

# TÚNELES

## GUÍA PARA LA PRL EN LA EJECUCIÓN DE TÚNELES



OSALAN  
Laneko Segurtasun eta  
Osasunerako Euskal Erakundea  
Instituto Vasco de Seguridad y  
Salud Laborales



EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO

ENPLEGU ETA GIZARTE GAETAKO SAILA  
DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y ASUNTOS SOCIALES

# TÚNELES

## GUÍA PARA LA PRL EN LA EJECUCIÓN DE TÚNELES

El grupo de trabajo que ha participado en la elaboración de esta GUÍA está integrado por los siguientes miembros:

### OSALAN

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| ▶ <b>D. Vicente Camarero</b>            | CENTRO TERRITORIAL DE ARABA   |
| ▶ <b>D. Alberto Alonso</b>              | CENTRO TERRITORIAL DE ARABA   |
| ▶ <b>D. Pedro Martínez de Lahidalga</b> | CENTRO TERRITORIAL DE ARABA   |
| ▶ <b>Dña. Margarita Ortega</b>          | CENTRO TERRITORIAL DE BIZKAIA |

### EMPRESAS DEL SECTOR

- |                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| ▶ <b>D. Jesús Jaime Ruiz</b>  | ACCIONA INFRAESTRUCTURAS |
| ▶ <b>D. Fernando Bastida</b>  | ALTUNA Y URIA            |
| ▶ <b>D. César Palacio</b>     | DRAGADOS                 |
| ▶ <b>D. Santiago Regueira</b> | FCC CONSTRUCCIÓN         |
| ▶ <b>D. Pablo García</b>      | ISOLUX CORSÁN            |
| ▶ <b>D. Gonzalo Olea</b>      | OHL                      |

### INGENIERIA DE COORDINACIÓN

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| ▶ <b>D. Jon Jauregi</b> | BPG – COORDINADORES |
|-------------------------|---------------------|

### AGRADECIMIENTO

- ▶ **D. Jaime Casla**
- ▶ **D. Daniel Pérez**

Igualmente se agradece a cuantas empresas y técnicos han colaborado puntualmente en la elaboración de esta GUÍA y no han sido reflejados con anterioridad.

## ► PRESENTACIÓN

La ejecución de obras lineales ha presentado desde siempre para el hombre una lucha para poder superar los accidentes geográficos.

En éstos últimos tiempos, en la Comunidad Autónoma del País Vasco, la obra pública civil ha ganado un protagonismo indudable, frente a una crisis de la construcción residencial, para el desarrollo y ejecución de importantes infraestructuras: T.A.V., carreteras y autopistas, soterramientos ferroviarios, transporte metropolitano...

Estos procesos constructivos implican gran especialización y considerable complejidad, como es el caso objeto de esta Guía, concretamente las obras de ejecución de túneles.

Este trabajo pretende, en un ámbito constructivo con escasa bibliografía preventiva en comparación con los procesos de la construcción más convencionales, servir de herramienta válida a los diferentes agentes profesionales que intervienen en la gestión de la prevención de los riesgos en dicho proceso.

OSALAN – Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, tiene entre sus funciones efectuar estudios, informes y asesoramiento en general sobre aquellos factores que puedan conllevar riesgos para la salud de los trabajadores.

En el ámbito general de la seguridad de los procesos constructivos son ya numerosas las publicaciones editadas o, en su caso, reeditadas por este Instituto: Seguridad práctica en la construcción; Ejecución de zanjas; Estabilización de taludes; Guías de encofrados, de redes de seguridad, de andamios tubulares...

La documentación que aquí se presenta esperamos, que en su consulta, oriente y facilite la elaboración de procedimientos que minimicen los riesgos de esta actividad contribuyendo a la reducción de la siniestralidad.

Esta Guía tiene como principales destinatarios las empresas constructoras y sus mandos, por ser los responsables de la planificación de los trabajos y de los medios a emplear; los técnicos de prevención; las direcciones facultativas; los servicios de prevención o los coordinadores de seguridad.

No nos queda más que expresar nuestro más sincero agradecimiento a las empresas y organismos que, con sus aportaciones y experiencia, han contribuido a la redacción de esta publicación.

*Directora General de Osalan*  
**Pilar Collantes**

# ▶ ÍNDICE

<b>0. RIESGOS Y SIMBOLOGÍA</b>	<b>08</b>
<b>1. MONTAJE DE INSTALACIONES</b>	<b>10</b>
1.1. VALLADO	10
1.2. INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR	10
1.3. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	13
1.4. INSTALACIÓN DE AGUA	13
1.4.1. Abastecimiento de agua para consumo	13
1.4.2. Aguas de proceso	14
1.4.3. Aguas residuales	14
1.5. INSTALACIONES DE EXPLOSIVOS	14
1.5.1. Almacenamiento de explosivos	14
1.5.2. Caseta del vigilante jurado	16
1.5.3. Zona destrucción de explosivos	16
1.5.4. Preparación explosivos/caseta preparación de cañas	18
1.6. TALLER MECÁNICO	18
1.7. ZONA LIMPIEZA DE VEHÍCULOS	19
1.8. PARQUE DE FERRALLA	20
1.9. DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO	20
1.10. PARQUE-FÁBRICA DE DOVELAS	21
<b>2. EJECUCIÓN DE ACCESOS</b>	<b>24</b>
2.1. EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO – MEDIOS MECÁNICOS	24
2.1.1. Definición	24
2.1.2. Maquinaria y equipos	24
2.1.3. Riesgos y medidas preventivas	24
2.2. EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO – EXPLOSIVOS	27
2.2.1. Definición	27
2.2.2. Maquinaria y equipos	27
2.2.3. Riesgos y medidas preventivas	27
2.3. POZO DE ATAQUE	30
2.3.1. Pantallas	31
2.3.1.1. Definición	31
2.3.1.2. Medios auxiliares	32
2.3.1.3. Maquinaria y equipos	32
2.3.1.4. Riesgos y medidas preventivas	33
2.3.2. Pilotes in situ	35
2.3.2.1. Definición	35
2.3.2.2. Medios auxiliares	36

2.3.2.3. Maquinaria y equipos	36
2.3.2.4. Riesgos y medidas preventivas	36
2.3.3. Micropilotes y anclajes	38
2.3.3.1. Definición	38
2.3.3.2. Medios auxiliares	40
2.3.3.3. Maquinaria y equipos	40
2.3.3.4. Riesgos y medidas preventivas	40
<b>3. EXCAVACIÓN Y AVANCE DEL TÚNEL</b>	<b>43</b>
<b>3.1. EMBOQUILLE</b>	<b>43</b>
3.1.1. Definición	43
3.1.2. Medios auxiliares	44
3.1.3. Maquinaria y equipos	44
3.1.4. Riesgos y medidas preventivas	44
<b>3.2. AVANCE CON RETROEXCAVADORA</b>	<b>47</b>
3.2.1. Definición	47
3.2.2. Maquinaria y equipos	48
3.2.3. Riesgos y medidas preventivas	48
<b>3.3. ROZADORA</b>	<b>51</b>
3.3.1. Definición	51
3.3.2. Maquinaria y equipos	51
3.3.3. Riesgos y medidas preventivas	51
<b>3.4. EXPLOSIVOS</b>	<b>54</b>
3.4.1. Definición	54
3.4.2. Maquinaria y equipos	54
3.4.3. Riesgos y medidas preventivas	55
<b>4. INSTALACIONES DE TÚNEL</b>	<b>59</b>
<b>4.1. VENTILACIÓN</b>	<b>59</b>
4.1.1. Definición	61
4.1.2. Medios auxiliares	61
4.1.3. Maquinaria y equipos	61
4.1.4. Riesgos y medidas preventivas	62
<b>4.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	<b>63</b>
4.2.1. Definición	63
4.2.2. Medios auxiliares	64
4.2.3. Maquinaria y equipos	65
4.2.4. Riesgos y medidas preventivas	65
<b>4.3. INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO</b>	<b>67</b>
4.3.1. Definición	67
4.3.2. Medios auxiliares	67
4.3.3. Maquinaria y equipos	67
4.3.4. Riesgos y medidas preventivas	67
<b>5. SOSTENIMIENTO</b>	<b>70</b>
<b>5.1. BULONES</b>	<b>70</b>

5.1.1. Definición	70
5.1.2. Medios auxiliares	70
5.1.3. Maquinaria y equipos	70
5.1.4. Riesgos y medidas preventivas	70
<b>5.2. HORMIGÓN PROYECTADO (GUNITA)</b>	<b>72</b>
5.2.1. Definición	72
5.2.2. Medios auxiliares	72
5.2.3. Maquinaria y equipos	72
5.2.4. Riesgos y medidas preventivas	73
<b>5.3. CERCHAS</b>	<b>75</b>
5.3.1. Definición	75
5.3.2. Medios auxiliares	77
5.3.3. Maquinaria y equipos	77
5.3.4. Riesgos y medidas preventivas	77
<b>5.4. PLACAS DESPLEGADAS (“BERNOLD”)</b>	<b>80</b>
5.4.1. Definición	80
5.4.2. Medios auxiliares	80
5.4.3. Maquinaria y equipos	80
5.4.4. Riesgos y medidas preventivas	80
<b>5.5. TRATAMIENTOS ESPECIALES</b>	<b>83</b>
5.5.1. Definición	83
5.5.2. Medios auxiliares	83
5.5.3. Maquinaria y equipos	83
5.5.4. Riesgos y medidas preventivas	84
<b>6. REVESTIMIENTO Y FALSOS TÚNELES</b>	<b>86</b>
<b>6.1. IMPERMEABILIZACIÓN</b>	<b>86</b>
6.1.1. Definición	86
6.1.2. Medios auxiliares	86
6.1.3. Maquinaria y equipos	86
6.1.4. Riesgos y medidas preventivas	87
<b>6.2. HORMIGÓN IN SITU</b>	<b>90</b>
6.2.1. Carro de encofrado: montaje, traslado y desmontaje	90
6.2.1.1. Definición	90
6.2.1.2. Medios auxiliares	90
6.2.1.3. Maquinaria y equipos	91
6.2.1.4. Riesgos y medidas preventivas	91
6.2.2. Armado/ferrallado y hormigonado de la puesta	93
6.2.2.1. Definición	93
6.2.2.2. Medios auxiliares	93
6.2.2.3. Maquinaria y equipos	94
6.2.2.4. Riesgos y medidas preventivas	94
<b>6.3. ELEMENTOS PREFABRICADOS</b>	<b>97</b>
6.3.1. Definición	97
6.3.2. Medios auxiliares	97
6.3.3. Maquinaria y equipos	97
6.3.4. Riesgos y medidas preventivas	97

<b>7. ACABADOS E INSTALACIONES DEFINITIVAS</b>	<b>100</b>
<b>8. SISTEMAS DE EJECUCIÓN DE TÚNELES CON MÁQUINAS INTEGRALES</b>	<b>101</b>
<b>8.1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>101</b>
8.1.1. Las máquinas integrales.	101
8.1.2. Excavación en roca. Topos.	101
8.1.3. Escudos.	102
8.1.4. Hidroescudos.	103
8.1.5. Escudos de presión de tierras.	104
8.1.6. Dobles escudos.	105
8.1.7. Sistemas de guiado.	105
8.1.8. Desescombro.	106
8.1.9. Colocación del sostenimiento.	107
8.1.10. Suministro de materiales.	108
<b>8.2. MONTAJE Y DESMONTAJE</b>	<b>108</b>
8.2.1. Medios auxiliares	108
8.2.2. Maquinaria y equipos	109
8.2.3. Riesgos y medidas preventivas	109
<b>8.3. UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	<b>112</b>
8.3.1. Medios auxiliares	112
8.3.2. Maquinaria y equipos	112
8.3.3. Riesgos y medidas preventivas	112
<b>9. HIGIENE</b>	<b>115</b>
9.1. CONTAMINANTES FÍSICOS	115
9.2. CONTAMINANTES QUÍMICOS	116
9.3. CONTAMINANTES BIOLÓGICOS	116
<b>10. PLANES DE EMERGENCIA, ALARMA Y EVACUACIÓN</b>	<b>117</b>
10.1. IDENTIFICACIÓN DEL CENTRO TRABAJO	117
10.2. OBJETO	117
10.3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	117
10.4. ORGANIZACIÓN GENERAL	117
10.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS SITUACIONES DE RIESGO	118
10.6. MEDIOS DE PROTECCIÓN PROPIOS	118
10.7. ACTIVACIÓN DEL PLAN	120
10.8. PLANOS Y CROQUIS	120
10.9. NORMAS ESPECÍFICAS DE ACTUACIÓN	121
10.10. IMPLANTACIÓN	121
10.11. ACTUALIZACIONES	122
<b>11. ENTORNO</b>	<b>123</b>
<b>12. LEGISLACIÓN APLICABLE</b>	<b>124</b>
<b>13. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS</b>	<b>126</b>

## ► RIESGOS Y SIMBOLOGIA

**C**on el fin de unificar criterios, y previamente al análisis de los riesgos identificados para los trabajos objeto de este manual, se relacionan y describen los riesgos:

- **Caídas de personas a distinto nivel:** Incluye, tanto caídas de alturas (edificios, árboles, máquinas, vehículos, etc...), como en profundidades (puentes, excavaciones, aberturas de tierra, etc...).
- **Caídas de personas en el mismo nivel:** Incluye caídas en lugares de paso o superficies de trabajo y caídas sobre o contra objetos.
- **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento:** El riesgo existe por la posibilidad de desplome o derrumbamiento de: estructuras elevadas, estanterías, pilas de materiales, tabiques, hundimiento de pisos por sobrecarga, y los hundimientos de masas de tierra, rocas en cortes o taludes, zanjas, etc.
- **Caída de objetos en manipulación:** Posibilidad de caída de objetos o materiales sobre un trabajador durante la ejecución de trabajos o en operaciones de transporte y elevación por medios manuales o mecánicos, siempre que el accidentado sea la misma persona o a la cual le caiga el objeto que estaba manipulando.
- **Caída de objetos desprendidos:** Posibilidad de caída de objetos que no se están manipulando y se desprenden de su situación. Ejemplos: materiales en estanterías, piezas cerámicas en fachadas, lámparas y aparatos suspendidos, conductos, objetos y herramientas dejados en puntos elevados, barandillas sin rodapié sobre zonas de trabajo o de paso, etc.
- **Pisadas sobre objetos:** Riesgo de lesiones (torceduras, esguinces, pinchazos, etc.) por pisar o tropezar con objetos abandonados o irregularidades del suelo, sin producir caída. Ejemplos: herramientas, escombros, recortes, virutas metálicas, residuos, clavos, bordillos, desniveles, tubos, cables, etc.
- **Choques contra objetos inmóviles:** Considera al trabajador como parte dinámica, es decir, que interviene de forma directa y activa, golpeándose contra un objeto que no estaba en movimiento. Ejemplos: partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso, vigas o conductos a baja altura, etc.
- **Choques y contactos contra objetos móviles:** Posibilidad de recibir un golpe por partes móviles de maquinaria fija y objetos o materiales en manipulación o transporte. Ejemplos: órganos móviles de aparatos, brazos articulados, carros deslizantes, mecanismos de pistón, grúas, transporte de tablones, tubos, palets, etc.
- **Golpes y cortes por objetos o herramientas:** Posibilidad de lesión producida por objetos cortantes, punzantes o abrasivos, herramientas y útiles manuales, máquina herramienta, etc. Ejemplos: herramientas manuales, cuchillas, destornilladores, martillos, lijas, cepillos metálicos, muelas, aristas vivas, cristales, herramientas accionadas, ventiladores, taladros, tornos, sierras, cizallas, fresas, etc.
- **Proyección de fragmentos o partículas:** Riesgo de lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas. Comprende los accidentes debidos a la proyección sobre el trabajador de partículas o fragmentos procedentes de una máquina o herramienta.
- **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos:** Posibilidad de sufrir una lesión por atrapamiento o aplastamiento de cualquier parte del cuerpo por mecanismos de máquinas o entre objetos, piezas o materiales. Ejemplos: Engranajes, rodillos, correas de transmisión, árboles de transmisión, ruedas y turbinas, transportadores, mecanismos en movimiento, cadenas de arrastre, prensas, piezas pesadas, etc.
- **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos:** Posibilidad de sufrir una lesión por atrapamiento o aplastamiento debido a vuelcos de tractores, vehículos y otras máquinas, quedando el trabajador atrapado por ellos.
- **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos:** Posibilidad de lesiones músculo-esqueléticas y/o fatiga física al producirse un desequilibrio entre las exigencias de la tarea y la capacidad física

del individuo. Ejemplos: Manejo de cargas a brazo, amasado, lijado manual, enyesadores, mecánicos de mantenimiento, trabajos en cadena, trabajos en asiento inadecuado, introducción de datos en ordenador, etc.

- **Exposición a temperaturas ambientales extremas:** Posibilidad de daño por permanencia en ambiente con calor o frío excesivo. Ejemplos: Hornos, calderas, fundiciones, túneles, cámaras frigoríficas, etc.
- **Contactos térmicos:** Riesgo de quemaduras por contacto con superficies o productos calientes o fríos. Ejemplos: Hornos, estufas, calderas, tuberías, escapes de vapor, líquidos calientes, llamas, sopletes, metales en fusión, resistencias eléctricas, gases licuados (nitrógenos, extintores de CO2, etc.).
- **Contactos eléctricos:** Daños causados por descarga eléctrica al entrar en contacto con algún elemento sometido a tensión eléctrica. Ejemplos: Conexiones, cables y enchufes en mal estado, cuadros de mando, bornes, transformadores, receptores eléctricos, soldadura eléctrica, etc...
- **Exposición a sustancias nocivas:** Posibilidad de lesiones o afecciones producidas por la inhalación, contacto o ingestión de sustancias perjudiciales para la salud. Se incluyen las asfixias y ahogos.
- **Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas:** Posibilidad de lesiones producidas por contacto con sustancias agresivas o afecciones motivadas por presencia de éstas en el ambiente. Ejemplos: Ácidos, álcalis (sosa cáustica, cal viva, cemento, etc.), sales metálicas, sulfumán, etc.
- **Exposición a radiaciones:** Posibilidad de lesión o afección por la acción de radiaciones. Ejemplos: Rayos X, rayos gamma, rayos ultravioleta (soldadura, túneles de polimerización, cámaras de selección, etc.).
- **Explosiones:** Posibilidad de que se produzca una mezcla explosiva del aire con gases o sustancias combustibles o estallido de recipientes a presión. Ejemplos: Butano, propano, hidrógeno (carga de baterías eléctricas), disolventes, polvos, combustibles (serrín, harina, etc), materiales pirotécnicos, calderas, aerosoles, botellas de gases comprimidos, etc.
- **Incendios:** Accidentes producidos por efectos del fuego o sus consecuencias.
- **Daños causados por seres vivos:** Riesgo de lesiones o afecciones por la acción sobre el organismo de animales, contaminantes biológicos y otros seres vivos. Ejemplos: Coces, mordeduras de animales, picaduras de insectos, parásitos, bacterias, hongos, virus, etc.
- **Atropellos o golpes con vehículos:** Posibilidad de sufrir una lesión por golpe o atropello por un vehículo (perteneciente o no a la empresa) durante la jornada de trabajo. Incluye los accidentes de tráfico en horas de trabajo. Excluye los accidentes al ir o volver del trabajo. Ejemplos: Tractores, carretillas elevadoras, carros de transporte interior, dúmperes, palas excavadoras, grúas automotoras, vehículos en general.

## SIMBOLOGIA

Se han intentado ilustrar los riesgos a través de fotografías, en las que se emplea un código de símbolos para resaltar los aspectos más relevantes del apartado donde se encuentran ubicadas, independientemente que en las fotografías se pongan de manifiesto otras situaciones peligrosas:



**Mano roja:** situación inadecuada o incorrecta



**Mano amarilla:** atención, situación mejorable...



**Mano verde:** situación adecuada o correcta.

# 1 ▶ MONTAJE DE INSTALACIONES

**E**n toda obra de construcción se deberán habilitar las oportunas instalaciones, tanto para la ordenación de la obra como para los trabajadores, así como el parque destinado para distintos suministros (gunitas, aditivos, combustibles ...) y materiales.

## 1.1 VALLADO

Con el objeto de evitar las interferencias previsibles, tanto con los viales de acceso a la obra como con las áreas anejas a ésta, provocadas por el tránsito de terceros (vehículos y transeúntes), se deberá adoptar el correspondiente cerramiento a lo largo de toda la obra, de forma que quede impedido el acceso de personas no autorizadas. Dicho cerramiento deberá estar debidamente acompañado de señalizaciones de seguridad en lugares apropiados, acorde al riesgo específico, además de las oportunas señales en viales adyacentes. A la hora de implantar el vallado de obra se tendrá en cuenta la incorporación de los vehículos a viales, carreteras y vías públicas de circulación, con condiciones adecuadas de visibilidad de acuerdo con la normativa vigente de tráfico.



Será recomendable la disposición de controles de acceso, en evitación de riesgos de intrusismo.

El vallado perimetral deberá contar con la adecuada altura y resistencia, como para ser considerado infranqueable involuntariamente, pudiendo ser del tipo valla metálica prefabricada de 2 m de altura apoyada sobre dados de hormigón anclados al terreno mediante omegas, separados cada 3.5 m, o bien con valla metálica prefabricada de 2 m de altura y 1 mm de espesor, con chapa ciega y soportes del mismo material tipo omega, separados cada 2 m sobre el terreno.

Además de esto, se deberá prever un ocasional acotado parcial y transportable, mediante vallas de contención de peatones en zonas con riesgo puntual.

Se preverán accesos para operarios y vehículos debidamente discriminados y señalizados en la valla de cerramiento.

## 1.2 INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR

Para el personal de obra se dispondrán unas instalaciones de vestuarios, aseos y comedores según la Normativa de Prevención de Riesgos Laborales, ubicadas según se indique en el oportuno plano de situación. Es recomendable la disposición de una zona de aparcamiento para el personal de obra, la cual esté debidamente protegida y señalizada como área de obra.

Teniendo en cuenta la duración de la obra y el número de operarios previsto, las necesidades se cubrirán mediante las siguientes instalaciones:

### COMEDORES

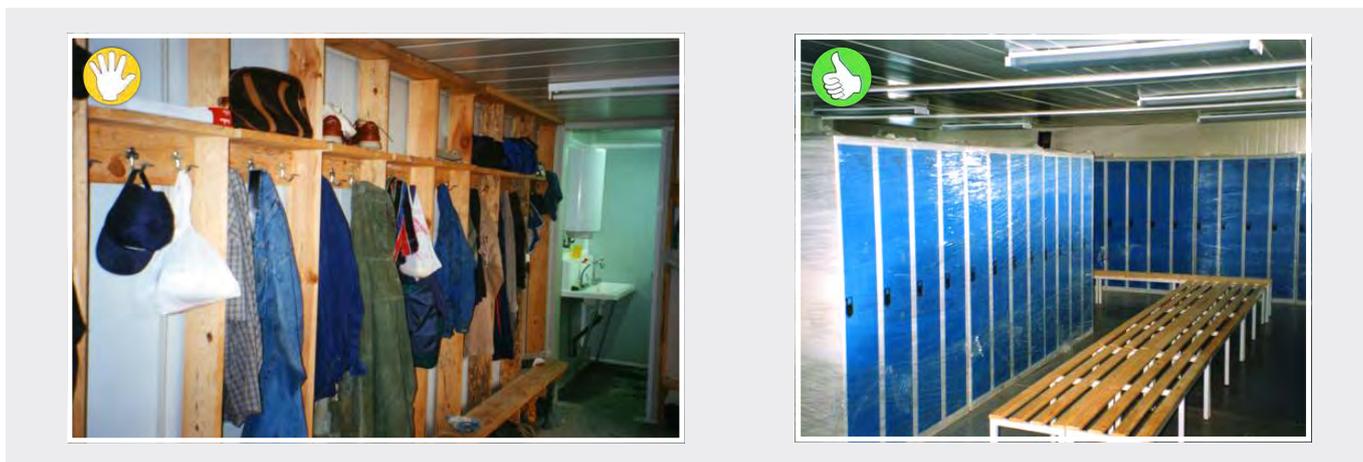
Se dispondrá de recintos provistos de ventilación natural suficiente, iluminación adecuada y tomas de corriente que permitan la instalación de estufas para el invierno, y dotado de mesas y asientos. Se preverá la disposición de calentacomidas.

Se colocarán en el exterior recipientes para basuras, vaciándose periódicamente.



### VESTUARIOS

Se dispondrá de recintos dotados de puertas al exterior con ventilación e iluminación adecuadas, provistos de armarios o taquillas metálicas individuales con cerradura para la ropa y calzado, así como asientos para el personal. Se preverá perchas o puntos de cuelgue para la ropa húmeda.



Si las duchas o lavabos estuvieran separados, la comunicación entre unos y otros deberá ser fácil.

Se proveerá de tomas de corriente para la instalación de estufas en el invierno.

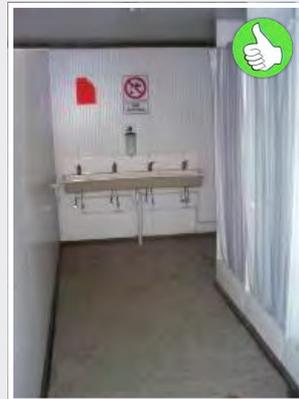


**ASEOS**

Se dispondrá de un recinto provisto de los siguientes elementos:

Inodoros o placas turcas en cabinas individuales con puerta, pestillo interior y percha.

Los lavabos estarán provistos con agua fría y caliente.



Las duchas deberán disponer de agua caliente y fría, siendo de uso exclusivo para tal fin. El agua utilizada en estas instalaciones será apta para el consumo humano.

Espejo, papel higiénico, jabón... y demás elementos higiénicos y sanitarios precisos.

