

Documento Básico

PRL-OL

08 Prevención de Riesgos Laborales en Obras Lineales

SECCIÓN COMÚN

Parte general de Obras Lineales

08.1_SECCIÓN 1

Puentes y viaductos

08.2_SECCIÓN 2

Túneles



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN
ESTATAL PARA
LA PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES, F.S.P.



FUNDACIÓN
LABORAL
DE LA CONSTRUCCIÓN

DB PRL-OL

Prevención de Riesgos Laborales en Obras Lineales.

08.0. SECCIÓN COMÚN

ÍNDICE | OBRA LINEAL

1. Objeto	4
2. Ámbito de aplicación	4
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico	5
4. Estudios previos encaminados a adoptar medidas preventivas y constructivas	13
4.1. Estudio de replanteo del trazado de la infraestructura	14
4.2. Estudio de los movimientos de tierras a realizar	17
4.3. Determinación de la cimentación de las estructuras	17
4.4. Estudio del tráfico durante la ejecución de las obras, desvíos y ocupaciones temporales, servidumbres de paso	17
4.5. Estudio de las zonas de trabajo. Circulación del personal de obra	18
4.6. Estudio de las zonas de circulación de los vehículos de obra	18
4.7. Estudio de las zonas de circulación peatonal y de vehículos ajenos a la obra	19
5. Firmes y pavimentos	19
5.1. Terraplenes y desmontes	19
5.2. Base de pavimentos	20
5.3. Extendido y compactación de mezclas bituminosas	23
5.4. Pavimentos de hormigón	27
6. Encofrado, ferrallado y hormigonado de estructuras. Riesgos y medidas preventivas. Procesos constructivos	29
6.1. Hormigonado	29
6.2. Encofrado, apeos y cimbras	34
6.3. Ferrallado de estructuras	43
6.3.1. Armaduras pasivas	43
6.3.2. Armaduras activas	43
7. Estructuras que apoyan el trazado. Riesgos y medidas preventivas. Procesos constructivos	54
7.1. Construcción de pilas	54
7.2. Construcción de pilotes y zapatas	57
7.3. Construcción con vigas	62
7.3.1. Vigas prefabricadas	62
7.3.2. Vigas marco	67
7.4. Muros de contención tierra y hormigón armado. Estribos de contención de tierras	72
7.5. Estructuras metálicas	77
8. Equipos de protección individual	82
9. Formación e información	82

1. Objeto

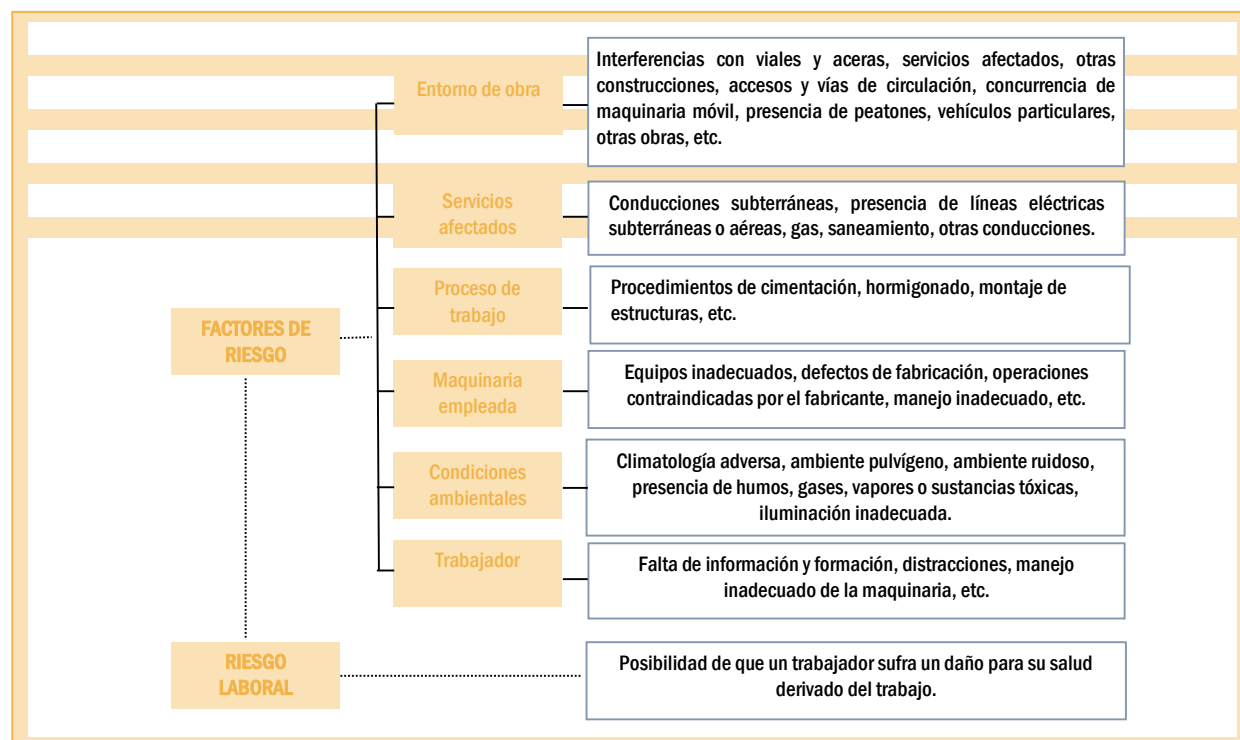
Este Documento Básico (DB), junto con las Secciones que lo desarrollan, tiene por objeto determinar unas reglas y procedimientos que faciliten el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad y salud establecidas en la normativa vigente de carácter tanto reglamentario, como técnico, aplicables a los trabajos realizados durante la obras lineales. Éstas implican todas aquellas obras necesarias para desarrollar las infraestructuras necesarias para uso en movilidad terrestre.

Dichas consideraciones de seguridad y salud se describen en este DB atendiendo a la transversalidad que las mismas pueden tener en relación con todas las tareas (Secciones), por lo que únicamente describe los riesgos y medidas preventivas comunes a todas las Secciones.

No se incluyen en este DB:

- Aquellas acciones dirigidas a eliminar o limitar los riesgos específicos de la actividad basadas en principios básicos de actuación de los trabajadores, ya que estos deben ser adquiridos a través de la formación y capacitación de dichos trabajadores y llevados a la práctica por los mismos.
- El total de las medidas preventivas de aplicación al uso de las máquinas y los equipos de trabajo, al considerar que la manipulación de los mismos y la puesta en práctica de las medidas correspondientes, son realizadas por personal capacitado, con formación suficiente y adecuada para ello.
- Los trabajos desarrollados exclusivamente para uso ferroviario, al estar recogidas ampliamente en otros documentos también de la FLC. Así como las obras de fábrica, recogidas en el Código Técnico de PRL para edificación.
- Las obras necesarias para colocar los drenajes de las infraestructuras en obras lineales, así como sus interferencias con aguas subterráneas, superficiales, cauces, etc. Ya que se contemplan en su totalidad en el capítulo 10-DB-PRL-DR-DRENAJES, de este mismo Código Técnico.

Este documento es una guía orientativa de aplicación, no exhaustiva, por lo que pueden utilizarse otras medidas o soluciones diferentes a las contenidas en el mismo, así como en sus secciones. Teniendo en cuenta todos los factores:



2. Ámbito de aplicación

1. A efectos de este DB, se considera obra lineal a la actividad que tiene por objeto el desarrollo de aquellas infraestructuras que sirven para obtener así los medios para desarrollar las comunicaciones vía terrestre.
2. Esto implica la ejecución de todas aquellas estructuras que la compongan, como cimentaciones, estribos, pilas, tableros, juntas, aparatos de apoyo, marcos, prelosas, prefabricados y otros elementos como mezcla bituminosa, cerramientos, servicios afectados, etc. que deberán ser definidos para su completa caracterización.
3. Las unidades de obra que tienen que pueden definir la mayoría de las obras de infraestructuras lineales son:
 - Movimientos de tierras:*
 - Demoliciones y desbroces (02.DB-PRL-DE. DEMOLICIÓN) (3.1.DB-PRL-MT.MOVIMIENTO DE TIERRAS).

- Excavaciones (03.2.DB-PRL-MT-MOVIMIENTO DE TIERRAS).
- Terraplenes y rellenos (03.3.DB-PRL-MT-MOVIMIENTO DE TIERRAS).
- Zanjas y pozos (03.4.DB-PRL-MT-MOVIMIENTO DE TIERRAS) (03.5. DB-PRL-MT).

Estructuras y obras de fábrica:

- Puentes y viaductos. (08.1.DB-PRL-OL-OBRA LINEAL).
- Pasos inferiores, superiores, a nivel.
- Muros.
- Túneles (08.2.DB-PRL-OL-OBRA LINEAL).

*Firmes y pavimentos:**Servicios afectados (01.2.DB-PRL-IM.IMPLANTACIÓN) Interferencias.**Estructuras de edificación.**Actividades variadas.*

- Replanteo.
- Señalización, balizamiento y defensa de la nueva vía (05.DB-PRL-SE. SEÑALIZACIÓN).
- Drenaje (10.DB-PRL-DR-DRENAJE).

4. Las actividades que contemplan este DB, y que constituyen las distintas Secciones en las que se divide, son:

- Sección 08.00. Común.
- Sección 08.01. Puentes y viaductos
- Sección 08.02. Túneles.

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

Normativa vigente que es de aplicación general a todo este DB (lista no exhaustiva):

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
PRINCIPIOS GENERALES SOBRE SEGURIDAD Y SALUD.	Real Decreto 1627/1997 , por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción .	CAPÍTULO II. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD DURANTE LAS FASES DE PROYECTO Y EJECUCIÓN DE LAS OBRAS. Artículo 10. Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra ANEXO IV. PARTE C: DISPOSICIONES MÍNIMAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LOS PUESTOS DE TRABAJO EN LAS OBRAS EN EL EXTERIOR DE LOS LOCALES
PRINCIPIOS GENERALES SOBRE SEGURIDAD Y SALUD.	VI Convenio General del Sector de la Construcción (2017)	LIBRO II. TÍTULO IV. CAPÍTULO IV. Trabajos de movimientos de tierras, excavación, pozos, trabajos subterráneos y túneles. Artículo 193.- medidas a adoptar antes del inicio de los trabajos. Artículo 194.- medidas a adoptar durante los trabajos. Artículo 195.- acumulaciones de tierras, escombros o materiales. Artículo 196.- vías de entrada y salida. Artículo 197.- ascensos y descensos de trabajadores. Artículo 198.- ventilación. Artículo 199.- trabajos en atmósferas peligrosas o tóxicas. Artículo 200.- trabajos subterráneos. Artículo 201.- medidas en caso de incendio, irrupción de agua o caída de materiales.
	Ley 32/2006 , de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción (BOE de 19 de octubre de 2006).	
	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 (BOE del 25 de agosto de 2007). Corrección de errores BOE del 12 de septiembre del 2007. Modificado por Real Decreto 327/2009, de 13 de marzo (BOE del 14 de marzo de 2009).	
	Orden Circular 12/2003 , de 15 de septiembre de 2003, sobre medidas de prevención extraordinaria en obras con afección a líneas ferroviarias.	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
	Resolución , de 5 de marzo de 1999, de la Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes, sobre delegación de competencias de atribuciones en materia de seguridad y salud en las obras de carreteras en los Jefes de Demarcación de Carreteras del Estado (BOE del 25 marzo de 1999).	
	Nota de Servicio 3/2017 , de 10 de abril de 2017, sobre las recomendaciones para la redacción y supervisión de estudios de seguridad y salud en los proyectos de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.	
IMPACTO AMBIENTAL	Ley 21/2013 , de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (BOE del 11 de diciembre de 2013).	
	Real Decreto 105/2008 , de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (BOE de 13 de febrero de 2008).	
PRINCIPIOS GENERALES SOBRE LA ACTIVIDAD	Ley 9/2017, de Contratos del sector público. Que transpone las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE.	Artículo 126.5 b) Haciendo referencia, de acuerdo con el siguiente orden de prelación, a especificaciones técnicas contenidas en normas nacionales que incorporen normas europeas, a evaluaciones técnicas europeas, a especificaciones técnicas comunes, a normas internacionales, a otros sistemas de referencias técnicas elaborados por los organismos europeos de normalización o, en defecto de todos los anteriores, a normas nacionales, a documentos de idoneidad técnica nacionales o a especificaciones técnicas nacionales en materia de proyecto, cálculo y ejecución de obras y de uso de suministros; acompañando cada referencia de la mención «o equivalente»;
	Orden Circular 1/2019 sobre aplicación de los eurocódigos a los proyectos de carreteras.	1º) Define como ámbito de aplicación de esta orden, los siguientes tipos de obra dentro de la red de carreteras del Estado: -Puentes y estructuras asimilables (pasarelas, pontones, rampas, muros, etc.) -Terraplenes, desmontes y demás obras geotécnicas. 2º) Los proyectos de esas obras cumplirán las especificaciones contenidas en las normas UNE-EN 1990, UNE-EN 1991, UNE-EN 1992, UNE-EN 1993, UNE-EN 1994, UNE-EN 1995, UNE-EN 1997, UNE-EN 1998, junto con sus Anejos Nacionales, en su caso.
	Orden FOM/2873/2007 , sobre procedimientos complementarios para autorizar nuevos enlaces o modificar los existentes en las carreteras del Estado.	
	Nota de Servicio 1/2018 , sobre Actualización de las instrucciones para la emisión de los informes preceptivos y vinculantes relativos a solicitudes de autorización de transportes especiales a los que hace referencia el artículo 108.3 del Reglamento General de Carreteras.	
	Orden FOM/298/2016 , por la que se aprueba la Norma 5.2-IC sobre drenaje superficial (BOE del 10 marzo de 2016, corrección de errores BOE del 28 de julio de 2016). La Orden FOM/185/2017 modifica la Orden FOM/298/2016. Actualizada por Resolución de 26 de marzo de 2018 de la Dirección General de Carreteras.	
	Orden Circular 17/2003 , sobre Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera . (En la práctica sustituye a la Norma 5.1-IC).	
	Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera , agosto de 2006. (Esta publicación anula a las anteriores Recomendaciones para el diseño y construcción de muros de escollera en obras de carreteras de 1998 y al capítulo 5 de la publicación Tipología de muros de carretera).	
	Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera . Dirección General de Carreteras, octubre de 2005.	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
	Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera. Dirección General de Carreteras, 2ª edición revisada - junio de 2003.	
	Guía de cimentaciones en obras de carreteras. Dirección General de Carreteras, 3ª edición revisada - diciembre de 2009.	
	Manual para el proyecto y ejecución de estructuras de suelo reforzado. Dirección General de Carreteras, enero de 1989.	
	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3). Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976. (La Orden FOM/2523/2014 actualiza artículos de materiales básicos, firmes, pavimentos, señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos (BOE del 3 de enero de 2015, corrección de erratas BOE 1 de marzo de 2017). La Orden FOM/1382/2002 actualiza artículos de explanaciones, drenajes y cimentaciones (BOE del 11 de junio de 2002; corrección de erratas BOE 26 de noviembre de 2002). La Orden FOM/475/2002 actualiza artículos de hormigones y aceros (BOE del 6 de marzo de 2002)).	
	Real Decreto 256/2016 , por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16) (BOE de 25 de junio de 2016).	
	Real Decreto 605/2006 , por el que se aprueban los procedimientos para la aplicación de la norma UNE-EN 197-2:2000 a los cementos no sujetos al marcado CE y a los centros de distribución de cualquier tipo de cemento (BOE de 7 de junio de 2006).	
	Real Decreto 1247/2008 , por el que se aprueba la “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)” (BOE del 22 de agosto de 2008). Corrección de errores BOE del 24 de diciembre de 2008.	
	Real Decreto 751/2011 , por el que se aprueba la “Instrucción de Acero Estructural (EAE)” (BOE del 23 de junio de 2011). Corrección de errores BOE del 23 de junio de 2012.	
	Real Decreto 1247/2008 por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).	
	Real Decreto 751/2011 , por el que se aprueba la instrucción de Acero Estructural (EAE).	
	Real Decreto 842/2013 , por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego (BOE 23 de noviembre de 2013).	
	ETAG 013- DIRECTRIZ TÉCNICA EUROPEA PARA LA APROBACIÓN de KITS DE POSTENSIÓN PARA PRESTRESADO DE ESTRUCTURAS (Estos se denominan comúnmente sistemas de postesado)	
	Resolución de 6 de abril de 2017 , de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se amplían los anexos I, II y III de la Orden de 29 de noviembre de 2001, por la que se publican las referencias a las normas UNE que son transposición de normas armonizadas, así como el período de coexistencia y la entrada en vigor del marcado CE relativo a varias familias de productos de construcción .	ANEXO I Publicación de títulos y referencias de normas armonizadas con el Reglamento Europeo (UE) n.º 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo ANEXO II Normas armonizadas con el Reglamento Europeo (UE) n.º 305/2011 de productos de construcción. Este listado supone la refundición y actualización de todos los listados de normas armonizadas aparecidas en anteriores Órdenes Ministeriales y Resoluciones e incorpora también las nuevas normas armonizadas para las que se ha establecido el marcado CE. Por tanto, este listado anula y sustituye a todos los listados anteriores.

