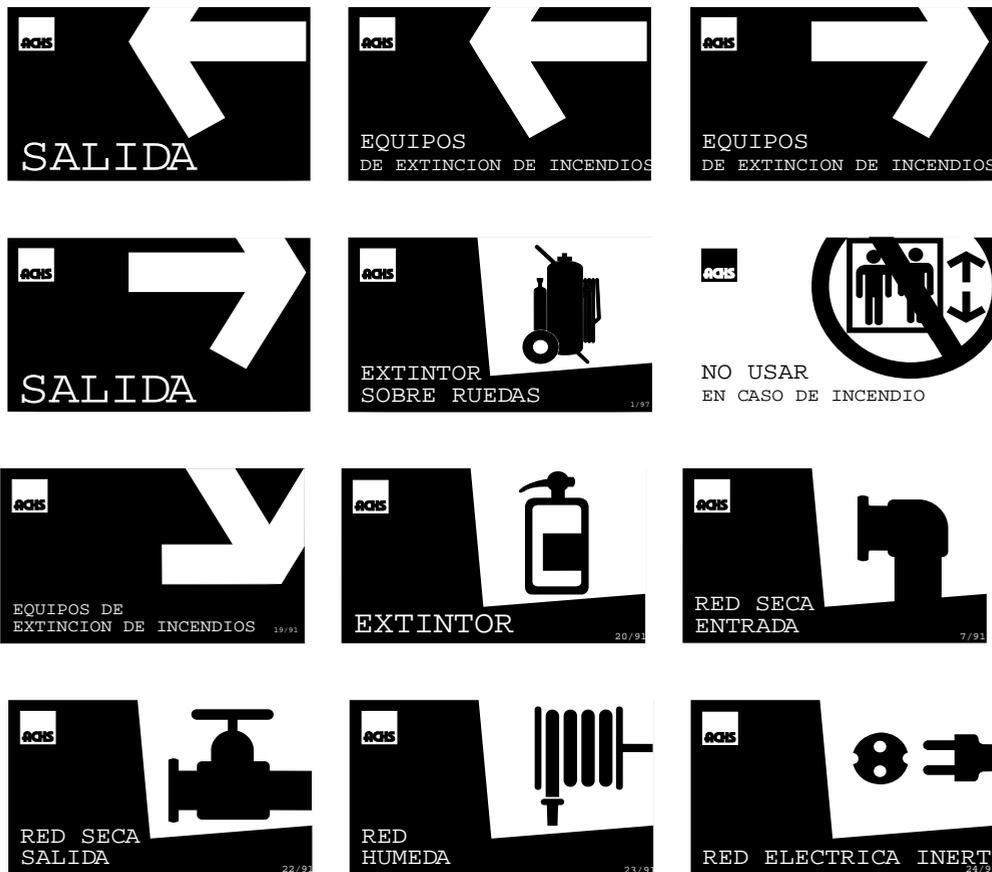
Se deberá contar, individual o colectivamente, con agua potable destinada al consumo humano y necesidades básicas de higiene y aseo personal.

Para el suministro de agua potable, se recomienda el uso de recipientes con gabinete protector y vasos desechables, o a través de bebederos portátiles. Se tendrán pastillas de sal junto al agua potable y se fomentará su consumo. Los bebederos y los recipientes de agua potable se esterilizarán todos los días.

6. Prevención y Control de incendios

Se debería instruir y capacitar personal en la prevención y combate de incendios, y todo el personal que desarrolla labores en el túnel, debería estar advertido de las acciones a desarrollar en caso de producirse un siniestro. Los equipos de extinción y cuadrillas entrenadas en la extinción de incendios deben estar disponibles en todo momento.

Se debería contar con un procedimiento bien estudiado y escrito de evacuación de personal del túnel en caso de incendio, además de disponer de personal capacitado para dirigir la evacuación y cuadrillas de rescate.



Señalética básica a utilizar en la Prevención y Control de incendios.

En todas las obras se debería disponer de un equipo apropiado de extinción de incendio, además, de tener conexiones para mangueras y mangueras de longitud suficientes, como también instalarse en todo el túnel, los equipos extintores de incendio portátiles necesarios y apropiados según las características y dimensiones de las faenas, los cuales se situarán en lugares de fácil acceso y bien señalizados.

A excepción del marco de superficie, no se debería instalar ninguna estructura combustible en la entrada del túnel.

Se deberían mantener limpios de toda clase de desechos combustibles e inflamables, los brocales y accesos a superficie, talleres y demás lugares de trabajo.

No se debería edificar ninguna construcción combustible, como por ejemplo un local de almacenamiento, a menos de 30 mts. de la entrada del túnel o de los locales donde se encuentren los ventiladores.



Construcción para almacenaje de materiales combustibles.

Todos los materiales combustibles se deberán almacenar en una construcción destinada para este fin, situada a una distancia mínima de 30 mts de la entrada del túnel; solo se almacenará abastecimiento de combustible para un día en el interior del túnel, en recipientes blindados, debidamente identificados y protegidos.

Se deberían tomar las precauciones necesarias para que, en caso de escape de los recipientes que los contienen, los líquidos inflamables no puedan llegar a una distancia inferior a 30 mts de la entrada de un túnel.

Los residuos de madera, la madera inservible y los restos de materiales que ya se han ocupado, deberían evacuarse rápidamente de la obra, al igual que se debería prohibir la acumulación de desechos combustibles de cualquier tipo.

En los lugares donde se almacena madera u otros elementos combustibles, se debe instalar sistemas de extinción de incendio por agua y probar frecuentemente las tuberías de agua contra incendio, para cerciorarse que estén en buen estado.

Salvo si no existe riesgo alguno de incendio o explosión, en ninguna obra debería haber llamas descubiertas ni estar permitido fumar, ni introducir al túnel fósforos, encendedores, lámparas descubiertas u otros artículos capaces de producir un incendio y/o explosión.

No se deberían utilizar motores de gasolina, salvo en las condiciones que estipule la autoridad competente.

En toda maquinaria o equipo instalado, operado o mantenido en el túnel, se deben prevenir calentamientos peligrosos.

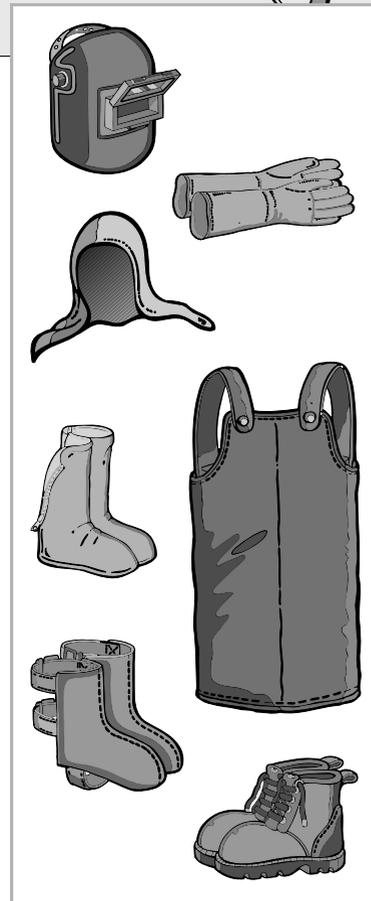
Donde se efectúen trabajos de soldadura u oxicorte deberá existir:

- Pantallas antideflagrantes para proteger los elementos de entibación de madera y demás almacenes o materiales combustibles.
- Se debería disponer de extintores apropiados al alcance de la mano;



- Se debería mantener una vigilancia constante para prevenir todo riesgo de incendio.

- No se debe comenzar con los trabajos de soldadura hasta después que se haya humedecido a fondo el lugar; una vez terminados estos y antes de abandonar el trabajo, el área debe humedecerse nuevamente y mantenerse bajo inspección alrededor de 8 horas.





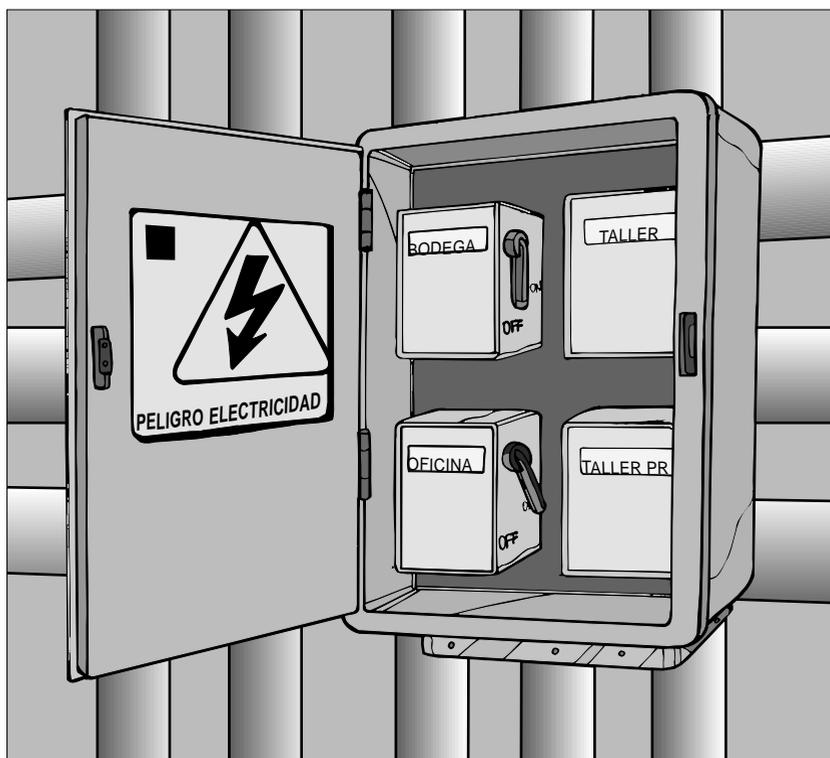
Señalética de
Prevención de
Incendios utilizada en
obras de construcción
que utilicen elementos
combustibles altamen-
te inflamables.