**INSTALACIONES SANITARIAS**

Se debe prever la instalación y adecuación de un lugar para sala de primeras curas, disponiendo una instalación para tal fin, así como la colocación de botiquines ubicados estratégicamente a lo largo de las zonas de trabajo, para la atención de primeros auxilios.

Se dispondrá en obra de camillas portátiles para evacuación de accidentados.

El local deberá estar señalizado de forma adecuada y será de fácil acceso.



Se ofrecerá la formación necesaria sobre la utilización del equipo de primeros auxilios a un número suficiente de trabajadores.

Todo ello estará debidamente recogido en el oportuno Plan de emergencia, alarma y evacuación de la obra.

### OFICINAS PRINCIPALES DE OBRA

Se dispondrán recintos para el personal (técnicos, administración...) que dispondrá de los medios y mobiliario necesarios para el desarrollo de sus funciones.



## 1.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica de la obra se ajustará a las especificaciones establecidas en la normativa vigente, con independencia de su origen (red eléctrica o grupos electrógenos). Esta instalación requiere de la elaboración de proyecto previo para la puesta en obra.

Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contactos directo o indirecto.

Respecto a estas instalaciones deberán verificarse y mantenerse con regularidad por personal cualificado y autorizado, según lo establecido en la normativa vigente.



## 1.4 INSTALACIÓN DE AGUA

### 1.4.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO

La instalación de agua en una obra de este tipo deberá estar prevista para proveer tanto a las necesidades de la ejecución de la obra como a las instalaciones de higiene y bienestar dispuestas en ella.

La acometida de agua potable a la obra se realizará por la compañía suministradora, en el punto de acometida grafiado en los planos, siguiendo las especificaciones técnicas y requisitos establecidos por la compañía distribuidora.

Es deseable que el suministro de agua potable se canalice, en los casos que sea posible, bajo tierra y protegido en tuberías de polietileno de alta densidad, hasta los distintos puntos de consumo para obra, así como para las instalaciones de higiene y bienestar de los trabajadores.

## 1.4.2 AGUAS DE PROCESO

La instalación de aguas de proceso estará debidamente diferenciada y señalizada, teniendo en cuenta la posibilidad de la construcción de balsas acondicionadas para el abastecimiento.



## 1.4.3 AGUAS RESIDUALES

Se tratarán de forma adecuada (saneamiento municipal, fosa séptica, decantador...)



## 1.5 INSTALACIONES DE EXPLOSIVOS

### 1.5.1 ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS

Se entenderá por depósito de explosivo el lugar destinado al almacenamiento de las materias explosivas y sus accesorios.

En cada depósito puede haber uno o varios polvorines.

Los polvorines estarán contruidos conforme a la ITC correspondiente.

Los depósitos auxiliares de distribución serán autorizados por la Subdelegación de Gobierno, de acuerdo a procedimiento establecido.

Los depósitos auxiliares de distribución son los que se vienen utilizando en las obras de túneles.

Según se establece en el Reglamento de Explosivos, los Subdelegados del Gobierno, de acuerdo a procedimiento establecido, podrán autorizar a los usuarios de explosivos polvorines auxiliares de distribución, con capacidad máxima de 50 kg o 500 detonadores, sin que pueda sobrepasarse el número de diez polvorines auxiliares de distribución por instalación. Las distancias de los polvorines entre sí, y respecto a núcleos de población, estarán de acuerdo con la ITC correspondiente.



Para la autorización de la instalación de los mismos es necesaria la confección de un proyecto de ubicación de minipolvorines, que deberá ser autorizado por los estamentos correspondientes según la normativa vigente.

Para poder demostrar la necesidad de tal depósito es necesario contar con la aprobación de un proyecto de voladuras. El contenido mínimo del proyecto de voladuras, que debe ser suscrito por un técnico competente, no viene definido por la reglamentación, pero sí que está claramente especificado el contenido mínimo que debe tener de modo general un proyecto: memoria descriptiva, planos y cálculos justificativos acerca de la eficacia de las medidas encaminadas a garantizar la máxima seguridad del personal, así como toda incidencia perjudicial para las instalaciones; además se deberán describir las condiciones y lugares de utilización, así como las reglas de explotación y mantenimiento.

Si se tratase de voladuras especiales, y casi todas las voladuras de túneles se vienen considerando especiales, sí que vienen definidos unos datos mínimos que deben figurar en el proyecto, de acuerdo con la ITC correspondiente:

- ▶ Cualquier instalación susceptible de influencia directa o recíproca de la voladura; en el caso de subterráneas se considera en un radio de 500 m.
- ▶ Prescripciones específicas que le afectan, en el caso del túnel
  - ▷ Iniciación de la explosión; en especial si hay espaciadores inertes.
  - ▷ Protección contra proyecciones y vibraciones; en especial el estudio de posibles afecciones por vibraciones
- ▶ Proximidad a líneas eléctricas y estaciones transformadoras; proximidad a radiofrecuencia en emisión.
- ▶ Voladuras en zonas habitadas.
- ▶ Tormentas.

Las instalaciones de los depósitos auxiliares de distribución, como almacenamientos especiales, esencialmente deben tener medidas y precauciones respecto al riesgo de incendio, por lo que los materiales deben ser metálicos y refractarios, constituyendo un bloque acorazado e ignífugo. El otro riesgo que es igualmente considerado es el del robo y, en consecuencia, los equipos tienen puertas de seguridad acorazadas y cerraduras igualmente de seguridad.

Se establece que, para trabajos temporales especiales, se podrán autorizar depósitos de consumo con capacidad máxima de 5000 kg. formados por polvorines prefabricados. Estos equipos no necesitarán guardería y el sistema de aprobación será similar el de los minipolvorines. Existen en el mercado modelos homologados por la Dirección General de Política Energética y Minas.

Además de las medidas de seguridad, pararrayos, prevención de incendios, extintores, materiales constitutivos, ventilación, distancia entre polvorines, etc., son necesarias medidas de seguridad ciudadana.

Para el almacenamiento de explosivos se pueden instalar varias baterías de depósitos. Estas baterías serán totalmente independientes, con vallado perimetral y cada una contará con varios minipolvorines, la mayoría para explosivos y, al menos uno, para iniciadores. Ambas baterías dispondrán de autorización de Puesta en Servicio de la Subdelegación de Gobierno.

### 1.5.2 CASETA DEL VIGILANTE JURADO

Estará ubicada en las inmediaciones del almacenamiento de explosivos, y estará sujeta a la legislación vigente en materia de seguridad ciudadana.



### 1.5.3 ZONA DESTRUCCIÓN DE EXPLOSIVOS

Con independencia del sistema de destrucción que se adopte, por explosión o por combustión, deben considerarse unas distancias de seguridad, tanto respecto a zonas habitadas y vías de comunicación como en lo relativo al lugar de refugio del personal que realiza la destrucción.

En la destrucción de explosivos se deben seguir las prescripciones que cada fabricante indique al respecto, las cuales deberían estar incluidas en el Proyecto de Voladuras de la obra.

**TABLA I**

**Distancias mínimas a lugares habitados y vías de comunicación.**

CANTIDAD DE EXPLOSIVO	DISTANCIA MÍNIMA
Hasta 1 kg	150 m
De 1 a 2 kg	200 m
De 2 a 5 kg	250 m
De 5 a 10 kg	325 m
De 10 a 25 kg	450 m
De 25 a 50 kg	550 m
De 50 a 100 kg	700 m

**TABLA II**

**Distancia mínima de protección del personal encargado de la destrucción.**

CANTIDAD DE EXPLOSIVO	DISTANCIA MÍNIMA
Hasta 1 kg	50 m
De 1 a 2 kg	60 m
De 2 a 5 kg	75 m
De 5 a 10 kg	100 m
De 10 a 25 kg	125 m
De 25 a 50 kg	150 m
De 50 a 100 kg	200 m

**TABLA III**

**Distancia entre las partidas de explosivos a destruir.**

CANTIDAD DE EXPLOSIVO	DISTANCIA MÍNIMA
Hasta 1 kg	2 m
De 1 a 2 kg	3 m
De 2 a 5 kg	5 m
De 5 a 10 kg	7 m
De 10 a 25 kg	10 m
De 25 a 50 kg	15 m
De 50 a 100 kg	20 m

Entre otras consideraciones, se tendrán en cuenta las siguientes:

- ▶ La zona estará exenta de vegetación alrededor,
- ▶ No habrá piedras sueltas para evitar proyecciones,
- ▶ Permitirá excavar para poder enterrar los detonadores para su posterior destrucción.
- ▶ Se realizará en el exterior, teniéndose en cuenta la dirección del viento
- ▶ Se preverán medios de extinción (extintor, agua, arena...)
- ▶ Se utilizará material para el lecho de destrucción (paja, hierba seca...)
- ▶ En el caso especial de los explosivos polvulentos (nagolita) se preverá un recipiente con agua, eliminando de forma adecuada el resultante de la mezcla.

La zona de destrucción se señalizará convenientemente respetando las distancias marcadas en las tablas anteriores.



### 1.5.4 PREPARACIÓN EXPLOSIVOS/CASETA DE PREPARACIÓN DE CAÑAS

Habitualmente la zona de preparación de explosivos se realiza en un local que se viene a denominar cuarto de cañas. Suele tratarse de un contenedor acondicionado que deberá estar puesto a tierra, estará señalizado y la iluminación y extracción de gases serán antideflagrantes. Asimismo debe estar dotado de los equipos necesarios de extinción de incendios.

En la puerta del contenedor, se mantendrá la señalización de Prohibición de usos de teléfonos móviles y radiofrecuencias; Prohibición de fumar y encender fuego y Advertencia de Riesgo de Explosión.

Además se tendrá en cuenta:

- ▶ Evitar acopios de cañas en lugares inadecuados (techo caseta...).
- ▶ En su interior sólo estará personal autorizado.



### 1.6 TALLER MECÁNICO

En obras de este tipo es conveniente la disposición de una nave cubierta con una superficie suficiente para su uso como taller mecánico, dotada con todos los elementos necesarios para la reparación y revisión de la distinta maquinaria susceptible de ser utilizada en la obra.

Anexo a este taller existirá una zona destinada al aparcamiento y mantenimiento diario (engrase...) de la maquinaria.

La maquinaria más común es:

- Taladro de columna
- Cortadora
- Compresor
- Gatos, puente grúa...
- Esmeriladora de pié
- Equipos de soldadura oxiacetileno
- Grupos de soldadura eléctrica
- Taladros manuales
- Desbarbadoras
- Tornillos de banco
- Banco de trabajo



## 1.7 ZONA LIMPIEZA DE VEHÍCULOS

En obras de este tipo es conveniente la disposición una zona de limpieza de vehículos para evitar la presencia de barro en vías públicas así como para favorecer un mejor mantenimiento de la maquinaria.



## 1.8 PARQUE DE FERRALLA

Dado el importante volumen de acero para armar se hace necesario tener un parque de elaboración de ferralla.

El parque tendrá una superficie suficiente para responder a un acopio inmediato, previo y posterior al tratado de la ferralla, y podrá estar dotado de los siguientes equipos:

- Cizallas
- Dobladoras
- Mesa de rodillos



## 1.9 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO

Se ha de tener presente, según en qué tipo de túnel, nos podemos encontrar entre otros:

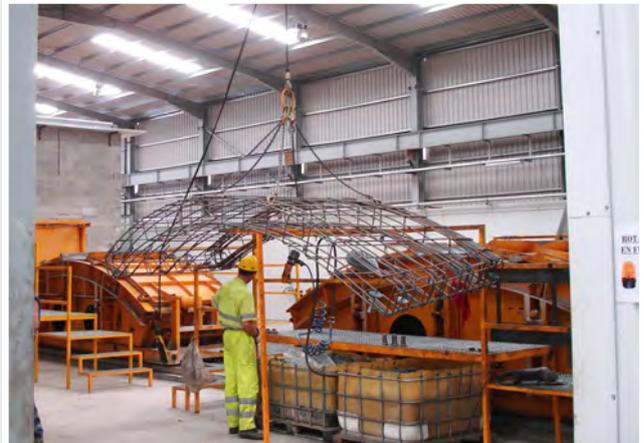
- Gasóleo
- Aceites
- Aditivos de hormigón (acelerantes, desencofrantes...)
- Silos de hormigón (gunita...)
- Recipientes a presión (CO<sub>2</sub>, oxígeno, acetileno ...)



## 1.10 PARQUE-FÁBRICA DE DOVELAS

En ocasiones se hace necesaria la utilización de dovelas. En la mayoría de los casos se traen prefabricadas a obra para su montaje. En el caso de que sean fabricadas “in situ”, su fabricación comprende básicamente los siguientes procesos:

- Montaje de armadura
- Moldes
- Vertido de hormigón en el molde
- Secado y curado de la dovela
- Movimiento de vagones de dovelas, volteo y montaje de juntas



- Almacenamiento de aditivos y acelerantes de hormigón.
- Acopio de dovelas terminadas

Generalmente el cortado y doblado básico de ferralla viene de fábrica, limitándose en la obra a proceder al montaje, colocación de separadores y vainas de armaduras de cada molde. Aún así es posible plantearse la necesidad de contar con un parque de ferralla, aspecto éste tratado más adelante en el presente documento.

Posteriormente se procederá a la disposición en obra de los moldes adecuados para la fabricación de las dovelas, así como de medios mecánicos o electromecánicos para proceder al movimiento de los moldes para el hormigonado, endurecimiento, desmoldado y volteado.



En el supuesto de grandes volúmenes de obra, se podrá disponer en ésta de una planta de hormigón, la cual generará sus propias necesidades de suministro de agua, electricidad y áridos. Dichos áridos deberán estar convenientemente acopiados en lugar adyacente a dicha planta.

De la misma forma, puede disponerse en obra de una planta de trituración, que tiene como función producir áridos para abastecer la fabricación de hormigón en la planta de dovelas. La planta se compone de los siguientes elementos:

- Tolva primaria
- Alimentador vibrante
- Triturador primario de mandíbulas
- Tolva de regulación.
- Criba de corte
- Triturador secundario.
- Cintas transportadoras.
- Cribas de clasificación.
- Molino terciario.
- Equipo de lavado de áridos



Asimismo es necesaria la disposición de un área de acopio del material triturado, en función de su granulometría.

Por último es conveniente indicar que el acopio de las dovelas terminadas se hará sobre una superficie adecuada al material tratado, siendo usual hacerlo sobre cunas de madera.

Los materiales más utilizados al respecto son: separadores, vainas roscadas, juntas de caucho, placas de neopreno, desencofrante, líquido de curado, adhesivo de juntas...



## 2 ▶ EJECUCIÓN DE ACCESOS

### 2.1 EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO - MEDIOS MECÁNICOS

#### 2.1.1 DEFINICIÓN

En algunos casos la realización del acceso al túnel conlleva la excavación a cielo abierto mediante la utilización de diversa maquinaria específica para movimientos de tierras.



#### 2.1.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Bulldozer.
- Retroexcavadora.
- Pala cargadora.
- Camión basculante.
- Camión dumper.
- Dumper autocargable.
- Cuba de agua.



#### 2.1.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** al interior de la excavación, durante el mantenimiento de la maquinaria, zonas de acceso y tránsito a los lugares de trabajos.
  - ▷ Se protegerá, señalizará o delimitará (según proceda) el borde de la excavación así como las zonas de acceso y tránsito.
  - ▷ Mantener las protecciones (barandilla ...) de los recorridos habilitados para el mantenimiento del equipo. En casos especiales se utilizarán medios auxiliares idóneos.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** derivadas de los problemas de circulación interna por mal estado

de accesos y zonas de tránsito, presencia de objetos en las zonas de paso ...

- ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome, derrumbamiento o desprendidos** por hundimientos de masas de tierra, rocas en cortes o taludes, zanjas; por acopio en proximidades de taludes, material del propio talud (bolos, viseras, lisos); exceso de llenado en vehículos de transporte de material, ...
  - ▷ Los taludes habrán sido consolidados previamente para evitar desprendimientos.



- ▷ No acopiar tierras o materiales próximos al borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles deslizamientos del terreno.
- ▷ Evitar la circulación de maquinaria y vehículos al borde de la excavación.
- ▷ Se saneará el terreno excavado eliminando los bolos o viseras.
- ▷ Se evitará el rebose de material en las cajas de transporte de los camiones.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por irregularidades del terreno, materiales en el suelo.
  - ▷ La zona de los trabajos estará limpia y ordenada. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** brazo articulado de la retroexcavadora ...
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras ...).
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante el mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
  - ▷ Uso de epi's adecuados a la actividad.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** durante el mantenimiento de la maquinaria.

- ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▷ Uso de epi's adecuados a la actividad.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos, por vuelco de máquinas o vehículos** durante el mantenimiento de la maquinaria; durante el trabajo de carga y descarga de material, en el tránsito por obra.
  - ▷ Las labores de conservación, mantenimiento y limpieza se realizarán con la máquina parada, empleando los elementos de enclavamiento necesarios.
  - ▷ No circular en proximidad de talud o terrenos inestables.
  - ▷ No sobrepasar los límites de inclinación especificados por el fabricante.
  - ▷ Se trabajará con los estabilizadores extendidos y apoyados en terreno firme.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** durante el mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Elección de envases de productos que no superen los 25 kg.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
  - ▷ Se mantendrá en correcto estado el asiento del vehículo.
- ▶ **Contactos eléctricos** por contacto accidental de la maquinaria con líneas eléctricas aéreas, presencia de cables eléctricos subterráneos en servicio no señalizados.
  - ▷ Verificar que no existen interferencias con líneas eléctricas y, en su caso, respetar las distancias de seguridad establecidas reglamentariamente.
  - ▷ En caso de contacto de la máquina con un cable bajo tensión, no se baje de la cabina si está dentro y/o no se acerque si está fuera.
- ▶ **Daños causados por seres vivos** por picaduras y mordeduras.
  - ▷ Se dispondrá de los elementos de primeros auxilios adecuados.
  - ▷ Los operarios dispondrán de la información y formación necesaria para la idónea utilización de los elementos disponibles.
  - ▷ En caso de ser necesario se realizará la campaña de vacunación apropiada.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** durante el desplazamiento y transporte de los vehículos.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
  - ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica de marcha atrás ...
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ El trabajador llamará la atención del maquinista para acercarse a la zona de trabajo.
  - ▷ No pasar por detrás de las máquinas en movimiento.

## 2.2 EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO - EXPLOSIVOS

### 2.2.1 DEFINICIÓN

La realización del acceso al túnel, en algunos casos conlleva la excavación a cielo abierto mediante la utilización de explosivos.



### 2.2.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Carro perforador.
- Bulldozer.
- Retroexcavadora.
- Pala cargadora.
- Camión basculante.
- Camión dumper.
- Dumper autocargable.
- Cuba de agua.



### 2.2.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** al interior de la excavación, durante el mantenimiento de la maquinaria, zonas de acceso y tránsito a los lugares de trabajos.
  - ▷ Se protegerá, señalizará o delimitará (según proceda) el borde de la excavación así como las zonas de acceso y tránsito.
  - ▷ Mantener las protecciones (barandilla ...) de los recorridos habilitados para el mantenimiento del equipo. En casos especiales se utilizarán medios auxiliares idóneos.

- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** derivadas de los problemas de circulación interna por mal estado de accesos y zonas de tránsito, presencia de objetos en las zonas de paso...
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome, derrumbamiento o desprendidos** por hundimientos de masas de tierra, rocas en cortes o taludes, zanjas; por acopio en proximidades de taludes, material del propio talud (bolos, viseras, lisos); exceso de llenado en vehículos de transporte de material, ...
  - ▷ Los taludes habrán sido consolidados previamente para evitar desprendimientos.
  - ▷ No acopiar tierras o materiales próximos al borde de la excavación para evitar sobrecargas y posibles deslizamientos del terreno.
  - ▷ Evitar la circulación de maquinaria y vehículos al borde de la excavación.
  - ▷ Se saneará el terreno excavado eliminando los bolos o viseras.
  - ▷ Se evitará el rebose de material en las cajas de transporte de los camiones.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por irregularidades del terreno, materiales en el suelo.
  - ▷ La zona de los trabajos estará limpia y ordenada. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** brazo articulado de la retroexcavadora, carro perforador.
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras ...).
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de elementos de corte, durante el mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
  - ▷ Uso de epi's adecuados a la actividad.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la explosión de la voladura; durante el mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Estudio previo de las zonas e instalaciones afectadas (pueblo, hospital, líneas subterráneas de gas, líneas eléctricas, personal de obra ...), para establecer un protocolo de actuación adecuado a cada caso (perímetro de seguridad, evacuación ...).
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas y equipos
  - ▷ Uso de epi's adecuados a la actividad.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos, por vuelco de máquinas o vehículos** durante el mantenimiento de la maquinaria; durante el trabajo de carga y descarga de material, en el tránsito por obra.
  - ▷ Las labores de conservación, mantenimiento y limpieza se realizarán con la máquina parada, empleando los elementos de enclavamiento necesarios.
  - ▷ No circular en proximidad de talud o terrenos inestables.
  - ▷ No sobrepasar los límites de inclinación especificados por el fabricante.
  - ▷ Se trabajará con los estabilizadores extendidos y apoyados en terreno firme.

- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** durante el mantenimiento de la maquinaria, transporte de materiales.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Elección de envases de productos que no superen los 25 kg.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
  - ▷ Se mantendrá en correcto estado el asiento del vehículo.
- ▶ **Contactos eléctricos** por contacto accidental de la maquinaria con líneas eléctricas aéreas, presencia de cables eléctricos subterráneos en servicio no señalizados.
  - ▷ Verificar que no existen interferencias con líneas eléctricas y, en su caso, respetar las distancias de seguridad establecidas reglamentariamente.
  - ▷ En caso de contacto de la máquina con un cable bajo tensión, no se baje de la cabina si está dentro y no se acerque si está fuera.
- ▶ **Incendios y/o explosiones** por un tratamiento inadecuado del explosivo en el almacenamiento, manipulación o destrucción.
  - ▷ El transporte del explosivo por obra se realizará en un vehículo autorizado, llevando por separado los explosivos y detonadores.
  - ▷ Las operaciones de carga y descarga del explosivo y sus accesorios se realizarán con el motor del vehículo parado.
  - ▷ Los explosivos destinados a la preparación de voladura serán descargados en lugares secos, alejados de fuentes de calor, aceites o combustibles. La distribución se realizará en pilas separadas, de acuerdo con el esquema de voladura, evitando así su concentración en una única pila. Los detonadores se acopiarán en lugar separado del material explosivo.
  - ▷ Cuando exista riesgo de tormentas se suspenderán las labores de carga de explosivos y cebado de barrenos, cortocircuitando los cables terminales de los detonadores y manteniendo la distancia de seguridad.
  - ▷ No se permitirá el empleo de equipos móviles de comunicación en las proximidades de la voladura.
  - ▷ Controlar la presencia de líneas eléctricas en la zona que puedan tener influencia en la voladura. Así mismo se tendrán en cuenta las corrientes erráticas, eligiendo el material adecuado en cada caso.
  - ▷ La carga de barrenos se realizará exclusivamente por un artillero autorizado y con el título vigente.
  - ▷ Una vez realizada la voladura no se reanuda ninguna labor hasta que el Director Facultativo así lo indique (barrenos fallidos ...).

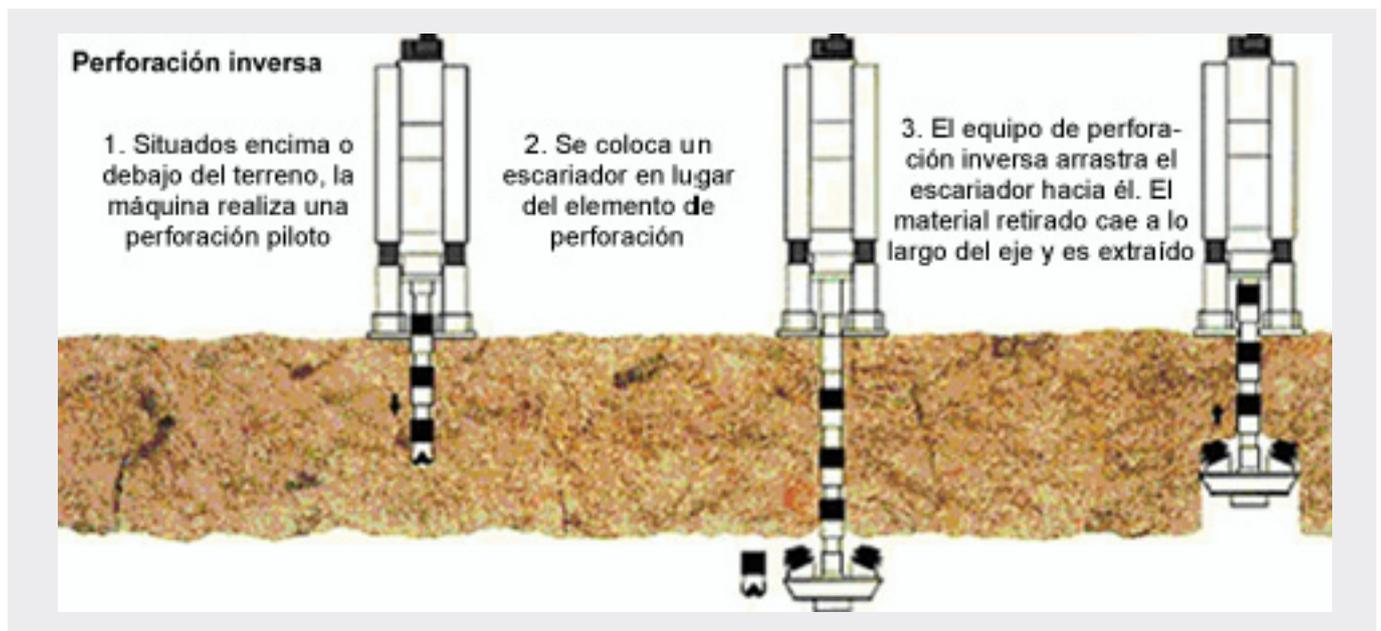


- ▶ **Daños causados por seres vivos** por picaduras y mordeduras.
  - ▷ Se dispondrá de los elementos de primeros auxilios adecuados.
  - ▷ Los operarios dispondrán de la información y formación necesaria para la idónea utilización de los elementos disponibles.
  - ▷ En caso de ser necesario se realizará la campaña de vacunación apropiada.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** durante el desplazamiento y transporte de los vehículos.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
  - ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica de marcha atrás ...
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ El trabajador llamará la atención del maquinista para acercarse a la zona de trabajo.
  - ▷ No pasar por detrás de las máquinas en movimiento.