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
SOBRE LOS EQUIPOS DE TRABAJO Y MAQUINARIA.	Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo y su modificación por Real Decreto 2177/2004.	ANEXO II: DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. OBSERVACIÓN PRELIMINAR 1. Condiciones generales de utilización de los equipos de trabajo. 2. Condiciones de utilización de equipos de trabajo móviles, automotores o no.
	Real Decreto 837/2003, se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción Técnica Complementaria "MIE-AEM-4" referente a grúas móviles autopropulsadas.	
	Real Decreto 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (transpone y desarrolla la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas y que modifica la Directiva 95/16/CE) "Guía para la aplicación de la directiva de máquinas 2006/42/EC". 2ª Edición 2010. Comisión Europea de empresa e industria.	
	VI Convenio General del Sector de la Construcción (2017)	LIBRO II. TÍTULO IV. CAPÍTULO IV. Equipos de trabajo y maquinaria de obra. Sección 2ª Maquinaria de movimiento de tierras Artículo 214.- disposiciones generales. Artículo 255.- condiciones generales de la maquinaria de movimiento de tierras. Artículo 216.- otras medidas preventivas aplicables a la maquinaria de movimiento de tierras.
SOBRE LA SEÑALIZACIÓN DE OBRAS	Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Circulación.	Artículo. 140. Señalización de obras. Artículo.141. Objeto y tipos de señales. Artículo. 171. Señales en vehículos. Sección 2. Tramos en obras, estrechamientos y tramos de gran pendiente. Artículo. 60. Tramos en obras y estrechamientos. Anexo I. Catálogo oficial de señales de circulación.
	Orden , de 31 de agosto de 1987, por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado (BOE del 18 de septiembre de 1987).	Parte 2. Ordenación de la circulación en presencia de obras fijas. Parte 3. Limitación de la velocidad. Parte 4. Cierre de carriles y desvíos a carriles provisionales. Parte 5. Elementos de señalización, balizamiento y defensa. Parte 6. Balizamiento. Anexo 1. Catálogo de Elementos de señalización, balizamiento y defensa.
	Señalización móvil de obras. Dirección General de carreteras, 1997. Adecuación de la Norma 8.3-IC.	Parte 3. Ámbito de aplicación. Parte 5. Señalización. Parte 7. Ejemplos.
	Orden FOM/2873/2007 , sobre procedimientos complementarios para autorizar nuevos enlaces o modificar los existentes en las carreteras del Estado.	
	Manual de ejemplos de señalización de obras fijas. IC.980. Ministerio de Fomento, 1997.	
	Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y su Guía Técnica de aplicación (INSST).	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:	Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.	
	Real Decreto 314/2006, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. NTE-ADD- Norma Tecnológica de edificación correspondiente a demoliciones.	
	Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.	
	Real Decreto 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo y su Guía Técnica de aplicación (INSST).	
	Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo y su Guía Técnica de aplicación (INSST).	
	Real Decreto 614/2001, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico y su Guía Técnica de aplicación (INSST).	
	Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido y su Guía Técnica de aplicación (INSST).	
	Real Decreto 1311/2005, 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 y su Guía Técnica de aplicación (INSST).	
	Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006.	
	Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. (BOE nº 181 de 29/07/2011).	
	UNE 36094- Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado	
	UNE 15630-3. Aceros para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 3: Aceros para pretensar. (ISO 15630-3:2010).	
	UNE-EN 10080. Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades.	
	UNE 41184. Sistemas de pretensado para armaduras postesas. Definiciones, características y ensayos.	
MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO		
	UNE 115231. Maquinaria para movimiento de tierras. Excavadoras hidráulicas. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento para estructuras de protección del operador.	
	UNE-EN 474-12. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 12: Requisitos para excavadoras de cable.	
	UNE-EN 474-3. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 3: Requisitos para cargadoras.	
	UNE-EN 474-4. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 4: Requisitos para retrocargadoras.	
	UNE-EN 474-5. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 5: Requisitos para excavadoras hidráulicas.	
	UNE-EN 474-6. Maquinaria para movimiento de tierras. Seguridad. Parte 6: Requisitos para dúmpers	
	UNE-ISO 12117-2. Maquinaria para movimiento de tierras. Ensayos de laboratorio y requisitos de comportamiento para estructuras de protección de excavadoras. Parte 2: Estructuras de protección contra el vuelco (ROPS) para excavadoras de más de 6 t.	
	UNE-EN 12999. Grúas cargadoras.	
	UNE 1115.- Colores y señales de seguridad.	
	UNE 58212.- Aparatos de manutención continua. Elevadores de cangilones con cadenas calibradas de eslabones redondos de acero. Características generales.	
	UNE 58213.- Aparatos de manutención continua. Elevadores de cangilones. Cangilones profundos con pared posterior plana. Dimensiones principales.	
	UNE 58222.- Aparatos de manutención continua. Elevadores de cangilones. Clasificación.	
	UNE-EN ISO 4413.- Transmisiones hidráulicas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes.	
	UNE-EN ISO 4414.- Transmisiones neumáticas. Reglas generales y requisitos de seguridad para los sistemas y sus componentes.	
	UNE-EN 617.- Equipos y sistemas de manutención continua. Requisitos de seguridad y de CEM para los equipos de almacenamiento de materiales a granel en silos, tanques, depósitos y tolvas.	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
	UNE-EN 280: Plataformas elevadoras móviles de personal. Cálculos de diseño. Criterios de estabilidad. Construcción. Seguridad. Exámenes y ensayos. UNE-58921: Instrucciones para la instalación, manejo, mantenimiento, revisiones e inspecciones de las plataformas elevadoras móviles de personal.	
	MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO: Seguridad de las máquinas	
	UNE – EN 13850.- Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño. UNE – EN ISO 13857.- Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores e inferiores. UNE – EN 574.- Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales. Principios para el diseño. UNE – EN ISO 13857.- Seguridad de las máquinas. Distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros inferiores. UNE – EN 842.- Seguridad de las máquinas. Señales visuales de peligro. Requisitos generales, diseño y ensayos. UNE – EN ISO 14120.- Seguridad de las máquinas. Resguardos. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles. UNE – EN ISO 13849.- Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño. UNE – EN 981.- Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información, auditivas y visuales. UNE – EN ISO 14118.- Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha intempestiva. UNE – EN ISO 12100.- Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación del riesgo. UNE – EN ISO 14119.- Seguridad de las máquinas. Dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos. Principios para el diseño y la selección. UNE – EN ISO 13856-1.- Seguridad de las máquinas. Dispositivos de protección sensibles a la presión. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles. Parte 1: Principios generales para el diseño y ensayo de alfombras y suelos sensibles a la presión. UNE – EN 1837.- Seguridad de las máquinas. Alumbrado integral de las máquinas. UNE – EN ISO 13849-2.- Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 2: Validación. UNE – EN 60204-1.- Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requisitos generales. UNE – EN 61310-1.- Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles. UNE – EN 61496-1.- Seguridad de las máquinas. Equipos de protección electrosensibles. Parte 1: Requisitos generales y ensayo.	
	MÁQUINAS Y EQUIPOS DE TRABAJO: Requisitos de seguridad: Vibraciones, acústica, atmósferas explosivas, etc.	
	UNE – EN 1127-2- Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 2: Conceptos básicos y metodología para la minería. UNE – EN 1032.- Vibraciones mecánicas. Ensayos de maquinaria móvil a fin de determinar el valor de emisión de las vibraciones. UNE – EN 1299.- Vibraciones y choques mecánicos. Aislamiento de las vibraciones de las máquinas. Información para la aplicación del aislamiento en la fuente. UNE – EN ISO 4871.- Acústica. Declaración y verificación de los valores de emisión sonora de máquinas y equipos. UNE – EN ISO 11688-1.- Acústica. Práctica recomendada para el diseño de máquinas y equipos de bajo nivel de ruido. Parte 1: Planificación.	
	NOTAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN (NTP): Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
	NTP 72: trabajos con elementos de altura en presencia de líneas eléctricas aéreas. NTP 270: evaluación de la exposición al ruido y la determinación de niveles representativos. NTP 271: Instalaciones eléctricas en obras de construcción. NTP 208: Grúa móvil. NTP 868: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión. NTP 869: Grúas hidráulicas articuladas sobre camión (II). NTP 79: Pala cargadora. NTP 122: Retroexcavadora. NTP 634: Plataformas elevadoras móviles de personal. NTP 75: Bulldozer.	
EUROCÓDIGOS	UNE -EN 1990	Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras
Eurocódigo 1. Estructuras	UNE -EN 1991-1-1	Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Acciones generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios.
	UNE -EN 1991-1-3	Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-3 (Anejo Nacional): Acciones generales. Cargas de nieve.
	UNE -EN 1991-1-4	Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-4 (Anejo Nacional): Acciones generales. Acciones de viento.
	UNE -EN 1991-1-5	Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-5 (Anejo Nacional): Acciones generales. Acciones térmicas.
	UNE -EN 1991-1-6	Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-6 (Anejo Nacional): Acciones generales. Acciones durante la ejecución.
	UNE -EN 1991-1-7	Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 1-7 (Anejo Nacional): Acciones generales. Acciones accidentales.
	UNE -EN 1991-2	Eurocódigo 1. Acciones en estructuras. Parte 2 (Anejo Nacional): Cargas de tráfico en puentes.
Eurocódigo 2. Estructuras de hormigón	UNE -EN 1992-1-1	Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas de edificación. +A1- Modificación y complemento.
	UNE -EN 1992-2	Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2 (Anejo Nacional): Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructivas.
Eurocódigo 3. Estructuras de acero.	UNE -EN 1993-1-1	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para edificios. +A1- Modificación y complemento.
	UNE -EN 1993-1-3	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero.

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
		Parte 1-3 (Anejo Nacional): Reglas generales. Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes delgadas conformadas en frío.
	UNE -EN 1993-1-4	Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-4 (Anejo Nacional): Reglas generales. Reglas adicionales para los aceros inoxidables.
	UNE -EN 1993-1-5	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-5 (Anejo Nacional): Placas planas cargadas en su plano.
	UNE -EN 1993-1-6	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-6 (Anejo Nacional): Resistencia y estabilidad de láminas.
	UNE -EN 1993-1-7	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-7 (Anejo Nacional): Placas planas cargadas transversalmente.
	UNE -EN 1993-1-8	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-8 (Anejo Nacional): Uniones.
	UNE -EN 1993-1-9	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-9 (Anejo Nacional): Fatiga.
	UNE -EN 1993-1-10	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-10 (Anejo Nacional): Tenacidad de fractura y resistencia transversal.
	UNE -EN 1993-1-11	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-11 (Anejo Nacional): Cables y tirantes.
	UNE -EN 1993-1-12	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-12 (Anejo Nacional): Reglas adicionales para la aplicación de la Norma EN 1993 hasta acero de grado S700.
	UNE -EN 1993-2	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 2(Anejo Nacional): Puentes.
Eurocódigo 4. Estructuras mixtas de acero y hormigón.	UNE -EN 1994-1-1	Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para edificación.
	UNE -EN 1994-1-2	Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras de acero y hormigón. Parte 1-2 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para puentes.
Eurocódigo 5. Estructuras de madera.	UNE -EN 1995-1-1	Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para edificación.
	UNE -EN 1995-1-2	Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2 (Anejo Nacional): Puentes.
Eurocódigo 7. Geotecnia	UNE -EN 1997-1	Eurocódigo 7. Proyecto geotécnico. Parte 1 (Anejo Nacional): Reglas generales.
	UNE -EN 1997-2	Eurocódigo 7. Diseño geotécnico.