7. Prevención y Control de Riesgos Eléctricos

7.1. Disposiciones Generales

La electricidad presenta un riesgo particular en los trabajos subterráneos, especialmente donde hay niveles altos de humedad o atmósferas con gas.



La instalación eléctrica debe ser del tipo adecuado y estar convenientemente instalada, no utilizando el material o equipo eléctrico en tensiones más elevadas, ni sometiéndola a corrientes más intensas que las indicadas por el fabricante, y debiendo estar además, protegida contra sobrecargas y correctamente aislada.

Las instalaciones y equipos eléctricos usados en las faenas de construcción de túneles deben cumplir las normas nacionales establecidas por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles u organismo asignado según D.F.L. N° 1 del 13 de septiembre de 1982 y sus modificaciones posteriores.

En cada local especialmente destinado a contener equipos o instalaciones eléctricas energizadas, debe mantenerse disponible un diagrama unilineal de circuitos eléctricos que le son propios.

Los interruptores de alimentación principales deberían estar etiquetados para mostrar que unidades controlan.

Todas las cubiertas o cajas que contengan circuitos eléctricos, transformadores o interruptores deben ser puestos a tierra.

Los motores eléctricos, generadores y controles deben ser blindados para evitar la entrada de polvo y agua. Igualmente, los portalámparas deben ser estancos al agua.

Deberían exhibirse donde sea necesario, fijándose en lugares apropiados, los siguientes avisos con advertencias en instrucciones en forma de letreros:

- Un aviso que prohíba, a toda persona no autorizada, entrar en locales especialmente destinados a contener equipos o instalaciones eléctricas energizadas.



- Un aviso que prohíba, a toda persona no facultada por la Administración de la faena, operar o intervenir los aparatos eléctricos o cualquier elemento de la instalación.
- Un aviso que señale las instrucciones sobre los procedimientos a seguir en caso de incendio en los recintos en que se encuentren aparatos eléctricos.
- Un aviso que indique la persona a quién se debe notificar cualquier accidente o acontecimiento peligroso de origen eléctrico, y la manera de comunicarse con ella.

7.2. Personal autorizado

La administración debería designar a una persona calificada como encargada de desarrollar la mantención o la reparación de los equipos e instalaciones eléctricas y de llevar actualizado un registro de estos servicios y del personal autorizado.

Ninguna persona debería instalar, operar, ajustar, reparar, examinar o trabajar en instalaciones o equipos eléctricos, sin haber sido instruída y autorizada por la Administración.

Las personas encargadas de la operación de equipos móviles o de máquinas portátiles eléctricas deben:

- desconectar el equipo o la máquina después de dejar de operarlos y antes de abandonarlos; y
- en caso de desperfecto, cerciorarse que se ha cortado la corriente de alimentación del equipo o de la máquina, antes de abandonarlos para que sean reparados.

7.3. Desconexión de la corriente en la superficie

Se deberían instalar equipos de corte que permitan poner fuera de tensión simultáneamente todas las instalaciones subterráneas; estos aparatos deberían:

- encontrarse en la superficie;
- ser accesibles solamente a las personas autorizadas; y
- confiarse a una persona competente autorizada para accionarlos.

Desconexión de la corriente en el subsuelo

Se deberían instalar aparatos de corte eficaces en el principio de cada circuito eléctrico subterráneo.

7.4. Puesta a tierra

Cuando la tensión sea superior a la tensión extrabaja, se deberían conectar a tierra los siguientes elementos:

- el blindaje y el revestimiento metálico de los cables;
- los elementos metálicos externos de aparatos eléctricos tales como generadores, transformadores y motores, que generalmente no están bajo tensión; y
- los elementos metálicos situados a proximidad inmediata de conductores bajo tensión

Las instalaciones de puesta a tierra, deberían disponerse de tal manera que no pueda originarse una diferencia peligrosa de potencial, entre los elementos conectados a tierra y esta misma.

La continuidad y resistencia de los sistemas de tierra, deben ser comprobados inmediatamente después de la instalación y al menos mensualmente desde entonces.

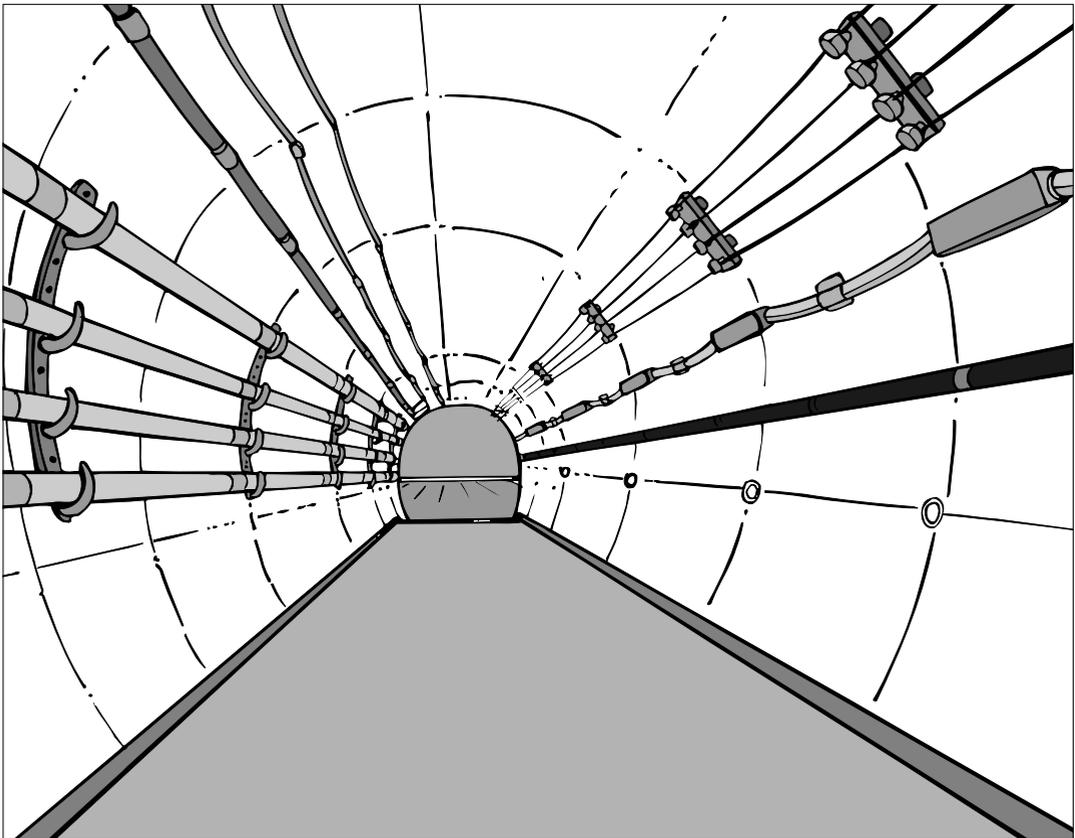
En caso necesario, se deberían instalar en la superficie pararrayos adecuados para proteger las instalaciones subterráneas contra toda tensión excesiva debida a electricidad atmosférica.

7.5. Conductores

Las líneas de electricidad deben estar bien separadas o aisladas de las líneas de agua, líneas telefónicas y conducciones de aire.

La envoltura de los cables debería ser de un material tal que no favorezca la propagación del fuego.

Los cables deberían estar bien aislados, especialmente en sus conexiones.



En los cables blindados, la envoltura metálica:

- no debería presentar ninguna solución de continuidad eléctrica en toda su longitud;
- debería estar conectada a tierra;
- en caso necesario, debería estar eficazmente protegida contra la corrosión; y
- no debería ser utilizada como conductor activo.

Se deberían colocar y asegurar los cables de manera que se les dé la mayor protección posible contra todo daño de origen mecánico, en particular contra los daños que puedan provocar su propio peso, su flexión o torsión, la circulación o los movimientos del terreno.

Los soportes de los cables deberían:

- tener una resistencia mecánica suficiente;
- permitir el deslizamiento del cable si se somete a un esfuerzo anormal de tracción; y
- estar colocados a intervalos bastante aproximados para impedir curvaturas peligrosas del cable.

No se deberían sostener los conductores eléctricos por medio de clavos, puntas, tuberías u otros soportes improvisados.

8. Iluminación

Se proporcionará iluminación eléctrica, en cantidad y calidad suficiente, para permitir el paso seguro en todas las zonas. Los accesorios deberán ser no metálicos, estancos al polvo y al agua.



Las lámparas fijas utilizadas en el túnel, deberían estar provistas de un globo resistente de vidrio o de otro material transparente y protegidas con un resguardo.

Los aparatos de alumbrado fijo, deberían estar aislados convenientemente en su estructura externa, de tal forma que permita cambiar la ampolla o el tubo sin peligro de choque eléctrico.