## 2.3 POZO DE ATAQUE

En este apartado se desarrollan las diferentes técnicas para la ejecución de los pozos de ataque, entendiéndose como tal los trabajos de excavación en vertical para resolver el acceso a la boquilla del túnel.

Por su similitud, al ser una excavación verticalizada, la técnica Raise Boring utilizada en chimeneas de ventilación, ascensores..., pudiera quedar incluida en este apartado, no entrando en su desarrollo específico en esta Guía.



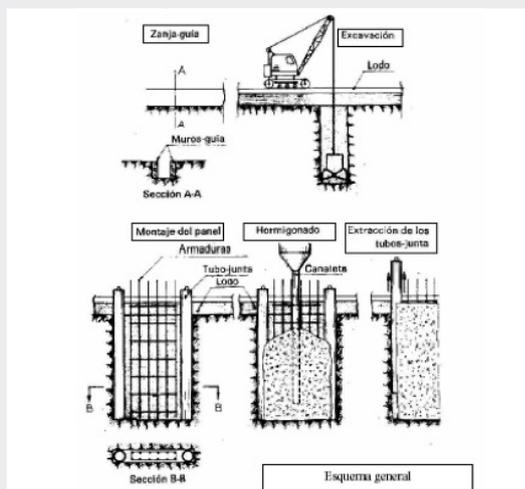


## 2.3.1 PANTALLAS

### 2.3.1.1 Definición

La ejecución de las pantallas, aparte de utilizarse como método de sostenimiento de la excavación, se utiliza para impedir el afloramiento de agua a la cota de la solera del pozo o rampa a medida que se van excavando, pues cierra ó limita el fenómeno del sifonamiento del agua hacia la solera; además servirán como paredes adosadas del futuro acceso al túnel. El proceso de ejecución es el siguiente:

- ▶ Murete guía.
- ▶ Excavación con cuchara, hidrofresa o trépano y lodos bentoníticos.
- ▶ Colocación de armaduras en el panel.
- ▶ Colocación del tubo de junta.
- ▶ Hormigonado del panel.
- ▶ Retirada del tubo de junta.



Los métodos de ejecución más usuales son los siguientes:

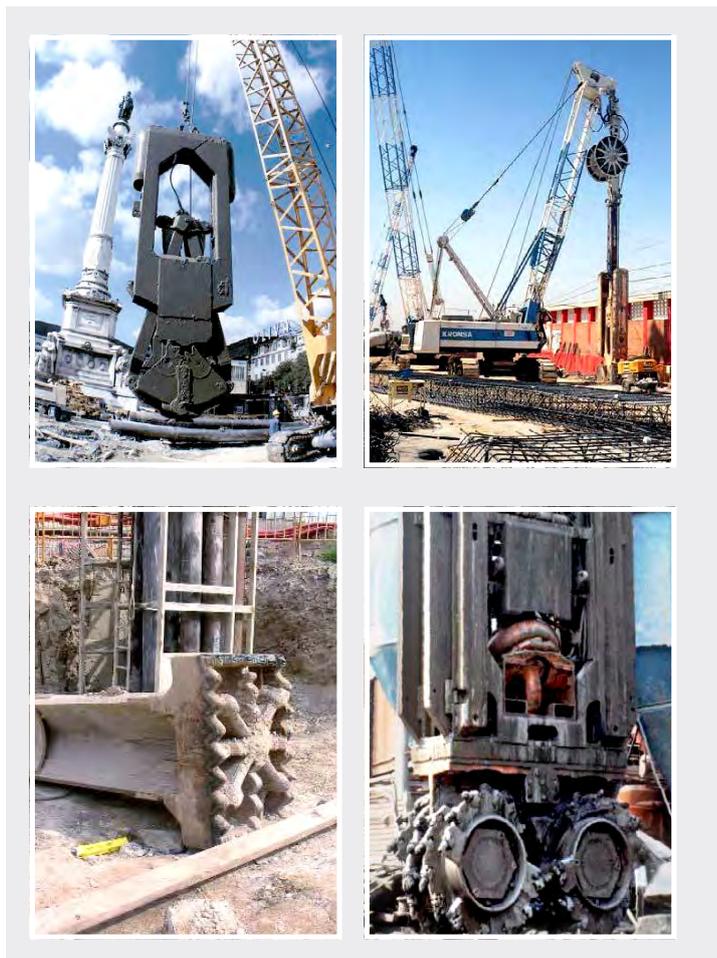
- ▶ Cuchara bivalva al cable
- ▶ Cuchara bivalva hidráulica
- ▶ Hidrofresa
- ▶ Trépano

### 2.3.1.2 Medios auxiliares

- ▶ Cables, estrobos, eslingas...
- ▶ Tubería Tremie
- ▶ Jaula
- ▶ Horquilla
- ▶ Vibradores
- ▶ Manguera de conexión de hormigonado

### 2.3.1.3 Maquinaria y equipos

- ▶ Cuchara bivalva al cable
  - ▷ Suspensión
  - ▷ Cuerpo
  - ▷ Poleas
  - ▷ Valvas o mandíbulas
- ▶ Cuchara bivalva hidráulica
  - ▷ Suspensión
  - ▷ Cuerpo
  - ▷ Poleas
  - ▷ Valvas o mandíbulas
- ▶ Hidrofresa
- ▶ Trépano
  - ▷ Cuerpo del trépano
  - ▷ Base de golpeo
- ▶ Góndola
- ▶ Excavadora
- ▶ Camión hormigonera
- ▶ Grúa autopulsada
- ▶ Grupo de soldadura y oxicorte
- ▶ Planta de lodos



- ▷ Batidora
- ▷ Desarenador
- ▷ Bomba
- ▷ Dispositivo de almacenamiento

### 2.3.1.4 Riesgos y medidas preventivas

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** al pasar por los muretes guía, medida de la profundidad del panel, mezcla de lodos en el desarenador, al hueco perforado en la introducción de la junta desde medios auxiliares para el acople de la misma, al introducir la armadura.
  - ▷ Se señalizará y delimitará la excavación de los muretes guías.
  - ▷ Se protegerá el perímetro de las zanjas (huecos creados) con protección perimetral y/o plataformas resistentes.



- ▷ Cuando la ejecución de la tarea requiera de la retirada de la protección colectiva, se adoptarán medidas de protección individual.
- ▷ Mantener las protecciones (barandilla...) de los recorridos habilitados para el mantenimiento del equipo. En casos especiales se utilizarán medios auxiliares idóneos.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por riesgos propios del entorno (superficies de tránsito y paso embarrados, materiales de consumo en zonas de trabajo...)
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caída de objetos en manipulación** por la rotura de armaduras, objetos mal soldados, durante el transporte de pantallas y elementos auxiliares.
  - ▷ Antes de proceder al izado de cargas se comprobará la estabilidad y seguridad del conjunto, disponiendo de los medios idóneos según las dimensiones y pesos del material a transportar.
  - ▷ Durante la maniobra de izado y transporte de cargas los operarios permanecerán fuera del radio de acción.
  - ▷ Si se ha de dirigir la carga se realizará con cabos de gobierno.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por materiales en las zonas de tránsito y trabajo.
  - ▷ La zona de los trabajos estará limpia y ordenada. Los materiales estarán bien apilados y estables.

- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles** durante el transporte de la pantalla, útiles de hormigonado.
  - ▷ Durante la elevación y traslado de pantallas, armaduras, conos de hormigonado, los operarios estarán fuera del radio de acción de las cargas.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante el manejo de la ferralla, introducción y acoplamiento de tubo tremie, golpes por herramientas manuales.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
  - ▷ Se deberán aplomar los tubos tremie antes de su izado, evitando movimientos bruscos y choques contra la jaula o armaduras.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** durante descabezado, durante el hormigonado, el uso de herramientas manuales.
  - ▷ Se limpiará correctamente el tubo tremie después de utilizarlo.
  - ▷ Utilizar gafas de seguridad.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante la introducción de la armadura y la junta.
  - ▷ Coordinación entre el maquinista y los operarios.
  - ▷ El acopio de las juntas, armaduras... se efectuará en una superficie horizontal y alejada de desniveles.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación manual de objetos o equipos de trabajo.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Elección de envases de productos que no superen los 25 kg.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos**
  - ▷ El grupo electrógeno dispondrá de pica de tierra.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas:** hormigones, aditivos ...
  - ▷ El uso de estos productos se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante facilitadas en la ficha técnica.
  - ▷ Los trabajadores utilizarán las protecciones individuales acordes a este tipo de trabajo.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** de transporte, camión grúa, máquina de ejecución de pantallas...
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

- ▶ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica de marcha atrás ...
- ▶ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
- ▶ El trabajador llamará la atención del maquinista para acercarse a la zona de trabajo.
- ▶ No pasar por detrás de las máquinas en movimiento.

## 2.3.2 PILOTES IN SITU

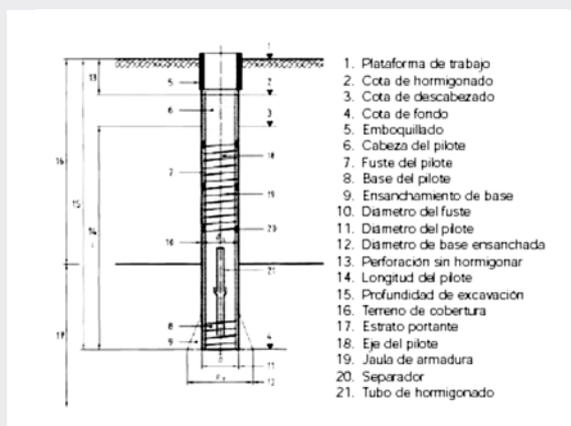
### 2.3.2.1 Definición

Un pilote es un elemento constructivo utilizado para la realización de cimentaciones profundas en terrenos de escasa capacidad portante.

Se dice que los pilotes son in situ cuando la ejecución completa se efectúa en su lugar de emplazamiento definitivo.

Los métodos constructivos de pilotes “in situ” que se tratarán son:

- Pilotes con encamisado recuperable
- Pilotes con lodos bentoníticos
- Pilotes con rotación en seco
- Pilotes con barrena continua



La ejecución para los pilotes con encamisado recuperable, con lodos bentoníticos o con rotación en seco consiste en:

1. Perforación.
2. Limpieza del fondo con cazo, si procede.
3. Colocación de la armadura.
4. Hormigonado con tubería Tremie.
5. Pilote terminado.

La ejecución de los pilotes con barrena consiste en:

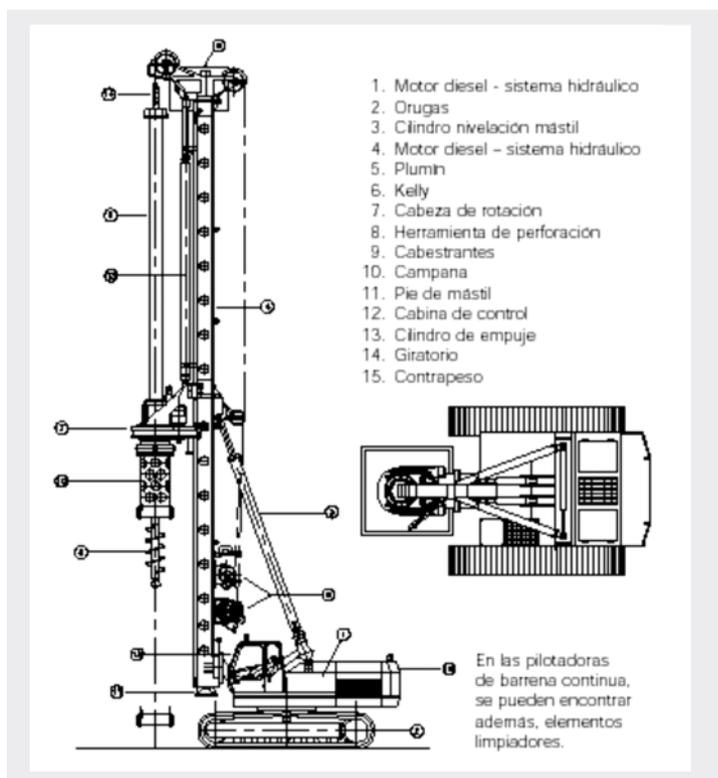
1. Perforación.
2. Hormigonado y extracción simultánea del terreno.
3. Retirada de tierras.
4. Colocación de armadura en el hormigón fresco.

### 2.3.2.2 Medios auxiliares

- ▶ cables, estrobos, eslingas ...
- ▶ Tubería Tremie
- ▶ Jaula
- ▶ Horquilla
- ▶ Vibradores
- ▶ Manguera de conexión de hormigonado

### 2.3.2.3 Maquinaria y equipos

- ▶ Pilotadora
  - ▷ Entubado
  - ▷ Cazo o cubo de perforación
  - ▷ Cuchara
  - ▷ Barrena continua
  - ▷ Hélice Trépano
- ▶ Camión de transporte
- ▶ Retroexcavadora
- ▶ Camión hormigonera
- ▶ Grúa autopropulsada
- ▶ Grupo de soldadura y oxicorte
- ▶ Planta de lodos
  - ▷ Batidora
  - ▷ Desarenador
  - ▷ Bomba
- ▶ Bomba de hormigonado



### 2.3.2.4 Riesgos y medidas preventivas

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** en la medición de la profundidad del pilote, en tareas de mantenimiento, montaje y desmontaje de equipos.
  - ▷ La camisa sobrepasará al menos un metro el terreno natural para realizar las mediciones de la profundidad.

- ▷ Hacer el ascenso y descenso de la cabina de frente y por lugar diseñado para ello.
- ▷ Mantener las protecciones (barandilla ...) de los recorridos habilitados para el mantenimiento del equipo. En casos especiales se utilizarán medios auxiliares idóneos.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por riesgos propios del entorno (superficies de tránsito y paso embarrados, materiales de consumo en zonas de trabajo...)
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caída de objetos en manipulación** por la rotura de armaduras, objetos mal soldados, durante el transporte de camisas y elementos auxiliares.
  - ▷ Antes de proceder al izado de cargas se comprobará la estabilidad y seguridad del conjunto.
  - ▷ Durante la maniobra de izado y transporte de cargas los operarios permanecerán fuera del radio de acción.
  - ▷ Si se ha de dirigir la carga se realizará con cabos de gobierno.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por materiales en las zonas de tránsito y trabajo.
  - ▷ La zona de los trabajos estará limpia y ordenada. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** la hélice, transporte de la camisa.
  - ▷ Durante la elevación y traslado de camisas, armaduras, conos de hormigonado, los operarios estarán fuera del radio de acción de las cargas.
  - ▷ El operador de la pilotadora, antes de poner en marcha la hélice, comprobará que no hay ningún operario en la zona de perforación del pilote.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante el acople y desacople de camisas, golpes por herramientas manuales.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
  - ▷ Coordinación entre el maquinista y los operarios para las labores de introducción, acople y extracción de la camisa.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** durante la perforación, durante el hormigonado, el uso de herramientas manuales.
  - ▷ Mantenerse a la distancia de seguridad durante la limpieza (sacudida) de la hélice.
  - ▷ Utilizar gafas de seguridad.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** por rotación y cambio de la hélice, limpieza de tierra con la máquina en funcionamiento, introducción de la camisa y armadura.
  - ▷ Coordinación entre el maquinista y los operarios.
  - ▷ Las labores de conservación, mantenimiento y limpieza se realizarán con la máquina parada.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación manual de objetos o equipos de trabajo.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.

- ▷ Elección de envases de productos que no superen los 25 kg.
- ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.

#### ▶ **Contactos eléctricos**

- ▷ El grupo electrógeno dispondrá de pica de tierra.
- ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.

#### ▶ **Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas:** hormigones, aditivos ...

- ▷ El uso de estos productos se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante facilitadas en la ficha técnica.
- ▷ Los trabajadores utilizarán las protecciones individuales acordes a este tipo de trabajo.

#### ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** de transporte, camión grúa, pilotadora ...

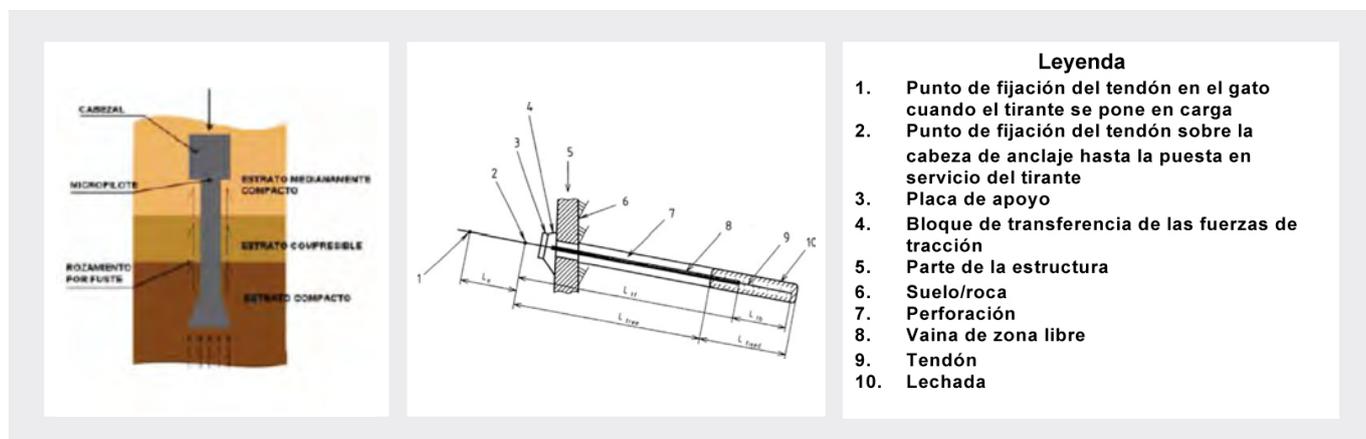
- ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
- ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
- ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
- ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica de marcha atrás ...
- ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
- ▷ El trabajador llamará la atención del maquinista para acercarse a la zona de trabajo.
- ▷ No pasar por detrás de las máquinas en movimiento.

## 2.3.3 MICROPILOTES Y ANCLAJES

### 2.3.3.1 Definición

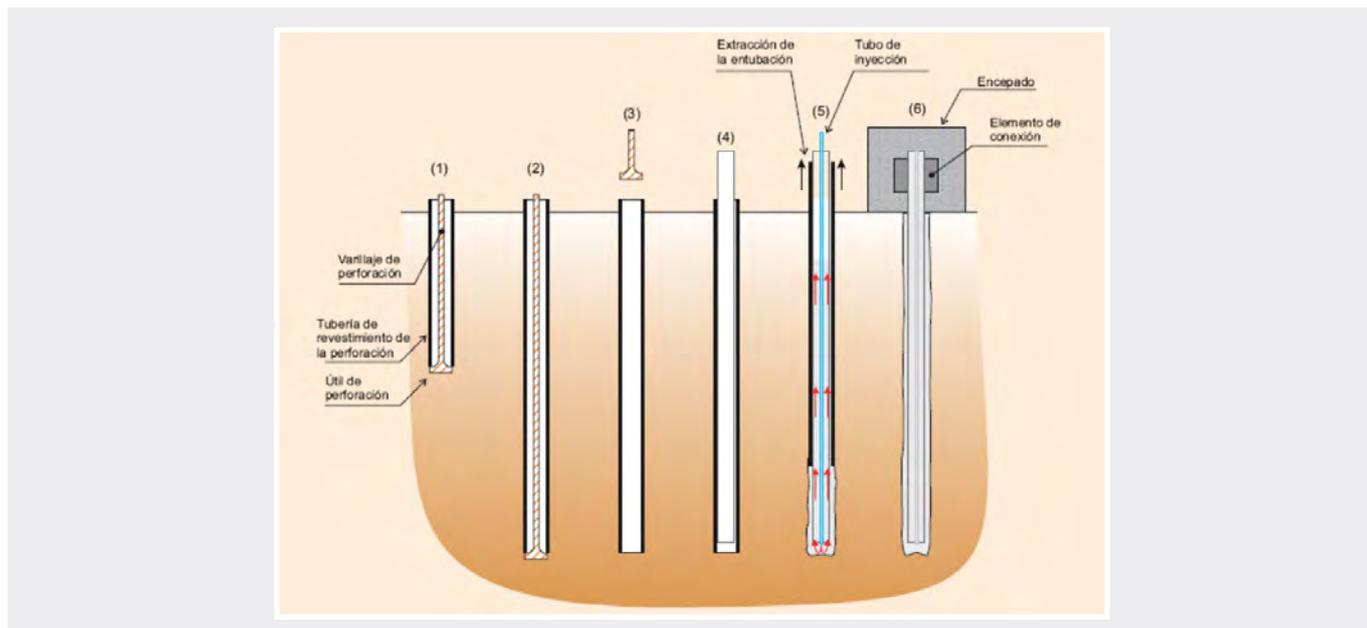
Los micropilotes que trataremos en ésta guía son elementos cilíndricos perforados en el terreno, armados con tuberías de acero reforzadas a veces con una o varias barras de acero, e inyectados con lechada o mortero de cemento en una o varias fases.

Respecto a los anclajes, podemos definirlos como una perforación en el terreno donde se introducirá unos cables o barras que, después de inyectados con una lechada de cemento y tras su fraguado, serán sometidos a tensión.



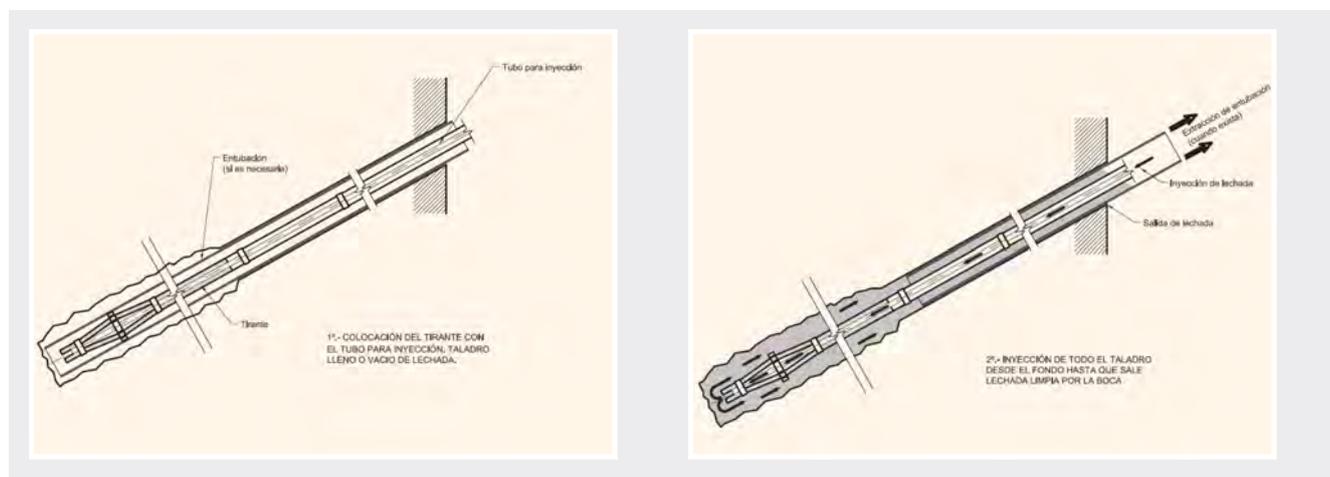
La ejecución de un micropilote comprende la realización de las siguientes operaciones básicas.

- 1./2. Perforación del taladro de micropilote.
3. Extracción del varillaje de perforación.
4. Colocación de la armadura.
5. Inyección del micropilote.
6. Conexión con la estructura o con el resto de micropilotes, mediante un encepado.



Los anclajes se ejecutan en las siguientes fases:

1. Perforación del anclaje con entubación recuperable o no.
2. Colocación del tirante o barra.
3. Inyección del anclaje.
4. Tesado del anclaje.





### 2.3.3.2 Medios auxiliares

- ▶ Cables, cadenas, eslingas, ganchos
- ▶ Obturador



### 2.3.3.3 Maquinaria y equipos

- ▶ Equipo de perforación
- ▶ Góndola
- ▶ Excavadora
- ▶ Grupo de soldadura y oxicorte
- ▶ Equipo de inyección de lechada:
  - ▷ Mezcladora
  - ▷ Agitador
  - ▷ Bomba de inyección

Para anclajes:

- ▶ Equipo de tesado



### 2.3.3.4 Riesgos y medidas preventivas

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** al subir y bajar de la máquina, en tareas de mantenimiento, al introducir las varillas de perforación y al introducir la manguera de inyección en la perforación en altura (anclajes).
  - ▷ Subir y bajar de los equipos por lugar diseñado para ello.
  - ▷ No subir a la máquina para la introducción de las varillas de perforación ni para la manguera de inyección, utilizando medios auxiliares adecuados.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por riesgos propios del entorno (superficies de tránsito y paso embarrados, materiales de consumo en zonas de trabajo...)
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.