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
		Parte 2 (Anejo Nacional): Investigación de campo y testificación. +AC- Corrección
Eurocódigo 5. Estructuras sismorresistentes	UNE -EN 1998-1	Eurocódigo 8. Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1 (Anejo Nacional): Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.
	UNE -EN 1998-2	Eurocódigo 8. Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 2 (Anejo Nacional): Puentes.
	UNE -EN 1998-5	Eurocódigo 8. Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 2 (Anejo Nacional): Cimentaciones, estructuras de contención y aspectos geotécnicos.

4. Estudios previos encaminados a adoptar medidas preventivas y constructivas

Para caracterizar una construcción de estas características se debe disponer de una información previa y completa de las condiciones en las que se van a desarrollar por su interferencia en los procesos de ejecución y planificación de trabajos. Los principales factores a considerar son:

- Geología.
- Grado de sismicidad.
- Climatología e hidrogeología de la zona.
- Tráfico.
- Geotecnia del corredor. Se tendrán en cuenta las consideraciones reflejadas en cuanto a caracterización de materiales, desmontes (estabilidad de taludes), excavabilidad, reutilización de materiales procedentes de los desmontes, explanadas en fondos de desmonte, terraplenes y sus taludes, sustitución de cimientos de mala calidad.

De todo ello se deberá considerar que el trazado de la infraestructura y los elementos constructivos, así como sus procesos de ejecución concuerdan con los medios más adecuados para la seguridad en el uso, montaje y mantenimiento de la infraestructura.

4.1. Estudio de replanteo del trazado de la infraestructura

Replanteo del trazado de la infraestructura

Proceso constructivo

- El equipo se desplaza normalmente con un vehículo tipo furgoneta o todoterreno, que tiene capacidad para llevar los aparatos, trípodes, miras y medios auxiliares para el replanteo y mediciones.
- Recorren y tienen presencia en todos los tajos y actividades de la obra, a lo largo de la misma y durante toda su duración.
- Los trabajadores afectados suelen ser un topógrafo y dos peones por equipo de trabajo. Los equipos y materiales utilizados son aparatos topográficos, trípodes, miras, así como los elementos de señalización como cintas, estacas, pintura, etc.
- Los topógrafos estaquillarán las zonas afectadas por la obra, marcando claramente la zona de actuación, zonas de servidumbre y expropiaciones, cuyos vértices vienen definidos en los proyectos actuales por coordenadas.
- Se necesita situar los aparatos de medición en sitios estratégicos y estables, en ocasiones sin tener en cuenta las interferencias con la ejecución de la obra.
- Los trabajos de replanteo engloban aquellos que se realizan, desde el inicio de las obras hasta su finalización, por los equipos de topografía definiendo por medio de los replanteos todos los datos geométricos y medidas referenciadas en el terreno para poder realizar las actividades y elementos constructivos que componen la obra.

Se dejará inventario y balizado, para tener claro los recursos necesarios, la idoneidad del trazado, etc, lo más exhaustivo posible de:

- Se señalarán claramente las zonas donde se encuentren los servicios afectados.
- Se marcarán los árboles o arbustos que han de ser aprovechados.
- Se indicarán exactamente las zonas con materiales peligrosos o contaminantes.



Imagen 1: replanteo de estructura, con riesgo de caída en altura



Imagen 2: replanteo de trazado de carretera. Riesgo de atropellos

Las unidades en las que se distinguen los trabajos de replanteo, suelen ser:

- Nivelación.
- Obras de drenaje transversal y longitudinal.
- Estudio de los desmontes.
- Terraplenes.
- Firmes.
- Estructuras.

Replanteo del trazado de la infraestructura

Factores de riesgo/ Riesgos

Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Golpes en brazos, piernas, con la maza al clavar estacas y materializar puntos de referencia.
- Proyección de partículas.
- Golpes contra objetos.
- Atropellos por maquinaria o vehículos, por presencia cercana a la misma en labores de comprobación.
- Ambientes de polvo en suspensión.
- Contactos eléctricos directos, con la mira en zonas de cable aéreo.
- Riesgo de accidentes de tráfico dentro y fuera de la obra.
- Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajo temperaturas, fuertes vientos, lluvias, etc.).
- Riesgos de picaduras de insectos y reptiles.
- Exposición a ruido.



Imagen 3. Riesgo de caída en altura en replanteo de estructura

Medidas preventivas

Los equipos de replanteo han de observar una serie de normas generales como son:

- El atuendo de los operarios será el adecuado a la climatología del lugar, teniendo en cuenta la exposición a los elementos atmosféricos.
- Deben evitarse subidas o posiciones por zonas muy pendientes si no se está debidamente amarrado a una cuerda, con arnés de sujeción y un punto fijo en la parte superior de la zona.
- Para la realización de comprobaciones o materializar datos en zonas de encofrado o en alturas de estructuras y obras de fábrica, se tendrá que acceder por escaleras reglamentarias o accesos adecuados, como estructuras tubulares (escaleras fijas).
- Todos los trabajos que se realicen en alturas, de comprobación o replanteo, tienen que desarrollarse con arnés de sujeción y estar anclado a puntos fijos de las estructuras si no existen protecciones colectivas.
- Debe evitarse la estancia durante los replanteos en zonas donde puedan caer objetos, por lo que se avisarán a los equipos de trabajo para que eviten acciones que puedan dar lugar a proyección de objetos o herramientas mientras se esté trabajando en esa zona.
- Para clavar las estacas con ayuda de los punteros largos se tendrá que usar guantes y punteros con protector de golpes en manos.
- Debe evitarse el uso de los punteros que presente deformaciones en la zona de golpeo, por tener el riesgo de proyección de partículas de acero, en cara y ojos. Se usarán gafas antipartículas, durante estas operaciones.
- En tajos donde la maquinaria esté en movimiento y en zonas donde se aporten materiales mediante camiones, se evitará la estancia de los equipos de replanteo, respetando una distancia de seguridad que se fijará en función de los riesgos previsibles.
- Se comprobará antes de realizar los replanteos, la existencia de cables eléctricos para evitar contactos directos con los mismos.
- Los replanteos en zonas de tráfico se realizarán con chalecos reflectantes y con el apoyo de señalistas, así como la señalización de obras si corresponde.
- En las zonas donde existan líneas eléctricas, las miras utilizadas serán dieléctricas.
- El vehículo utilizado para el transporte del equipo y aparatos será revisado con periodicidad y conducido normalmente por un mismo operario.
- Circular de forma ordenada por los viales de obra.
- Alojar adecuadamente los equipos de topografía en los vehículos de transporte evitando que puedan moverse y sean causa de lesiones a los propios ocupantes del vehículo.
- El equipo se desplazará a los tajos en un vehículo todoterreno o furgoneta, dependiendo de las condiciones del terreno. Este vehículo deberá ir equipado con un botiquín.
- Cuando sea necesario alejarse del vehículo de obra, éste habrá de ser aparcado en un lugar visible por el resto de personas de la obra.

Protecciones individuales:

Casco con barbuquejo o nuquera.

Guantes de lona y piel.

Mono de trabajo.

Botas de seguridad antideslizante.

Botas de agua. Impermeables.

Mascarilla antipolvo.

Pantalla facial anti-impactos.

Arnés de seguridad

Chaleco reflectante

Protecciones colectivas:

- Vallas de limitación y protección dependiendo de las zonas donde se ubiquen las bases de replanteo.

- Uso de señalización adecuada al tráfico y al estado de la obra.

Replanteo del trazado de la infraestructura

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Replanteo de grandes movimientos de tierra	- Es imprescindible el uso de chalecos reflectantes, en zonas con tráfico, sea éste de obra o público. - Se tendrán especialmente en cuenta los trabajos simultáneos tanto en fase de desmonte, ejecución de estructuras, desvíos, explanaciones, etc. para evitar posibles interferencias con los trabajos. - Para el acceso a coronaciones de desmontes, es necesario el anclado del peón a terreno firme mediante arnés fijado a una pica en terreno estable específicamente habilitada al efecto, u otros medios equivalentes que soporten el peso de un hombre.
Replanteo en obras de fábrica o trabajos localizados. Carácter localizado del replanteo, lo que hace que aparezcan importantes desniveles u obras a medio terminar.	De forma general, se establecen las siguientes normas mínimas de seguridad para estos trabajos: - En todos los trabajos que se realicen en altura, así como en comprobaciones o replanteos de estructuras y obras de fábrica, tendrá que accederse por las escaleras reglamentarias o accesos adecuados, como andamios tubulares con descansillos y barandas. - No se procederá a realizar las labores de replanteo sin haber instalado las protecciones colectivas correspondientes para salvar huecos y desniveles. - Se comprobará, antes de realizar los replanteos la existencia de cables eléctricos afectados o líneas eléctricas aéreas para evitar contactos eléctricos directos o indirectos. - Será obligatorio el uso del casco de seguridad en caso de que exista riesgo de caída de objetos.

4.2. Estudio de los movimientos de tierras a realizar

Se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- Establecer la clasificación de los productos obtenidos en las excavaciones y estudiar su método de excavación.
- Calcular el volumen de material de excavación que es aprovechable en la construcción tanto de los terraplenes como en capas de asiento de la traza, su lugar de empleo y el destino de los materiales excavados no aprovechables.
- Establecer las necesidades de préstamos y vertederos, identificando los más aconsejables y los volúmenes necesarios en cada caso.
- Optimizar el movimiento de los materiales mediante la correspondiente compensación transversal y longitudinal estableciendo las canteras de compensación.
- Determinar las distancias medias de transporte de los productos obtenidos para obtener un precio unitario ajustado a la realidad del proyecto.

4.3. Determinación de la cimentación de las estructuras

La cimentación será superficial o profunda dependiendo de:

- La cota de aparición del terreno competente,
- la posición relativa del nivel freático y
- los posibles condicionantes de ejecución (excavaciones, saneos, etc.).

En general, cuando el estrato considerado como competente y apto para recibir las cargas de estructura se ha encontrado a profundidades inferiores a 3,0 m, y sobre el nivel freático, se puede proponer una cimentación con zapatas.

4.4. Estudio del tráfico durante la ejecución de las obras, desvíos y ocupaciones temporales, servidumbres de paso

- En la construcción de las torres de las líneas eléctricas también es necesario contar con la suficiente superficie, para el desenvolvimiento de las máquinas.
- En caso de existir viaductos, se establece una superficie de ocupación temporal a cada lado de la calzada para movimiento de la maquinaria, a partir del límite de expropiación definitiva.
- Para la ejecución de los pasos superiores e inferiores que cruzan carreteras y caminos, se tendrá que tener en cuenta las partidas adicionales que permita habilitar los desvíos provisionales. Estos desvíos se diseñarán conforme a la normativa vigente: Instrucción de carreteras Norma 3.1-I.C- Trazado y Norma 6.1-I.C. Secciones de firme vigentes por la corrección de errores del PG-3, por la Orden FOM/2523/2014 y Manual de ejemplos de señalización de obras fijas. Esta información se deberá consultar el capítulo 05. DB-PRL-SE. Señalización.
Para ejecutar la conexión de la obra nueva a los viales existentes, será necesario:
 - Aislar y así demoler el arcén exterior junto con un ancho suplementario que permita recortar el firme del carril exterior.
 - Disponer de barrera de seguridad.
 - Incorporar el arcén interior con la señalización horizontal y vertical y balizamiento y protecciones definitivos propuestos en el proyecto.
- Los enlaces se ejecutarán por fases, diferenciando los que interfieren con el trazado existente del nuevo.



Imagen 4: Señalización de obras. Vehículo de apoyo. Señales luminosas muy necesarias para advertir con antelación a los conductores.

Desvíos y ocupaciones temporales. Servidumbres de paso

Proceso constructivo

En algunas zonas limítrofes al Proyecto, y particularmente próximas a estructuras o en vías sustitutorias de las actuales, puede ser necesario ocupar durante la ejecución de las obras terrenos necesarios para construir desvíos provisionales que permitan la continuidad del tráfico u otros servicios afectados. Posteriormente, deberán ser devueltos en las condiciones de uso que se encontraban en origen.

Durante la ejecución de las obras se producirán inevitablemente afecciones al tráfico de otros viales, bien porque sea necesario conectar con ellos, o bien porque haya que demoler un tramo parcial para construir las nuevas obras y reponer la continuidad del vial afectado una vez ejecutadas aquéllas.

Desvíos y ocupaciones temporales. Servidumbres de paso**Proceso constructivo**

Se establece un itinerario alternativo, para la totalidad o parte de la circulación. Se realiza la señalización relacionada con la nueva ordenación. Se anula la señalización permanente que resulte contradictoria a la nueva.

La colocación de la señalización y balizamiento se descargará y colocará en el orden en que el usuario tenga que encontrarlo. De esta forma, el personal está protegido por la señalización precedente mientras realiza estas tareas. En caso de tener que realizar varias descargas de material, se dispondrán fuera de la calzada y de espaldas al tráfico.

Se comprobará que la señalización queda visible para el usuario, que no las oculten plantaciones, sombras de obras de fábrica, etc.

Se establecen nuevos límites de velocidad, incluso hasta detener el tráfico totalmente si es necesario. Se apoyará con señalistas si fuera necesario.