Si se alimenta la instalación mediante un sistema de línea de contacto, el alumbrado debería limitarse a las secciones del túnel por donde pase dicha línea de contacto y a sus inmediaciones.

La tensión de las lámparas portátiles no deberían exceder de la tensión extrabaja de seguridad.

Además del alumbrado principal, se debería disponer de un alumbrado auxiliar, que en caso de urgencia, funcione el tiempo suficiente para que los trabajadores abandonen el lugar sin riesgo alguno.



Se deberá tener lámparas y otras luces de emergencia, fácilmente disponibles, en los sitios en que una falla de corriente pueda ser peligrosa.

Los equipos y maquinarias en general deberían estar suficientemente iluminados, para que puedan distinguirse fácilmente los órganos móviles.

Los proyectores deberían:

- instalarse únicamente en lugares cuya altura libre sea como mínimo de tres metros; y
- estar provistos de vidrios deslustrados.

Todos los cables de electricidad, deberían tener aislamiento reforzado y estar colocados con aisladores de tipo aprobado. No se enredarán o amarrarán en alcayatas, tubos o cualquier otro gancho provisional y se sostendrán en alto para evitar tropiezos.

Los interruptores deberán estar resguardados y cumplir con las características y condiciones que señalan las normas para este tipo de elementos. Todo el equipo eléctrico, incluyendo las herramientas de mano, deberá tener una conexión a tierra permanente y segura.

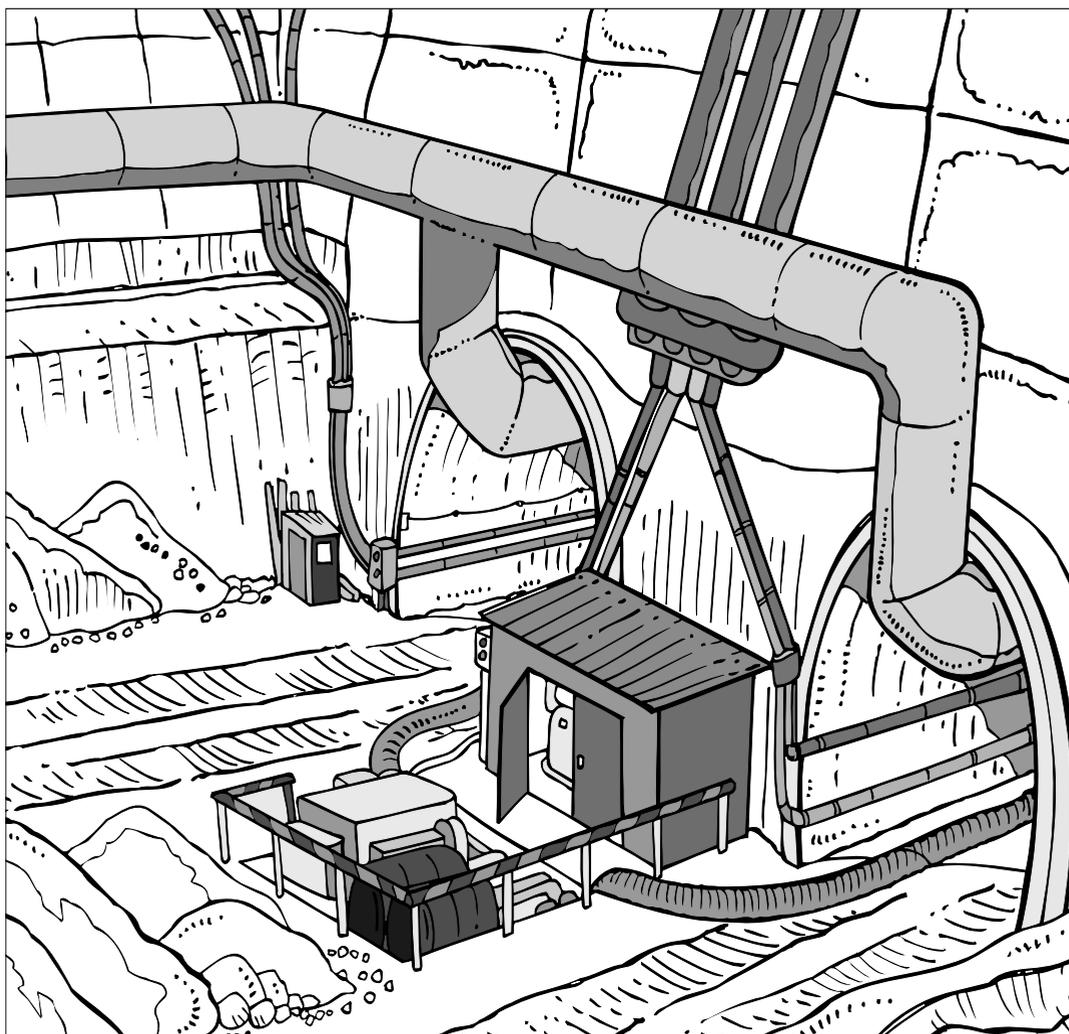
9. Comunicaciones

Se debe instalar un teléfono u otro sistema de comunicaciones, que garantice la comunicación permanente entre el frente de trabajo y/o la galería de avance y la boca del túnel, con extensiones junto a los aparatos ventiladores y a otros sitios donde se esté trabajando.



10. Ventilación

La atmósfera respirable en el interior del túnel debe ser similar a la de la calle, pero distintos motivos se asocian al aire que entra al túnel con otros gases, que lo pueden hacer irrespirable; esta circunstancia adversa se combate mediante una correcta ventilación, que los diluye y a su vez los ayuda a controlar el polvo, regula la temperatura y la humedad ambiente.

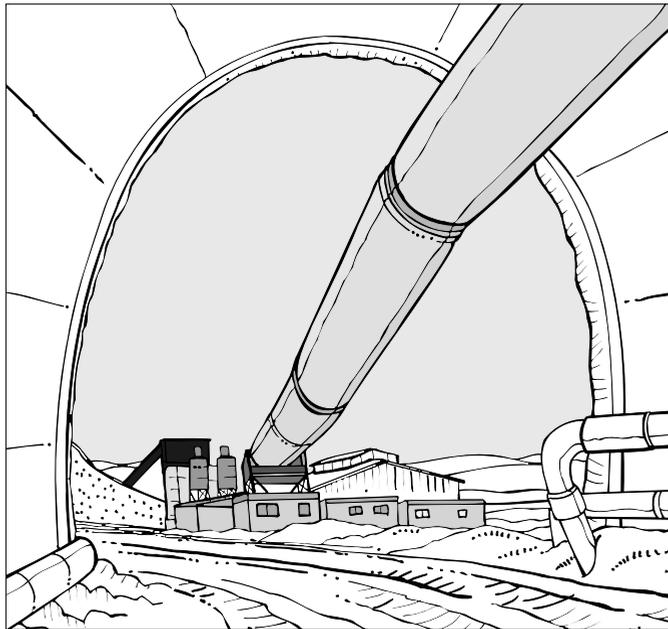


En todas las obras subterráneas de construcción de túneles, la atmósfera debería purificarse suministrando aire respirable en toda la extensión del túnel, por medio de una corriente de aire que permita mantener las buenas condiciones ambientales de trabajo; en particular se debe lograr:

- evitar una elevación excesiva de la temperatura;
- mantener la concentración de polvo, gases y humos nocivos dentro de límites admisibles; y
- impedir que el contenido en oxígeno de la atmósfera descienda por debajo del 19,5%.

Debería ser posible en todas las obras subterráneas, invertir la dirección de la corriente de aire.

Cuando la ventilación natural sea insuficiente, se debería prever un sistema de ventilación artificial que proporcione un mínimo de 3 metros cúbicos de aire por minuto, por trabajador.



El aire suministrado debería estar exento de toda contaminación. Se deberían hacer pruebas frecuentes para buscar gases peligrosos y nocivos. No se deberían sobrepasar los siguientes límites:

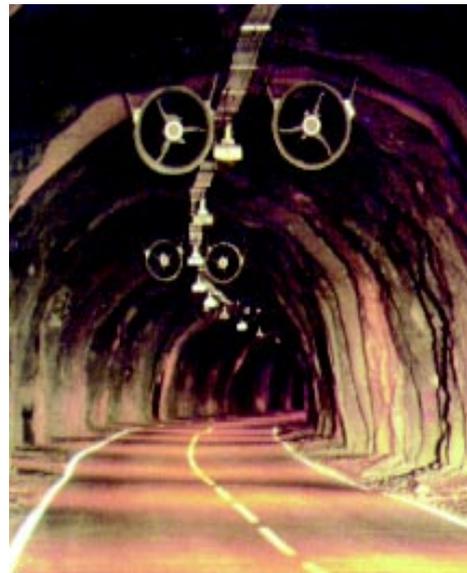
- monóxido de carbono 0,01%
- bióxido de carbono 1,00%
- metano 0,25%
- sulfuro de hidrógeno 0,001%

Si las pruebas indican que los gases arriba citados exceden los límites de tolerancia, se debe suministrar aire adicional para reducirlos dentro de los límites.

Los conductos de suministro de aire, deberían ser estancos.

Cuando se proceda a la voladura de barreno:

- se debería prever un sistema de ventilación artificial, que asegure la suficiente cantidad de aire en el frente de ataque;
- después de cada voladura, se debería evacuar el polvo del frente de ataque en la mayor cantidad posible, mediante ventilación por aspiración; y
- en caso necesario, se debería instalar un sistema de ventilación adicional para eliminar los humos.