- ▶ **Caída de objetos en manipulación** durante el traslado, introducción del anclaje y de la armadura.
  - ▷ Antes de proceder al izado de cargas se comprobará la estabilidad y seguridad del conjunto.
  - ▷ Durante la maniobra de izado y transporte de cargas los operarios permanecerán fuera del radio de acción.
  - ▷ Si se ha de dirigir la carga se realizará con cabos de gobierno.
  - ▷ Si la manipulación es manual, se realizará al menos entre dos trabajadores.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por materiales en las zonas de tránsito y trabajo.
  - ▷ La zona de los trabajos estará limpia y ordenada. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** partes móviles de la perforadora.
  - ▷ El operador de la perforadora, antes de poner en marcha la máquina, comprobará que no hay ningún operario en la zona de perforación.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante el acople y desacople de las varillas de perforación, golpes por herramientas manuales.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
  - ▷ Coordinación entre el maquinista y los operarios para las labores de introducción, acople y extracción de la varilla.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** durante la perforación, durante el llenado y formación de la mezcla, el uso de herramientas manuales.
  - ▷ Mantenerse a la distancia de seguridad durante la perforación.
  - ▷ Utilizar gafas de seguridad.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** por rotación y cambio de la varilla, introducción de la armadura.
  - ▷ Coordinación entre el maquinista y los operarios.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación manual de objetos o equipos de trabajo.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Elección de envases de productos que no superen los 25 kg.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno dispondrá de pica de tierra.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Exposición a ambiente pulvígeno.**
  - ▷ Se limitará el tiempo de exposición y utilizando el equipo protección adecuado para la permanencia en la zona de la perforación.

- ▶ **Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas:** morteros, aditivos ...
  - ▷ El uso de estos productos se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante facilitadas en la ficha técnica.
  - ▷ Los trabajadores utilizarán las protecciones individuales acordes a este tipo de trabajo.
  - ▷ Disponer de agua para lavar los ojos.
  
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** de transporte, camión grúa, perforadora...
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
  - ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica de marcha atrás ...
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ El trabajador llamará la atención del maquinista para acercarse a la zona de trabajo.
  - ▷ No pasar por detrás de las máquinas en movimiento.

# 3 ▶ EXCAVACIÓN Y AVANCE DEL TÚNEL

## 3.1 EMBOQUILLE

### 3.1.1 DEFINICIÓN

Fase inicial para la ejecución del túnel en la cual se ejecuta, habitualmente, un paraguas de micropilotes o bulones con zuncho hormigonado de longitud variable, dependiendo del terreno.

Este apartado comprende las fases: perforación de micropilotes, descabezado y el hormigonado de la viga de atado. En la mayoría de los casos la viga de atado se ejecutará mediante la colocación de cerchas y gunitado, temas que se tratarán en sus apartados correspondientes.



Antes de la ejecución del emboquille se habrá procedido, en su caso, al sostenimiento del talud, ejecución de visera de protección, etc. Los riesgos específicos fueron contemplados en su día en la Guía de Estabilización de Taludes.

### 3.1.2 MEDIOS AUXILIARES

- Andamios
- Cadenas, estrobos
- y eslingas
- Escaleras de mano
- Cubilote de hormigonado

### 3.1.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Carro perforador
- Plataforma elevadora
- Manipuladora telescópica
- Retroexcavadora
- Camión grúa
- Camión hormigonera
- Grúa autopropulsada
- Bomba de hormigonado
- Grupo electrógeno
- Vibrador
- Compresor
- Herramientas manuales



### 3.1.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por deficiente utilización de los equipos y medios auxiliares.
  - ▷ Se limitará el uso de las escaleras manuales.
  - ▷ Se utilizará la plataforma elevadora, manipuladora telescópica,... según las instrucciones del fabricante.
  - ▷ Los andamios contarán con todos los elementos de protección cumpliendo con su correspondiente normativa.
  - ▷ No se trabajará sobre las vainas o varillaje de la propia máquina, empleándose a tal fin medios auxiliares o maquinaria (andamios o plataformas elevadoras).
  - ▷ Para la ejecución de la viga de atado, en caso de no poder utilizarse protecciones colectivas, se preverá una línea de vida.



- ▷ No se suplementará la plataforma elevadora.
- ▷ Los operarios accederán a las máquinas por la zona habilitada para ello.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno, inclemencias meteorológicas o falta de orden limpieza.
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Los taludes habrán sido consolidados previamente para evitar desprendimientos.
  - ▷ Durante el traslado de piezas y ejecución del paraguas no habrá operarios ajenos al trabajo.
  - ▷ Si durante la maniobra, el maquinista no tuviera una visión directa de la zona donde ubicar la pieza se ayudará de un señalista.
  - ▷ Durante la manipulación de las brocas, vainas, encofrados, armaduras, etc. no habrá operarios ajenos al proceso. Los operarios que manipulen dichos elementos prestarán la atención idónea.

- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de piezas (vainas, brocas...).
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la perforación de los micropilotes, en los trabajos de hormigonado y/o en el descabezado de micropilotes.
  - ▷ Todos los trabajos de perforación se ejecutarán con vía húmeda y se revisará regularmente el sistema de inyección.
  - ▷ Durante el descabezado de micropilotes de limitará el número de operarios expuestos en dicha operación.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante la manipulación de las brocas del carro, transmisiones de correas de la maquinaria.
  - ▷ En la operación de acople de brocas el maquinista y el operario que manipula las brocas, deberán estar coordinados.
  - ▷ Todos los órganos móviles (correas de transmisión) se encontrarán protegidos mediante carcasa metálica o similar.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica marcha atrás...
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ Las máquinas no se estacionarán en zonas de pendiente.
  - ▷ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
  - ▷ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación manual de vainas, brocas, madera...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Elección de envases de productos que no superen los 25 kg.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Exposición a temperaturas ambientales extremas** dependiendo de las condiciones climáticas de la zona.
  - ▷ Se evaluarán los riesgos dependiendo de las condiciones climáticas de la zona.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno dispondrá de pica de tierra.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.

▶ **Exposición a ambiente pulvígeno.**

- ▶ Todos los trabajos de perforación se ejecutarán con vía húmeda y se revisará regularmente el sistema de inyección.

▶ **Contactos con sustancias cáusticas o corrosivas:** hormigones, aditivos...

- ▶ El uso de estos productos se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante facilitadas en la ficha técnica.
- ▶ Los trabajadores utilizarán las protecciones individuales acordes a este tipo de trabajo.

▶ **Incendios y/o explosiones** en tareas de mantenimiento que generen focos de calor próximos a puntos de ignición, en circulación.

- ▶ Las tareas de mantenimiento se realizarán alejados de fuentes combustibles tales como aceites o grasas, ...
- ▶ Las botellas de oxicorte dispondrán de válvulas antirretroceso en ambos extremos de las mangueras.
- ▶ Todas las máquinas llevarán extintor.
- ▶ En aquellos puntos en los que se realicen trabajos de soldadura se dispondrá de un extintor en sus proximidades.

▶ **Atropellos o golpes con vehículos** de transporte, plataformas, camión grúa...

- ▶ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
- ▶ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
- ▶ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
- ▶ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 3.2 AVANCE CON RETROEXCAVADORA

### 3.2.1 DEFINICIÓN

La ejecución de estos trabajos se realiza habitualmente con retroexcavadoras provistas de martillo, y en ocasiones y si la dureza de la roca lo permite, se puede usar directamente la cuchara o cazo de la retroexcavadora.



### 3.2.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Retroexcavadoras
- Palas cargadoras
- Camión basculante
- Camión dúmper

### 3.2.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** al subir y bajar de la máquina, en tareas de mantenimiento.
  - ▷ Los operarios accederán a las máquinas por la zona habilitada para ello.
  - ▷ La zona de trabajo o mando contará con protección.
  - ▷ Las zonas en las que se realizan tareas de mantenimiento dispondrán de la correspondiente protección.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por condiciones del terreno o falta de orden limpieza.
  - ▷ El tajo estará ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Tanto el frente como la clave estarán saneados para evitar desprendimientos.
  - ▷ Se evitará el rebose de material en las cajas de transporte de los camiones durante el desescombro del material.
  - ▷ Se evitará la presencia de personas en el frente durante las tareas de excavación.
  - ▷ El cambio de martillo o cazo se realizará con las herramientas adecuadas y prestando la atención idónea.
  - ▷ Las máquinas dispondrán de habitáculo protegido frente a la caída de objetos.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por materiales en las zonas de tránsito y trabajo, irregularidades del terreno.
  - ▷ El tajo estará limpio, ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** brazo articulado de la retroexcavadora.
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de elementos de corte, durante el mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
  - ▷ Los operarios que manipulen dichos elementos prestarán la atención idónea.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la excavación del frente, reperfilado, saneo.
  - ▷ La cabina de la retroexcavadora dispondrá de rejilla protectora del habitáculo.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante maniobras de la maquinaria, mantenimiento, transmisiones de correas de la maquinaria.

- ▶ Se evitará situarse o pasar entre la máquina y los hastiales del túnel.



- ▶ Durante el cambio de picas de rozado se asegurará que la máquina no se ponga en funcionamiento accidentalmente.
- ▶ Todos los órganos móviles (correas de transmisión...) se encontrarán protegidos mediante carcasa metálica o similar.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▶ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▶ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▶ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▶ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
  - ▶ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▶ El grupo electrógeno y/o centro de transformación estarán adecuados a la normativa.
  - ▶ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Exposición a ambiente pulvígeno.**
  - ▶ Si durante el proceso de excavación no se pudiera eliminar la presencia de polvo, se utilizarán medios para minimizar el riesgo. En cualquier caso se limitará el número de operarios expuesto.
  - ▶ Los trabajadores utilizarán los epi's adecuados.

- ▶ **Exposición a sustancias nocivas:** gases procedentes de los motores de combustión.
  - ▷ Ventilación.
  - ▷ Evitar motores de combustión de gasolina.
  - ▷ Apagar el motor en tiempos largos de espera.
  - ▷ Realizar controles periódicos del nivel de gases en el túnel.
- ▶ **Incendios y/o explosiones** en tareas de mantenimiento que generen focos de calor próximos a puntos de ignición, en circulación.
  - ▷ Las tareas de mantenimiento se realizarán alejados de fuentes combustibles tales como aceites o grasas, ...
  - ▷ Las botellas de oxicorte dispondrán de válvulas antirretroceso en ambos extremos de las mangueras.
  - ▷ Todas las máquinas llevarán extintor.
  - ▷ En aquellos puntos en los que se realicen trabajos de soldadura se dispondrá de un extintor en sus proximidades.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos:** retroexcavadora, camiones, etc.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica marcha atrás...
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
  - ▷ En el proceso de trabajo los operarios permanecerán fuera del radio de acción de la máquina.



## 3.3 ROZADORA

### 3.3.1 DEFINICIÓN

Las rozadoras o minadores son máquinas excavadoras que realizan su trabajo mediante una cabeza o cabezas rotatorias provistas de herramientas de corte y que van montadas sobre un brazo monobloque o articulado, todo ello sobre un chasis móvil de orugas, completando el conjunto, un sistema de recogida y transporte del escombros.



### 3.3.2 MAQUINARIA Y EQUIPO

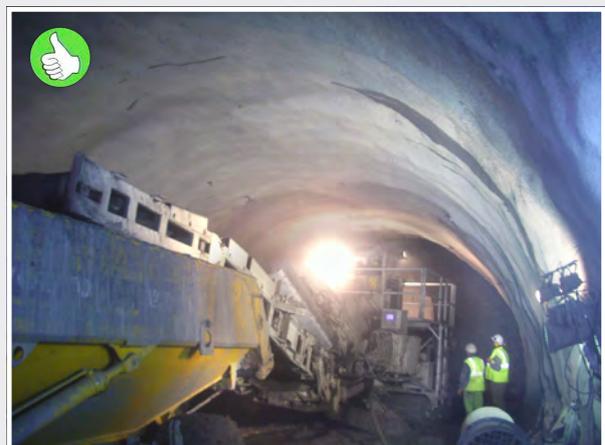
- Rozadora
- Cinta de transporte
- Palas cargadoras
- Retroexcavadoras
- Camión basculante
- Camión dúmper
- Cargadora de perfil bajo
- Dúmper motovolquete



### 3.3.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** al subir y bajar de la máquina, en tareas de mantenimiento.
  - ▷ Los operarios accederán a las máquinas por la zona habilitada para ello.
  - ▷ La zona de trabajo o mando contará con protección.
  - ▷ Las zonas en las que se realizan tareas de mantenimiento dispondrán de la correspondiente protección.

- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por condiciones del terreno o falta de orden y limpieza.
  - ▷ El tajo estará ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados.
  - ▷ Si la máquina tiene plataformas de tránsito éstas se mantendrán en correcto estado.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Tanto el frente como la clave estarán saneados para evitar desprendimientos.
  - ▷ Se evitará el rebose de material en las cajas de transporte de los camiones durante el desescombro del material.
  - ▷ Se evitará la presencia de personas en el frente durante las tareas de excavación así como en la zona de desescombro de la cinta transportadora.
  - ▷ El cambio de la picas se realizará con las herramientas adecuadas y prestando la atención idónea.
  - ▷ Las máquinas dispondrán de habitáculo protegido frente a la caída de objetos.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por materiales en las zonas de tránsito y trabajo, irregularidades del terreno.
  - ▷ El tajo estará limpio, ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** brazo articulado de la rozadora, retroexcavadora.
  - ▷ El conductor antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras ...).
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de elementos de corte, durante el mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
  - ▷ Los operarios que manipulen dichos elementos prestarán la atención idónea.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la excavación del frente, reperfilado, saneo.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante maniobras de la maquinaria, mantenimiento, transmisiones de correas de la maquinaria.
  - ▷ Evitar situarse o pasar entre la máquina y los hastiales del túnel.
  - ▷ Durante el cambio de picas de rozado se asegurará que la máquina no se ponga en funcionamiento accidentalmente.
  - ▷ Todos los órganos móviles (correas de transmisión...) se encontrarán protegidos mediante carcasa metálica o similar.



- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
  - ▷ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación de las picas...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o centro de transformación estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
  - ▷ El traslado de las mangueras de alimentación de la rozadora se realizará con un medio de protección adecuado (pértigas dieléctricas, guantes dieléctricos...).
- ▶ **Exposición a ambiente pulvígeno.**
  - ▷ Los trabajos de excavación se ejecutarán preferentemente por vía húmeda y se revisará regularmente el sistema de inyección.
  - ▷ Si durante el proceso de excavación no se pudiera eliminar la presencia de polvo, se utilizarán medios para minimizar el riesgo. En cualquier caso se limitará el número de operarios expuesto.
  - ▷ Los trabajadores utilizarán los epi's adecuados.
- ▶ **Exposición a sustancias nocivas:** gases procedentes de los motores de combustión.
  - ▷ Ventilación.
  - ▷ Evitar motores de combustión de gasolina.
  - ▷ Apagar el motor en tiempos largos de espera.
  - ▷ Realizar controles periódicos del nivel de gases en el túnel.
- ▶ **Incendios y/o explosiones** en tareas de mantenimiento que generen focos de calor próximos a puntos de ignición, en circulación.
  - ▷ Las tareas de mantenimiento se realizarán alejados de fuentes combustibles tales como aceites o grasas, ...
  - ▷ Las botellas de oxicorte dispondrán de válvulas antirretroceso en ambos extremos de las mangueras.
  - ▷ Todas las máquinas llevarán extintor.
  - ▷ En aquellos puntos en los que se realicen trabajos de soldadura se dispondrá de un extintor en sus proximidades.
- ▶ **Atropellos o golpes** con la rozadora, camiones, retroexcavadoras, etc.

- ▶ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
- ▶ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
- ▶ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica marcha atrás...
- ▶ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
- ▶ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
- ▶ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 3.4 EXPLOSIVOS

### 3.4.1 DEFINICIÓN

Las partes o trabajos elementales de que consta el ciclo de trabajo característico de este sistema son las siguientes:

- ▶ Replanteo en el frente del esquema de tiro.
- ▶ Perforación de los taladros.
- ▶ Carga de los taladros con explosivo (barrenos).
- ▶ Voladura y ventilación.
- ▶ Retirada del escombros y saneo del frente, bóveda y hastiales.



### 3.4.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Perforadora sobre ruedas (jumbo).
- Palas cargadoras.
- Retroexcavadoras.
- Camión basculante.
- Camión dumper.
- Martillos rompedores.
- Compresores.



### 3.4.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** durante los trabajos del replanteo y la carga de voladuras, acceso a las máquinas, uso de plataformas elevadoras, medios auxiliares.
  - ▷ Se utilizará la plataforma elevadora, manipuladora telescópica... según las instrucciones del fabricante.
  - ▷ No se trabajará sobre las vainas o varillaje de la propia máquina, empleándose a tal fin medios auxiliares o maquinaria (plataformas elevadoras).

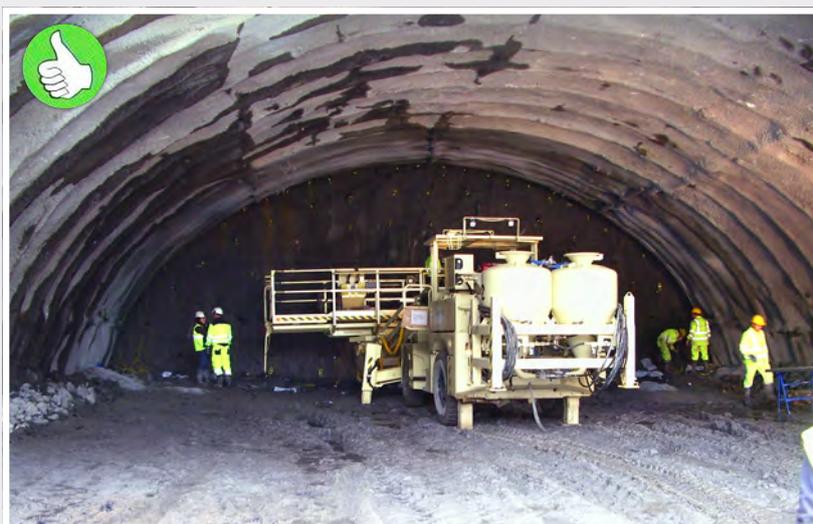


- ▷ No se suplementará la plataforma elevadora.
- ▷ Los operarios accederán a las máquinas por la zona habilitada para ello.
- ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, pinzas, útil de elevación...).
- ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.



- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por condiciones del terreno o falta de orden limpieza.
  - ▷ El tajo estará limpio, ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Tanto el frente como la clave estarán saneados para evitar desprendimientos.
  - ▷ Se evitará el rebose de material en las cajas de transporte de los camiones durante el desescombro del material.
  - ▷ Durante la manipulación de las brocas, vainas... no habrá operarios ajenos al proceso. Los operarios que manipulen dichos elementos prestarán la atención idónea.
- ▶ **Pisadas sobre objetos** por materiales en las zonas de tránsito y trabajo, irregularidades del terreno.
  - ▷ El tajo estará limpio, ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Choqueos contra objetos inmóviles** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▶ **Choqueos y contactos contra objetos móviles:** brazo articulado de la retroexcavadora, carro perforador, plataforma elevadora.
  - ▷ El conductor antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras ...).
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de elementos de corte, durante el mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
  - ▷ Los operarios que manipulen dichos elementos prestarán la atención idónea.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la perforación de los barrenos y voladuras, reperfilado, saneo.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante la manipulación de las brocas del carro, transmisiones de correas de la maquinaria.
  - ▷ En la operación de acople de brocas el maquinista y el operario que manipula las brocas, deberán estar coordinados.
  - ▷ Todos los órganos móviles (correas de transmisión) se encontrarán protegidos mediante carcasa metálica o similar.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica marcha atrás...
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.

- ▷ Las máquinas no se estacionarán en zonas de pendiente.
- ▷ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
- ▷ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación manual de brocas...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o centro de transformación estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Exposición a ambiente pulvígeno.**
  - ▷ Todos los trabajos de perforación se ejecutarán con vía húmeda y se revisará regularmente el sistema de inyección. Los trabajadores utilizarán los epi's adecuados.
- ▶ **Exposición a sustancias nocivas:** gases derivados de la voladura.
  - ▷ Una vez que se ha producido la voladura no se accederá al interior del túnel hasta comprobar que la zona de trabajo se encuentra en condiciones higiénicas adecuadas.
- ▶ **Incendios y/o explosiones** por un tratamiento inadecuado del explosivo en el transporte, manipulación o destrucción, en tareas de mantenimiento de maquinaria.
  - ▷ El transporte del explosivo por obra se realizará en un vehículo autorizado llevando por separado los explosivos y detonadores.
  - ▷ Las operaciones de carga y descarga del explosivo y sus accesorios se realizarán con el motor del vehículo parado.



- ▷ Los explosivos destinados a la preparación de voladura serán descargados en lugares secos, alejados de fuentes de calor, aceites o combustibles. La distribución se realizará en pilas separadas de acuerdo con el

esquema de voladura, evitando así su concentración en una única pila. Los detonadores se acopiarán en lugar separado del material explosivo.

- ▷ No se permitirá el empleo de equipos móviles de comunicación en las proximidades de la voladura.
- ▷ La carga de barrenos se realizará exclusivamente por un artillero autorizado y con el título vigente.



- ▷ Una vez realizada la voladura no se reanuda ninguna labor hasta que el Director Facultativo así lo indique (barrenos fallidos...).
- ▷ Las tareas de mantenimiento se realizarán alejados de fuentes combustibles tales como aceites o grasas, ...
- ▷ Las botellas de oxicorte dispondrán de válvulas antirretroceso en ambos extremos de las mangueras.
- ▷ Todas las máquinas llevarán extintor.
- ▷ En aquellos puntos en los que se realicen trabajos de soldadura se dispondrá de un extintor en sus proximidades.
- ▶ **Atropellos o golpes** con el carro perforador, camiones, retroexcavadoras, plataformas, etc.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

# 4 ▶ INSTALACIONES DE TÚNEL

## 4.1 VENTILACIÓN

### 4.1.1 DEFINICIÓN

La necesidad de mantener dentro de los túneles una atmósfera respirable, no tóxica, y en unas condiciones ambientales óptimas, obliga a renovar el aire de éstos mediante sistemas de ventilación, para así impedir que los gases y humos generados por vehículos de motor, y por las distintas labores de construcción, alcancen unas concentraciones límite predeterminadas.

Tal como se indica en las Instrucciones Técnicas Complementarias (I.T.C) recogidas en el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, el caudal de aire que es necesario aportar a una labor de interior es función de la maquinaria de combustión interna y del número de personas en el tajo. Para la difusión de los gases nocivos emitidos por los motores térmicos y por la respiración humana se precisan unos caudales mínimos de aire limpio, los cuales deben ser garantizados, permitiendo la respiración del personal en condiciones de dilución aceptable de los tóxicos del escape de los vehículos.

Durante la construcción de un túnel la mayor emisión de contaminantes se produce en la zona del frente de avance, que es además donde suele concentrarse el personal.

La ventilación subterránea tiene tres motivos fundamentales:

1. Suministrar el oxígeno necesario al aire del túnel para reemplazar el consumo producido por el personal y por los motores (la proporción de oxígeno no será inferior a 19% en ningún punto del túnel).



2. Asegurar la dilución y evacuación del polvo y de los gases tóxicos producidos por los sistemas de producción.

3. Mantener la temperatura del aire por debajo de ciertos límites.

Allí donde sea necesario diluir las concentraciones de gases tóxicos, será preciso colocar mecanismos locales adicionales a fin de provocar una mayor dilución del aire. Cuando el polvo sea un problema importante, los sistemas se proyectarán encaminados a controlar su nivel y se dispondrán filtros para limpiar el aire antes de su readmisión en el sistema general de flujo.

El efecto del calor y los incrementos de humedad deben ser reducidos mediante el uso de sistemas forzados, proporcionando una gran velocidad local del aire.

Los sistemas de ventilación incluidos serán uno ó más de los siguientes:

- ▶ Suministro forzado de aire fresco
- ▶ Extracción del aire contaminado del túnel
- ▶ Sistemas más complejos de superposición de extracción y suministro
- ▶ Técnicas de recirculación controlada

Como decimos, uno de los objetivos primordiales de la ventilación en el túnel es proporcionar aire fresco, posibilitando así un entorno de trabajo adecuado. Sin embargo, la cantidad de aire fresco que se introduce en el túnel no está tanto condicionada por las necesidades de respiración, sino más bien como diluyente de agentes contaminantes y generador de frescor.

La contaminación del aire se produce por polvo y gases contaminantes. Los gases que se encuentran en la atmósfera del túnel proceden de dos fuentes: por filtraciones en el propio terreno y por utilización de los motores diesel. Los principales gases producidos son dióxido de carbono, monóxido de carbono, gases nitrosos, metano y dióxido de azufre.



Con la ventilación se consigue:

- ▶ Diluir los gases nocivos, emitidos por los motores de combustión interna y voladuras, hasta unas concentraciones dentro de los límites permitidos.
- ▶ Eliminación del polvo que pudiera producirse en la aplicación de los diferentes sistemas de excavación mecánica u otras tareas desarrolladas.
- ▶ Aporte del aire limpio necesario para la respiración humana.
- ▶ Mantener la temperatura del aire por debajo de ciertos límites.

Cuando la perforación se realiza mediante el empleo de medios mecánicos, como es el caso de la rozadora, es recomendable la adopción de un sistema de ventilación mixta, consistente en una ventilación soplante que impulsa el aire hacia el tajo y un ventilador aspirante con decantador de polvo que toma el aire en el frente y lo expulsa hacia el exterior.

El sistema de ventilación más aconsejable es de tipo soplante, en el que un tubo proporciona aire fresco. En algunos casos de excavación mecánica es conveniente combinar con otro de extracción del aire en la zona de excavación.