La señalización evoluciona con la obra, se irán variando las señales a medida que los tramos acaban de ejecutarse y se pre-señalizan los siguientes. La señalización tiene que ser realista al estado de la obra para que los conductores entiendan y ejecuten las advertencias por ser reales al estado de las vías.

Se añadirá una unidad de obra de revisión y actualización de los desvíos, adecuación del tráfico, señalización etc., al estado de la obra.

Para cambiar o retirar la señalización, se realizará en orden inverso a la colocación, de modo que lo que queda por retirar proteja al operario. Esto se hará desde la zona sin tráfico o desde el arcén, por lo que el vehículo de transporte puede circular en sentido opuesto al sentido con la luz prioritaria.

4.5. Estudio de las zonas de trabajo. Circulación del personal de obra

- Las conducciones y otros elementos situados a una altura inferior a 1,80 m, situados sobre los lugares de trabajo, deberán estar adecuadamente señalizados, para evitar choques contra ellos.
- No se habilitarán como zonas de paso, zonas cuya anchura entre paramentos verticales sea inferior a 0,60 m.
- Los pasos bajo zonas de trabajo deberán disponer de marquesina rígida.
- Las zonas de paso que deban superar zanjas y desniveles deben disponer de pasarelas con barandillas sólidas y completas.
- Los accesos fijos a distintos niveles de la obra deben disponer de escaleras con peldaño amplio, sólido y estable, dotadas de barandillas o redes, cerrando los laterales.
- Las zonas de paso deben estar permanentemente libres de acopios y obstáculos.
- Los puntos de previsible caída de objetos desde tajos superiores, así como las zonas de peligro por evolución de máquinas en movimiento, deben permanecer perfectamente acotadas mediante balizas y señalización de riesgo.
- Los huecos horizontales o verticales con riesgos de caídas de altura de personas u objetos, deben estar condenados, protegidos o, como mínimo y en momentos puntuales, señalizados.
- Todas las zonas de paso del personal estarán dotadas de iluminación suficiente.

4.6. Estudio de las zonas de circulación de los vehículos de obra

- Previo al establecimiento definitivo de zonas de paso para vehículos de obra, se habrá comprobado previamente el buen estado del firme, especialmente en lo relativo a terraplenes, rellenos y terrenos afectados por la climatología.
- Los cables eléctricos y mangueras no deben verse afectados por el paso de vehículos, acudiendo si es preciso a la canalización enterrada o mediante una protección de tablonos al mismo nivel o, en su defecto, procediendo a realizar una conducción elevada a más de 3 m de altura.
- Los circuitos de circulación del personal y de vehículos de obra deben estar perfectamente definidos y separados.
- Las excavaciones al descubierto, próximas a zonas de circulación de vehículos de obra, estarán protegidas y situadas a 1 m del perímetro del hueco.
- Se señalizará con malla naranja excavaciones con alturas superiores a 1,5 m.
- En los sitios requeridos se colocará cerramiento perimetral.
- La velocidad de circulación de vehículos dentro de la obra estará limitada a 40 km/h en tierras y 60 km/h en asfalto.
- Se colocará señalización que indique la limitación de velocidad.

4.7. Estudio de las zonas de circulación peatonal y de vehículos ajenos a la obra

- El recinto de la obra o de los tajos de trabajo correspondientes a la misma, estarán perfectamente delimitados según se requiera, mediante vallado perimetral, balizado, etc., de toda su área de influencia, susceptible de ser franqueada por personal o vehículos ajenos a la obra.
- En aquellos tajos que puedan generar caídas de objetos desde alturas superiores, se dispondrá una marquesina rígida o, en su defecto, se acordonará la zona de riesgo de posible interferencia entre los materiales desprendidos y la circulación ajena o no a la obra.
- Se dispondrán protecciones colectivas, en previsión de caídas de objetos desde los tajos situados en altura (redes, plataformas de recogida, barandillas, etc.).
- Las señales de tráfico deberán ajustarse, en cuanto a su distribución y características, a lo establecido para obras en la Instrucción 8.3IC de la ORDEN MINISTERIAL de 31.08.87 del MOPU.
- Todos los accesos a la obra dispondrán de las señales de seguridad normalizadas según lo establecido en el RD. 1403/1986, sobre señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo.
- Los obstáculos situados en las inmediaciones de la obra deberán estar adecuadamente balizados y señalizados.

5. Firmes y pavimentos

Mediante el dimensionamiento de los firmes, los espesores y los materiales en las diferentes capas proyectadas se pretende que la infraestructura viaria se adecúe al tráfico previsto.

La prevención de accidentes en los trabajos de afirmado y pavimentación se concreta mayoritariamente, en la adopción y vigilancia de requisitos y medidas preventivas relativas a la maquinaria de extendido y compactación, tanto intrínsecos a los diversos elementos de las máquinas como a la circulación de éstas a lo largo del tajo. Junto a ellos, los riesgos de exposición a ambiente pulvígeno, a humos y vapores de los productos bituminosos, así como las altas temperaturas del aglomerado en caliente, definen la necesidad de empleo de equipos de protección individual así como de organización y señalización adecuadas de los trabajos.

5.1. Terraplenes y desmontes

Consiste en la ejecución del terraplén (con materiales procedentes de la excavación o de préstamos), transporte del material al lugar de empleo, extendido, nivelado, compactado, humectación y rasanteo.

Firmes y pavimentos. Terraplenes y desmontes

Proceso constructivo

1. Preparación de la superficie de asiento (escarificado y compactación).
2. Extensión de las tongadas del material a utilizar.
3. Humectación y/o desecación de la tongada.
4. Compactación.
5. Perfilado de taludes.

Estudio de los desmontes:

A partir de los trabajos realizados y del establecimiento de la estructura geológica pueden deducirse los niveles que serán atravesados en los desmontes y cómo el material obtenido de los primeros podrá reutilizarse para la realización de los segundos. Igualmente ha de determinarse la calidad o capacidad portante del fondo de excavación para soportar la estructura del firme, esto es, la calidad de explanada.

Estabilidad de los taludes en los desmontes:

Desde el punto de vista de diseño se deben establecer inclinaciones conservadoras para los taludes de desmonte, basadas en la información geotécnica disponible.

Las observaciones de campo deben comprobar si los taludes adoptados pueden soportar esas inclinaciones, realizando los cálculos de estabilidad adecuados para los de mayor altura, siguiendo las recomendaciones del Servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras para situaciones usuales de afección a bien defendible.

Firmes y pavimentos. Terraplenes y desmontes	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Riesgos más comunes: - Deslizamientos y desprendimientos del terreno. - Atropellos y golpes de máquinas y vehículos. - Vuelcos o falsas maniobras de maquinaria móvil - Proyección de partículas. - Salpicaduras de hormigón y productos bituminosos. - Incendios y explosiones. - Afecciones y salpicaduras a la piel por hormigón (dermatosis). - Polvo. - Ruido. - Vibraciones. - Golpes con objetos y herramientas. - Caídas al mismo nivel. - Interferencias con líneas eléctricas. - Afecciones oculares.	- Los frentes de trabajo se sanearán siempre que existan bloques sueltos o zonas inestables. - Cuando la ejecución del terraplén o desmonte requiera el derribo de árboles, bien se haga por procedimientos manuales o mecánicos, se vigilará o se acotará si fuese preciso el área que pueda ser afectada por la caída de éstos. - Los movimientos de vehículos y máquinas serán regulados si fuera preciso por personal auxiliar que ayudará a conductores y maquinistas en la correcta ejecución de maniobras e impedirá la proximidad de personas ajenas a estos trabajos. - Se evitará siempre que sea posible el trabajo simultáneo en niveles superpuestos. Cuando resulte obligado realizar algún trabajo con este condicionante, se analizarán previamente las situaciones de riesgo que se planteen y se adoptarán las oportunas medidas de seguridad. - Las cabinas de los dumpers o camiones para el transporte de tierras estarán protegidas contra la caída o desplazamiento del material a transportar por viseras incorporadas a las cajas de estos vehículos. - Los vehículos se cargarán adecuadamente tanto en peso a transportar como en distribución de la carga, estableciéndose el control necesario para que no se produzcan excesos que puedan provocar riesgos por caída incontrolada de material desde los vehículos o por circulación de éstos con sobrecarga. - Siempre que un vehículo parado inicie un movimiento lo anunciará con una señal acústica. - El movimiento de los vehículos de excavación y transporte se regirá por un plan preestablecido procurando que estos desplazamientos mantengan sentidos constantes. - Las bases del pavimento se ejecutarán en forma análoga (verter-rasantear-regar) y con un equipo similar de máquinas. Protecciones individuales - Será obligatorio el uso del casco. - Chaleco reflectante. - Siempre que las condiciones del trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de los mismos. Protecciones colectivas - En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas. - Se regarán con la frecuencia precisa las áreas en que los trabajos puedan producir polvaredas. - Se señalizará oportunamente los accesos y recorridos de vehículos. - Cuando sea obligado el tráfico rodado por zonas de trabajo, éstas se delimitarán convenientemente, indicándose los distintos riesgos con las correspondientes señales de tráfico y seguridad.

5.2. Base de pavimentos.

El **suelo cemento** consiste en una mezcla homogénea de material granular (suelo y/o árido), cemento y agua, compactada a alta densidad. El suelo cemento tiene su aplicación más importante como sub-base y base de pavimentos bituminosos.

La **estabilización de suelo con cemento**, sin embargo, se emplea para la realización de la explanada. Consiste en una mezcla de suelo y cantidades medidas de cemento portland y agua, compactada a alta densidad. La proporción de cemento es menor en esta mezcla que en la anterior. Como el propio nombre indica, con este recurso se pretende hacer más estable a un suelo. Mientras que la adición de cemento se realiza una vez extendido el material (agua con árido) para pasar después al mezclado y a la compactación, en el suelo cemento se mezclan todos los componentes de la mezcla en una tolva la cual hace a su vez de extendedora y compactadora.

Base de material granular. Zahorra artificial. Se extiende sobre la capa de coronación de la explanada para su mejora.

Como maquinaria a emplear durante la ejecución de los trabajos se prevé la utilización del camión basculante para descargar el material, la cuba de agua y la motoniveladora o extendedora y el rodillo compactador para su compactación. Para la aplicación de los riegos, se utilizarán equipos con rampa de riego, sobre neumáticos con capacidad de emitir la emulsión a la temperatura adecuada, los equipos de extensión del árido, serán extendedoras mecánicas incorporadas a un camión o autopropulsada.

Firmes y pavimentos. Base de pavimentos

Proceso constructivo

Formación de la explanada. Las operaciones a realizar en este proceso son las siguientes:

- Preparación del suelo.
- Aportación de conglomerante mediante lechada y mezclado.
- Compactación.
- Curado.



Imagen 5. Compactación de la base del pavimento.

Una vez ejecutado el fondo de la explanación y la coronación de los terraplenes se procederá a comprobar el rasante definitivo.

Se ejecutará la extensión de una capa de todo uno o equivalente en los terraplenes y se homogenizará el fondo de excavación en los desmontes en los que la explanada cumpla las características de tipo E-2.

Posteriormente se realizará el tratamiento de estabilización mediante el empleo de maquinaria de estabilización in situ.

Tras la llegada del camión con la zahorra artificial, se colocarán las estacas y la motoniveladora ira extendiendo el material granular. Seguidamente, se compactará con rodillo compactador y se apisonará.

En el caso de utilizarse extendedoras como equipos de extensión, y cuando éstas no dispongan de elementos de transferencia de carga, la altura y forma de los camiones será tal que, durante el vertido en la extendedora, el camión sólo toque a aquélla a través de los rodillos previstos al efecto.

En el caso de utilizarse extendedoras que no estén provistas de una tolva para la descarga del material desde los camiones, ésta deberá realizarse a través de dispositivos de pre-extensión que garanticen su reparto homogéneo y uniforme delante del equipo de extensión.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación de tamaño y diseño adecuados para conseguir la compacidad y homogeneidad de la zahorra en todo su espesor.

Previo a la aplicación de la capa superficial, se aplicarán riegos de imprimación mediante una emulsión bituminosa, y áridos de cobertura con arena para absorber el exceso de ligante, en caso necesario. En las aplicaciones necesarias para alcanzar la base adecuada, esta aplicación se debe coordinar con la aplicación de la capa bituminosa para que sea efectivo.

También se aplicarán riegos de adherencia y curado para impermeabilizar la superficie y evitar la evaporación del agua necesaria para el correcto fraguado.