11. Prevención y Control de Riesgos en el Uso de Explosivos

Voladuras y pegas: Corresponde al proceso de fragmentar o desgarrar materiales sólidos, tales como rocas, tierra o mampostería por medio de una carga explosiva. La secuencia normal consiste en barrenar un conducto, insertar una carga explosiva, cubrirla con un material denso para evitar la disipación y provocar la explosión por medio de un detonador o una mecha.

Muchos tipos de explosivos se utilizan de diversos modos para deshacer minerales o rocas, bien en la superficie o bajo tierra, para permitir su excavación. Los principales tipos de explosivos usados son: pólvora negra, explosivos especiales de seguridad para uso en minas de carbón, explosivos de nitroglicerina, dinamitas, oxígeno líquido, mezclas de nitrato amónico/ fuel oil (ANFO), bien en polvo o en forma pastosa.

Los principales accesorios son: mecha de seguridad (que tienen una velocidad regular de encendido), detonadores simples, detonadores eléctricos instantáneos o retardados, relés de detonación, mechas de detonación (no se queman sino que detonan a alta velocidad), cordel de ignición y conexasores explosores (aparatos o máquinas provocadoras de la explosión), comprobadores de circuito, cables de conexión, activadores del detonador e ignidores de mecha.

11.1. Disposiciones Generales

La persona que manipula explosivos, cualquiera que sea su naturaleza, deberá contar con licencia vigente, otorgada por la autoridad fiscalizadora respectiva, de acuerdo con la reglamentación actual vigente. Sin perjuicio de las exigencias de conocimientos técnicos en el uso de los explosivos que exige la Ley N° 17 798 sobre Control de Armas y Explosivos, las empresas deberán capacitar específicamente al personal en el uso de los explosivos usados en la faena.



Se deberá llevar a los frentes de trabajo solamente la cantidad de explosivos, detonantes y guías necesarios para el disparo, y esto deberá hacerse en el momento de cargar los tiros.

Los explosivos no podrán ser llevados a los frentes de trabajo sino en forma de cartuchos, en envases cerrados, dentro de cajas de madera, aluminio o envase original. Cada caja contendrá sólo una clase de explosivo y las lámparas de llama abierta o fuego se mantendrán lejos de estas cajas, las que se deberán proteger además, de caídas de rocas, de explosiones de tiros o de choques violentos.

Todo vehículo que se use en el transporte de explosivos deberá ser autorizado por el organismo fiscalizador correspondiente; dicho vehículo podrá transportar detonadores o explosivos indistintamente, pero no conjuntamente. No obstante, en casos especiales, la autoridad respectiva podrá autorizar vehículos que transporten explosivos y detonadores al mismo tiempo, en compartimentos distintos, mediante separación adecuada.

Cuando exista explosivo sobrante, este deberá ser devuelto al almacén o a cajones de devolución con llave, especialmente diseñados y autorizados por la autoridad fiscalizadora respectiva.

No se deberá proporcionar a los trabajadores dinamita congelada o exudada; y todo cartucho con cualquiera de estas características será entregado inmediatamente al supervisor, quien designará a un empleado especializado en la materia para que lo destruya conforme a la reglamentación establecida.

En las obras subterráneas sólo debería permitirse la pega eléctrica.

Los circuitos de voladura mediante pega eléctrica deberían ser independientes del circuito de energía eléctrica o de alumbrado o de cualquier otro circuito.

Se deberían verificar los circuitos de voladura antes de incorporar los detonadores.

No se debería instalar ningún otro circuito eléctrico en el mismo lado del túnel donde haya un circuito de voladura.

Antes de proceder a la pega se deberían poner fuera de tensión todos los circuitos eléctricos, salvo el de la voladura, hasta una distancia suficiente del punto de la pega.

El alumbrado requerido para proceder al atacado de barrenos, debería asegurarse exclusivamente con lámparas de pila apropiadas.

Después de cada voladura deberían inspeccionarse las paredes y el techo, y se deberían retirar los bloques de piedra inestables.

Se deberían tomar todas las precauciones posibles para evitar la contaminación por polvos en los trabajadores.

Se deberían tomar las precauciones necesarias para avisar a los equipos de voladura ante la inminencia de una tormenta eléctrica, cuando esté escarchando o nevando e interrumpir de inmediato los preparativos y las operaciones de voladura.

Todos los trabajadores deben salir del túnel antes de la voladura. –

El dinamitero y el supervisor de turno serán los últimos en abandonar el túnel.

Las cápsulas explosivas , mechas de seguridad, cables eléctricos y demás materiales de voladura deberían ajustarse a las disposiciones de los reglamentos y normas nacionales u otras reglamentaciones oficiales.

No se debería sacar la dinamita de su envase original hasta el momento de cargarla en los orificios de barreno.

En barrenos mojados podrían utilizarse mechas, cápsulas de pega eléctrica o cápsulas atacadas debidamente a la mecha de seguridad.

En la voladura bajo el agua deberían utilizarse mechas detonantes o cápsulas de pega eléctrica.

En lo posible, la voladura debería efectuarse fuera de las horas de trabajo o después de haber sido interrumpido éste.

Siempre que sea posible, la voladura en la superficie debería efectuarse a la luz del día.

Si fuera necesario efectuar voladuras en la obscuridad, se deberían iluminar adecuadamente con luz artificial los caminos y pistas.

Si las operaciones de voladura pudieran entrañar peligro para los trabajadores de otra empresa:

- las dos empresas deberían ponerse de acuerdo sobre la hora de la voladura;
- no se debería proceder a la voladura sin avisar previamente a la otra empresa y sin que esta haya confirmado el aviso.

No se deberían dejar sin vigilancia barrenos cargados al terminar el turno de trabajo.

En el momento oportuno antes del aviso final de voladura, los trabajadores deberían ponerse al abrigo en lugares seguros previamente fijados.

Un minuto antes de la voladura se debería dar una señal audible e inconfundible; después de efectuada la voladura, una vez que la persona responsable se haya

cerciorado de que no hay peligro, debería darse una señal acústica distinta de fin de peligro.

Con el objeto de impedir la entrada de personas en la zona peligrosa mientras se efectúan trabajos de voladura:

- Se deberían apostar vigías alrededor de la zona de operaciones;
- Se deberían desplegar banderines de aviso; y
- Se deberían fijar avisos bien visibles en diferentes puntos alrededor de la zona de operaciones.

En los avisos del inciso anterior se debería indicar:

- que se están empleando explosivos;
- las señales acústicas utilizadas antes de proceder a la voladura y después de pasado el peligro y el momento en que se darán;
- cuales son los banderines de aviso utilizados, incluido el banderín de fin de peligro.

El dinamitero y el supervisor de turno, deben ser las primeras personas que entren al túnel después de la explosión. Se hará una inspección cuidadosa del frente y del derrumbe para buscar agujeros en el nivel del corte y barrenos cebados.

11.2. Perforación y Carga de Barrenos.

Los vagones y otras plataformas para barrenar ("Jumbos"), se deben diseñar y construir con las consideraciones de seguridad necesarias que permitan proporcionar condiciones seguras de trabajo.



El barrenado con inyección de agua (barreno húmedo), se deberá preferir siempre que sea posible, porque se desprende una menor cantidad de polvo.

Las herramientas se deben conservar siempre en buenas condiciones de operación y siempre se usarán las brocas adecuadas. Las mangueras neumáticas y las conexiones se deben proteger contra daños.

Antes de cargar un barreno, los trabajadores que no estén ocupados en las operaciones de voladura, deberían retirarse a un lugar seguro.

No se debería permitir fumar, ni que haya llamas abiertas en la zona de carga de barreno.

En la voladura subterránea, la carga de explosivos debería consistir:

- en un solo cartucho; o
- en una hilera de cartuchos conectados entre sí o una mecha detonante.



En la voladura subterránea con detonador:

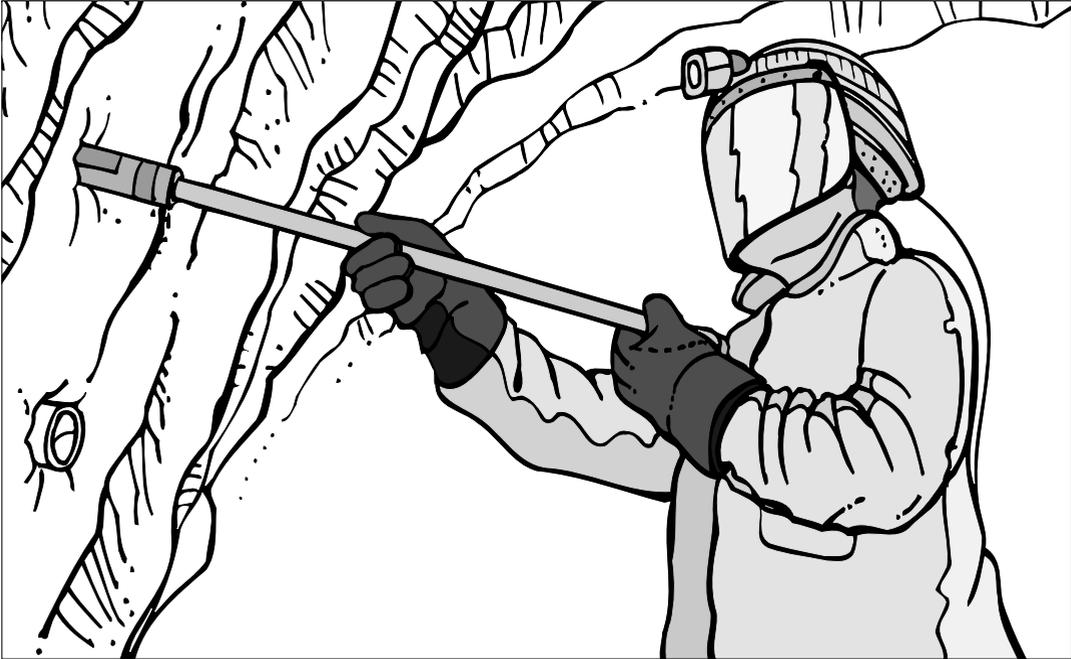
- se deberían volar las cargas utilizando un solo cartucho con cebo y un detonador; y
- debería colocarse el detonador en un extremo de la carga.