Las normas básicas de seguridad a tener en cuenta son:

- ▶ La ventilación prevista será suficiente evitándose la recirculación.
- ▶ La instalación de ventilación se mantendrá en todo momento en correcto estado de funcionamiento.
- ▶ Los conductos de ventilación se prolongarán hasta el área de trabajo de la máquina.
- ▶ Se conectarán adecuadamente las uniones de los tubos de ventilación.
- ▶ Se colocarán soportes a intervalos regulares para garantizar su correcta sujeción.
- ▶ Periódicamente técnicos higienistas realizarán las correspondientes mediciones de gases y polvo.

Respecto a los conductos de aire fresco:

- ▶ Extenderlos cerca del área de trabajo.
- ▶ Evitar curvas y recodos.
- ▶ Reparar cualquier daño inmediatamente.
- ▶ Sellar las uniones adecuadamente.
- ▶ Instalar soportes a intervalos regulares.

Como medios de control del aire existente se podrá disponer de los siguientes elementos de control:

- ▶ Detectores de gases.
- ▶ Grupo electrógeno de emergencia, situado en el emboquille de túnel, que asegura el funcionamiento de los ventiladores en caso de fallo de suministro eléctrico.
- ▶ Mantenimiento de la tubería de aire para que en caso de rotura se asegure el suministro.

#### 4.1.2 MEDIOS AUXILIARES

- ▶ Anclajes de sujeción
- ▶ Piezas de conductos
- ▶ Piezas de ensamblaje y montaje
- ▶ Escalera de mano

#### 4.1.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- ▶ Plataforma elevadora
- ▶ Manipuladora telescópica
- ▶ Grupo electrógeno
- ▶ Herramientas manuales

#### 4.1.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

##### ▶ **Medidas generales de seguridad**

- ▷ Evitar la recirculación del aire.
- ▷ Instalación de controles y aparatos de medición de la calidad del aire.
- ▷ La ventilación del túnel en construcción deber ser tal que, en cada área de trabajo, la dilución de los humos y gases debe mantenerse por debajo de los límites peligrosos. La temperatura de estas zonas no debería sobrepasar los 27° C.
- ▷ Se debe realizar un mantenimiento eficaz de todas las instalaciones y de los ventiladores.
- ▷ Evitar codos y curvas, ya que es ahí donde se producen las mayores pérdidas de carga.

##### ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** durante la instalación y mantenimiento.

- ▷ Se usarán la maquinaria y equipos según las instrucciones del fabricante y acorde como la legislación vigente.
- ▷ Los operarios accederán a las máquinas por la zona habilitada para ello.
- ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, pinzas, útil de elevación...).
- ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.

##### ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por condiciones del terreno y/o falta de orden.

- ▷ El tajo estará ordenado e iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.

##### ▶ **Caída de objetos en manipulación y/o desprendidos** durante la instalación y mantenimiento.

- ▷ No habrá operarios ajenos al proceso realizado.
- ▷ Coordinación de los trabajadores involucrados.

##### ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso, elementos salientes del gálibo interior (soportes de instalaciones, bulones...)

- ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).

##### ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** plataforma elevadora, manipuladora telescópica.

- ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión (espejos, cámaras...).
- ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.

##### ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación en la instalación, mantenimiento.

- ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.

##### ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la manipulación de herramientas de perforación (taladro...).

- ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.

##### ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** en las tareas de mantenimiento, instalación de la tubería...

- ▷ En la operación de colocación tanto de anclajes, piezas, tubería... el maquinista y el operario se coordinarán en las distintas fases de trabajo.

- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y, en su caso, se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ Las máquinas no se estacionarán en zonas de pendiente.
  - ▷ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
  - ▷ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación de herramientas, sujeción tuberías...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o centro de transformación estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos:** plataforma elevadora, manipuladora telescópica...
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 4.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 4.2.1 DEFINICIÓN

La ejecución de túneles requiere la utilización de maquinaria y equipos eléctricos específicos, los cuales requerirán de unas instalaciones para su correcto funcionamiento. Estos medios deben disponer de fuentes de alimentación y por ello se diseñará una red de distribución que acerque los puntos de toma al frente de trabajo, garantizando su disponibilidad para los diferentes niveles de servicio.

La red eléctrica a instalar en el túnel dependerá fundamentalmente de dos factores:

1. Los equipos que previsiblemente estén en funcionamiento de manera simultánea.
2. La longitud de líneas.

La red eléctrica de interior se abastecerá generalmente de una red de suministro, que deberá ser transformada a tensión necesaria, dependiendo del equipo del que se trate, para su empleo directo por la maquinaria o equipos.

Además hay que tener en cuenta que las distancias de transporte suelen ser sensiblemente elevadas y que por ello es preciso considerar la colocación de transformadores a niveles intermedios.

A partir de los cuadros se distribuirá la corriente eléctrica con la interposición de cuadros secundarios que dispondrán de carcasa estanca de intemperie y tomas de corriente exteriores, alojando en su interior interruptores magnetotérmicos y diferenciales y sus correspondientes tomas de tierra.

Las instalaciones y equipos eléctricos más usuales para dar servicio al interior del túnel son: centro de transformación, cuadros eléctricos, mangueras, grupos electrógenos, luminarias...



## 4.2.2 MEDIOS AUXILIARES

- Escalera de mano
- Pértiga
- Banqueta

### 4.2.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Plataforma elevadora
- Manipuladora telescópica
- Grupo electrógeno
- Herramientas manuales

### 4.2.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** desde la escalera de mano, plataforma elevadora ...
  - ▷ Se usarán la maquinaria y equipos según las instrucciones del fabricante y acorde como la legislación vigente.
  - ▷ Los operarios accederán a las máquinas por la zona habilitada para ello.
  - ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, pinzas, útil de elevación...).
  - ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel o pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno y/o falta de orden y limpieza.
  - ▷ El tajo estará ordenado e iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caída de objetos en manipulación** durante la instalación y el mantenimiento de las herramientas utilizadas.
  - ▷ No habrá operarios ajenos al proceso realizado.
  - ▷ Coordinación de los trabajadores involucrados.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso, elementos salientes del gálibo interior (soportes de instalaciones, bulones ...)
- ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** plataforma elevadora, manipuladora telescópica.
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión (espejos, cámaras...).
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación en la instalación, mantenimiento.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** durante colocación de los soportes, colocación de los aislantes ...
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** en las tareas de mantenimiento, colocación centro transformación, grupos electrógenos...
  - ▷ En la operación de colocación de anclajes, piezas, soportes, grupos electrógenos..., el maquinista y el operario se coordinarán en las distintas fases de trabajo.

- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ Las máquinas no se estacionarán en zonas de pendiente.
  - ▷ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
  - ▷ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación de las herramientas, materiales ...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.

#### ▶ **Contactos eléctricos**

- ▷ La línea de tiro estará separada (en el hastial contrario) de las conducciones eléctricas del túnel.
- ▷ El grupo electrógeno y/o centro de transformación estarán adecuados a la normativa.
- ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos, y a una altura adecuada, en las zonas de paso de maquinaria.



- ▶ **Incendios** por sobrecalentamiento, sobrecarga...
  - ▷ Se usarán elementos de protección que eviten la generación sobrecalentamiento, sobrecargas... en los elementos que componen la instalación eléctrica.
  - ▷ No se sobrecargarán los puntos de conexión de la instalación.
  - ▷ Las alargaderas y elementos eléctricos se utilizarán de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- ▶ **Atropello o golpes con vehículos** por los propios de la actividad (manipuladora telescópica...) y los del resto de actividades del túnel.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 4.3 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

### 4.3.1 DEFINICIÓN

Para ejecutar determinadas labores de obra, como puedan ser las realizadas por el robot de gunitado y el jumbo de perforación, es necesaria la colocación de una instalación de aire comprimido, que estará compuesta por un compresor de aire situado en el exterior del túnel y una tubería.

### 4.3.2 MEDIOS AUXILIARES

- Escaleras de mano
- Eslingas, cadenas, estrobos

### 4.3.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Manipuladora telescópica
- Camión grúa
- Compresor
- Herramientas manuales

### 4.3.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

#### ▶ Medidas de carácter general

El uso del aire comprimido implica riesgos no comunes a otras fuentes de energía. El mantenimiento de los equipos y de los compresores es vital para conseguir unas condiciones de seguridad en la operación aceptables.

- ▷ El aire comprimido no debe utilizarse para eliminar el polvo y limpiar los frentes de trabajo y suelos.
- ▷ El aire comprimido saliendo a través de conductos abiertos puede causar daños a máquinas y a personas, por lo que se evitará la existencia de estos.
- ▷ Un simple escape de aire puede provocar daños en el aparato auditivo así como en los ojos. Es recomendable la utilización de cascos antirruído y gafas de protección.
- ▷ Se debe prestar especial atención a los niveles de ruido producidos por los escapes de aire comprimido.
- ▷ Los compresores portátiles se accionan en general con motores de gasoil, lo cual puede ser un problema en las obras subterráneas debido a la contaminación del aire si las instalaciones no se sitúan en el exterior.
- ▷ Se instalarán filtros en la línea de aire para prevenir que partículas sólidas puedan entrar en los equipos.

#### ▶ Mantenimiento de los calderines de aire

- ▷ La conservación de los calderines en unas condiciones ideales lleva consigo:
  - ▷ Un mantenimiento adecuado y revisiones periódicas por personal cualificado.
  - ▷ Cada calderín se revisará a intervalos de tiempo regulares, no pudiendo sobrepasar éstos los cinco años (siempre según la normativa vigente).

#### ▶ Caídas de personas a distinto nivel durante el estrobado del compresor estacionario...

- ▷ Se usarán la maquinaria y equipos según las instrucciones del fabricante y acorde como la legislación vigente.
- ▷ Los operarios accederán a las máquinas por la zona habilitada para ello.

- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por condiciones generales de la obra, orden y limpieza, acopios...
  - ▷ El tajo estará ordenado e iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caída de objetos en manipulación** durante la instalación y mantenimiento del conjunto (compresor, tubería...), medios auxiliares...
  - ▷ No habrá operarios ajenos al proceso realizado.
  - ▷ Coordinación de los trabajadores involucrados.
- ▶ **Choque contra objetos inmóviles:** partes salientes de máquinas o materiales, estrechamiento de zonas de paso, soportes de instalaciones, bulones...
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choque y contactos contra objetos móviles:** manipuladora telescópica...
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos...).
  - ▷ Preferiblemente los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas, en caso necesario los trabajos estarán coordinados.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación, instalación, mantenimiento, fallo en entronques de tubería.
  - ▷ No desconectar el conducto bajo presión.
  - ▷ La conservación, limpieza y mantenimiento se harán con equipo parado y sin posibilidad de movimiento o de funcionamiento.
  - ▷ Comprobar que todas las rejillas, carcasas y protecciones de los elementos móviles están bien instaladas.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la colocación de los soportes, fugas en la tubería...
  - ▷ No desconectar el conducto bajo presión.
  - ▷ No debe encontrarse nadie en el radio de acción del chorro de la manguera.
  - ▷ No intentar acoplar tramos de tubería o conductos con arreglos provisionales.
  - ▷ Las uniones se harán con elementos adecuados que soporten con seguridad las presiones de trabajo.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** en la descarga de materiales, colocación de tubería, mantenimiento compresor...
  - ▷ En las operaciones de colocación tanto de piezas, soportes, compresores..., el maquinista y el operario se coordinarán en las distintas fases de trabajo.
  - ▷ La conservación, limpieza y mantenimiento se harán con equipo parado y sin posibilidad de movimiento o de funcionamiento.
  - ▷ Comprobar que todas las rejillas, carcasas y protecciones de los elementos móviles están bien instaladas.

- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ Las máquinas no se estacionarán en zonas con pendiente.
  - ▷ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
  - ▷ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos** en la descarga de materiales, manipulación...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos térmicos** en el mantenimiento del compresor.
  - ▷ No se abrirá la tapa de llenado del circuito de refrigeración con el motor caliente.
  - ▷ Uso de guantes protectores durante la sustitución o abastecimiento del aceite lubricante.
  - ▷ Evitar el contacto con las partes calientes de la máquina.
- ▶ **Contactos eléctricos**
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Incendios**
  - ▷ Se dispondrá de medios de extinción adecuados y bien localizados.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos**, con los propios de la actividad (manipuladora telescópica) y el resto de actividades del túnel.
  - ▷ El conductor tendrá una visión idónea del camino a seguir.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

# 5 ▶ SOSTENIMIENTO

## 5.1 BULONES

### 5.1.1 DEFINICIÓN

Los bulones son elementos lineales de refuerzo que se colocan dentro de un taladro efectuado en la pared de roca y se adhieren a ésta por un procedimiento mecánico o por medio de una sustancia adherente.

### 5.1.2 MEDIOS AUXILIARES

- Plataforma de trabajo
- Escalera de mano

### 5.1.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Manipuladora telescópica
- Plataforma elevadora
- Carro perforador
- Martillo perforador
- Herramientas manuales

### 5.1.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por deficiente estado y/o utilización de los equipos y medios auxiliares.
  - ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, pinzas, útil de elevación...).
  - ▷ Se usarán los equipos según las instrucciones del fabricante.
  - ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.



- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno, falta de orden y limpieza.
  - ▷ El tajo estará iluminado y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
  - ▷ Se achicará el agua en la zona de trabajo.

▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**

- ▷ Durante el transporte de los bulones no habrá personal que acompañe a la carga.
- ▷ La zona donde se vaya a trabajar se visualizará previamente, saneándola en caso necesario.
- ▷ En la colocación del bulón se evitará la presencia de personas dentro de la zona con riesgo de caída de objetos.
- ▷ Antes de manipular las cargas se asegurará que se encuentran convenientemente fijadas.
- ▷ Cuando las cargas se manipulen en pendiente se realizará marcha atrás (contrapendiente).
- ▷ Finalizado el transporte y asentamiento de la carga, una vez desestrobada la misma, no se procederá a retirar los elementos de fijación (cadenas, estrobo, eslingas...) mientras que los operarios permanezcan dentro del radio de acción de dicha carga suspendida.



▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso, clave del túnel.

- ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).

▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, plataforma elevadora...)

- ▷ Los trabajadores ajenos al proceso no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con brazos articulados...
- ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).

▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de piezas (bulones...).

- ▷ Utilización de guantes, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
- ▷ Mantenimiento de las herramientas.

▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la manipulación martillo, carro perforador...

- ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas...)
- ▷ Mantenimiento de las herramientas y accesorios de las mismas.

▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante la manipulación de los bulones.

- ▷ Se coordinarán los trabajos para la colocación y manejo del bulón.
- ▷ Sujeción adecuada del martillo perforador evitando la caída del mismo sobre los trabajadores.

▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.

- ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma.
- ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
- ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación, enganche, fijación...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o cuadros secundarios estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** por invasión de zonas de acopio, transporte, montaje...
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 5.2 HORMIGÓN PROYECTADO (GUNITA)

### 5.2.1 DEFINICIÓN

Hormigón que se coloca mediante proyección del mismo contra la superficie que se desea proteger, de forma que queda adherido a ésta.

Existen tres procesos para el hormigón proyectado: por vía seca, por vía semihúmeda y por vía húmeda.

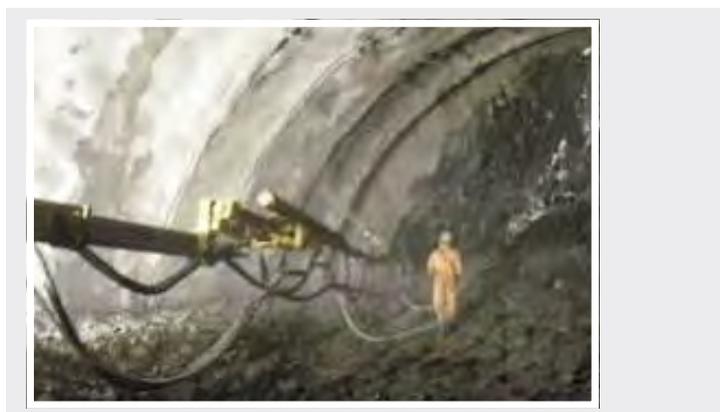
Para una mejora del sostenimiento se emplean fibras de acero o mallazo.

### 5.2.2 MEDIOS AUXILIARES

- Plataforma de trabajo
- Cadenas, estrobos, eslingas

### 5.2.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Dúmpfer
- Manipuladora telescópica
- Plataforma elevadora
- Robot gunitador
- Bomba de proyectar
- Camión hormigonera
- Herramientas manuales



### 5.2.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por deficiente estado y/o utilización de los equipos y medios auxiliares.
  - ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, pinzas, útil de elevación...).
  - ▷ Se usarán los equipos según las instrucciones del fabricante.



- ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.

- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno, falta de orden y limpieza...

- ▷ El tajo estará iluminado y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.

- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento**, en su manipulación y desprendidos.

- ▷ Durante el transporte del mallazo no habrá personal que acompañe a la carga.
- ▷ La zona donde se vaya a trabajar se visualizará previamente, saneándola en caso necesario.
- ▷ En la colocación del mallazo se evitará la presencia de personas dentro de la zona con riesgo de caída de objetos.
- ▷ Antes de manipular las cargas se asegurará que se encuentran convenientemente fijadas.
- ▷ Cuando las cargas se manipulen en pendiente se realizará marcha atrás (contrapendiente).
- ▷ Finalizado el transporte y asentamiento de la carga, una vez desestrobada la misma, no se procederá retirar los elementos de fijación (cadenas, estrobos, eslingas) mientras que los operarios permanezcan dentro del radio de acción de dicha carga suspendida.



- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso, clave del túnel.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, plataforma elevadora...)
  - ▷ Los trabajadores ajenos al proceso no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
  - ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con brazos articulados...
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de mangueras, mallazo...
  - ▷ Coordinación entre los trabajadores que intervienen en el proceso de gunitado.
  - ▷ Se deben seguir las instrucciones del fabricante con referencia a los atascos de la manguera.
  - ▷ Se evitará la presencia de personas ajenas al proceso.
  - ▷ Utilización de guantes, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** durante la proyección del hormigón.
  - ▷ Se evitará la presencia de personas ajenas al gunitado.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas...)
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas, accesorios de las mismas.



- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante la manipulación del mallazo, partes móviles de equipos...
  - ▷ Las partes móviles de los equipos de trabajo se encontrarán debidamente protegidas.
  - ▷ Se coordinarán los trabajos para la colocación y manejo del mallazo.
  - ▷ Se evitará la presencia de personas ajenas al proceso.

- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos**
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o cuadros secundarios estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Contactos con sustancias cáusticas y corrosivas** en el uso de hormigones, aditivos...
  - ▷ El uso de estos productos se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante facilitadas en la ficha técnica.
  - ▷ Si el proceso lo permite, se tenderá a la utilización de los procesos por vía húmeda o semihúmeda.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados y de forma idónea al proceso (mascarillas, ...)
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** en el transporte, montaje...
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 5.3 CERCHAS

### 5.3.1 DEFINICIÓN

Las cerchas son elementos de acero que tienen una función resistente de por sí y, generalmente, en unión con hormigón proyectado.

El presente capítulo hace referencia a las operaciones de manipulación, montaje y colocación de cerchas. Las citadas operaciones consisten en la descarga de las mismas en paquetes desde el camión de transporte, el acopio en zona habilitada, transporte de las unidades hasta la zona de sostenimiento próxima al frente y la colocación de las mismas.

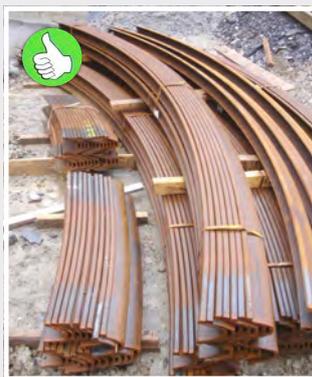


### ACOPIOS

Las cerchas se reciben descompuestas en varios tramos para su posterior armado.

El acopio se realiza en zona habilitada en el exterior del túnel, lo más cerca posible de la plataforma de ejecución.

La manipulación se realizará con los equipos de elevación adecuados.



### TRANSPORTE

Antes de proceder al traslado de las unidades que componen la cercha, estas se separarán utilizando un cable o una cadena atada a cada una de las piezas que forman la cercha.

Se apilarán una a una las piezas que forman cerchas completas sobre tacos de madera (separados del resto), para poder pasar las pinzas del equipo de transporte por debajo, elevarlas y transportarlas.

El transporte hasta el frente se realizará con el equipo adecuado.



### MONTAJE

Una vez en el frente se procederá al montaje de la cercha.

Se descargarán todas las piezas en un lateral del túnel y se colocarán una a una, utilizando medios mecánicos, en su posición aproximada, calzada sobre tacos de madera. Posteriormente se procederá a su ensamblado mediante abarcones, realizando una fijación provisional.

Se levantará la cercha mediante útiles adecuados asiéndola por la clave y se realizará el apriete definitivo garantizando su estabilidad.

Una vez fijada la cercha se procederá al montaje de los tresillones uniendo ésta con la anterior.

Se complementará con el tratamiento posterior (gunita, chapa "Bernold" ...).



### 5.3.2 MEDIOS AUXILIARES

- Cadenas, estrobos y eslingas

### 5.3.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Manipuladora telescópica
- Plataforma elevadora
- Camión grúa
- Grúa autopropulsada

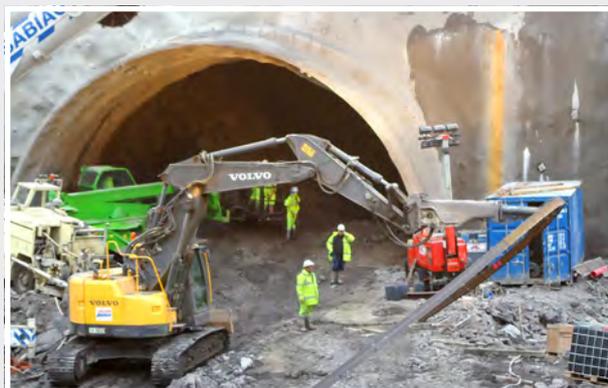


### 5.3.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

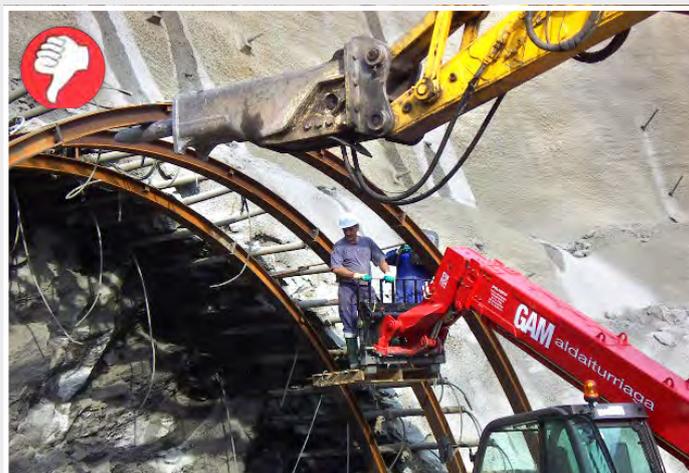
- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por deficiente estado y/o utilización de los equipos y medios auxiliares.
  - ▷ Se usarán los equipos según las instrucciones del fabricante.
  - ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.



- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno, inclemencias meteorológicas o falta de orden y limpieza.
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Durante el transporte de las cerchas no habrá personal que acompañe a la carga.
  - ▷ Si durante la maniobra, el maquinista no tuviera una visión directa de la zona donde ubicar la cercha se ayudará de un señalista quien le realizará señales claras e inequívocas.
  - ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación, pinzas, útil de elevación...).



- ▶ En el montaje de la cercha se evitará la presencia de personas ajenas dentro de la zona con riesgo de abatimiento de la pieza.
- ▶ Antes de manipular las cargas se asegurará que se encuentran convenientemente fijadas.



- ▶ Cuando las cargas se manipulen en pendiente se realizará marcha atrás (contrapendiente).
- ▶ Finalizado el transporte y asentamiento de la carga, una vez desestrobada la misma, no se procederá retirar los elementos de fijación (cadenas, estrobos, eslingas) mientras que los operarios permanezcan dentro del radio de acción de dicha carga suspendida.

- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso, clave del túnel.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, dúmper ...)
  - ▷ Los trabajadores ajenos no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
  - ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con brazos articulados...
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación de piezas (elementos de la cercha...).
  - ▷ Se coordinarán los trabajos de manipulación y colocación de la cercha (tresillones...)
  - ▷ Utilización de guantes, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante la manipulación de las cerchas.
  - ▷ Durante el acopio de las piezas se utilizarán herramientas manuales (barra de uña...) para la manipulación de dichos materiales.
  - ▷ En la zona de montaje de la cercha se colocarán tacos de madera para el apoyo y posterior elevación de la pieza.
  - ▷ En la colocación de los abarcones y tresillones los miembros superiores permanecerán alejados de las zonas de posibles atrapamientos.
  - ▷ Se coordinarán los trabajos para el ajuste definitivo de la cercha.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en la manipulación, enganche, fijación...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** por invasión de zonas de acopio, transporte, montaje...
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito y montaje.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 5.4 PLACAS DESPLEGADAS (“BERNOLD”)

### 5.4.1 DEFINICIÓN

La combinación de cerchas con chapas “Bernold” y relleno de hormigón constituye el denominado método “Bernold” integral.

**NOTA:** las cerchas a las que hace referencia esta definición han sido evaluadas en el apartado anterior. Asimismo el hormigón bombeado se tratará en su apartado correspondiente.