Preparación de firmes

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos más importantes: • Atropellos. • Accidentes y choques del tráfico de obra. • Riesgos de ejecución de los entronques de los desvíos por la interferencia y riesgos del tráfico de la carretera. • Caídas de material desde la caja de los vehículos. • Caídas del personal al mismo nivel. • Caídas de personas a distinto nivel en acceso o descenso de la maquinaria. • Afecciones a vías de servicio. • Quemaduras y deshidrataciones. • Atrapamientos por partes móviles de máquinas y camiones. • Polvaredas que disminuyan la visibilidad. • Dermatitis por contacto con el hormigón y cemento. • Proyección de partículas. • Ruido. • Vibraciones.	• Se regarán los tajos y caminos de acceso con la frecuencia necesaria para evitar la formación de ambiente con polvo en suspensión, sin encharcar y de forma que no se sobrepase, en los puntos a tratar con el conglomerante, la humedad especificada. • Los accesos y circulación interna se efectuarán por los lugares indicados, con mención especial al cumplimiento de las normas de circulación y la señalización dispuesta. • Se tendrán en cuenta las medidas preventivas señaladas en el apartado relativo a la ejecución de los desvíos. • Queda prohibido permanecer o realizar trabajos dentro del radio de acción o zona de influencia de la maquinaria. • Las maniobras de aproximación y vertido de productos en la tolva estarán dirigidas por el encargado de la unidad de obra. • En ningún caso se extenderá sobre el suelo mediante aire a presión. • La mezcla de cemento y agua da lugar a una pasta con un pH altamente básico (11-13,5) como resultado de la hidratación de los silicatos y aluminatos de Calcio. En caso de contacto prolongado puede provocar deshidratación de la piel y las mucosas. • La manipulación debe hacerse con sistemas estancos o, en su defecto, con una idónea ventilación para mantener los niveles de polvo por debajo de los Valores Límite de Exposición. • Se ha de mantener buena limpieza de manos antes de las comidas. En caso de ingestión significativa, se enjuagará la boca y se consultará al médico. • El cemento debe almacenarse en medios cerrados (sacos, silos, etc.). La descarga en obra del cemento a granel se hará directamente a los silos. En caso de suministrarse en sacos, éstos deberán almacenarse en local cerrado, sin corrientes de aire ni humedad. Se reducirá la presencia de personas en la zona a las necesarias. Se evitará la formación y dispersión de nubes de polvo de cemento. • En caso de incendio en la zona de empleo del cemento, puede utilizarse cualquier agente extintor, salvo que por otras circunstancias no debidas al cemento alguno sea inadecuado. • Se deberán establecer las zonas de estacionamiento, espera y maniobra de la maquinaria que realizará los trabajos. • El extendido deberá tener un responsable técnico competente o en su caso encargado de firmes. Este ha de tener en todo momento el control del tajo, de tal manera que no exista un amontonamiento de maquinaria en un determinado lugar y momento. • El extendido debe comenzar con el vertido de dichos materiales desde el camión. El conductor ha de tener una visión de la zona de extendido perfecta. Para ello mantendrá en perfecto estado los espejos retrovisores del camión. Si existiese algún lugar que no pudiese ver desde el camión, el conductor deberá parar el vehículo y bajarse del mismo para realizar una inspección visual de la zona. • Después se realizará la compactación del material de aportación. Dicha operación es realizada mediante un rodillo mecánico, el cual es altamente peligroso debido a la agilidad de sus movimientos. Se seguirán las medidas preventivas expuestas de esta máquina en el apartado Maquinaria Protecciones colectivas • Será obligatorio el mantenimiento de las protecciones en todas las zonas de trabajo que lo requieran. • Todas las arquetas, pozos de registro o similares existentes en la zona de actuación se mantendrán con sus tapas puestas o en su defecto con tapas provisionales, barandillas o cuando menos se delimitará la zona con malla de balizamiento.



Imagen 6. Base del pavimento.

Preparación de firmes

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas de seguridad

- Se instalará en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.
- Protecciones individuales**
- Casco de seguridad
 - Guantes de cuero.
 - Botas de seguridad y Botas de agua
 - Ropa de trabajo y traje para tiempo lluvioso.
 - Chaleco reflectante.
- Señalización y balizamiento de seguridad**
- Se mantendrá en todo momento la señalización viaria establecida para el desvío de caminos y carreteras.
 - Se acotarán todas las zonas susceptibles de intromisión de terceros, con existencia de riesgos para la salud de los mismos.

5.3. Extendido y compactación de mezclas bituminosas

Firmes y pavimentos. Extendido y compactación de mezclas bituminosas

Proceso constructivo

Antes de aplicar los micro-aglomerados se limpia la superficie de materiales sueltos o perjudiciales, utilizando una barredora mecánica, máquinas a presión, etc. micro-fresado o riego de adherencia.

Los micro-aglomerados en frío son las mezclas bituminosas cuya consistencia es tal que se puede aplicar en obra directamente. Los micro-aglomerados se fabrican a temperatura ambiente con la emulsión bituminosa, áridos, agua, polvo mineral y aditivos. Su aplicación es con capas de muy poco espesor.

Las mezclas bituminosas tipo hormigón son la combinación de un betún asfáltico, áridos, polvo mineral y aditivos. Las partículas de árido quedan cubiertas por la película ligante Siendo fabricados y puestos en obra a alta temperatura. Se pueden utilizar para las capas base, intermedias o de rodadura según su proporción y criterios de fabricación.

Las mezclas bituminosas para capa de rodadura se clasifican en drenantes y discontinuas. Las drenantes son las que tienen una baja proporción de árido fino y un contenido muy alto de huecos interconectados. Las discontinuas tienen una gran diferencia entre los tamaños inferiores del árido grueso

Firmes y pavimentos. Extendido y compactación de mezclas bituminosas

Proceso constructivo

Se fabrica en mezcladoras móviles autopulsadas que a la vez lo extienden a través de una caja repartidora, remolcada sobre la superficie que están tratando. Dispone de los medios de carga de todos los elementos necesarios (áridos, emulsión, agua de envuelta, adiciones) para poder realizar una aplicación de más de 400 metros.

Consiste en el extendido de las mezclas bituminosas en caliente con los correspondientes riegos de imprimación, adherencia, curado y tratamientos superficiales, definidas en el proyecto mediante la utilización de extendedora asfáltica, camión basculante, barredora y compactador dinámico.

Previo a utilizar las mezclas bituminosas, los equipos de fabricación, transporte extendido y compactación deberán ser tratados por productos antiadherentes que no podrán ser productos derivados de la destilación del petróleo, debiendo ser a ser posible una solución inocua de jabón.

La fabricación, transporte y puesta en obra de las mezclas asfálticas y sus correspondientes riegos previos se efectúan en una sola campaña, al final de la obra. Tras la preparación y comprobación de la superficie de asiento, se procederá al extendido de la mezcla que se efectuará mediante extendedoras, previa aplicación del riego correspondiente.

Las centrales de fabricación de las mezclas bituminosas en caliente deben tener sistemas de clasificación de los áridos, con las tolvas y silos necesarios para su almacenaje en las condiciones adecuadas hasta su aplicación. Para su transporte se utilizan camiones de caja abierta, lisa, estanca, limpia y tratada para evitar que la mezcla se adhiera. La caja debe tener las características también que se ajusten cuando transfieran a la extendedora.

Las extendedoras, autopulsadas y auto-nivelación son maquinarias capaces de ejecutar la junta longitudinal. En ocasiones es necesario tener previsto disponer de un equipo adaptable, y que garantice la homogeneización granulométrica y térmica necesaria para superficies de categorías exigidas para tráfico pesado, si ese es el propósito de la infraestructura.

Los compactadores disponen de rodillos metálicos, estáticos o vibrantes. Son auto-propulsados y con inversores de sentido de marcha de accionamiento suave. Dispondrán de auto-limpieza de llantas o neumáticos y que los mantiene húmedos.

La compactación se hará longitudinalmente, empezando por el borde más bajo de la banda y continuando hacia el borde más alto de la misma, solapándose las paredes sucesivas. Esta actividad deberá estar terminada antes de que transcurran 4 horas desde la fabricación.

Las mezclas bituminosas en caliente se transportarán desde la planta de fabricación en camiones provistos de lonas para cubrir el material que impida el enfriamiento superficial. Se comprobará la temperatura antes del extendido. La temperatura al salir del mezclador, no superará por regla general, los 165°C.

La maquinaria a utilizar son máquina de extendido de lechada bituminosa y compactador de rodillos vibratorios.

Hay operaciones que deben hacerse con elementos calientes y en movimiento (aplicación con lanza). No se realizarán estas tareas si no se dominan y conocen los riesgos tomando previamente todas las medidas de protección necesarias y utilizando los equipos de protección específicos para evitar contactos térmicos e inhalación de gases. Llevar protecciones específicas contra contactos térmicos cuando se aplique la mezcla con lanza: calzado aislante del calor, manguitos, mandiles, polainas y guantes de protección térmica.

El operario que maneja la barra esparcidora prestará mucha atención para no rociar al personal que trabaja en las cercanías. Este hecho suele suceder cuando se atasca la salida y se apunta horizontal o hacia arriba en vez de hacerlo hacia abajo. En caso de impregnarse, no se limpiará con benzol o tricloroetileno. Se utilizará un detergente neutro tipo gel líquido, etc.

Firmes y pavimentos. Extendido y compactación de mezclas bituminosas

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos habituales en el proceso • Proyección de partículas. • Salpicaduras de hormigón y productos bituminosos. • Afecciones y salpicaduras a la piel por betunes y alquitranes. • Polvo. • Ruido. • Golpes con objetos y herramientas. • Caídas al mismo nivel. • Afecciones oculares. • Caídas de personas al mismo nivel. • Caídas de personas a distinto nivel. • Contactos térmicos. • Exposición a temperaturas ambientales extremas.	Actuaciones de seguridad previas a los trabajos. • Para evitar polvo durante el movimiento de vehículos se regará el trazado de la obra y los caminos de tráfico periódicamente. • Hará falta proveer de señales acústicas a los vehículos para que puedan indicar el inicio de maniobras de marcha atrás y se controlará la revisión de frenos y luces. La conducción se hará por operarios expertos y autorizados. • Se balizarán las zonas de actuación, en especial durante los trabajos con circulación de vehículos. • Será obligatorio el uso de todas las prendas de protección: ropa de trabajo, botas, guantes, gafas anti-impactos, etc. • Durante estos trabajos en zonas afectadas por la circulación de vehículos será obligatorio el uso de chalecos reflectantes. Actuaciones de seguridad durante los trabajos de pavimentación • Se balizarán las zonas de actuación, en especial durante los trabajos con circulación de vehículos. • Hará falta proveer de señales acústicas a los vehículos para que puedan indicar el inicio de maniobras de marcha atrás y se controlará la revisión de frenos y luces. La conducción se hará por operarios expertos y autorizados. • Todos los operarios de auxilio quedarán en posición en la cuneta por detrás del sentido de avance de la máquina extendidora durante las operaciones de llenado de la tolva, en prevención de los riesgos por atrapamiento y atropello durante las maniobras. • Los bordes laterales de la extendidora, en prevención de atrapamientos, estarán señalizados a bandas amarillas y negras alternativas. • Todas las plataformas de estancia o para seguimiento y ayuda al extendido asfáltico estarán bordeadas de barandillas tubulares en prevención de las posibles caídas, formadas por pasamanos de 90 cm de altura barra intermedia y rodapié de 15 cm. desmontable para permitir una mejor limpieza. • Se prohíbe expresamente el acceso de operarios a la regla vibrante durante las operaciones de extendido, en prevención de accidentes. • Los camiones de transporte de la mezcla bituminosa están provistos de una lona o cobertor para proteger la mezcla bituminosa en caliente durante su transporte. • La forma y la altura de la caja será tal que, durante el vertido de la mezcla en la extendidora del camión, sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos al efecto. • Los camiones basculantes no arrancarán hasta tener la caja completamente bajada. • Se prohibirá realizar cualquier otro trabajo en las zonas donde se esté compactando, en especial, no se deberán comenzar los trabajos de pintado de marcas viales hasta que no se tengan completamente terminados los trabajos de compactación y apisonado.
Juntas de calzada. Riesgos - Atropellos o golpes con vehículos en obras fijas.	Descripción: Consiste en los trabajos de reposición de juntas de dilatación de tablero de puente. La misión de estas juntas es absorber los movimientos verticales y horizontales, así como las dilataciones del tablero. Para su sustitución será necesario desmontar los módulos existentes, por lo que será necesario utilizar una máquina serradora de pavimento y un martillo rompedor. A continuación, se limpiará el hueco dejado mediante un compresor y lanza térmica.



Imagen 7. Trabajadores expuestos a riesgos de inhalación de sustancias, temperaturas extremas.

Firmes y pavimentos. Extendido y compactación de mezclas bituminosas

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
- Exposición a sustancias nocivas. - Caídas de personas al mismo nivel. - Golpes por objetos y herramientas. - Atrapamientos de personas por maquinaria. - Atropellos y golpes por vehículos o maquinaria. - Inhalación de vapores. - Ambiente térmico extremo.	Por último, se coloca la junta que sustituye la existente. Medidas preventivas y protecciones colectivas: - Todas las máquinas serán manejadas por personal especializado, evitándose la presencia en su área de influencia de personas ajenas a esta operación. - Los riesgos de exposición a ambientes pulvígenos y a humos y vapores de los productos bituminosos, así como las altas temperaturas del árido en caliente, definen la necesidad de empleo de equipos de protección individual. Riesgos especiales y medidas específicas: En principio, no se considera necesario tener en cuenta medidas específicas para los trabajos con suelo cemento. No obstante, si en el momento de la ejecución de los trabajos se observa alguna particularidad que obligue a la presencia de recurso preventivo habrá que contar con dicha figura.
Riesgos generales por el uso de la maquinaria/conductor. • Atropellos y colisiones por maquinaria y vehículos. • Vuelco de vehículos y máquinas. • Interferencias con líneas eléctricas • Incendios y explosiones. • Vibraciones.	• Durante las operaciones de descarga se bajará el basculante antes de reiniciar la marcha, es decir, quedará totalmente prohibido circular con el basculante en alto. • Las maniobras de aproximación y vertido de productos asfálticos en la tolva estarán dirigidas por un especialista, en previsión de los riesgos por impericia. • No se permite la permanencia sobre la extendedora en marcha a otras personas que no sea su conductor, para evitar accidentes por caída. Todas las plataformas de estancia o para seguimiento y ayuda al extendido asfáltico estarán bordeadas de barandillas • Sobre la máquina, junto a los lugares de paso y en aquellos con el riesgo específico, se adherirán las siguientes señales: - Peligro sustancias calientes ("Peligro, fuego"). - Rotulo: NO TOCAR, ALTAS TEMPERATURAS. • Las máquinas deben ir provistas de extintor de polvo. • Si en algún momento hubiera aglomeración de vehículos se designará a una persona para facilitar la ordenación del tráfico. En este caso, el tajo se señalizará mediante señales de peligro obras, limitación de velocidad y estrechamiento de calzada. • Si se corta la carretera será necesario avisar mediante un cartel que indique la duración del corte. • Cuando se cambie el betún, se le notificará al operador para que tenga en cuenta la relación temperatura-viscosidad. Se vigilará la temperatura para evitar incendios. Se conocerá el tipo de aglomerado utilizado en cada caso, sus componentes y propiedades, temperatura de aplicación, toxicidad, etc. • Mantener el camión y los accesorios de riego lo más limpios posible y eliminar restos de materiales bituminosos lubricantes, trapos o grasas. • Se quitará la llave de encendido de la extendedora cada vez que el conductor abandone su puesto. • Se colocarán gálibos pre-señalizadores de las líneas eléctricas aéreas.
	Protecciones Individuales • Durante estos trabajos en zonas afectadas por la circulación de vehículos será obligatorio el uso de chaleco reflectante. • Ropa de trabajo. • Botas de seguridad. • Guantes. • Gafas anti-impactos.