Las cápsulas de voladura deberían ser atacadas mediante un dispositivo autorizado en las minas o permitido por la autoridad competente.

No se deberían plegar con los dientes la cápsulas de voladura.

Cuando se proceda a la pega de cartuchos de pólvora negra con mecha, el cartucho conectado a la mecha debería ser el último que se cargue.

Se deberían verificar los barrenos con un atacador de madera u otro dispositivo análogo para asegurarse que si puede introducirse en ellos la carga sin riesgo alguno.



Los orificios perforados o practicados con un explosivo no deberían cargarse hasta que:

- estén suficientemente fríos;
- no haya en ellos fragmentos metálicos ardientes u otras materias que continúen ardiendo o rescoldos;
- se haya limpiado insuflando aire comprimido o por otros medios eficaces.

Los tubos de soplado para la limpieza de los orificios de barreno deberían ser de un material que no produzca chispas.

Los orificios deberían tener la anchura suficiente en toda su profundidad para poder introducir fácilmente los cartuchos.

No se debería practicar ningún orificio de barreno en otros barrenos, en mechazos o en huecos.

No se debería practicar ningún orificio de barreno con un explosivo a distancias menores de 7,6 mtrs, de otros barrenos ya cargados.

No se debería ahondar ningún orificio de barreno que haya contenido previamente explosivos.

Cuando se haga la voladura en un lugar donde haya agua o ácidos, debería utilizarse una mecha de seguridad con funda de plástico o, si ello no fuera posible, una mecha envuelta en cinta.

No se deberían embutir los explosivos en los barrenos a la fuerza, como tampoco, los detonadores en la dinamita.

No se debería manipular con brusquedad, hender, ni deformar los cebos.

Para cargar pólvora suelta en un barreno, debería utilizarse un embudo de material que no produzca chispas.

Una vez cargado el barreno, se deberían llevar al almacén el explosivo y los detonadores sobrantes.

Cuando se utilicen detonadores de retardo, el cartucho cebado debería colocarse en el fondo del barreno.

No se debería desatacar un barreno cargado, a menos que haya habido un mechazo.

Cuando se utilicen palos u otros objetos para cargar los barrenos, dichos objetos deberían ser de madera o de otro material adecuado que no produzca chispas.

Siempre se debe tomar en consideración las recomendaciones del fabricante al seleccionar la clase y calidad del explosivo y el tipo de detonador; en todos los casos se debe usar el explosivo de fuerza adecuado, en la cantidad mínima efectiva para el fin.

11.3. Atracado

A menos que sea absolutamente necesario, no se debe retirar la dinamita de los cartuchos, pero si se hace, la dinamita suelta no se debe atracar.

El material de atracado no debería contener elementos duros tales como piedras.

Los atracadores deberían ser de madera o de otro material apropiado que no produzca chispas.

Se deberían atracar las cargas con suavidad.

No se deberían atracar los cebos.

Se deberían rellenar los barrenos con una capa de suficiente espesor de arena, tierra, arcilla u otro material incombustible apropiado.

Se debería procurar que no se ensortijen, ni estropeen las mechas o los alambres de los detonadores durante el atracado.

11.4. Inspecciones antes y después de una voladura

Antes de la voladura

No se deberían volar ningún barreno hasta que:

- después de haber avisado debidamente a las personas que se hallen en peligro, estas se hayan guarecido;
- se hayan guardado los explosivos sobrantes en lugar seguro;
- la persona responsable haya dado la señal convenida de antemano en caso que se encuentre cierto número de personas en las inmediaciones.

Se deberían volar todos los barrenos lo antes posible después de cargados.

Todos los barrenos que puedan repercutir entre sí, deberían volarse al mismo tiempo o en rápida sucesión.

Todos los barrenos de una misma tanda deberían ser volados simultáneamente, sin perjuicio de que se proceda a la voladura de retardo.

Donde haya peligro de que las rocas vuelen, o donde existan construcciones, o sistemas de transporte cercanos, se debería recubrir la superficie de voladuras

con esteras, fajinas u otros medios adecuados para impedir la proyección de fragmentos.

En los barrenos de más de tres metros de profundidad sólo deberían utilizarse ignitores eléctricos o mechas detonantes.

Encendido de la mecha

Manéjese la mecha con cuidado para evitar dañar el forro. En tiempo frío se debe calentar ligeramente antes de usar para evitar que se agriete el impermeabilizante.

Use tramos largos de mecha, nunca menores de 0,60 mtrs, para que el dinamitero tenga tiempo de guarecerse.

No corte la mecha sino hasta que esté listo para meterla en la cápsula. Recorte una o dos pulgadas para asegurar que la punta esté seca. Con una cuchilla limpia y afilada haga un corte recto en la mecha. Coloque la mecha con suavidad contra la carga del fulminante y evite torcerla una vez colocada.

Las cápsulas deben plegarse únicamente con la herramienta adecuada para el efecto, y se deben asegurar firmemente a la mecha.

Se debe encender la mecha con un encendedor especial. Si se usan fósforos, se debe rajarse un extremo de la mecha, colocar ahí el fósforo y encenderlo con el abrasivo adecuado. No se debe encender sino hasta que tenga suficiente taca para impedir que una chispa o la cabeza del cerillo vuele y toque el explosivo. Nunca se tenga explosivos en la mano al encender la mecha.

Voladura sin barreno

La voladura sin barreno, que recibe diversos nombres según la localidad, es el método que se emplea para romper rocas sueltas y peñascos, disparando una carga de dinamita de alta velocidad en la superficie de la roca, sin más cubrimiento que unas cuantas paladas de lodo, arena o arcilla. Este método ocasiona un tremendo golpe de aire y puede provocar quejas en sitios poblados.

Inspección después de la voladura

Inmediatamente después de la voladura se deben desconectar todos los cables guía del aparato detonador o de la fuente de corriente, y poner en corto circuito.

Nadie debería volver a la zona de voladura hasta que la persona responsable haya dado una señal clara indicando que:

- se han disipado el humo y los gases;
- el dinamitero ha examinado cuidadosamente la zona y comprobado que no hay mechazos, barrenos volados parcialmente, restos de explosivos ni ninguna otra causa de peligro.

Después de una voladura, se debería limpiar la zona de todos los trozos de piedra que hayan quedado sueltos y el escombros se desprenderá del corte antes de continuar los trabajos.

En la voladura con mecha, si se produce o se teme que se haya producido un mechazo, nadie debería regresar a la zona de voladura antes de transcurrido una hora como mínimo o durante el lapso de tiempo que determine la persona responsable.

11.5. Acuñaadura

Al extraer un volumen de masa rocosa al interior de un cerro, se produce un desequilibrio de fuerzas internas en el sector de las caras libres, que quedan sometidas a fuerzas que no tienen oposición y convergen hacia el espacio vacío, provocando grietas, especialmente en el techo, generando rocas sueltas o zonas débiles que pueden soltarse posteriormente.

Además de la forma y dimensiones de la excavación y del método empleado para desarrollarlo, influyen también en esto y facilitan la profundización de las grietas y el desprendimiento de planchones, las características propias de la roca (dureza, elasticidad, fallas, etc.) y otros factores como la temperatura, la humedad ambiente, presencia de agua, vibraciones, etc., que se suman al debilitamiento de la masa rocosa provocada por el uso de explosivos.

La caída de rocas y de planchones podría ocasionar serios accidentes a los trabajadores, como así también, daños a equipos, maquinarias e instalaciones. Para prevenir la ocurrencia de la caída de planchones o rocas, es necesario después de cada voladura y antes de iniciar cualquier faena, realizar faenas de acuñaadura para evitar la ocurrencia de estos accidentes y sus lamentables consecuencias.

La acuñaadura es la técnica que permite detectar y botar oportunamente las rocas sueltas con el fin de evitar que caigan imprevistamente y provoquen lesiones y daños. Estas operaciones se deberían realizar las veces que sea necesario, dependiendo de las condiciones del terreno y de las operaciones que allí se realicen.