### 5.4.2 MEDIOS AUXILIARES

- Plataforma de trabajo
- Cadenas, estrobos, eslingas

### 5.4.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Dúmpper / Manipuladora telescópica
- Plataforma elevadora
- Equipo soldadura oxiacetilénica
- Herramientas manuales

### 5.4.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por deficiente estado y/o utilización de los equipos y medios auxiliares.
  - ▷ Se usarán los equipos según las instrucciones del fabricante.



- ▶ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta...).
- ▶ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno, falta de orden y limpieza.
  - ▶ El tajo estará iluminado y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.



- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▶ Durante el transporte de las chapas no habrá personal que acompañe a la carga.
  - ▶ La zona donde se vaya a trabajar se visualizará previamente, saneándola en caso necesario.
  - ▶ En la colocación de las chapas y tresillones se evitará la presencia de personas ajenas dentro de la zona con riesgo de caída de objetos.
  - ▶ Antes de manipular las cargas se asegurará que se encuentran convenientemente fijadas.
  - ▶ Cuando las cargas se manipulen en pendiente se realizará marcha atrás (contrapendiente).
  - ▶ Finalizado el transporte y asentamiento de la carga, una vez desestrobada la misma, no se procederá retirar los elementos de fijación (cadenas, estrobos, eslingas) mientras que los operarios permanezcan dentro del radio de acción de dicha carga suspendida.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso, clave del túnel.
  - ▶ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▶ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, plataforma elevadora...)
  - ▶ Los trabajadores ajenos al proceso no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
  - ▶ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con brazos articulados...

- ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la manipulación chapas...
  - ▷ Coordinación entre los trabajadores que intervienen en el proceso de colocación de las chapas.
  - ▷ Se evitará la presencia de personas ajenas al proceso.
  - ▷ Utilización de guantes, botas, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en el uso de herramientas manuales...
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas...)
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas, accesorios de las mismas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante la manipulación y colocación de las chapas.
  - ▷ Prestar la atención idónea al proceso a realizar.
  - ▷ Se coordinarán los trabajos para la colocación y manejo de las chapas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos**
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos térmicos** durante el uso del soplete (oxiacetilénico).
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (guantes, manguitos...)
  - ▷ No dejar el soplete encendido si no se está utilizando.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o cuadros secundarios estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
  - ▷ Protección de los bornes del equipo de soldadura.
- ▶ **Exposición a radiaciones** en los trabajos de soldadura.
  - ▷ Utilización de pantallas con cristales adecuados a la radiación (pantallas de soldador).
- ▶ **Explosiones** de los equipos de soldadura oxiacetilénica.
  - ▷ Válvulas antirretorno a la salida de botellas y llegada a soplete.

- ▷ Manómetros y mangueras en buen estado.
- ▷ Uso de las botellas en posición vertical.
- ▷ Acopio y transporte de forma correcta.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** en el transporte, montaje...
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 5.5 TRATAMIENTOS ESPECIALES

### 5.5.1 DEFINICIÓN

Son tratamientos puntuales de consolidación y/o estabilización de partes del túnel (clave, frente o solera) y/o consolidación del terreno mediante:

- Inyecciones convencionales
- Jet grouting
- Paraguas de presostenimiento
- Congelación (ice boring)
- Refuerzo armado a sección completa (presencia de anhidritas...)
- ...

Independientemente de los sistemas enumerados anteriormente, trataremos en este apartado el sistema de paraguas de presostenimiento, por ser el más habitual.

### 5.5.2 MEDIOS AUXILIARES

- Escaleras de mano
- Cadenas, estrobos, eslingas

### 5.5.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Carro perforador
- Plataforma elevadora
- Manipuladora telescópica
- Mezcladora - bomba de hormigonado
- Herramientas manuales

### 5.5.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por deficiente estado y/o utilización de los equipos y medios auxiliares.
  - ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, pinzas, útil de elevación...).
  - ▷ Se usarán los equipos según las instrucciones del fabricante.
  - ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno, falta de orden y limpieza.
  - ▷ El tajo estará iluminado y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Durante el transporte del material con maquinaria no habrá personal que acompañe a la carga.
  - ▷ La zona donde se vaya a trabajar se visualizará previamente, saneándola en caso necesario.
  - ▷ Durante la ejecución del paraguas de presostenimiento se evitará la presencia de personas ajenas al tajo dentro de la zona con riesgo de caída de objetos.
  - ▷ Antes de manipular las cargas se asegurará que se encuentran convenientemente fijadas.
  - ▷ Cuando las cargas se transporten en pendiente se realizará marcha atrás (contrapendiente).
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes saliente de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso, clave del túnel...
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, plataforma elevadora, carro perforador...)
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
  - ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con brazos articulados...
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la ejecución del paraguas...
  - ▷ Coordinación entre los trabajadores que intervienen en el proceso de ejecución del paraguas de presostenimiento.
  - ▷ Se evitará la presencia de personas ajenas al proceso.
  - ▷ Utilización de guantes, botas, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en el uso de herramientas manuales, en la inyección de la lechada de cemento...
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas...)
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas, accesorios de las mismas.

- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** en la manipulación de los equipos de inyección, mantenimiento de maquinaria, cambio de camisas del paraguas...
  - ▷ Prestar la atención idónea al proceso a realizar.
  - ▷ Se coordinarán los trabajos a realizar en la ejecución del paraguas.
  - ▷ Las protecciones de la maquinaria no se anularán ni se modificarán.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de la maquinaria.
  - ▷ No se sobrepasará la capacidad de carga de la maquinaria.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos**
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos para la manipulación de cargas.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ La instalación eléctrica estará adecuada a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** en el transporte, circulación...
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

# 6 ▶ REVESTIMIENTO Y FALSOS TÚNELES

Una vez realizado el sostenimiento del túnel, se finaliza la construcción del mismo ejecutando la impermeabilización, drenaje y, en ocasiones, se completa con un revestimiento.

## 6.1 IMPERMEABILIZACIÓN

### 6.1.1 DEFINICIÓN

El objeto de la impermeabilización es evitar que las aguas de filtración provenientes del terreno (trasdós) del túnel, entren en el interior del mismo.

Habitualmente la tarea consiste en la colocación de malla geotextil, en su caso membrana drenante y láminas impermeabilizantes, todas ellas con diferentes procedimientos y ancladas al terreno.



### 6.1.2 MEDIOS AUXILIARES

- Elemento de arrastre
- Andamio tubular
- Cables, eslingas, estrobos

### 6.1.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

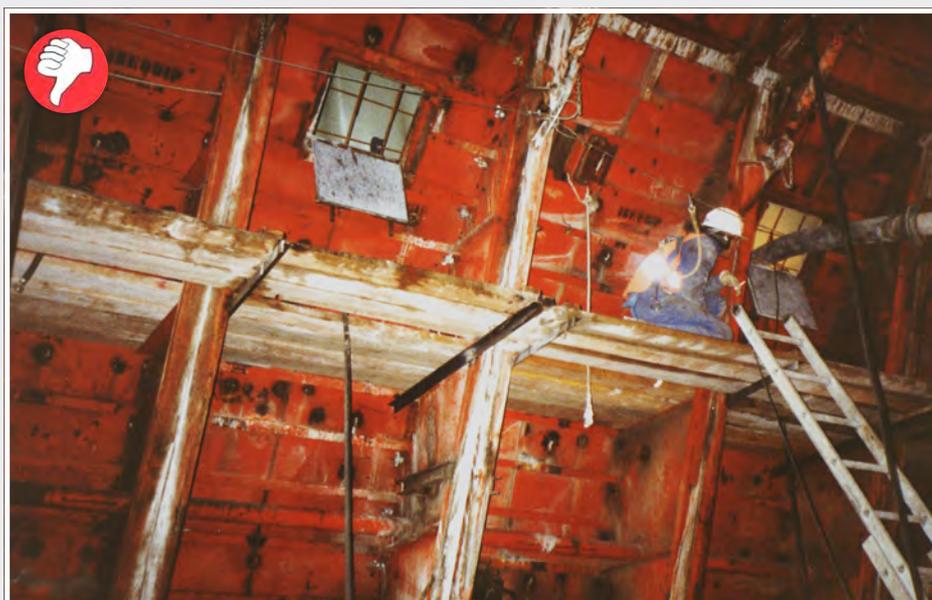
- Manipuladora telescópica
- Plataforma elevadora
- Carro de impermeabilización
- Pistola de anclaje
- Termoselladora
- Herramientas manuales

### 6.1.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** en el montaje, uso y desmontaje del carro de impermeabilización; en el uso de plataforma elevadora, manipuladora telescópica.
  - ▷ Se seguirán las instrucciones del fabricante, plan de montaje o proyecto según el caso.
  - ▷ Durante el montaje de la estructura se utilizará equipo anticaída adecuado al trabajo a realizar.
  - ▷ El acceso y descenso a los diferentes niveles de la estructura se realizará por los lugares habilitados para ello (escaleras...).



- ▷ En el caso que la distancia establecida por la normativa en vigor entre el andamio y el paramento se llegara a superar, el frente contará con barandilla o extensiones de la plataforma de trabajo o, en su defecto, se utilizará sistema anticaídas de protección individual.



- ▷ Se mantendrán las protecciones colectivas del carro de impermeabilización.
- ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.
- ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, útil de elevación...).
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno y/o orden y limpieza.
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Antes de iniciar los trabajos de la impermeabilización se procederá a una revisión del sostenimiento efectuado en el túnel (auscultación, control geológico...).
  - ▷ Se acotará la zona durante montaje del carro de impermeabilización, para evitar la presencia de personas ajenas al proceso.
  - ▷ Los medios auxiliares de izado (cadenas, ganchos, estrobos, eslingas...) estarán en correcto estado de uso y mantenimiento, y contarán, en su caso, con los correspondientes dispositivos de seguridad (pestitillo del gancho...).
  - ▷ Los materiales se asentarán directamente sobre la plataforma evitando caídas bruscas sobre la estructura y calzando los elementos que tengan la posibilidad de rodar o deslizarse.
  - ▷ Las plataformas con riesgo de caída de materiales dispondrán de rodapié.
  - ▷ El izado de cargas se realizará con éstas correctamente estrobadas.
  - ▷ Si se va a colocar un elemento auxiliar de izado de cargas en el andamio de impermeabilización (polipasto, polea...), éste contará con el visto bueno del fabricante.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes salientes de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso, clave de túnel.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, plataforma elevadora...).
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).
  - ▷ Los trabajadores ajenos no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
  - ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con partes articuladas...
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas.**
  - ▷ Utilización de guantes, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en la manipulación de la pistola de anclaje, eliminación elementos salientes (cabezas de bulones, ferralla...).
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas...)
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas, accesorios de las mismas.

- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante el mantenimiento de maquinaria, montaje del carro, desplazamiento del carro...
  - ▷ Se evitará pasar entre el carro y los hastiales del túnel.
  - ▷ Todos los órganos móviles (correas de transmisión...) se encontrarán protegidos mediante carcasa metálica o similar.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos:** desplazamiento del carro, vuelco de la manipuladora telescópica en el suministro del material...
  - ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma y/o manipuladora telescópica.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ El trabajador que manipule la máquina o vehículo deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en el manejo, transporte y colocación de materiales.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos térmicos** en los trabajos de termosellado.
  - ▷ Preferentemente se utilizarán los equipos de termosellado en los cuales el operario tenga ambas manos ocupadas. En aquellos en los que alguna extremidad superior del operario quede libre, se tomarán las medidas oportunas. En ambos casos se seguirán las instrucciones del fabricante.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o cuadros secundarios estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
- ▶ **Incendios** por fallos eléctricos, contactos térmicos...
  - ▷ Se revisará la instalación eléctrica (cableado, focos, cuadro...) del carro de impermeabilización.
  - ▷ Se procederá a desconectar el equipo de termosellado cuando no se esté usando.
  - ▷ No se acercarán fuentes de calor (focos de alumbrado...) a la impermeabilización, disponiendo de medios de extinción.



- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** durante el desplazamiento de los mismos.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
  - ▷ Señalización de gálibos en el andamio de impermeabilización para el paso bajo el mismo de vehículos y maquinaria que puedan golpear la estructura produciendo caída de objetos o caída de personal a distinto nivel y, en su caso, coordinando la labor por un señalista.

## 6.2 HORMIGÓN IN SITU

### 6.2.1 CARRO DE ENCOFRADO: MONTAJE, TRASLADO Y DESMONTAJE

#### 6.2.1.1 Definición

Equipo de trabajo móvil que puede tener o no, fijados al mismo, elementos que permiten su desplazamiento para el hormigonado del túnel.



#### 6.2.1.2 Medios auxiliares

- Escaleras de mano
- Elementos de arrastre: tráctel o similar
- Cables, eslingas, estrobos



### 6.2.1.3 Maquinaria y equipos

- Manipuladora telescópica
- Plataforma elevadora
- Grúa autopropulsada
- Camión de transporte
- Grupo electrógeno
- Herramientas manuales

### 6.2.1.4 Riesgos y medidas preventivas

▶ **Caídas de personas a distinto nivel** en el montaje, uso y desmontaje del carro de encofrado; en el uso de plataforma elevadora, manipuladora telescópica.

- ▷ Se seguirán las instrucciones del fabricante, plan de montaje, proyecto o lo que corresponda en su caso.
- ▷ Durante el montaje de la estructura se utilizará equipo anticaída adecuado al trabajo a realizar.
- ▷ El acceso y descenso a los diferentes niveles de la estructura se realizará por los lugares habilitados para ello (escaleras...).
- ▷ Se mantendrán las protecciones colectivas del carro de encofrado.
- ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.
- ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, útil de elevación...).



▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno y/o orden y limpieza.

- ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.

▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en manipulación y desprendidos.**

- ▷ Se acotará la zona durante montaje del carro de encofrado, para evitar la presencia de personas ajenas al proceso.
- ▷ Los medios auxiliares de izado (cadenas, ganchos, estrobos, eslingas...) estarán en correcto estado de uso y mantenimiento, y contarán, en su caso, con los correspondientes dispositivos de seguridad (pestillo del gancho...).
- ▷ Los materiales se asentarán directamente sobre la plataforma evitando caídas, calzando los elementos que tengan la posibilidad de rodar o deslizarse.
- ▷ Las plataformas con riesgo de caída de materiales dispondrán de rodapié.
- ▷ El izado de cargas se realizará con éstas correctamente estrobadas.



- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes saliente de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, plataforma elevadora...); carro de encofrado.
  - ▷ El operador, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (en maquinaria: espejos, cámaras...).
  - ▷ Los trabajadores ajenos no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
  - ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con partes articuladas...
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas.**
  - ▷ Utilización de guantes, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** por rotura de latiguillos, racores...; en el montaje del circuito hidráulico...
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas ...).
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas, accesorios de las mismas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante el mantenimiento de maquinaria, montaje del carro, desplazamiento del carro...
  - ▷ Se evitará pasar entre el carro y los hastiales del túnel.
  - ▷ Todos los órganos móviles (órganos de transmisión...) se encontrarán protegidos mediante resguardos.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos:** desplazamiento del carro, vuelco de la manipuladora telescópica en el suministro del material...
  - ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma y/o manipuladora telescópica.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.

- ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
- ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
- ▷ El trabajador que manipule la máquina o vehículo deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en el manejo, transporte y colocación de materiales.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o cuadros secundarios estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria, traslado de carro sobre rail...
  - ▷ Las masas de los equipos estarán conectadas a tierra.
- ▶ **Incendios** por fallos eléctricos, contactos térmicos ...
  - ▷ Se revisará la instalación eléctrica (cableado, focos, cuadro...) del carro de revestimiento.
  - ▷ No se acercarán fuentes de calor (focos de alumbrado...) a la impermeabilización.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** durante el desplazamiento de los mismos.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
  - ▷ Señalización de gálibos en el carro de encofrado para el paso bajo el mismo de vehículos y maquinaria que puedan golpear la estructura produciendo caída de objetos no controlada o caída de personal a distinto nivel, y en su caso coordinando la labor por un señalista.

## 6.2.2 ARMADO/FERRALLADO Y HORMIGONADO DE LA PUESTA

### 6.2.2.1 Definición

El hormigonado de la puesta es el conjunto de operaciones necesarias para el vertido del hormigón en el interior del encofrado, realizado habitualmente por bombeo. Queda incluida la operación de vibrado durante el vertido del hormigón así como la ejecución y retirada de los encofrados laterales (tapes).

Ocasionalmente se introducen armaduras sin carácter estructural (antirretracción...), cuyo proceso es similar al que se lleva a efecto durante la ejecución de falso túnel.

### 6.2.2.2 Medios auxiliares

- Escaleras de mano
- Cables, eslingas, estrobos

### 6.2.2.3 Maquinaria y equipos

- Manipuladora telescópica
- Plataforma elevadora
- Camión hormigonera
- Bomba de hormigonado
- Grupo electrógeno
- Compresor
- Mesa de corte para madera
- Herramientas manuales

### 6.2.2.4 Riesgos y medidas preventivas

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** durante el hormigonado desde los distintos niveles de trabajo en el carro; en el uso de plataforma elevadora, manipuladora telescópica.
  - ▷ Para los trabajos de hormigonado, se utilizarán medios auxiliares y maquinaria acordes a la legislación vigente.
  - ▷ No se preparará por los encofrados, utilizándose los accesos adecuados.
  - ▷ El acceso y descenso a los diferentes niveles de la estructura se realizará por los lugares habilitados para ello (escaleras, escalas...).
  - ▷ Se mantendrán las protecciones colectivas del carro de encofrado.
  - ▷ No se realizarán trabajos fuera de la cesta.
  - ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación cesta, útil de elevación...).
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno y/o orden y limpieza...
  - ▷ El tajo estará limpio y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos en manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Los materiales se asentarán directamente sobre la plataforma evitando caídas, calzando los elementos que tengan la posibilidad de rodar o deslizarse.
  - ▷ Las plataformas con riesgo de caída de materiales dispondrán de rodapié.
  - ▷ Los elementos componentes de los encofrados laterales (tapes) estarán debidamente anclados al conjunto.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes saliente de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (bomba de hormigón, plataforma elevadora...).
  - ▷ El operador, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (en maquinaria: espejos, cámaras...).

- ▷ Los trabajadores ajenos no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
- ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con partes articuladas...
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** por amarre o fijación inadecuada de la manguera de hormigonado, en el uso de la mesa de corte...
  - ▷ Mantenimiento y uso adecuado de las protecciones de las mesas de corte, tuberías de hormigonado...
  - ▷ Utilización de guantes, ropa adecuada al equipo o pieza que se manipula.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
  - ▷ Sujeción adecuada de la manguera-tubería de hormigonado.



- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en rotura de latiguillos, racores...; manguera; de virutas de madera en corte...
  - ▷ En caso de transporte neumático o hidráulico de hormigón se revisarán antes de iniciar el trabajo las uniones de tuberías-mangueras y arriostramientos con especial atención a los codos.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas ...)
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas, accesorios de las mismas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante el mantenimiento de maquinaria, hormigonado...
  - ▷ En el montaje y manipulación de las canaletas se tomarán las medidas oportunas a fin de evitar posibles atrapamientos entre elementos de la misma.
  - ▷ Todos los órganos móviles (órganos de transmisión...) se encontrarán protegidas mediante resguardos.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** en el suministro del material...
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.

- ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
- ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma y/o manipuladora telescópica.
- ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
- ▷ El trabajador que manipule la máquina o vehículo deberá estar autorizado y debidamente formado.



- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en el manejo, transporte y colocación de materiales.
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos eléctricos.**
  - ▷ El grupo electrógeno y/o cuadros secundarios estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria, traslado de carro sobre rail...
  - ▷ Las masas de los equipos estarán conectadas a tierra.
- ▶ **Exposición a sustancias nocivas** en la confluencia de maquinaria con motores de combustión (camión hormigonera, bomba de hormigonado, grupo electrógeno...).
  - ▷ Se vigilará que la ventilación natural mantenga las condiciones ambientales adecuadas, realizando las oportunas mediciones.
  - ▷ Se dispondrá y utilizarán equipos de protección de las vías respiratorias.
- ▶ **Contactos con sustancias cáusticas y corrosivas** en el uso de hormigones, desencofrantes, aditivos...
  - ▷ El uso de estos productos se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante facilitadas en la ficha técnica.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (guantes, ...)
- ▶ **Incendios:** fallos eléctricos, presencia de productos inflamables...
  - ▷ Se revisará la instalación eléctrica (cableado, focos, cuadro...) del carro de revestimiento.
  - ▷ No se acercarán fuentes de calor (focos de alumbrado...) a la impermeabilización.
  - ▷ Se dispondrá de equipos de extinción, adecuados, en las inmediaciones.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** durante el desplazamiento de los mismos.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
  - ▷ Señalización de gálibos en el carro de encofrado para el paso bajo el mismo de vehículos y maquinaria que puedan golpear la estructura produciendo caída de objetos no controlada o caída de personal a distinto nivel, y en su caso coordinando la labor por un señalista.

## 6.3 ELEMENTOS PREFABRICADOS

### 6.3.1 DEFINICIÓN

Los revestimientos decorativos están formados por placas prefabricadas situadas sobre los hastiales del túnel. En la mayoría de los casos no se suele considerar necesaria la colocación de placas en la clave, por encima del nivel de la iluminación, ya que su finalidad principal es estética. El material de que están fabricadas es diverso: hormigón, acero, aluminio, hormigón con fibra de vidrio, etc.

### 6.3.2 MEDIOS AUXILIARES

- Escaleras de mano
- Andamio metálico tubular
- Cadenas, estrobos, eslingas

### 6.3.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Plataforma elevadora
- Manipuladora telescópica
- Camión grúa
- Grúa automotora
- Grupo electrógeno
- Compresor
- Equipos de oxicorte
- Tronzadora
- Herramientas manuales

### 6.3.4 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por deficiente estado y/o utilización de los equipos y medios auxiliares.
  - ▷ Se comprobará el correcto ensamblaje y fijación de los útiles acoplados a los diferentes equipos (bulones de fijación de la cesta...).
  - ▷ Los equipos se montarán, usarán y desmontarán conforme a las instrucciones del fabricante.
  - ▷ Las plataformas de los andamios estarán protegidas en todo su perímetro.
  - ▷ No se realizarán trabajos fuera de las plataformas de trabajo (cesta, andamio...).
  - ▷ El ascenso y descenso de los equipos de trabajo se realizará por los lugares habilitados para ello.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel y pisadas sobre objetos** por condiciones del terreno, falta de orden y limpieza.
  - ▷ El tajo estará iluminado y ordenado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en su manipulación y desprendidos.**
  - ▷ Durante el transporte del material con maquinaria no habrá personal que acompañe a la carga.

- ▷ La zona donde se vaya a trabajar se mantendrá libre de obstáculos.
- ▷ Antes de manipular las cargas se asegurará que se encuentran convenientemente fijadas.
- ▷ Los medios auxiliares de elevación se mantendrán en buen estado revisándose antes de su utilización.
- ▷ No se abandonará el tajo (pausas, fin de jornada...), hasta no comprobar que los materiales colocados en esta fase estén correctamente fijados (placas, paneles...).
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes saliente de equipos o materiales, estrechamiento de zonas de paso...
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
  - ▷ Proteger elementos salientes colocados en los hastiales del túnel que invadan las zonas de tránsito (bases topográficas, soportes tuberías...).
- ▶ **Choques y contactos contra objetos móviles:** maquinaria (manipuladora telescópica, plataforma elevadora...).
  - ▷ Los trabajadores no permanecerán en el radio de acción de las máquinas.
  - ▷ Los trabajos se realizarán de forma idónea a la ejecución del proceso a fin de evitar posibles choques y/o contactos con brazos articulados...
  - ▷ El conductor, antes de comenzar los trabajos, verificará visualmente que la zona está despejada y que tiene los elementos adecuados para una correcta visión de la zona (espejos, cámaras...).
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** durante la colocación de las placas, paneles, perfilerías...
  - ▷ Coordinación entre los trabajadores que intervienen en el proceso de colocación de las placas, paneles...
  - ▷ Se evitará la presencia de personas ajenas al proceso.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
  - ▷ La maquinaria contará con las protecciones adecuadas y se utilizará de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en el uso de herramientas manuales, operaciones de corte...
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (pantallas, gafas...)
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas, accesorios de las mismas.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** en la colocación de las placas, paneles, mantenimiento de maquinaria...
  - ▷ Prestar la atención idónea al proceso a realizar.
  - ▷ Se coordinarán los trabajos a realizar durante la colocación de las placas, paneles...
  - ▷ Las protecciones de la maquinaria no se anularán ni se modificarán.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** durante las maniobras de los mismos.
  - ▷ No se sobrecargará la capacidad de la plataforma y/o manipuladora telescópica.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los

elementos de estabilización de los que disponga.

- ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
- ▷ El trabajador que manipule la máquina o vehículo deberá estar autorizado y debidamente formado.

▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos.**

- ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos para la manipulación de cargas.
- ▷ Traslado de botellas de oxicorte en carro portabotellas.
- ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.

▶ **Contactos térmicos** durante el uso del soplete (oxiacetilénico).

- ▷ Utilización de epí's adecuados al proceso (guantes, manguitos...)

▶ **Contactos eléctricos.**

- ▷ El grupo electrógeno y/o cuadros secundarios estarán adecuados a la normativa.
- ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.

▶ **Exposición a radiaciones** en los trabajos de soldadura.

- ▷ Utilización de gafas con cristales adecuados a la radiación (pantallas de soldador).

▶ **Incendios y/o explosiones** de los equipos de soldadura oxiacetilénica.

- ▷ Las botellas de oxicorte dispondrán de válvulas antirretroceso en ambos extremos de las mangueras.
- ▷ Manómetros en buen estado.
- ▷ Uso de las botellas en posición vertical.
- ▷ En aquellos puntos en los que se realicen trabajos de soldadura se dispondrá de un extintor en sus proximidades.

▶ **Atropellos o golpes con vehículos** en el transporte, circulación...

- ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y/o acústica.
- ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
- ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
- ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
- ▷ Se limitará la velocidad dentro del túnel.

# 7 ▶ ACABADOS E INSTALACIONES DEFINITIVAS

## 7. ACABADOS E INSTALACIONES DEFINITIVAS

Una vez perforado y revestido el túnel y dependiendo de la finalidad del mismo (ferroviario, carretero...), se tienen que realizar una serie de trabajos para dejarlo en servicio, tales como:

- ▶ Colocación de balasto y vía
- ▶ Asfaltado
- ▶ Electrificación
- ▶ Colocación de señales
- ▶ Instalación contra incendios
- ▶ ...

Todas estas actividades quedan fuera de esta guía al no haber sido el planteamiento de la misma la evaluación de los trabajos anteriormente mencionados.

# 8 ▶ SISTEMAS DE EJECUCIÓN DE TÚNELES CON MÁQUINAS INTEGRALES

## 8.1 INTRODUCCIÓN

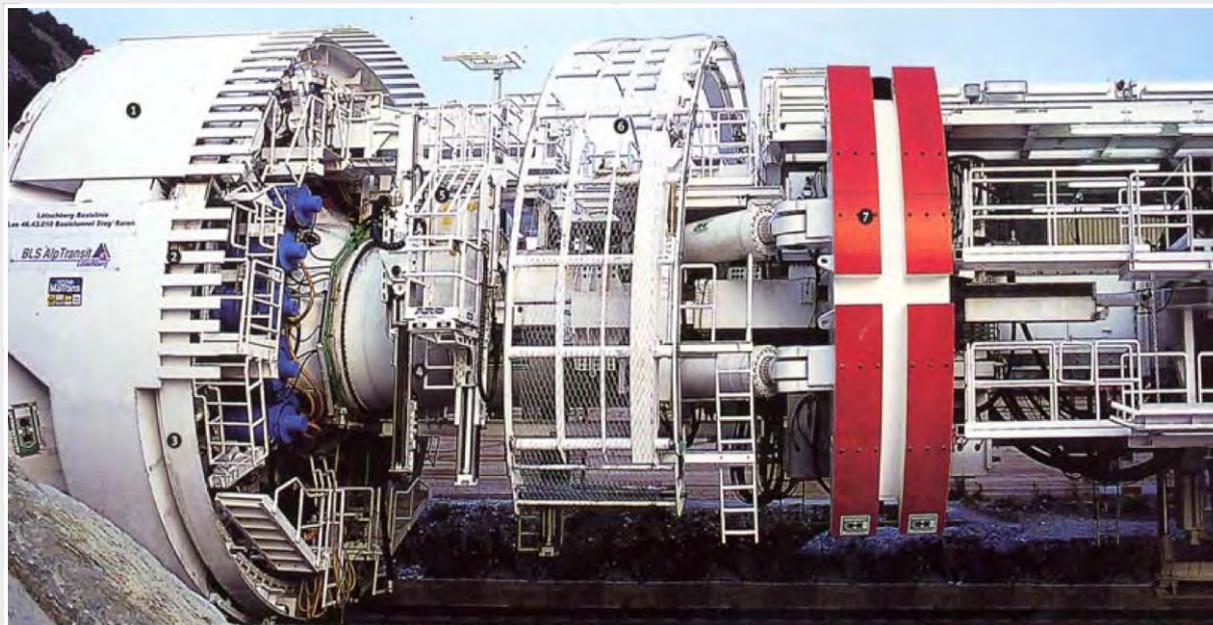
### 8.1.1 LAS MÁQUINAS INTEGRALES.

Estas máquinas se conocen genéricamente por TBM (Tunnel Boring Machines) y se caracterizan porque son capaces de excavar un túnel a plena sección a la vez que colaboran en la colocación del sostenimiento provisional y/o del revestimiento definitivo. Existen tres grandes grupos:

- ▶ TBM abiertas (TOPO), se apoyan sobre el terreno para avanzar y su uso implica colocar un sostenimiento tradicional. Indicado para rocas duras.
- ▶ TBM escudadas, o ESCUDOS simples, disponen de un escudo cilíndrico de acero que cubre todo el terreno excavado. El sostenimiento se realiza con anillos de dovelas y para avanzar se apoyan en los anillos de sostenimiento. Indicado para rocas blandas.
- ▶ DOBLES- ESCUDOS, son una combinación de los dos tipos anteriores, ya que para avanzar se pueden apoyar tanto en el terreno como en los anillos de dovelas. Indicado para terrenos heterogéneos.

### 8.1.2 EXCAVACIÓN EN ROCA. TOPOS.

Los topos son máquinas adaptadas para la excavación de rocas de dureza media elevada.



- 1 y 2. Escudo protector de corta longitud.
3. Erector para colocación de cerchas metálicas
- 4 y 5. Equipo de perforadoras para la ejecución de bulones.
6. Erector para la colocación de mallas metálicas.
7. “Grippers”

Los componentes principales se pueden observar en la siguiente figura:

**Cabeza:** Es la parte móvil que realiza la excavación, estando dotada de cortadores o discos. Las dimensiones serán en función de las características de túnel a perforar.

Los útiles de corte se disponen en forma de espiral, con una mayor concentración en el centro, donde comienza el proceso de rotura (por la conicidad de la cabeza).

El concepto de funcionamiento es la aplicación de un empuje y un par, que se transmiten a las herramientas de corte, reaccionando contra el terreno mediante los grippers o zapatas.

**Grippers:** Son unas zapatas que acodalan a la máquina contra la roca durante el avance (absorbiendo la reacción del terreno contra el giro de la cabeza).

**Cilindros de empuje:** Están distribuidos en toda la periferia de la máquina, y están equipados con zapatas articuladas que permiten un apoyo uniforme sobre el sostenimiento. Su recorrido marca el ciclo de avance. Cuando finaliza un ciclo estos cilindros se retraen y, al amparo del tramo de coraza que queda libre, se procede a colocar un nuevo sostenimiento.

**Back-Up:** Es el conjunto de plataformas posteriores, unido a la cabeza, que arrastra la máquina en el avance. Se implantan los transformadores, instalación hidráulica, instalación de hormigón proyectado, carretes de mangueras, ventiladores auxiliares, filtros de polvo, grupo de emergencia, cintas transportadoras, polipastos, etc.

### 8.1.3 ESCUDOS.

El término escudo abarca una amplia gama de máquinas, que tienen en común el estar protegidas por un escudo (abiertos, cerrados, hidroescudos, EPBs, etc).

La utilización de los diferentes tipos de Escudos es función de la estabilidad del suelo, del contenido de finos, de la posición del nivel freático y de otros parámetros geotécnicos.

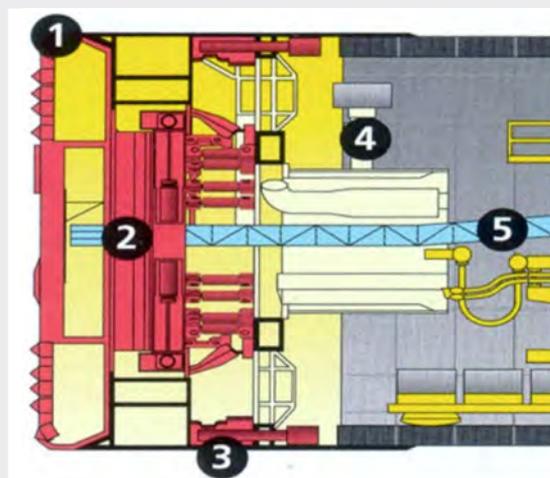
Los componentes principales son:

La **cabeza giratoria** que contiene picas, cinceles o ambos, accionada por motores hidráulicos (en mayor número que los topes). Los cangilones radiales recogen el material excavado y lo descargan en la cinta alojada en el centro de la cabeza.

El **empuje** se realiza con los cilindros de cola, transmitiendo la reacción, del terreno, al anillo de dovelas.

**Erector de dovelas**, situado tras los cilindros, que recoge las anteriores y las va disponiendo en la parte final del escudo (antes de que aparezca el terreno).

**Back-up**, constituido por los carretones que, avanzando con el escudo, contienen los mismos elementos que en casi todas las máquinas integrales.

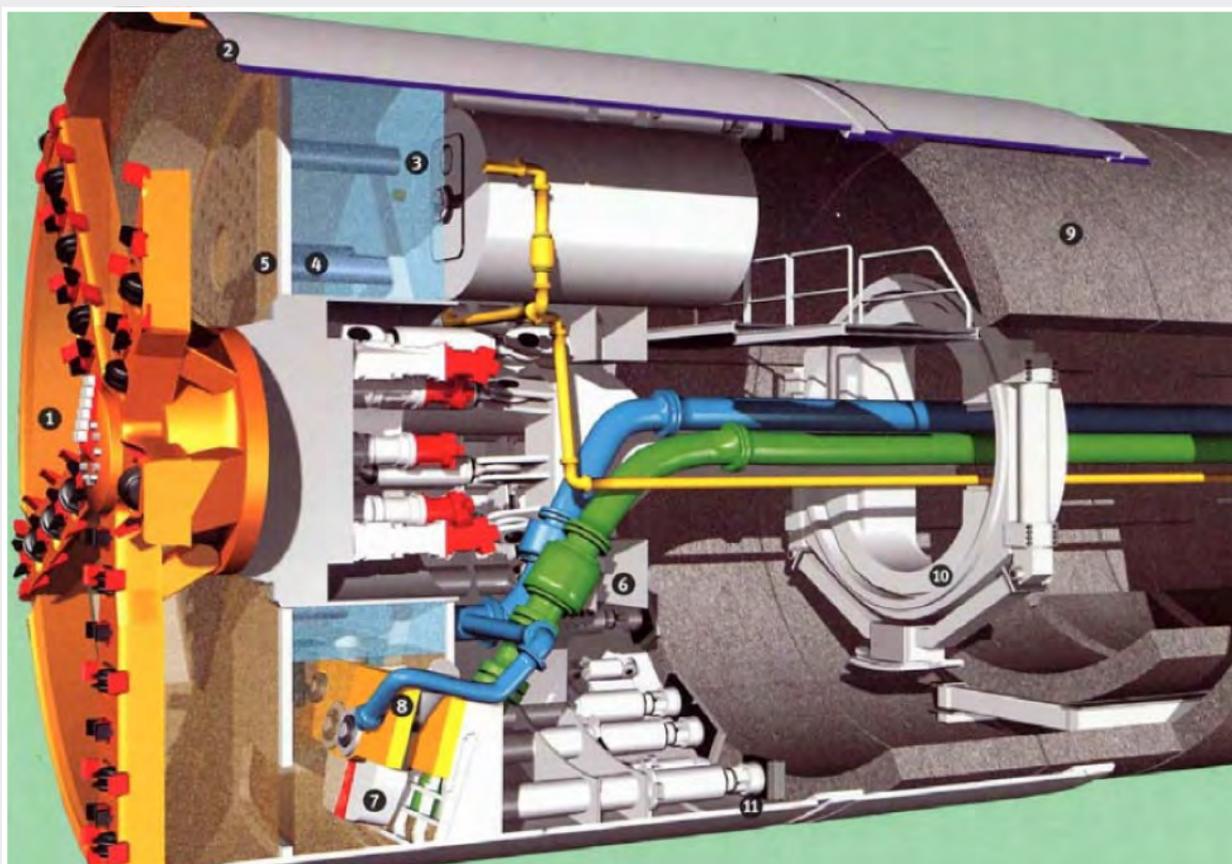


1. Rueda de corte
2. Accionamiento
3. Gatos de empuje
4. Ereactor para colocación de segmentos prefabricados
5. Cinta transportadora para evacuación de escombros desde el frente

### 8.1.4 HIDROESCUDOS.

Los hidroescudos de lodos aseguran la estabilidad del frente mediante la acción combinada de la cabeza de corte y del lodo a presión.

Son apropiados para terrenos naturales en condiciones difíciles y bajo presión de agua (arenas, limos y gravas hasta 60 mm). Los lodos utilizados son generalmente bentoníticos (muy tixotrópicos como la montmorillonita). Este lodo contribuye a la estabilidad del frente y sirve, además, como transporte de los escombros producidos, mediante un sistema hidráulico. En el exterior se instala una central de tratamiento y separación del escombros, del lodo que se recircula al frente.



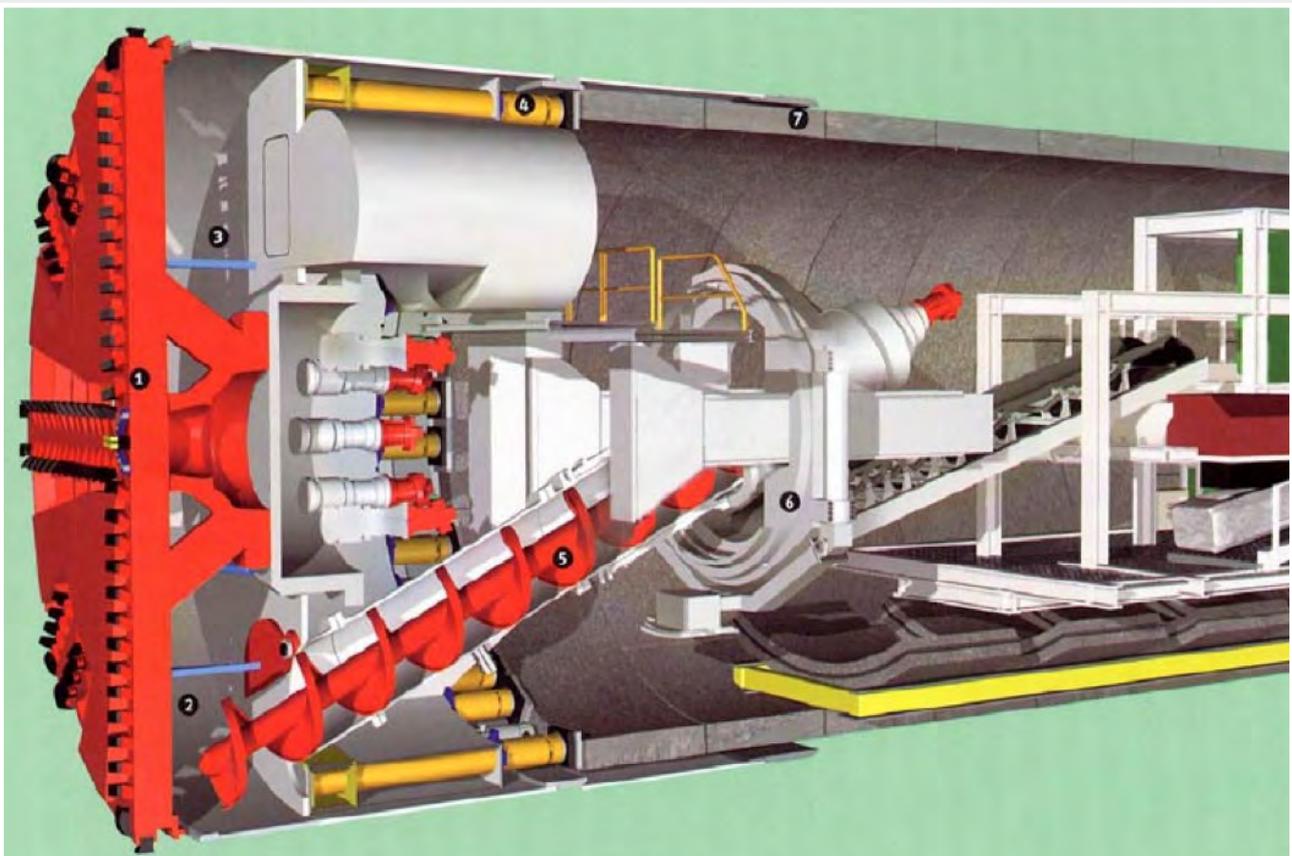
- |  |   |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cabeza de corte dotada de las herramientas de corte para terrenos</li> <li>2. Blandos ( picas, dientes)</li> <li>3. Escudo</li> <li>4. Cámara de presión rellena con suspensión de bentonita</li> <li>5. Burbuja de aire comprimido para conseguir la presión necesaria de</li> <li>6. Contención</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Parámetro de presión</li> <li>8. Bombeo al exterior de la mezcla de escombros y lodo.</li> <li>9. Triturador de bolos</li> <li>10. Inyección desde el exterior de los lodos bentoníticos.</li> <li>11. Anillo prefabricado de hormigón</li> </ol> |
|--|---|

### 8.1.5 ESCUDOS DE PRESIÓN DE TIERRAS.

Este tipo de escudos, llamados EPB (Hearth Pressure Balance), se aplican a la mayoría de terrenos con inestabilidades y sobre todo para trabajos bajo niveles freáticos.

Es un equipo cuya idea combina los Hidroescudos y los Escudos de Rueda Presurizados (aire comprimido).

- ▶ De los Hidroescudos toma el principio del sostenimiento del frente, mediante el equilibrio de la presión del terreno (más el agua) con la presión dentro de la cámara de la cabeza.
- ▶ De los Escudos Presurizados toma el principio de la evacuación del escombro, en un estado casi sólido, mediante un tornillo sin fin (en la fase de paso a la presión atmosférica).



1. Rueda de corte dotada con las herramientas de corte para suelos (picas, dientes, rastrillos, etc)
- 2 y 3. Cámara de presión de tierras
4. Cilindros de empuje

5. Tornillo sin-fin
6. Erector para colocación de segmentos prefabricados
7. Anillo prefabricado de revestimiento

**Cabeza fresadora** con dientes trituradores, rasgadores y cortadores, para poder operar en terrenos mixtos. Contienen un número variable de motores electrohidráulicos de velocidad variable. Incluye las puertas de control de inundación, para que pase el material a la esclusa, o cámara, de materiales.

**Cilindros de propulsión**, con la misma misión que en todos los escudos.

**Transportador sin fin**, que remueve el material de la cámara y lo deposita en la cinta transportadora. También tiene velocidad variable y reversible.

**Cámara hiperbárica**, para el acceso del personal a la esclusa; para operaciones de mantenimiento o para operar la EPB en condiciones de terreno inestable.

**El resto de componentes del Back-up**, es similar al de otros escudos.

### 8.1.6 DOBLES ESCUDOS.

La concepción de estas máquinas se basa en un escudo telescópico, articulado en dos piezas, que además de proporcionar un sostenimiento continuo del terreno durante el avance (Escudos), permite simultanearlo con el arranque cuando el terreno puede soportar los Grippers (Topos).

Por lo tanto son máquinas que pueden trabajar en terrenos de diferentes características geotécnicas, consiguiéndose rendimientos elevados.

El principal inconveniente es que, al estar constituido por un sistema telescópico, la longitud es el doble que la de un escudo normal (a igual diámetro), unido a que, en terrenos heterogéneos y con grandes recubrimientos, existe el riesgo de atrapamiento por la presión geostática.

**Cabeza de corte.** Normalmente son cabezas mixtas, con cortadores de disco y picas simultáneamente.

**Escudo delantero.** Soporta a la cabeza, con los cangilones, el rodamiento principal, la corona de accionamiento y los sellos internos y externos.

**Escudo trasero.** Se le denomina también escudo de anclaje o escudo Grippers, por incorporar las zapatas que soportarán la reacción del terreno contra el par de avance. Contiene los cilindros de unión con el escudo delantero para la acción telescópica y por la parte trasera contiene los cilindros auxiliares de empuje, similares a los de un escudo normal.

Detrás vienen el erector de dovelas y el Back-up con los mismos elementos que un escudo.

### 8.1.7 SISTEMAS DE GUIADO.

El guiado de las máquinas integrales se realiza desde la cabina de control, donde se encuentran los ordenadores, a los que llegan todos los parámetros y datos topográficos de funcionamiento.

### 8.1.8 DESESCOMBRO.

El método empleado para la evacuación de escombros tiene una gran importancia al ser necesario evacuar, con rapidez, grandes cantidades de material. Los sistemas más frecuentes en la actualidad son los siguientes:

- ▶ **Tren de tolvas:** constituido por una batería de tolvas en número igual al de vagones de cada tren y con la misma geometría y colocación. Las tolvas sirven de regulación y acopio, cargándose durante el avance mediante bypass y no siendo necesaria la presencia del tren.

Cuando el tren llega vacío se sitúa bajo las tolvas y, mediante apertura automática y simultánea, se carga la totalidad del tren.



- ▶ **Cinta puente:** que aloja en su interior un tren completo que lo cargará conforme pasa el tren por debajo de la cinta. Debe tener un cambio californiano para la espera de un segundo tren, realizándose las maniobras mediante locomotoras. Todo el conjunto debe ir montado en una plataforma que se mueva con el Back-up.
- ▶ **Sistema Rowa:** Similar al anterior pero con dos vías paralelas, con cadenas de arrastre y cambio de vía hidráulico.
- ▶ **Cintas convencionales:** Es un sistema continuo, cada vez más utilizado, al eliminarse los tiempos muertos de los anteriores sistemas (descarrilamientos, esperas, averías, etc.).

La cinta va alojada en un hastial del túnel, con el tambor de cola solidario con la TBM y con el sistema motriz en el exterior, que debe tener una zona de reserva de banda y tensado.



### 8.1.9 COLOCACIÓN DEL SOSTENIMIENTO.

En los topes, tras el paso de la coraza de la cabeza, se va colocando el tipo de sostenimiento (de los definidos en proyecto), según las características del macizo atravesado.

Este sostenimiento será del tipo ligero, compuesto principalmente por bulones sistemáticos y capa de hormigón proyectado (con mallazo o fibras metálicas).

Posteriormente, según el proyecto aprobado y la finalidad del túnel, llevará un revestimiento de hormigón bombeado colocado con carros de encofrado.

En el resto de máquinas integrales, el sostenimiento + revestimiento lo conforman el anillo de dovelas continuo.

Las dovelas se fabricarán para soportar las siguientes cargas:

- Presiones del terreno y del agua.
- Fuerzas de reacción del terreno sobre el revestimiento.
- Empuje de los gatos hidráulicos sobre las dovelas.
- Peso del back-up de la máquina.
- Las cargas de la inyección del trasdós.
- El peso propio de las dovelas y los esfuerzos que se generan durante el almacenamiento, transporte y colocación.

Sobre la base de lo anterior, se calcularán las propiedades del hormigón, el dimensionamiento de las armaduras, el tipo de unión, etc.

Todo ello dará lugar a la instalación de la planta de fabricación de dovelas.

Posteriormente, y según las necesidades, se irán transportando en mesillas hasta la TBM.

En la tuneladora se acopian y transportan, con astronave, hacia la mesilla de alimentación del erector. Éste, mediante el sistema de vacío (el más usado habitualmente) va colocando cada dovela en la posición prevista.

Las dovelas que conforman un anillo, se diseñan con unas dimensiones que posibilitan la curvatura, elevación y/o descenso del túnel.



### 8.1.10 SUMINISTRO DE MATERIALES.

Las máquinas integrales son una especie de fábrica que avanza con el equipo de excavación, por lo que debe existir una logística de suministros constante.

Los convoyes deben acercar a la TBM principalmente:

- Dovelas (1-2 anillos).



- Morteros o sus componentes para el trasdós (grava y cemento).
- Tuberías de agua y desagüe.
- Raíles y accesorios (para las vías provisionales).
- Bastidores y accesorios de alargamiento de la cinta.
- Carretes de cables eléctricos.
- Cortadores.
- Bulones, cerchas, mallazo, etc. en el caso de los topes.
- Repuestos (manguitos, aceites, botellas de oxicorte), etc.

## 8.2 MONTAJE Y DESMONTAJE

El mayor número de riesgos se centra en el izado, presentación y ensamblaje de piezas de gran tamaño con importante riesgo de caída de objetos, aplastamiento, caída a distinto nivel...

### 8.2.1 MEDIOS AUXILIARES

- Andamios
- Cadenas, estrobos y eslingas
- Escaleras de mano
- Herramientas manuales

## 8.2.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- Camión con grúa
- Vehículos de transporte
- Grúa automotora
- Grupo electrógeno
- Compresor
- Plataformas elevadoras
- Equipos de soldadura
- Gatos hidráulicos,...



## 8.2.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** por no utilizar los equipos de forma adecuada y medios idóneos.
  - ▷ Todos los trabajos deberán realizarse desde plataformas de trabajo y cuando las condiciones del montaje no permitan trabajar desde los elementos indicados se hará uso del arnés de seguridad anticaídas.



- ▷ Se mantendrán limpias todas las asideras, peldaños, barandillas, descansillos, plataformas y escaleras.
- ▷ Se realizará el mantenimiento de las protecciones y medios auxiliares a utilizar durante los trabajos.
- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por condiciones del terreno, inclemencias meteorológicas o falta de orden limpieza.
  - ▷ El tajo estará limpio, ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.

- ▶ **Caída de objetos en manipulación o de objetos desprendidos** por incorrecto estrobo de la carga, rotura de elementos de elevación o amarre, etc.
  - ▷ Se realizará un posicionamiento adecuado de la grúa.
  - ▷ Las cadenas, estrobos, eslingas estarán en correcto estado de uso y mantenimiento, verificándose antes de su utilización.



- ▷ Se utilizarán los medios de elevación (estrobos, cadenas, eslingas) con suficiente capacidad portante.
- ▷ Se elevará lentamente la carga para confirmar la correcta sujeción de la misma, volviendo a depositarla en el suelo, en el caso que se comprobase la inestabilidad del conjunto para un correcto izado de la misma.
- ▷ El trabajo no se dará por finalizado hasta comprobar que el elemento manipulado no se encuentre en condiciones de seguridad y estabilidad.
- ▷ Durante la maniobra de izado, transporte, montaje y desmontaje de piezas los operarios permanecerán fuera del radio de acción.
- ▷ Si se ha de dirigir la carga se realizará con cabos de gobierno.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** en el transporte y ubicación de piezas del equipo; con piezas salientes de la máquina; utilización de herramientas manuales; etc.
  - ▷ Los trabajos de acercamiento y ensamblaje de piezas estarán coordinados entre los operarios intervinientes en el proceso.
  - ▷ Mantenimiento adecuado y conservación de las herramientas.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** durante el empleo de herramientas de corte, trabajos de soldadura, etc.
  - ▷ Mantenimiento adecuado y conservación de las herramientas.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** durante el enganche y manipulación de piezas; partes de maquinaria; elementos móviles.
  - ▷ Se coordinarán los trabajos de enganche y elevación entre los operarios que intervengan en el montaje.