Firmes y pavimentos. Extendido y compactación de mezclas bituminosas

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas de seguridad

- Fajas anti-vibraciones.
- Hacer mediciones “in situ” de los humos y nieblas y conforme a ello, proporcionar protección adecuada al tipo de materiales si fuera necesario. Se realizará una medición inicial elaborando un informe de contaminantes químicos, donde aparecerá en función de la medición el tipo de mascarilla que debe usar cada puesto de trabajo.

5.4. Pavimentos de hormigón

Es el constituido por losas de hormigón en masa separadas por juntas transversales, o por una losa continua de hormigón armado, con de juntas longitudinales.

Firmes y pavimentos. Pavimentos de hormigón

Proceso constructivo

Pavimento de hormigón con juntas: pavimento de hormigón en masa con juntas transversales a intervalos regulares, comprendido entre tres y cinco metros (3 y 5 m), en los que la transferencia de cargas entre losas puede efectuarse por medio de pasadores de acero, o bien confiarse al encaje entre los áridos.

Pavimento de hormigón armado continuo: dispone de armadura longitudinal continua, sin juntas transversales de contracción o dilatación.

Una vez preparada la base, se fabrica el hormigón. Para el cemento a granel, la descarga de la tolva de pesada deberá estar enclavada contra una apertura accidental que se pudiera producir antes de que la masa de árido total prevista no se haya descargado. La planta de fabricación tiene que estar preparada para que no se pueda descargar más de un silo al mismo tiempo.

El transporte del hormigón fresco desde la central hasta el equipo de extensión se realiza mediante camiones con caja lisa y estanca con lona o cobertor que evite la evaporación o contaminación. No se debe transportar con camiones hormigonera.

Firmes y pavimentos. Pavimentos de hormigón

Proceso constructivo

Previamente, se reparte el hormigón fresco con un espesor uniforme con una extendidora o pala mecánica y una pavimentadora de encofrados deslizantes para extender, vibrar y enrasar uniformemente el hormigón fresco, que fratasé mecánicamente y deje una terminación regular y homogénea.

La pavimentadora debe tener unos encofrados móviles con las condiciones necesarias para sostener el hormigón lateralmente sin asiento del borde de la losa. La vibración aplicada conseguirá la compactación adecuada del hormigón en toda la anchura, sin apoyarse en los pavimentos terminados.

Para las pavimentadoras con encofrados deslizantes, la distancia entre piquetes que sostienen el cable de guiado no superará los 10m, 5m en curvas. Se dispondrán pasarelas móviles sobre el pavimento recién extendido para la circulación del personal.

Terminación de bordes mediante redondeado con llana curva y textura de acabado.



Imagen 8. Proceso de pavimentación y reparto del hormigón
Fuente: Manual de formación en ingeniería de carreteras de aulacarreteras.com

Colocación de elementos guía y de las juntas. Las sierras para ejecutar las juntas en el hormigón endurecido serán de por lo menos 18 CV. de potencia.

Colocación de las armaduras o ejecución de la junta longitudinal en fresco, y de las juntas transversales de hormigonado. Las armaduras son barras de acero corrugado y las juntas de material impermeable y resistente para que no interactúe con las condiciones climáticas y el hormigón. Cuando la armadura se coloca previamente a la puesta en obra del hormigón se utiliza una armadura transversal de montaje, mediante el atado con alambre o soldadura no resistente pero cuando la armadura se coloca con la extendidora, las uniones se realizan con soldadura.

. Antes de que comience a fraguar el hormigón, se dará una textura homogénea a la superficie mediante estriado (se aplica un cepillo de púas de plástico o alambre), o mediante ranurado con peine de varillas de plástico, acero u otro material.

Otra textura de acabado puede ser por eliminación del mortero de la superficie que se realiza al aplicar un retardador de fraguado y barrer el mortero no fraguado.

Protección y curado del hormigón fresco. Siempre que haya riesgo de lluvia, o una alta resecación cuando el hormigón esté fresco, se procederá a colocar elementos físicos o químicos que lo protejan y permitan que el hormigón realice la curación adecuada.

Ejecución de juntas transversales serradas y longitudinales (en su caso). Se tapan de forma provisional para evitar que se obturen con cuerpos extraños antes del sellado.

El sellado de las juntas, una vez terminado el período de curado del hormigón, se realiza previa limpieza de las ranuras con un cepillo giratorio de púas metálicas, discos de diamante u otros equipos que no dañen la junta. Se puede hacer un repaso general con aire comprimido.

6. Encofrado, ferrallado y hormigonado de estructuras. Riesgos y medidas preventivas.

Procesos constructivos

Aunque se irán pormenorizando los riesgos de estas actividades en la construcción de las diferentes unidades que componen las obras civiles, en este apartado se reunirán los riesgos comunes a cualquier configuración constructiva. Según la solución adoptada, habrá que cumplir además con las medidas concretas del capítulo.

6.1. Hormigonado

Existe numerosa bibliografía y referencias al respecto. Se trata de hacer un repaso a la normativa y las condiciones de seguridad más habituales y comunes a todos los montajes.

En relación a PG3- Parte 6ª puentes y otras estructuras del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, se definen claramente las características de los hormigones, cementos, acero, ferralla, etc.

En el artículo 610, el hormigón es definido como la mezcla proporcionada de cemento, agua, árido fino y grueso y en algunas ocasiones de aditivos que pueden variar notablemente sus características de dureza, resistencia, etc.

Existen nuevos aditivos, que ya han sido probados en diversas obras civiles, que añaden propiedades al hormigón como los nanomateriales, así como el humo de sílice, etc. Aunque su utilización viene regulada por la “Orden FOM/475/2002, de 13 de febrero, por la que se actualizan algunos artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a Hormigones y Aceros”, hay que tener en cuenta que la utilización y características no vienen recogidas todavía por la normativa. Aunque sí se deberán tener en cuenta para añadir la prevención de riesgos de estas partículas por necesitar protecciones individuales propias, ya que en muchas ocasiones tampoco se consideran en las fichas de seguridad. Se tendrán muy en cuenta las sub-partículas generadas en los procesos, como lijado, corte, etc. cuando se han utilizado estos aditivos.

Los diferentes tipos de hormigón cumplirán también con las especificaciones indicadas en la vigente “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)”. Artículo 71.

Las instalaciones y la maquinaria previstas para proveer el hormigón a la obra deben ser aprobados y autorizados por la Dirección de Obra. La fabricación del hormigón debe contar con todos los componentes necesarios para dosificar y pesar todos los componentes, con un responsable que compruebe la dosificación de agua en relación a las características de los áridos aportados.

Hormigonado

Proceso constructivo

Fabricación: Se contemplan en este apartado hormigones ordinarios, cuyas características de composición y tratamiento son las habituales. En caso de utilizar otros de características especiales como autocompactantes o reciclados se hará una planificación de los trabajos distinta y aprobada por la Dirección de Obra.

Suministro y almacenamiento de materiales componentes: se tendrán previstos los dispositivos adecuados para evitar la generación de polvo en las tareas de carga y descarga:

Áridos: Deben estar protegidos del ambiente y del terreno y de la mezcla incontrolada de granulometrías.

Cemento: El suministro y almacenamiento se realizará conforme a la instrucción para la recepción de cemento RC-16, aprobado por RD 256/2016 y su corrección de errores de 2017.

Puede ser transportado a granel con cubas o cisternas estancas y almacenadas en silos que reúnan las condiciones adecuadas de carga y descarga de material y prevención de humedad.

El cemento envasado debe ir en envases con la consistencia suficiente para que el almacenamiento sobre palets o similares no provoquen caídas o roturas. Deben estar en lugar cubierto y ventilado, libre de exposiciones de sol o lluvia.

Dosificación de materiales componentes: se tendrán en cuenta la resistencia mecánica y consistencia que deban obtenerse, teniendo en cuenta el ambiente. Se harán los ensayos previstos para obtener las dosificaciones necesarias.

El cemento se dosificará en peso utilizando básculas distintas a las de áridos.

Los áridos se dosificarán una vez corregido el peso por la humedad de éste, la dosificación se tendrá en cuenta si está premezclado o no las distintas granulometrías.

El agua añadida directamente a la amasada teniendo en cuenta la forma de amasado.

Amasado: El hormigón se puede amasar totalmente en amasadora fija, iniciarse en amasadora fija y terminar en amasadora móvil, antes de transportarlo, o amasarlo en su totalidad en una amasadora móvil antes de ser transportado.

Transporte: debe asegurar que el hormigón llega en las condiciones de uso adecuadas, sin que sus propiedades varíen según fueron amasados. Para ello, el tiempo transcurrido desde que se añadió el agua al amasado no debe superar la hora y media, salvo que se hayan utilizado aditivos que retarden el fraguado.

Hormigonado

Proceso constructivo

Este tiempo, por lo tanto, es orientativo porque se deberán tener en cuenta otras condiciones como las condiciones climáticas, y el uso del hormigón.

Los transportes de hormigón deben realizarse sobre vehículos que hayan sido limpiados antes de realizar la carga de una nueva masa para eliminar residuos endurecidos.

Estos lavados se harán en balsas de lavado que permitan la eliminación de los residuos contaminados del agua.

Suministro: la carga de hormigón debe ir acompañada de una hoja de suministro, cuya recepción vendrá supeditada a los ensayos que acrediten su idoneidad.

Puesta en obra del hormigón. Una vez obtenidos los resultados de los ensayos que testifiquen su conformidad, se procede a realizar su puesta en obra:

Vertido y colocación del hormigón: se tendrá en cuenta en el vertido el espesor adecuado para lograr una compactación completa de la mezcla, y previa revisión de las armaduras, en su caso. Así como de los encofrados y cimbras que deberán estar completamente montadas y revisadas. La temperatura ambiental no será menor a 5°C. Y las armaduras y moldes no deben estar a menos de cero grados. Tampoco se planificará el hormigonado si se prevé que en los dos días posteriores las temperaturas pueden descender de cero grados.

En caso de utilizarse aditivos que aceleran el fraguado o endurecimiento del hormigón, se deberá contar con un estudio específico de las variaciones de las condiciones de hormigonado ordinarias.

Por otro lado, la temperatura no debe exceder tampoco de 40°C, o hacer mucho viento. Del mismo modo, los moldes ni el propio hormigón deben estar expuesto al sol.

Compactación: se utilizarán los medios adecuados al hormigón tratado que eliminen los huecos y salga el aire contenido en las capas inferiores.

Juntas de hormigonado: deberán estar situadas allí donde la armadura no esté sometida a fuertes tracciones, dándoles la forma más adecuada para que la unión entre el antiguo y el nuevo hormigón sea lo más continua posible. Se harán las demoliciones necesarias para conseguir que el plano de la junta tenga la dirección apropiada o para no hormigonar sobre superficies que hayan sido dañadas por el hielo.

Curado: cuando el hormigón está fraguando y endureciendo, la humedad debe ser la adecuada. Ésta se puede obtener mediante el añadido con agua o protección de la superficie.

Hormigonado

Factores de riesgo/ Riesgos

Riesgos genéricos:

- Caída de personas y objetos al mismo nivel.
- Caída de personas y objetos a distinto nivel.
- Rotura o reventón de encofrados.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos.
- Los derivados de la ejecución bajo circunstancias meteorológicas adversas.
- Atrapamientos.
- Vibraciones por manejo de agujas vibrantes.
- Ruido ambiental.
- Atropellos y colisiones por maquinaria y vehículos.
- Deslizamientos del terreno.
- Atrapamientos.
- Caídas de personas al mismo y diferente nivel (zanjas y pozos).
- Desprendimientos de cargas.
- Golpes con objetos y herramientas.
- Heridas producidas por armaduras.
- Proyección de partículas.
- Salpicaduras y contactos con el hormigón.
- Sobre esfuerzos.

Medidas de seguridad



Imagen 9. Preparación de hormigonado con protecciones colectivas. Sargentos y redes.

- Se trabajará en encofrado, ferrallado y hormigonado en zona limpia y ordenada. Superficies de tránsito libre de obstáculos que puedan provocar golpes y caídas.
- Prohibición de realizar ningún trabajo al borde o al pie de taludes inestables. En caso de problemas de estabilidad se tenderán los taludes o se procederá a la entibación.
- Prohibición de permanencia del personal en el radio de acción de máquinas en movimiento.

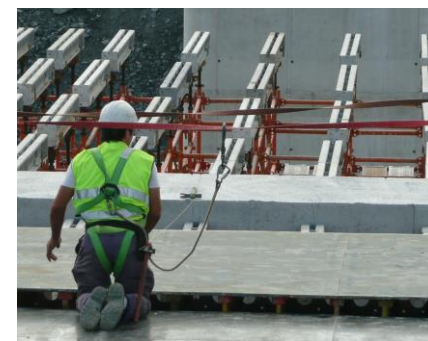


Imagen 10. Preparación de hormigonado con protecciones individuales. Líneas de vida.