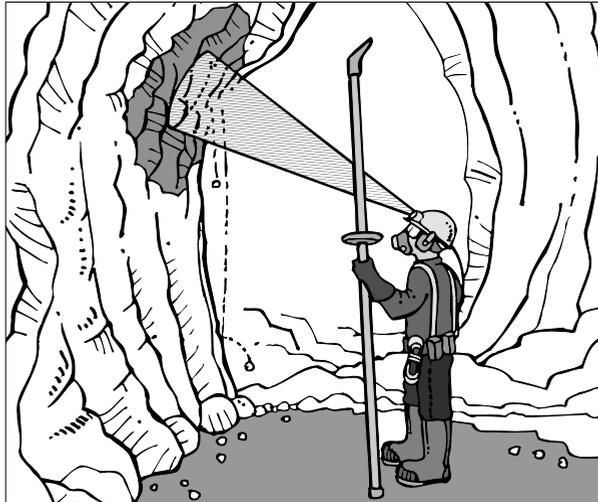
Los trabajadores a ocupar en faenas de acuñaadura, deberían tener una amplia experiencia en trabajos subterráneos, conocimiento de los riesgos de estas faenas y las medidas de control, así como de las normas y procedimientos sobre acuñaaduras.

Antes de iniciar las faenas de acuñaadura, el supervisor deberá entregar instrucciones claras y precisas sobre las actividades a realizar, destacando las medidas de prevención y el correcto empleo de las herramientas, superficies de trabajo y uso de los elementos de protección personal.

Antes de iniciar la acuñadura se debería verificar las condiciones de ventilación, visibilidad, presencia de humos y gases.

En caso de detectarse humos y/o gases se deberá informar de inmediato al supervisor para que se haga una evaluación y se tomen las medidas preventivas necesarias para eliminar o controlar el riesgo antes de realizar cualquier faena de acuñadura.

Para iniciar las faenas de acuñadura, el trabajador debería ubicarse en un sitio seguro, acuñado, reforzado o fortificado y desde allí observar y determinar la zona afectada por el disparo que deberá acuñar, evitando en todo momento transitar bajo la zona que no está acuñada.



El trabajo de acuñadura se deberá iniciar partiendo desde la zona segura, acuñando en avance, para de esta forma quedar siempre ubicado bajo lugares ya acuñados y aproximarse en forma segura hacia el frente de avance. Se debería acuñar en primer lugar el techo, dejándolo tan liso como sea posible y luego acuñar las paredes de la excavación.

Se debería visualizar el lugar donde caerán los planchones, antes de acuñarlos, determinar si existe riesgo de daños para equipos, maquinarias e instalaciones, y en caso de ser así, tratar de retirarlos o desenergizarlos cuando sea posible.

El trabajador deberá ubicarse a la mayor distancia posible del punto en que caerá el planchón, por lo que debería contar con una herramienta suficientemente

larga, la que deberá colocar a un costado de su cuerpo y manejarla en un ángulo no mayor de 45° con la horizontal, tanto al golpear las rocas sueltas como al palanquearlas.

Nunca el trabajador deberá introducir la herramienta en fondos de tiro, en tiros quedados o con restos de explosivos.

El trabajador deberá ubicarse en terreno firme y estable, manteniendo una posición equilibrada con los pies bien apoyados sobre el piso, con un pie más adelantado que el otro y permaneciendo atento para retirarse en forma rápida, hacia la zona ya acuñada, en caso de peligro.

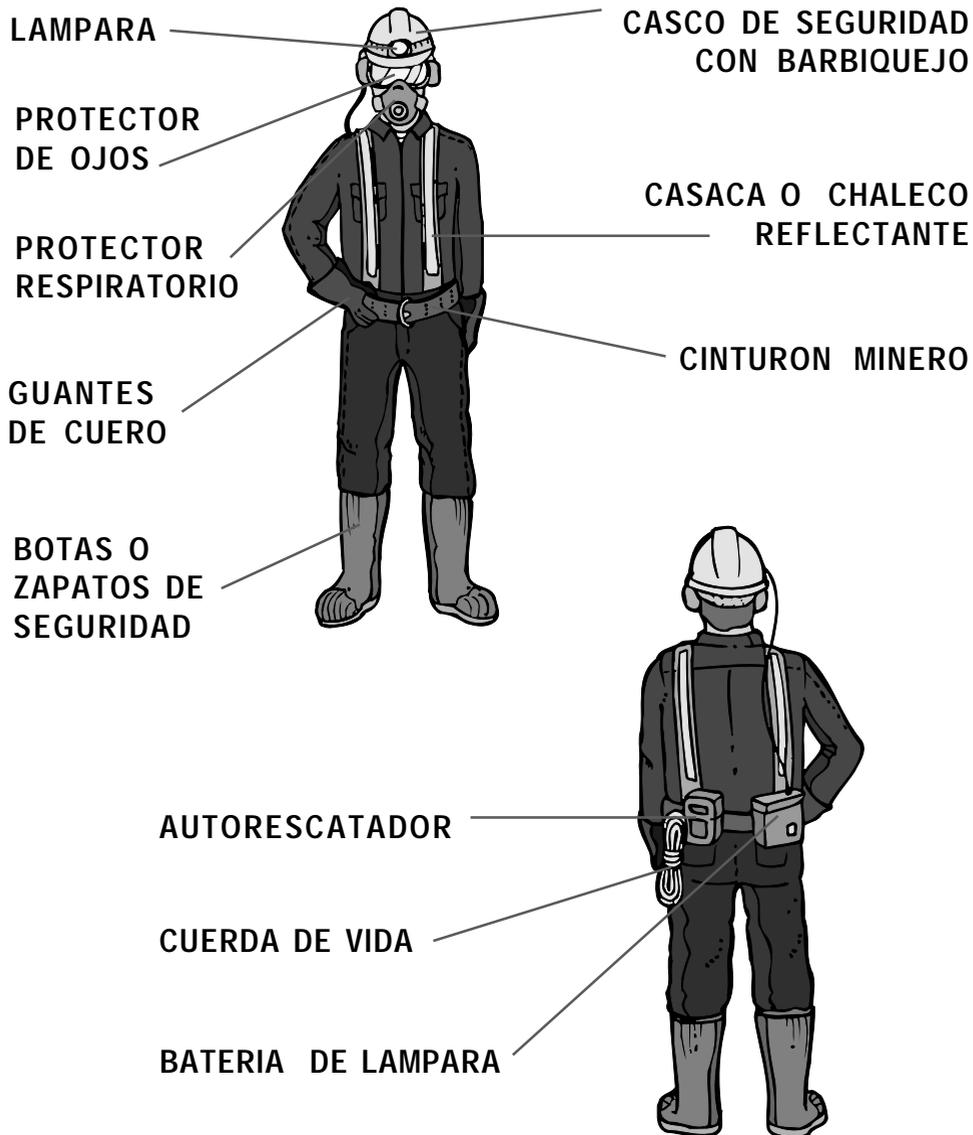
Se deberá evitar siempre el uso de barretillas muy cortas, que coloquen al trabajador en una posición peligrosa, bajo la línea de caída del planchón.



Si no se puede desprender un planchón, deberá informar al supervisor, quién debe adoptar medidas de control por medio del uso de explosivos, fortificación, señalización o cierre del área peligrosa. En ningún caso se debe omitir esta situación, dejando un planchón sin control.

Para acuñaduras en altura, no se debe utilizar superficies de trabajo inadecuadas o improvisadas. Se debería usar andamios o equipos especialmente diseñadas para esta actividad, que permitan al trabajador realizar la acuñadura en forma cómoda, estable y sin riesgos de caídas.

Todos los trabajadores que desarrollen faenas de acuñadura, deben contar con un completo equipo de protección personal, compuesto por: calzado o botas de seguridad, lámpara bien cargada, casco de seguridad con barbiquejo, protectores de oídos y de ojos, protector respiratorio para polvos y gases, cuerda de vida, autorrescatador, guantes de cuero y casaca o chaleco reflectante.



11.6. Almacenaje y empleo de explosivos

La construcción y ubicación de los almacenes de explosivos deberán cumplir con las normas legales vigentes.

Los equipos para las voladuras y las herramientas de carguío del disparo, no se deben guardar en los almacenes de explosivos, sino en recintos construídos especialmente para este fin, de modo que se mantengan en buenas condiciones de trabajo.

Todo almacén de explosivos deberá ser ubicado y protegido de tal manera que prevenga los impactos accidentales de vehículos, rocas, rodados de nieve, bajadas de agua u otros objetos.

El piso y el techo de cada almacén de explosivos y el área que lo rodea, deberán mantenerse limpios, secos y libres de partículas o elementos explosivos. Debe existir además, a la entrada dle polvorín una barra de fierro de descarga de energía estática para el trabajador que ingrese a retirar explosivos.

En el almacenamiento de mezclas explosivas en base a nitrato, deben tomarse las mismas precauciones de seguridad que las que se adoptan con los altos explosivos a base de nitroglicerina. Las cajas de explosivos deben disponer de cierta separación para mantener la ventilación de estas.

Tratándose de cualquier clase de explosivo, los que tienen mas tiempo en el almacén deberán ser usados primero.

Ninguna herramienta, excepto las de materiales no ferrosos, apropiados, deberá ser usada para abrir las cajas de los explosivos.

Los explosivos, detonadores y guías, serán introducidas al área de trabajo para ser guardados en los almacenes autorizados, o para ser empleados inmediatamente en conformidad a las instrucciones escritas que deben ser conocidas por todos los trabajadores expresamente autorizados.