- ▷ No se introducirán las extremidades (inferiores, superiores) entre piezas susceptibles de atrapamientos (partes móviles de máquinas, piezas de ensamblaje...) debiendo de estar éstas protegidas.
- ▷ Todos los órganos móviles se encontrarán protegidos mediante carcasa metálica o similar.
- ▷ El trabajo no se dará por finalizado hasta comprobar que el elemento manipulado no se encuentre en condiciones de seguridad y estabilidad.
- ▶ **Atrampamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos:** grúas automotoras, camión grúa, plataformas elevadoras, etc.
  - ▷ El maquinista, siempre que vaya a realizar una maniobra con la máquina, se asegurará que no haya trabajador alguno en su entorno.
  - ▷ Los vehículos o maquinaria se ubicarán en una zona estable, uniforme y nivelada y en su caso se utilizarán los elementos de estabilización de los que disponga.
  - ▷ Respetar los límites máximos de carga de las condiciones de trabajo de la máquina (grúa autopropulsada, camión grúa...).
  - ▷ La maquinaria dispondrá de los correspondientes dispositivos de seguridad tales como girofaro, señal acústica marcha atrás...
  - ▷ No se abandonará la máquina con el motor encendido.
  - ▷ Las máquinas no se estacionarán en zonas de pendiente.
  - ▷ La maquinaria llevará cabina antivuelco y el trabajador usará el cinturón de seguridad.
  - ▷ El trabajador que manipule el vehículo o la maquinaria deberá estar autorizado y debidamente formado.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos**
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos para la manipulación de cargas.
  - ▷ Traslado de botellas de oxígeno en carro portabotellas.
  - ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos térmicos** durante el uso del soplete (oxiacetilénico).
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (guantes, manguitos...)
- ▶ **Contactos eléctricos** en la manipulación de los equipos, conexiones, cables, enchufes, soldadura eléctrica.
  - ▷ El grupo electrógeno y/o centro de transformación estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
  - ▷ La máquina de soldadura estará protegida frente a los posibles contactos eléctricos.
- ▶ **Exposición a radiaciones** en los trabajos de soldadura.
  - ▷ Utilización de gafas con cristales adecuados a la radiación (pantallas o gafas de soldadura).
- ▶ **Incendios y/o explosiones** de los equipos de soldadura oxiacetilénica.
  - ▷ Mantenimiento de orden y limpieza de la zona de trabajos.
  - ▷ Realizar trabajos de soldadura en un lugar alejado de los acopios de material combustible.
  - ▷ La instalación eléctrica no se sobrecargará.
  - ▷ Después del mantenimiento de los motores y elementos que generan calor durante su uso, se retirarán los elementos que puedan producir la ignición tales como: algodones con grasas...

- ▷ Las botellas de oxicorte dispondrán de válvulas antirretroceso en ambos extremos de las mangueras.
- ▷ Manómetros y mangueras en buen estado.
- ▷ Uso de las botellas en posición vertical.
- ▷ En aquellos puntos en los que se realicen trabajos de soldadura se dispondrá de un extintor en sus proximidades.
- ▶ **Atropellos o golpes con vehículos** de transporte, plataformas, etc.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.

## 8.3 UTILIZACIÓN Y MANTENIMIENTO

En este apartado se incluyen los riesgos derivados del avance del túnel y los propios, derivados del mantenimiento de la TBM.

### 8.3.1 MEDIOS AUXILIARES

- Cadenas, estrobos y eslingas
- Escaleras de mano
- Polipasto
- Herramienta manual

### 8.3.2 MAQUINARIA Y EQUIPOS

- TBM
- Cintas transportadoras
- Trenes
- Equipos de soldadura

### 8.3.3 RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

- ▶ **Caídas de personas a distinto nivel** en las tareas de mantenimiento, desde medios auxiliares.
  - ▷ Se utilizarán las plataformas de trabajo adecuadas las cuales dispondrán en todo momento de protección perimetral.
  - ▷ Se mantendrán en buen estado de uso todas las asideras, peldaños, barandillas, descansillos, plataformas y escaleras.
  - ▷ En el caso que se superen las protecciones colectivas o se tengan que desmontar, se utilizará además de seguridad.

- ▶ **Caídas de personas en el mismo nivel** por la falta de orden y limpieza (mangueras, aceites...).
  - ▷ El tajo estará limpio, ordenado y suficientemente iluminado. Los materiales estarán bien apilados y estables.
  - ▷ Las mangueras no entorpecerán las zonas de paso.
- ▶ **Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento, en manipulación o desprendidos**
  - ▷ Las cadenas, estrobos, eslingas estarán en correcto estado de uso y mantenimiento.
  - ▷ Se utilizarán los medios de elevación (estrobos, cadenas, eslingas) con suficiente capacidad portante.
  - ▷ Se elevará lentamente la carga para confirmar la correcta sujeción de la misma, volviendo a depositarla en el suelo, en el caso que se comprobase la inestabilidad del conjunto para un correcto izado de la misma.
  - ▷ Durante las maniobras de izado los operarios permanecerán fuera del radio de acción.
  - ▷ En el caso de realizar trabajos en cargas suspendidas éstas se deberán calzar en condiciones estables.
- ▶ **Choques contra objetos inmóviles:** partes de la propia tuneladora.
  - ▷ Señalizar e iluminar las zonas con riesgo.
- ▶ **Golpes y cortes por objetos o herramientas** en tareas de mantenimiento, avance de instalaciones...
  - ▷ Las cargas se elevarán verticalmente evitando balanceos que puedan golpear a los operarios.
  - ▷ Mantenimiento de las herramientas.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
- ▶ **Proyección de fragmentos o partículas** en las tareas de mantenimiento durante el empleo de herramientas de corte; trabajos de soldadura, superficies aceradas en golpeo, etc.
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso.
  - ▷ Revisión y eliminación de rebabas en herramientas manuales.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos** en el acceso al frente de excavación por la trampilla, cinta transportadora...
  - ▷ Se mantendrán colocadas las protecciones de los órganos de transmisión y piezas dotadas de movimiento.
  - ▷ Las labores de mantenimiento de tambores, rodillos, cintas... se realizará con máquina parada.
- ▶ **Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos** por descarrile de trenes, en el enganche de vagones.
  - ▷ Correcto montaje de las vías.
  - ▷ Respetar limitación máxima de velocidad del tren.
  - ▷ Evitar la presencia de obstáculos en la vía.
  - ▷ Revisión periódica de la vía.
  - ▷ Sistema de comunicación que coordine los posibles trabajos en el interior del túnel (mantenimiento, avance instalaciones...) con el paso del tren.
  - ▷ Se coordinarán los trabajos de enganche y desenganche entre los operarios que intervengan en la operación.
- ▶ **Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos** en manipulación manual de útiles, herramientas...
  - ▷ Siempre que sea posible se emplearán elementos mecánicos para la manipulación de cargas.

- ▷ Traslado de botellas de oxicorte en carro portabotellas.
- ▷ Formación específica en manipulación manual de cargas.
- ▶ **Contactos térmicos** durante el uso del soplete (oxiacetilénico).
  - ▷ Utilización de epi's adecuados al proceso (guantes, manguitos...)
- ▶ **Contactos eléctricos** en la manipulación de los equipos, conexiones, cables, enchufes, soldadura eléctrica.
  - ▷ El grupo electrógeno y/o centro de transformación estarán adecuados a la normativa.
  - ▷ Los cables de alimentación se mantendrán en buen estado, se evitará su paso por zonas húmedas y estarán debidamente protegidos en las zonas de paso de maquinaria.
  - ▷ La máquina de soldadura estará protegida frente a los posibles contactos eléctricos.
  - ▷ El mantenimiento de la instalación eléctrica se realizará con un medio de protección adecuado (pértigas dieléctricas, guantes dieléctricos...).
- ▶ **Exposición a sustancias nocivas** productos de mantenimiento, limpieza, engrase...
  - ▷ El uso de estos productos se hará de acuerdo a las especificaciones del fabricante facilitadas en la ficha técnica.
  - ▷ Los trabajadores utilizarán las protecciones individuales acordes a este tipo de trabajo.
- ▶ **Exposición a radiaciones** en los trabajos de soldadura.
  - ▷ Utilización de gafas con cristales adecuados a la radiación (pantallas o gafas de soldadura).
- ▶ **Incendios y/o explosiones** debido a tareas de mantenimiento, motores, soldadura oxiacetilénica...
  - ▷ Mantenimiento de orden y limpieza de la zona de trabajos.
  - ▷ Realizar trabajos de soldadura en un lugar alejado de los acopios de material combustible.
  - ▷ La instalación eléctrica no se sobrecargará.
  - ▷ Después del mantenimiento de los motores y elementos que generan calor durante su uso, se retirarán los elementos que puedan producir la ignición tales como: cotonos con grasas...
  - ▷ Las botellas de oxicorte dispondrán de válvulas antirretroceso en ambos extremos de las mangueras.
  - ▷ Manómetros y mangueras en buen estado.
  - ▷ Uso de las botellas en posición vertical.
  - ▷ En aquellos puntos en los que se realicen trabajos de soldadura se dispondrá de un extintor en sus proximidades.
- ▶ **Atropellos o golpes** por los trenes de transporte.
  - ▷ Se utilizarán los elementos de señalización luminosa y acústica.
  - ▷ Iluminación general de las zonas de acopio, tránsito...
  - ▷ La circulación de vehículos y maquinaria en la zona estará debidamente organizada.
  - ▷ El personal que intervenga en el proceso utilizará ropa con elementos reflectantes.
- ▶ **Trabajos en medio hiperbárico.**
  - ▷ Para este tipo de trabajo se elaborará un procedimiento específico adecuado las condiciones en la que se efectúa el proceso.

# 9 ▶ HIGIENE

**C**onsiderando los trabajos incluidos en el ámbito de esta guía debemos tener presente que, además de los riesgos higiénicos derivados de la construcción en espacios al aire libre, hay que tener presente los derivados por la condición de trabajar en un espacio confinado, entendiendo como tal: “cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida, ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos, inflamables o explosivos, o tener deficiente en oxígeno, y que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador”.

En muchas ocasiones, además, el espacio confinado implica limitaciones en la libertad de movimientos de sus ocupantes.

En éste tipo de recintos los riesgos específicos a controlar son:

- Atmósferas asfixiantes, cuando la concentración de oxígeno es inferior al 19,5% en volumen.
- Atmósferas inflamables/explosivas, cuando la concentración de combustible es superior al 20% del Límite Inferior de Explosividad (LIE).
- Atmósferas tóxicas, cuando las concentraciones de los agentes químicos presentes superan los valores límite ambientales.

## 9.1 CONTAMINANTES FÍSICOS.

- ▶ **Ruido:** equipos de excavación, perforación, grupos electrógenos, maquinaria de transporte, compresores, equipos de filtrado, ventiladores internos, herramientas mecánicas.
  - ▷ Mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Utilización de protección auditiva adecuados al proceso realizado.
- ▶ **Iluminación:** en el frente de trabajo, zonas de paso, de emergencia y señalización.
  - ▷ Mantenimiento y limpieza de los elementos de iluminación.
  - ▷ El alumbrado de emergencia deberá mantener los niveles de iluminación exigibles.
- ▶ **Vibraciones:** en manejo de máquinas (cuerpo entero), herramientas mecánicas (mano-brazo).
  - ▷ Elección de equipo de trabajo adecuado.
  - ▷ Mantenimiento de la maquinaria.
  - ▷ Reducir en lo posible las irregularidades del terreno.
  - ▷ Cabinas y asientos con suspensión integrada.
  - ▷ Inflado adecuado de neumáticos.
  - ▷ Establecer las pausas correspondientes en el trabajo.
  - ▷ Empuñaduras antivibratorias en las herramientas mecánicas (asas, mangos o cubiertas).
- ▶ **Radiaciones:** en trabajos de soldadura.
  - ▷ Utilización de equipos de protección visual con cristales coloreados adecuados a la radiación (pantallas o gafas de soldadura).
- ▶ **Ambiente térmico:** baja/alta temperatura, corrientes de aire.
  - ▷ Aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío/calor y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de la ropa adecuada.

## 9.2 CONTAMINATES QUÍMICOS.

▶ **Ambiente pulvígeno:** en trabajos de excavación, perforación, movimiento de maquinaria, gunitado...

- ▷ Comprobación periódica de las condiciones ambientales, sílice...
- ▷ Selección de equipos con aspiración incorporada.
- ▷ Empleo de vía húmeda.
- ▷ Ventilación adecuada al sistema constructivo.
- ▷ Limpieza/humectación en los trazados de circulación.
- ▷ Utilización de maquinaria/equipos adecuados (cabinas con aire filtrado y acondicionado...).
- ▷ Utilización de protección respiratoria adecuada al proceso realizado.



▶ **Gases:** derivados de la combustión (maquinaria y/o equipos), procedentes de la voladura...

- ▷ Comprobación periódica de las condiciones ambientales.
- ▷ Ventilación adecuada al sistema constructivo.
- ▷ Empleo de catalizadores en los motores de combustión.
- ▷ Mantenimiento de la maquinaria.
- ▷ Utilización de maquinaria/equipos adecuados (cabinas con aire filtrado y acondicionado...).
- ▷ Utilización de protección respiratoria adecuada al proceso realizado.

▶ **Vapores:** desencofrantes, aditivos, sellados, termosellados...

- ▷ Comprobación periódica de las condiciones ambientales.
- ▷ Utilización de protección respiratoria adecuada al proceso realizado.
- ▷ Adoptar las medidas previstas en la Etiqueta y Ficha de Datos de Seguridad del producto, suministrada por el fabricante.

▶ **Sustancias cáusticas y/o corrosivas:** gunita, cementos, productos de limpieza (desincrustante)...

- ▷ Utilización de equipos de protección individual adecuados al proceso realizado.
- ▷ Adoptar las medidas previstas en la Etiqueta y Ficha de Datos de Seguridad del producto, suministrada por el fabricante.

## 9.3 CONTAMINATES BIOLÓGICOS.

▶ Causados por seres vivos: legionella, picaduras de insectos...

- ▷ Evitar el uso de agua estancada en los riegos (legionella).
- ▷ Empleo de repelentes para insectos.

# 10 ▶ PLANES DE EMERGENCIA, ALARMA Y EVACUACIÓN

La Ley 2/1985 de Enero, sobre Protección Civil en su artículo 6 indica: "Los centros, establecimientos y dependencias, cuya actividad pueda dar origen a una Situación de Emergencia dispondrán de un sistema de Autoprotección y de correspondiente Plan de Emergencia para acciones de:

- Prevención de Riesgos.
- Alarma, Evacuación y Socorro

## 10.1 IDENTIFICACIÓN DEL CENTRO TRABAJO

Se indicarán los datos del centro de trabajo recogiendo los teléfonos, direcciones, domicilio social...

Se reflejará en un plano su situación y vías de acceso.

## 10.2 OBJETO

El objeto del Plan emergencia, alarma y evacuación es el de establecer un procedimiento que organice unas normas de actuación inmediatas, a la hora de hacer frente a situaciones potencialmente graves, que puedan producirse en los trabajos de construcción del túnel. Dicho procedimiento contempla la asistencia, evacuación y puesta a salvo del personal que trabaje o esté en la obra y personas ajenas a ella que permanezcan en las proximidades, así como la intervención oportuna para minimizar los daños materiales correspondientes.

## 10.3 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se dará una visión general de la obra a desarrollar, reflejando las diferentes unidades (túnel, talleres, oficinas, etc.) indicando la ubicación física y accesos a los diferentes tajos o zonas de trabajo.

Definir tanto el proceso constructivo y el orden de ejecución (tuneladora, rozadora, explosivos, etc.), los medios a emplear (maquinaria, medios auxiliares, etc.) e instalaciones existentes (eléctrica, agua, etc.).

## 10.4 ORGANIZACIÓN GENERAL

Definir y asignar funciones (centro de control, jefe de emergencia, jefe de intervención, equipos de primera y segunda intervención, equipos de alarma y evacuación, equipos de primeros auxilios...).

Señalar los medios humanos y técnicos, teniendo en cuenta turnos, jornadas de trabajo (festivos, laborables, vacaciones, etc.), sustituciones de personas y/o equipos, etc.

Incluir diagrama funcional que facilite el seguimiento de las actuaciones.

Desarrollar directorio con nombres, funciones, teléfonos, etc.

Sistemas de control de personal con el fin de conocer en tiempo real la identificación de personas sujetas a una emergencia en un momento dado.

## 10.5 IDENTIFICACIÓN DE LAS SITUACIONES DE RIESGO

Identificar los factores de riesgo en conjunto, por zonas, por actividad, etc., reflejando en cada caso las materias primas empleadas, los equipos o herramientas empleados, la actividad que se desarrolla y el número de personas afectadas.

Definir las situaciones de emergencia: accidente, incendio, aviso o amenaza de bomba, hundimientos del terreno, inundaciones, cortes de suministro, descarriles, etc., definiendo en cada caso si la emergencia se produce en el exterior, en el túnel, en las oficinas, etc.

Marcar las vías de evacuación en cada una de las zonas o situaciones (tener en cuenta el propio avance en ejecución de la obra).

## 10.6 MEDIOS DE PROTECCIÓN PROPIOS

Definir los medios materiales propios existentes en obra reflejando su número y ubicación:

- ▶ Equipos de evacuación (para evacuar a las posibles víctimas)



- ▶ Medios de extinción (extintores, mangueras etc.)



- ▶ Medios y equipos de asistencia (botiquines, camillas, etc.)



- ▶ Sistemas de señalización (alumbrado de emergencia, señales fotoluminiscentes, sirenas, etc.)



- ▶ Equipos de autoprotección (equipos de respiración autónoma, ropa ignífuga para los equipos de intervención, mascarillas específicas, etc.)



Indicar los medios humanos existentes en cada zona o lugar de trabajo, así como su formación y medios, teniendo en cuenta turnos, vacaciones, etc.

Determinar medios de comunicación para la situación de emergencia (emisoras, interfonos, genéfonos, etc.)



## 10.7 ACTIVACIÓN DEL PLAN

Definir tipo (accidente, incendio, explosión, etc.) y gravedad de la emergencia (clasificándola como conato, parcial o general); lugar de la emergencia (actuación a seguir dependiendo de la zona donde se produce la emergencia); desarrollar el dispositivo de atención familiar (zonas de acogida, atención...) y disponibilidad de medios humanos y técnicos.

Desarrollar las acciones a emprender dependiendo de cada tipo de emergencia (detección, aviso-alarma, organización, evacuación, atención, etc.)

## 10.8 PLANOS Y CROQUIS

Adjuntar planos y croquis con cada uno de los puntos de reunión, vías de acceso y evacuación, ubicación de equipos de emergencia y/o atención sanitaria, etc.



## 10.9 NORMAS ESPECÍFICAS DE ACTUACIÓN

Elaborar normas de actuación (lo más escuetas posibles) para cada uno de los agentes intervinientes (centro de control, jefe de emergencia, jefe de intervención, equipos de primera y segunda intervención, equipos de alarma y evacuación, equipos de primeros auxilios), así como para el resto de personal, incluidas visitas que no interviene en las labores de evacuación-atención.

## 10.10 IMPLANTACIÓN

Dar a conocer a cada uno de los agentes intervinientes (trabajadores, servicios externos de emergencia, SOS DEIAK...) así como posibles personas, empresas, entidades ajenas a la obra que puedan verse afectadas, de la existencia y contenido del Plan de Emergencia, Alarma y Evacuación.

Establecer sistema de control de accesos al túnel, para conocer en tiempo real los nombres del personal que esté dentro del mismo.



Establecer programas de formación y reciclaje para el personal de obra.

Programar revisiones periódicas del material y equipos de emergencia.

Planificar y realizar simulacros, coordinándolos con los servicios externos (112)



Investigar siniestros y actualizar las medidas de emergencia si fuese necesario

Colocar en lugar visible (oficinas, vestuarios, entrada al túnel...) las medidas de emergencia, planos, etc...

### **10.11 ACTUALIZACIONES**

Se realizarán actuaciones teniendo en cuenta las investigaciones de los posibles siniestros, cambios en el personal asignado a labores de emergencia, cambios en la ubicación de instalaciones o equipos empleados, etc.

# 11 ▶ ENTORNO

En la construcción de un túnel se debe considerar minimizar las afecciones en el medio, diferenciando entre entornos urbano y rural. A continuación se realiza un listado no exhaustivo de las afecciones más comunes en ambos entornos:

- ▶ Ruidos
- ▶ Vibraciones
- ▶ Ambiente pulvígeno y gases
- ▶ Edificios y/o estructuras
- ▶ Servicios e infraestructuras
- ▶ Socavones
- ▶ Contaminación de aguas subterráneas o superficiales
- ▶ Modificación de acuíferos
- ▶ Depósitos de sobrantes
- ▶ Modificación del paisaje e influjo sobre la fauna y vegetación
- ▶ Contaminación de suelos
- ▶ Restos arqueológicos

Esto nos dará lugar a una serie de actuaciones y/o tratamientos conducentes a minimizar dichos efectos:

- ▶ Apantallamientos
- ▶ Sistemas de captación, cortinas...
- ▶ Apuntalamientos, recalces...
- ▶ Apeos provisionales
- ▶ Inyecciones, jet grouting, ice boring...
- ▶ Estaciones depuradoras, drenajes...
- ▶ Replantación y resiembra
- ▶ Control, seguimiento, retirada de residuos

# 12 ▶ LEGISLACIÓN APLICABLE

A continuación, y de manera no exhaustiva, se relaciona la siguiente legislación aplicable, sin perjuicio de lo dispuesto en la normativa sectorial específica relativa a Seguridad Minera en el ámbito de la minería y explosivos:

- LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- REAL DECRETO 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- REAL DECRETO LEGISLATIVO 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- LEY 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Convenio General del Sector de la Construcción y Convenios Provinciales vigentes.
- REAL DECRETO 1244/1979, de 4 de Abril de 1979, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión y posteriores modificaciones.
- REAL DECRETO 3275/1982, de 12 de noviembre, aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- REAL DECRETO 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- REAL DECRETO 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.
- REAL DECRETO 159/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el RD 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- REAL DECRETO 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo.
- REAL DECRETO 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- REAL DECRETO 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas.
- REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, sobre protección a los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición de agentes biológicos durante el trabajo.
- REAL DECRETO 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- REAL DECRETO 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos en el trabajo.
- REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- REAL DECRETO 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis.
- REAL DECRETO 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el art. 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- REAL DECRETO 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el RD 1215/1997, que establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo en trabajos temporales en altura.
- REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Nota de Servicio N° 2/2006 sobre instrucciones complementarias para la utilización de elemento auxiliares de obra en la construcción de túneles. Ministerio de Fomento – Dirección General de Carreteras.
- Resolución Circular (N° 3/2006) sobre medidas a adoptar en materia de seguridad en el uso de instalaciones y medios auxiliares de obra. Ministerio de Fomento – Dirección General de Ferrocarriles.
- REAL DECRETO 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia.
- REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de Alta Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- REAL DECRETO 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- REAL DECRETO 330/2009, de 13 de marzo, se modifica el RD1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

# 13 ► BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- **CORNEJO ALVAREZ, Laureano/SALVADOR MARTÍNEZ, Eduardo.** Manual de túneles interurbanos de carretera (GEOCONSULT, S.A.). Edición 1996: Gobierno Vasco. Dpto. de Transportes y O.P., Dirección de Infraestructura del Transporte.
- **CORNEJO ALVAREZ, Laureano.** Las máquinas rozadoras en túneles y minas. Revista de Obras Públicas, marzo 1985
- **UEE.** Manual de empleo de explosivos. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Edición: 2007
- Cimentaciones Especiales, de la Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y Subsuelo (AETESS):
  - Guía Técnica de Seguridad AETESS. Muros Pantalla.
  - Guía Técnica de Seguridad AETESS. Micropilotes y Anclajes.
  - Guía Técnica de Seguridad AETESS. Pilotes In Situ
- **LEMKE, Stefan/ENCISO, Jose Luis/REY, Alberto** (SIKA, S.A.) Impermeabilización de Túneles: especificación y estado del arte. Obras Urbanas, octubre 2008.
- **REY, Alberto.** (SIKA, S.A.) Hormigón Proyectado. Dosificación, Fabricación y Puesta en Obra. I Jornada sobre Hormigón Proyectado. Madrid, 24 octubre 2006.
- **ADIF** (2004)
  - IGP 4.** Instrucciones y recomendaciones sobre túneles.
  - IGP 4.3.** Recomendaciones sobre el proyecto de la excavación y sostenimiento de túneles.

# TÚNELES

## GUÍA PARA LA PRL EN LA EJECUCIÓN DE TÚNELES



OSALAN  
Laneko Segurtasun eta  
Osasunerako Euskal Erakundea  
Instituto Vasco de Seguridad y  
Salud Laborales



EUSKO JAURLARITZA  
GOBIERNO VASCO

ENPLEGU/ETA GIZARTE GAETAKO SALA.  
DEPARTAMENTO DE EMPLEO Y ASUNTOS SOCIALES.

OSALAN SERVICIOS CENTRALES  
Camino de la dinamita s/n - Cruces  
48903, Barakaldo - Bizkaia  
T: 94 403 21 76  
[www.osalan.net](http://www.osalan.net)