- Normas de actuación de la maquinaria utilizada durante la ejecución de los trabajos referente a su propia seguridad.
- Las excavaciones debidas a los trabajos, que deban quedar abiertas al final de cada jornada, y cuyas dimensiones (profundidad y anchura) puedan permitir la caída de personas en su interior, deberán ser protegidos con barandilla perimetral de madera con zócalo, travesaño intermedio y superior, o en su caso señalizados con malla naranja soportada por redondos metálicos a 1 m. del borde del hueco.
- En caso de transporte neumático de hormigón se protegerá su salida de la tubería con una pantalla de consistencia suficiente para evitar proyecciones.
- Se habilitarán accesos suficientes a los diversos niveles de la estructura con escaleras o rampas de anchura mínima de 0,60 m dotadas de barandilla de 0,90 m de altura y rodapié de 0,20 m.
- Cuando se utilicen escaleras de mano, su anchura mínima será de 0,50 m y su pendiente no será superior a 1:4.
- Siempre que sea obligado circular sobre planos de la estructura, antes de construir el tablero o mientras este no tenga consistencia para soportar el paso de personas, se dispondrán pasarelas de 0,60 m de anchura mínima con protección de barandillas de 0,90 m de altura rodapié de 0,20 m de anchura.
- Se evitará la presencia o paso de personas bajo cargas suspendidas.
- En el vertido de hormigón o en fases de trabajo en que se produzcan localizaciones de cargas en puntos de la estructura en construcción, se distribuirán convenientemente estas, teniendo en cuenta la resistencia de la estructura.

Hormigonado proyectado: Para sostenimiento de taludes verticales mediante gunitadora.

- Delimitación de la zona de trabajo.
- Comprobación y conservación periódica de todos los elementos que definen el equipo (mangueras y elementos mecánicos).

Hormigonado	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos: - Caída de personas a diferente nivel. - Caída de personas al mismo nivel. - Creación de atmósfera saturada de vapor de agua con gran concentración de partículas de cemento. - Ruido ambiental. - Proyecciones de materiales. - Golpes a personas por mangueras y conducciones. - Caída de material. - Contactos eléctricos directos o indirectos. - Atrapamientos. - Dermatitis por contacto directo con cemento.	- Obligatoriedad del uso de todos los equipos de protección individual. - Iluminación de la zona para poder efectuar todos los trabajos adecuadamente, como la salida del túnel. - El operario de gunitado y sus ayudantes han de disponer de un equipo de protección que le proporcione aire no contaminado para respirar, proveniente de puntos suficientemente alejados de la zona de trabajo. - En las operaciones de gunitado, la manguera de aire habrá de situarse de forma que no se tropiecen con ella. Verificar el estado de las mangueras y acoplamientos a fin de evitar fugas de aire y no utilizar aire comprimido para limpiarse las manos o ropa de trabajo, etc. - En caso de obstrucción de la máquina (bloqueo de las boquillas) en las operaciones de proyección de gunita, proceder a su parada y desconexión y posteriormente a su limpieza; es decir, purgar totalmente la instalación de forma que la presión interior sea nula. - Revisión de forma periódica de todos los empalmes y uniones de las mangueras y tuberías. - Siempre que se detecte alguna anomalía en los equipos se avisará al encargado de los trabajos. Protecciones Individuales - Casco, con adhesivos de alta visibilidad. - Protecciones contra el ruido. - Mascara anti-polvo. - Gafas o pantalla anti-impactos. - Cinturón anti-vibratorio. - Guantes. - Ropa de trabajo con elementos de alta visibilidad - Chaleco reflectante. - Botas de seguridad.
Puesta en obra mediante bombeo:	PLANIFICACIÓN DE LOS MEDIOS NECESARIOS- - La bomba de hormigón estará a pie de tajo al menos una hora antes del inicio del hormigonado. - Los vibradores tendrán mangueras de longitud suficiente para atender todos los puntos del muro. - El equipo humano constará de al menos cuatro personas. Uno situado en la descarga de los camiones hormigonera en la bomba, otro en la trompa de la bomba y dos en las tareas de vibrado del hormigón. - Una persona del equipo de encofrado estará también disponible para comprobar que el encofrado funciona adecuadamente. - Se dispondrá de un equipo de iluminación con su correspondiente grupo electrógeno por si fuera necesario.



Imagen 11: Equipo de hormigonado y vibrado. El gruísta observa en posición que permite controlar los movimientos de la manguera de bombeo.

Hormigonado

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas de seguridad



Imagen 12. Hormigonado con castilletes de hormigonado.

- Se usarán líneas de vida en los trabajos en borde de tablero, en zonas donde haya que desmontar los sargentos. Una vez encofrado y hormigonado, se volverán a colocar sargentos para los trabajos sobre el tablero de hormigón. En la colocación de los sargentos, el personal deberá estar atado a una línea de vida fija.
- En el caso de colocar el sargento sobre el borde de la viga se extremarán las precauciones ya que se tendrán que utilizar cuñas de madera para garantizar la estabilidad de la barandilla.
- El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo.
- La manguera terminal de vertido, será convenientemente gobernada para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma.
- Antes del inicio del hormigonado de una determinada superficie, se establecerá un camino de tabloncillos seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera.
- Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto enviando masas de mortero de dosificación, para evitar atoramientos o tapones.
- Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la "redcilla" de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total, del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina, se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería.
- Los operarios, amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.
- Se revisarán periódicamente los circuitos de aceite de la bomba de hormigonado, cumplimentando el libro de mantenimiento que será presentado a requerimiento de la dirección facultativa.
- El hormigonado de elementos verticales, se ejecutará gobernando la manguera desde castilletes de hormigonado

Vertido mediante canaleta

- Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 1 m del borde de la excavación.
- Se prohíbe situar a los operarios detrás de los camiones hormigonera durante el retroceso.
- La maniobra de vertido será dirigida por el Recurso Preventivo, que vigilará que no se realicen maniobras inseguras, como el subirse a los elementos de vertido, trepar por las estructuras, etc.

Vertido mediante cubo o cangilón

- Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta. Se señalará mediante una traza horizontal, ejecutada con pintura en color amarillo el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible.
- La apertura del cubo para vertido se ejecutará exclusivamente accionando la palanca para ello, con las manos protegidas con guantes impermeables de goma.
- Se procurará no golpear con cubo los encofrados ni las entibaciones para acabar de soltar el vertido. Esto provoca salpicaduras y que los elementos golpeados pierdan estabilidad.
- Del cubo o cubilote penderán cabos de guía para ayuda a su correcta posición de vertido. Se prohíbe guiarlo o recibirlo directamente, en prevención de caídas por movimiento pendular del cubo. El uso de la guía se realizará sin interferencia con el uso del vibrador.
- La maniobra de aproximación se dirigirá mediante señales preestablecidas fácilmente inteligibles por el gruista o mediante teléfono autónomo en caso de no haber visibilidad. Si fuera necesario, se utilizará el apoyo de otro operario. Nunca se dará por supuesto que se ha entendido una orden sin la respuesta de aprobación del otro compañero.

6.2. Encofrado, apeos y cimbras.

Se define el encofrado como el elemento destinado al moldeo in situ de hormigones y morteros. Puede ser recuperable, una vez haya fraguado el hormigón, o perdido cuando queda englobado dentro del hormigón. Se utilizan para hormigonar elementos verticales como muros o pilares. Y dependiendo de la altura de éstos, pueden ser trepantes o deslizantes verticales.

Para unidades de obra que vayan a quedar ocultos, se utilizarán encofrados que pueden ser metálicos o de madera. En cambio si las unidades son vistas, se utilizarán encofrados revestidos de chapa de acero galvanizado, planchas planas de fibrocemento pulido, tablas lisas de madera tratadas con superficie de poliéster que permitan dar una superficie de hormigón uniforme de huellas.

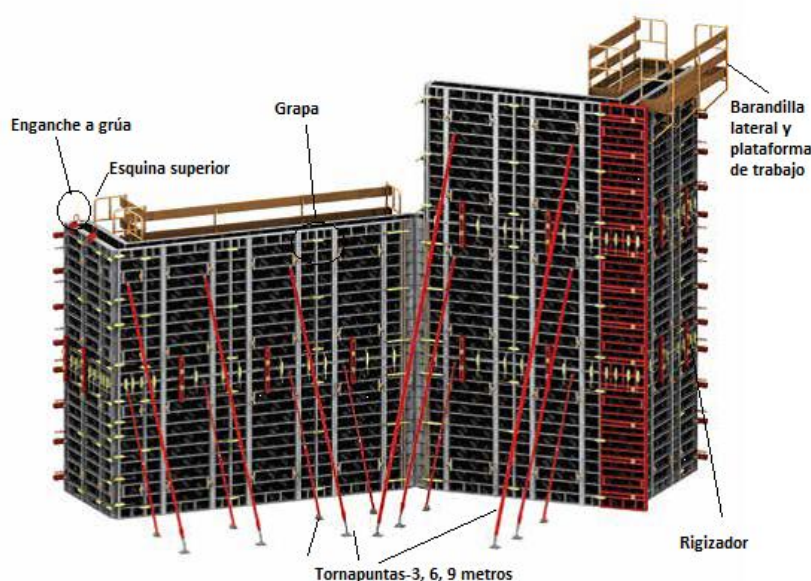
Los medios empleados son: grúas, camiones grúa, aparejos de izar, herramientas de mano, plataformas de trabajo, andamios, paneles de encofrado y sus útiles de trabajo (de izado y hormigonado).

En este apartado se encajan los riesgos generales también de apeos y cimbras sin tener en cuenta la unidad estructural concreta, que se tratará en los apartados sucesivos.

Los apeos y cimbras son los armazones provisionales que sostienen un encofrado. Para forjados y vigas con encofrados horizontales, para túneles tipo cajón y bóvedas, losas de estructuras lineales o formas especiales según el diseño específico de la infraestructura.

Los elementos constituyentes del encofrado son, entre otros:

PANEL: marco formado por perfiles perimetrales de acero y diversos tubos costillares soldados entre sí, al cual se remacha el tablero contrachapado fenólico que actúa como cara encofrante.



PANEL PILAR: se compone, como todos los paneles, de marco metálico conformado con los perfiles perimetrales y costillas tubulares, pero además dispone de 4 costillas en forma de "U" con una disposición de agujeros dada de tal forma que con la combinación de ellos se logran los distintos anchos de pilares deseados.

ESCUADRAS: sirven para dar solución a la cara interna en muros de 90°. Se trata de paneles formada su estructura por un marco metálico y madera contrachapada fenólica remachada a este. Se componen de dos perfiles verticales que disponen de orificios para el paso de las barras roscadas y de agujeros laterales encasquillados.

GRAPA REGULABLE: elemento de unión y rigidización. Sirve para realizar la unión de los paneles

Imagen 13: componentes de encofrado de muro tipo. Fuente: Catálogo de Alsina encofrados

entre sí, utilizado para la formación de los conjuntos deseados, asegurando la estanqueidad entre ellos.

GRAPA FIJA: elemento de unión del sistema. No realiza ninguna función de rigidización por lo que en las uniones en altura deberá casi siempre ir acompañada de los rigidizadores. Sirve para realizar la unión de los paneles entre sí, utilizado para la formación de los conjuntos deseados, asegurando la estanqueidad entre ellos.

RIGIDIZADOR: su función consiste en dar rigidez a los conjuntos de izado. También se utilizan en la sujeción de tapes de muro y como elemento alineador en compensaciones.

BARRA ROSCADA: elemento que sirve para unir dos paneles enfrentados y es capaz de soportar las presiones que el hormigón ejerce sobre dichos paneles. Cuando se trabaja con encofrados de dos caras. Existe una marca comercial que se usa para dar nombre comúnmente a este elemento, llamándole barra dywidag. Se debe colocar una pletina en el otro extremo como tope.

Los elementos de encofrado y cimbra se adaptan siempre al tipo de estructura a hormigonar.

Encofrados, cimbras y apeos

Proceso constructivo

Características del encofrado:

- Estanqueidad de las juntas entre los paneles. Para prevenir posibles fugas de agua o lechada. Las cimbras y encofrados, así como las uniones de sus distintos elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficientes para soportar sin asientos ni deformaciones perjudiciales las cargas, las sobrecargas y acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellas como consecuencia del proceso de hormigonado y vibrado del hormigón.
- No adherencia del hormigón para facilitar el desencofrado.
- Resistencia adecuada a la presión del hormigón fresco y a las presiones de la compactación y vibrado.
- Alineación, verticalidad en cada caso de los paneles para dar continuidad a las estructuras.
- Geometría adecuada sin abolladuras o deformaciones.
- Limpieza de la cara interior, sin residuos del montaje de las armaduras como alambres, recortes, etc.
- Mantenimiento de los paneles adecuado, revisando grapas, texturas, limpieza, elementos auxiliares como ventanas, plataformas de trabajo, etc.
- Al realizar el encofrado, se pensará también en la operación inversa: desencofrar; y se efectuará de tal forma que la posterior retirada de los elementos utilizados sea lo menos peligrosa y complicada posible.
- No se procederá a desencofrar hasta tanto no hayan transcurrido los días necesarios para el perfecto fraguado y consolidación del hormigón establecidos por la Normas Oficiales en vigor.

Defectos del hormigón tras el desencofrado y causas que lo provocan:

- Desconchones: cuando se efectúa un desencofrado antes de tiempo.
- Nidos de grava: por mala compactación, o apertura de las juntas del encofrado que permite fugas de la lechada.
- Coqueras: mala compactación, o pérdida de lechada cuando hay holgura en las uniones.
- Rebabas en el hormigón: fugas de lechada o movimientos relativos entre los paneles de encofrado.
- Diferentes coloraciones del hormigón: cuando la piel del encofrado está mal mantenido, el sellante del encofrado de madera es de pintura y mal mantenido, o desencofrante incorrecto o mal usado.
- Dimensiones de hormigón incorrecto: cuando el encofrado se deforma excesivamente, o hay holguras y movimientos del soporte del encofrado.
- Fisuras en el hormigón: se producen cuando el encofrado se mueve estando el hormigón muy fresco.

Características del desencofrante:

- Deben ser productos adecuados al hormigón utilizado, así como para las armaduras y encofrados. No está permitido el uso de gasóleo, grasa o productos similares.
- No deben impedir la posterior aplicación de revestimientos en el hormigón o la ejecución de las juntas de hormigonado. Para ello se debe presentar un certificado de las características del producto que se va a aplicar y sus posibles efectos.
- Se aplicará sobre la superficie interna del encofrado o molde en capas continuas y uniformes en un tiempo previo al hormigonado tal que el producto todavía sea efectivo, según las indicaciones del certificado presentado anteriormente.