12. Transporte

Hay distintos métodos de transporte de los escombros generados en la excavación del túnel, en vagones, camiones, cintas transportadoras, etc., teniendo todos ellos un accidente típico común que es el atrapamiento. Para su prevención se deben proyectar y realizar galerías suficientemente amplias, señalizando el sistema de transporte y dando una buena iluminación. Las cintas transportadoras deben estar protegidas en todo su recorrido y disponer de cable de paro de emergencia.

Si el sistema es por vagones, es importante dimensionar el tipo de carril y que esté fuertemente sujeto a las soleras.

El personal solamente puede utilizar los medios de transporte permitidos y autorizados y respetar las normas de seguridad existentes para ello.



13. Planes para acciones de emergencia

En todos los lugares, independientemente del tamaño, debe existir una organización establecida para llevar a efecto los planes de emergencia.

Todo el personal debe organizarse para actuar en cualquier emergencia y debe enseñarse a cada persona cuál es su función dentro del plan. Deben colocarse instrucciones, planos, etc., en lugares visibles y de fácil acceso, para que los trabajadores los conozcan y sepan actuar en todo momento.

Todos los trabajadores deberían saber a quién notificar ante cualquier circunstancia anormal, que presumiblemente pueda ocasionar una emergencia.

Al hacer la planificación para acciones de emergencias debe darse prioridad a la minimización del riesgo a las personas y sólo después debe reducirse el posible daño. Es importante conocer el número de personas que trabajan en cada sección del túnel.



Deben marcarse claramente las rutas seguras y bien planificadas de acceso y escape; deberá ponerse un diagrama actualizado diariamente de los trabajos subterráneos, bien visible en todas las entradas.

Cuando se requiera la presencia de una brigada de incendios o un equipo de ambulancias para que entre en el túnel, estos deberán familiarizarse con el lugar de antemano y deben ser acompañados siempre por una persona responsable que trabaje en el lugar.

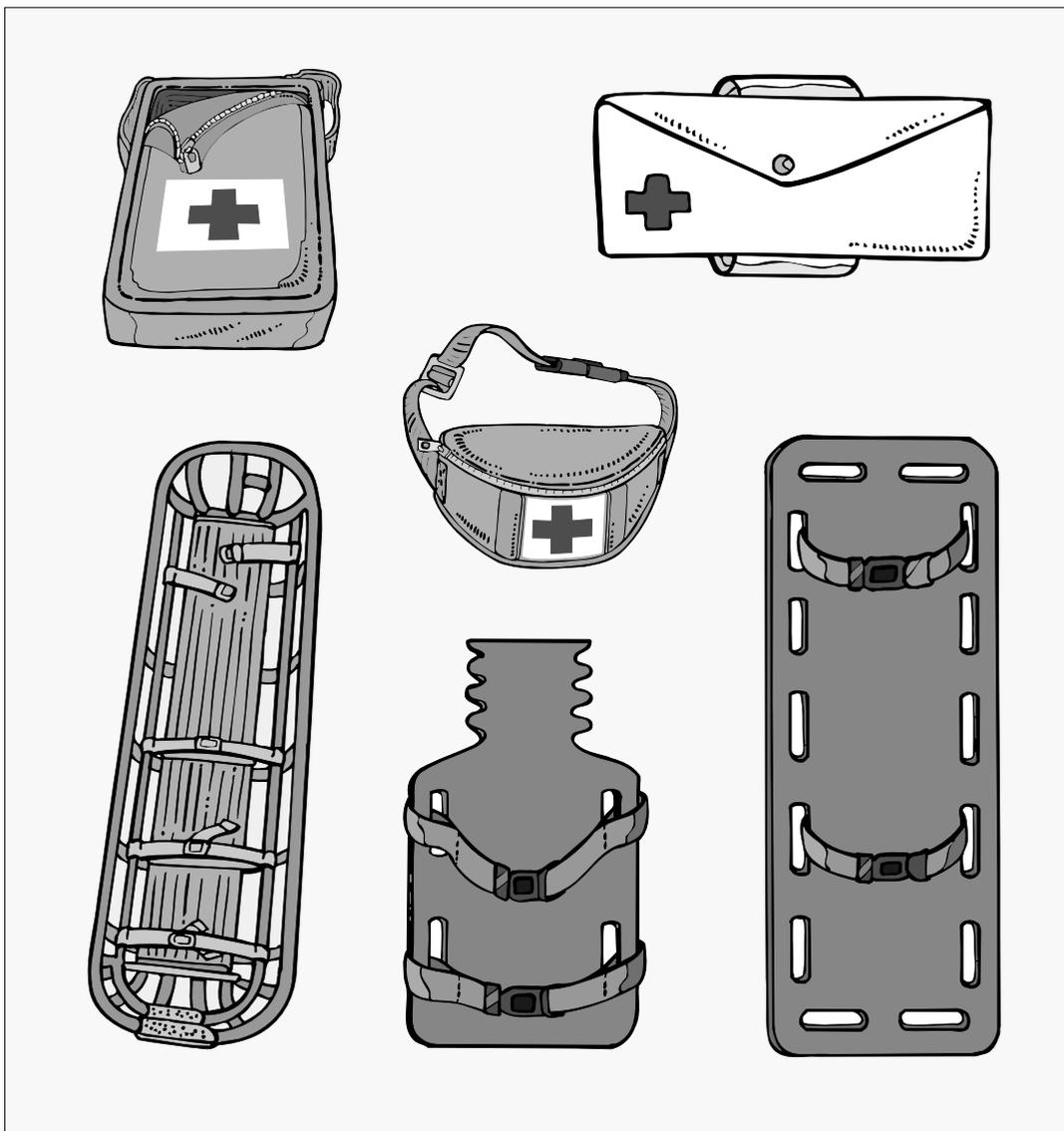
Debe considerarse la elaboración de planes, ya sea para la eliminación del riesgo o para la reducción de la severidad de su efecto, respecto de posibles emergencias por riesgos naturales, por accidentes y por fallas de la instalación, electricidad y paralizaciones.

Los principales riesgos a determinar incluyen:

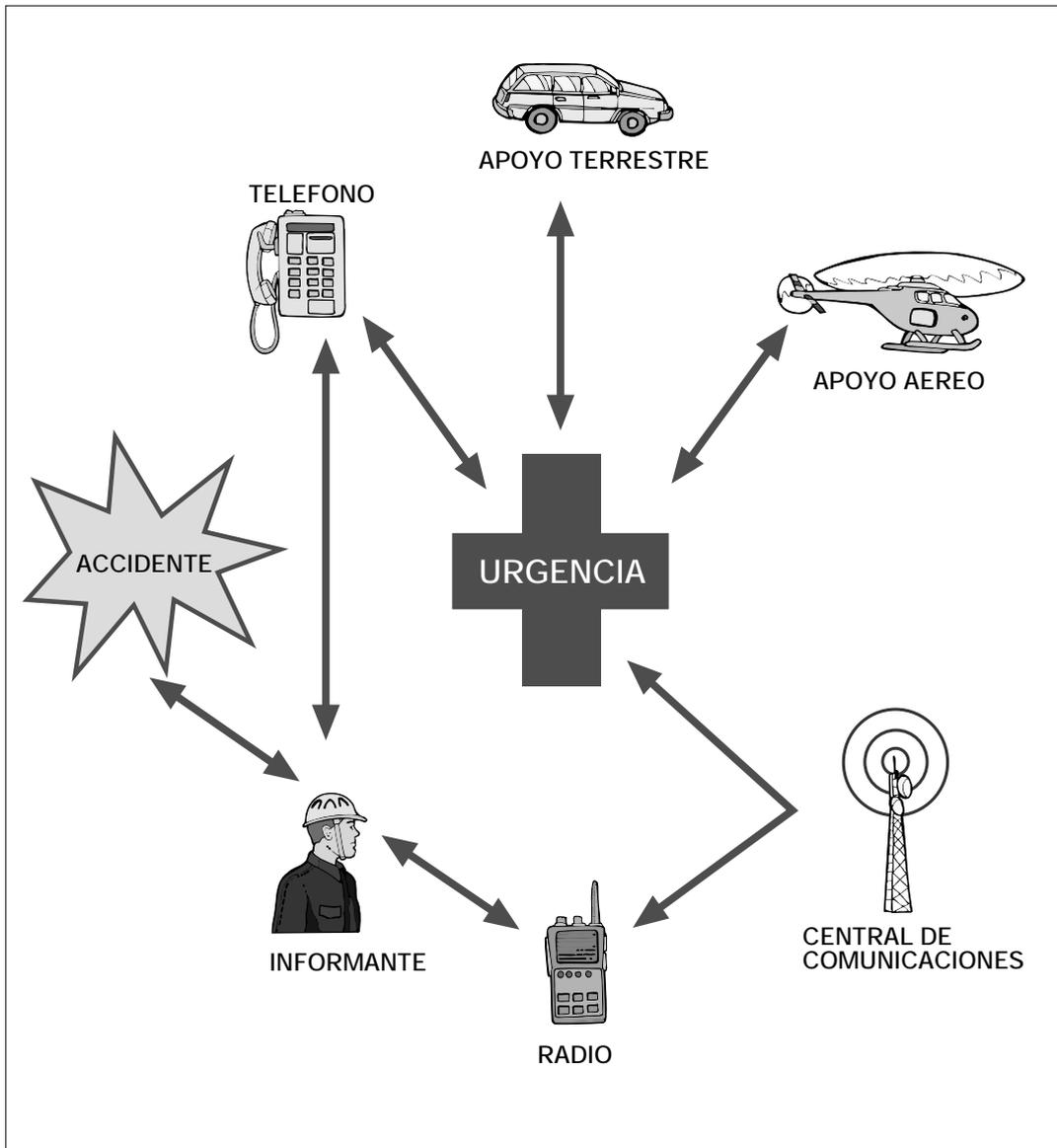
- Falla de los soportes temporales de las paredes y techo del túnel y/o derrumbamiento de tierra en la pared de excavación, que puede estar acompañada de una inundación de agua.
- inundación del túnel
- explosión de gas
- insuficiencia de oxígeno
- incendios de materiales almacenados, instalaciones eléctricas, vigas de madera, combustibles, etc.
- fallas de la instalación y electricidad
- paralizaciones, cualquiera que sea la causa.

14. Primeros Auxilios

Cada proyecto de túnel debería contar con la instalación de una unidad de primeros auxilios y personal capacitado para su atención. Los botiquines , camillas y demás equipamiento necesario para trasladar heridos deben mantenerse limpios y estar instalados en lugares accesibles listos para su uso.



Debería existir, siempre disponible, una ambulancia o un vehículo de similares características para el traslado de accidentados a un centro asistencial, y un sistema de comunicaciones expedito con el centro asistencial previamente determinado.



Todos los supervisores y trabajadores en general, deberían conocer el procedimiento a seguir en caso de accidente.

15. Mantenimiento y Conservación de Túneles

La mantención corresponde a todas aquellas operaciones menores que se efectúan a los equipos e instalaciones de un túnel, con el objetivo de conservarlos en óptimas condiciones de operación.

La conservación por su parte corresponde a las operaciones necesarias de realizar a la infraestructura misma del túnel, como reparaciones de pavimentos, paredes, techo, etc., con el fin de proporcionar condiciones de tránsito expeditas y seguras, tanto en circunstancias normales como en situaciones de emergencia.

Principales equipos a mantener en un túnel

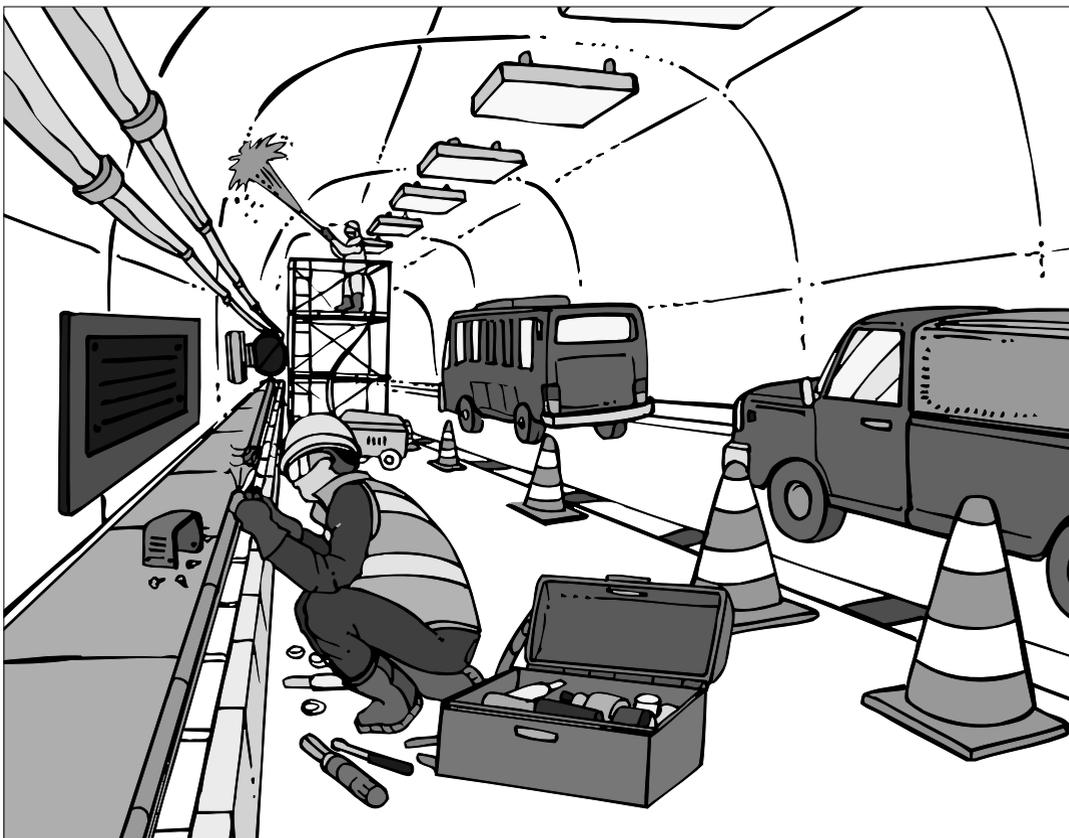
En los túneles modernos los equipos más comunes de encontrar, son los siguientes:

En el exterior del túnel:

- Ventiladores de inyección.
- Ventiladores de aspiración.
- Subestación eléctrica y grupo electrógeno de emergencia.
- Tablero eléctrico de distribución y comandos.
- Equipo de registro y control de CO.
- Central telefónica.
- Panel de control de tránsito.
- Equipos de aire comprimido.
- Iluminación de accesos.
- Semáforos.
- Sistemas de alarmas y extinción de incendios.

En el interior del túnel:

- Nichos para la detección de CO y toma de muestra.
- Casetas con elementos contra incendios.
- Alarmas contra incendio.
- Cámaras de televisión.
- Sistema de iluminación.
- Demarcación de pista en base a tachas, pintura reflectante y/o delineadores.
- Altavoces.
- Ductos de aire:
 - a) Red de cañerías de agua.
 - b) Canaletas con cables eléctricos, de control, de comunicaciones, de video y de CO.
 - c) Toberas de regulación de aire.
 - d) Sensores de temperatura de aire fresco y aire viciado.
 - e) Sistemas indicadores de velocidad de vehículos.



Las faenas de conservación consistirán principalmente en:

- Reparaciones de pavimentos, paredes y techo.
- Aseo periódico de pasillos, bermas y canaletas para evitar la acumulación de polvos.
- Lavado de las superficies de los túneles tales como: paredes, techo y piso revestidos con hormigón, azulejos o estucos, mediante sistemas de chorro de vapor de agua con detergentes o métodos similares.
- Pintado anual de elementos metálicos, luminarias, casetas de incendio, teléfonos, letreros, etc.



Las faenas de mantención y conservación de túneles, se realizan por lo general, con la obligación de mantener la continuidad y seguridad del tránsito en forma permanente, salvo en aquellas circunstancias en que por motivos de emergencias o trabajos imprevistos en el interior del túnel, se deba suspender el tránsito vehicular.

Los trabajos de mantención y conservación se deberían realizar durante las horas de menor intensidad de tránsito, preferentemente en horario nocturno, a fin de minimizar las interferencias en las vías de circulación, manteniendo cerrada al tránsito una sola pista del túnel, en lo posible en longitudes no superiores a 100 metros en caso de faenas de mantención de equipos e instalaciones, ni mayores de 500 metros en el caso de reparación de pavimentos, avanzando con las barreras y sistemas de seguridad en la medida que se vayan terminado las faenas de cada tramo.

Se deberá proveer, colocar y mantener señalización completa y adecuada, durante todo el proceso de mantenimiento y/o de las faenas de conservación, cumpliendo estrictamente con las normas establecidas en el Decreto N° 63, del 15.05.86 del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, haciendo notar al usuario en forma clara, oportuna y precisa la situación a que se enfrentará, para que adopte las precauciones necesarias.

Deberán mantenerse las condiciones de iluminación y ventilación adecuadas en el lugar de las faenas, de modo de garantizar la seguridad tanto de los trabajadores como de los usuarios de la ruta.

Una vez terminadas las faenas en el túnel, se deberá despejar y retirar del sitio de trabajo todos los equipos, maquinaria, materiales excedentes, obras provisionales, escombros y basuras de cualquier especie, dejando las instalaciones aceptables y totalmente operables, debiendo a continuación ser retirada toda la señalización provisoria ocupada durante las faenas de mantenimiento y/o conservación.

Todo el personal que realiza faenas de mantención, conservación y/u operación de túneles, deberá recibir capacitación y entrenamiento periódico, que le permitan operar en forma coordinada, con seguridad y eficiencia en situaciones de emergencia.

El entrenamiento deberá comprender: uso de extintores, funcionamiento y operación del sistema de agua contra incendio, uso de trajes especiales contra incendio, máscaras y otros elementos de protección personal que se dispondrán para tales efectos, procedimientos a seguir en caso de incendio, falla en el sistema centralizado de ventilación del túnel, accidente de vehículo,

derrumbes en el interior o en los accesos del túnel, etc.; incluyendo además un curso de primeros auxilios.

Los trabajadores que participan en las faenas de mantención y conservación, deberán contar con los elementos de protección personal adecuados, tales como: casco y calzado de seguridad, chaleco reflectante, guantes de seguridad, protectores respiratorios, cuando sea necesario trabajar con una atmósfera respirable en el interior del túnel bajo los límites permisibles y cuando las condiciones de baja temperatura ambiente y excesiva humedad en el túnel lo hagan necesario, deberían contar con parkas térmicas impermeables y botas con punteras de seguridad.