Características de cimbras y apeos:

Las cimbras son un entramado metálico que debe sustentar el encofrado, dándole estabilidad y resiste la compresión durante la ejecución del hormigonado.

Los puntales son elementos verticales que transmiten los esfuerzos verticales, instalados de forma aislada, aunque se arriostran entre sí para aumentar su rigidez y capacidad de carga.

Las celosías son los entramados metálicos que sustentan el encofrado cuando no se pueden instalar elementos de apuntalamiento vertical (sobre vías, ríos, etc.).

Los tensores o tornapuntas son los elementos inclinados que soportan los empujes laterales de los encofrados verticales.

Encofrados, cimbras y apeos

Proceso constructivo

Encofrado trepante y auto-trepante: La diferencia es que la elevación del sistema se realiza mediante grúa o de forma autónoma en el caso del auto-trepante.

El sistema de encofrado trepante consiste en la realización de un hormigonado discontinuo, siendo necesario despegar el encofrado del hormigón para poder desplazarlo, y requiriendo por tanto sucesivas puestas del mismo hasta lograr la altura de la estructura a construir.

El proceso es el siguiente: el encofrado se apoya directamente sobre la parte de la estructura ejecutada con anterioridad. Con posterioridad al fraguado necesario en el tramo superior se procede a abrir los encofrados, separándolos del hormigón y elevarlos a la posición siguiente mediante un sistema de elevación solidario con el propio encofrado.

En el sistema auto-trepante, la elevación de la estructura se realiza mediante la sucesiva elevación de mástil y encofrado a lo largo del muro a ejecutar. Cada consola lleva su propio cilindro hidráulico que es el encargado de elevar tanto el mástil como la consola.

Hay tres niveles de trabajo: la plataforma de hormigonado (se sitúa en la parte superior, facilita el hormigonado como las comprobaciones). La plataforma principal es donde se realiza el trabajo de ferrallado. Y la plataforma suspendida, la inferior, es donde se realizan las operaciones de acabado y atado de encofrados.

Encofrado deslizante: Se utiliza para obras de hormigón sin juntas frías. Donde las tareas de armado, encofrado, hormigonado y desencofrado no se hace de forma secuencial, sino de forma simultánea.

Este sistema permite que la estructura se eleve de forma continua todo el conjunto, con períodos de hormigonado muy continuo, utilizando hormigones de fraguado rápido especiales. El encofrado también tiene la forma específica de la estructura.

Encofrados, cimbras y apeos

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas de seguridad

Riesgos genéricos

- Golpes en las manos durante el empleo del martillo.
- Caída de los encofradores al vacío.
- Vuelcos de los paquetes de madera (tablones, tableros, puntales, correas, soportes), durante las maniobras del izado a las plantas.
- Caída de madera al vacío durante las operaciones de desencofrado.
- Caída de personas al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas.
- Caída de personas por el borde o huecos del forjado.

Normas para encofrado y desencofrado:

- Se esmerará el orden y la limpieza durante la ejecución. Una vez concluido un determinado tajo se limpiará eliminando todo el material sobrante, que se apilará, en un lugar conocido para su posterior retirada. Todas las puntas que sobresalgan de cualquier elemento de madera para encofrados se arrancarán o doblarán.
- Los clavos o puntas existentes en la madera usada se extraerán (o remacharán, según casos). Los clavos sueltos o arrancados se eliminarán mediante un barrido y apilado en lugar conocido para su posterior retirada.
- El desencofrado se realizará siempre con ayuda de uñas metálicas realizándose siempre desde el lado del que no puede desprenderse la madera, es decir, desde el ya desencofrado.
- Las herramientas manuales: martillos, tenazas, barra de uñas, etc. estarán en buenas condiciones. Los encofradores llevarán las herramientas en una bolsa, pendiente del cinturón.
- Los encofrados metálicos se pondrán a tierra si existe el peligro de que entren en contacto con algún punto de la instalación eléctrica de la obra.
- Antes del vertido del hormigón, el Recurso Preventivo, comprobará en compañía del técnico cualificado, la buena estabilidad del conjunto, así como el correcto anclaje de apoyos, puntales, sopandas, etc.
- Los encofrados metálicos se pondrán a tierra si existe el peligro de que entren en contacto con algún punto de la instalación eléctrica de la obra.

Encofrados, cimbras y apeos

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
- Caídas de personas al mismo nivel. - Cortes al utilizar las mesas de sierra circular. - Pisadas sobre objetos punzantes. - Electrocución por anulación de tomas de tierra de maquinaria eléctrica. - Golpes en general con objetos. - Dermatitis por contactos con el cemento.  Imagen 14: andamio perimetral para acceso de trabajador durante el encaje de encofrado sobre la armadura de una pila.	- Se instalarán cubridores de madera (o setas de plástico) sobre todas aquellas puntas de redondos situadas en zonas de paso para evitar cortes en las personas. - Los elementos de encofrado se acopiarán de forma ordenada, atendiendo a su momento de utilización, sin que produzcan obstrucciones en el paso. El apilamiento de la madera y encofrado en los tajos cumplirá las condiciones de base amplia y estable, no sobrepasar de 2 m de altura, el lugar de apilamiento soportará la carga aplicada, el acopio se hará por pilas entrecruzadas. Si la madera es usada estará limpia de clavos. - Los elementos de encofrado se revisarán antes de su puesta, a fin de comprobar que su estado ofrece garantías para soportar las solicitaciones producidas por el hormigón fresco y que no tienen alguna parte desprendida capaz de ocasionar enganchones o punciones. - El montaje de paneles de encofrado en días ventosos se efectuará con sumo cuidado, y si las circunstancias lo aconsejan se suspenderá, ya que el efecto vela puede originar movimientos incontrolados de dichos paneles, con peligro de golpes y caídas de los operarios o esfuerzos adicionales en los medios de puesta en obra del encofrado. El movimiento de los encofrados se paralizará con régimen de vientos en torno a los 60 km/h. - El personal interviniente será conocedor del correcto sistema constructivo, lo que se acreditará ante la Dirección Facultativa. Las maniobras serán siempre dirigidas por un especialista. Es fundamental que las operaciones de desencofrado sean efectuadas por los mismos operarios que hicieron el encofrado. - Se instalarán plataformas de servicio delantero y trasero ancladas al propio encofrado, protegidas con barandillas reglamentarias, para evitar el riesgo de caída desde altura. El ascenso y descenso de personal a los encofrados se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias. - Se tenderá, tramo a tramo del encofrado, un cable de seguridad al que deberán anclar los mosquetones de los cinturones de seguridad los operarios encargados de "recibir" o "despedir el encofrado". - Durante las maniobras se evitará golpear partes de la estructura construida. - Diariamente se realizará una inspección de los balancines, eslingas, ruedas, etc., necesarios para los movimientos del encofrado. Si existiera deterioro por presentar claros rasgos de rotura, presencia de hormigón, deterioro, falta de algún elemento, se descartará, dejando claramente señalado "PROHIBIDO SU USO" - Se prohíbe la permanencia de personas sobre el encofrado durante las maniobras o cambios de posicionamiento. - En los trabajos de desencofrado en que haya peligro de caída libre de tableros u otros elementos, se tomarán medidas para evitar estas caídas y se adoptará la precaución complementaria de cortar las áreas que pudieran ser afectadas por las mismas. - Los materiales procedentes del desencofrado se apilarán a distancia suficiente de las zonas de circulación y trabajo. Las puntas salientes sobre la madera se sacarán o se doblarán. - En las áreas en que se desencofra o se apila la madera se colocará la señal "Obligatorio doblar las puntas". - El uso del aire comprimido para la limpieza del fondo del encofrado, previo al hormigonado, se ejecutará desde una posición en un lugar con las plataformas de trabajo utilizadas para el montaje del encofrado, así como las escaleras de acceso. Se utilizarán gafas antiproyecciones, así como mascarilla antipolvo y se prohíbe que exista personal en frente de los trabajos de soplado de aire para evitar interferencias.

Encofrados, cimbras y apeos

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Encofrado y desencofrado horizontal  <i>Imagen 15: Instalación de sistema de líneas de vida para la instalación de los tableros.</i>	- Antes de autorizar la subida de personas a la losa para armarla se revisará la verticalidad y estabilidad de los puntales y buena nivelación de las sopandas. - Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de las losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas. Se instalarán, en la planta inmediatamente inferior a la que se está encofrado, las redes de seguridad o protección. - Se instalarán redes de protección bajo forjado o sistemas de sujeción con retén de caída. - En caso de ser imprescindible que permanezca algún operario sobre las sopandas, si existe posibilidad, se tenderá bajo él una red horizontal de seguridad. De no serlo, estará sujeto a un "punto seguro" mediante el arnés de seguridad. - El desencofrante lo dará el operario protegido con guantes. - El izado de los tableros se efectuará mediante bateas emplintadas en cuyo interior se dispondrán los tableros ordenados y sujetos mediante flejes o cuerdas sujetas con nudos de mariner. - La instalación de los tableros sobre las sopandas se realizará subido el personal sobre un castillete de hormigonado o sobre un andamio colocado al efecto. - Se advertirá del riesgo de caída a distinto nivel al personal que deba caminar sobre el entablado. Se prohíbe pisar directamente sobre las sopandas. Se tenderán tableros que actúen como caminos seguros. - Se recomienda evitar pisar por los tableros excesivamente alabeados, que deberán desecharse de inmediato antes de su puesta. - Se recomienda caminar apoyando los pies en dos tableros a la vez, es decir, sobre las juntas. - El desprendimiento de los tableros se ejecutará mediante uña metálica, realizando la operación desde una zona ya desencofrada. - Concluido el desencofrado, se apilarán los tableros ordenadamente para su transporte sobre bateas emplintadas, sujetas con sogas atadas con nudos de mariner. - Terminado el desencofrado se procederá a un barrido de la planta para retirar los escombros y proceder a su vertido mediante trompas (o bateas emplintadas).
Encofrado y desencofrado vertical	- Los armazones de los paneles verticales, o cualquier otro elemento estructural del encofrado, no se utilizarán ocasionalmente como plataformas de trabajo y como escaleras de mano. Previamente a la colocación de aquellos, es necesario el montaje de éstas en los emplazamientos correctos. - Se deben utilizar los medios auxiliares necesarios para acceder al encofrado. Se tenderá a utilizar escaleras y plataformas de acceso integradas en el encofrado.
Transporte de los elementos de encofrado:	Si los elementos de encofrado se acopian en lotes para ser posteriormente trasladados por la grúa, deberán cumplir las siguientes condiciones: 1. Solo sobresaldrán del forjado, un máximo de un tercio de su longitud. 2. Cada lote se apoyará en un tablón, situado en el extremo del forjado
Encofrados deslizantes o trepadores: -Caída de personas al vacío. -Desprendimiento del encofrado por deficiente ejecución de los "puntos fuertes" (mal engatillado, ausencia de pasadores, etc.). -Atrapamiento de manos y/o pies.	-Antes de comenzar los trabajos se instalaren las correspondientes protecciones colectivas (protección de caídas a distinto nivel, mediante barandillas y redes, balizamiento de zonas peligrosas donde puedan caer objetos, la maquinaria auxiliar dispondrá de sus protecciones necesarias, acotación de las zonas de trabajo y señalización, sobre todo en zonas próximas a la circulación de vehículos, anclajes y cuerdas de seguridad). -Los trabajadores harán uso de los respectivos equipos de protección (casco de polietileno preferiblemente con barbuquejo, calzado de seguridad, cinturones de seguridad, guantes de cuero). -En este caso la seguridad coincide con el método de trabajo correcto. -Siempre se montarán y mantendrán perfectamente montadas las protecciones de las plataformas de trabajo y sus cierres laterales.

Encofrados, cimbras y apeos

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
-Movimientos descontrolados del encofrado durante las maniobras de cambio de posición. -Golpes por el encofrado. -Desprendimiento de componentes. -Los derivados de trabajos sometidos a vientos fuertes por alturas elevadas de la construcción. -Caída de personas durante los desplazamientos entre los niveles de trabajo. -Golpes por objetos. -Los derivados de condiciones meteorológicas adversas.	-No se iniciará el ascenso (1ª elevación), sin haber montado primero la plataforma interior de recuperación y repaso. -El cuelgue del elemento para sus cambios de posición se realizará con la ayuda de un "balancín indeformable" que se enganchará al gancho de la grúa. -En caso de encofrado a dos caras; la maniobra (o cambio de posición) del elemento de una cara, se guiará desde la plataforma de coronación del elemento opuesto (el muro queda emparedado entre ambos encofrados a la misma altura, hasta proceder a la eliminación de una de las caras), mediante sogas, y nunca con las manos directamente. -La instalación de la ferralla se efectuará una vez izadas ambas caras de encofrado. -Durante la maniobra de llegada de la ferralla montada, se desalojará la plataforma de trabajo. Una vez presentada, se procederá a entrar y por consecuencia al ajuste y conexión con las esperas de la ferralla hormigonada. -La comunicación entre pasarelas se resolverá con escaleras de mano. El riesgo de caída al vacío durante la comunicación entre niveles se resuelve tendiendo un paño de red desde la plataforma de coronación hasta la plataforma inferior. -El transporte interno de los paneles encofradores se realizará apilándolos verticalmente sobre cajas de camión a la que se les habrá bajado los laterales, atados y balizados con trapos rojos. Nunca se transportarán sobre los bordes superiores de los cierres de la caja de los camiones. -El acopio de componentes debe hacerse en un lugar o lugares determinados, próximos al lugar de armado para lograr un máximo orden. -La limpieza de los módulos "in situ" tras el desencofrado, se realizará siempre que no existan operarios sobre las plataformas inferiores. -Se prohíbe acceder a las plataformas de coronación si el conjunto no está totalmente estabilizado y aplomado para el vertido de hormigón. -El acceso y permanencia en las plataformas se efectuará provisto de cinturón de seguridad, que se anclará a un cable de circulación amarrado a dos "puntos fuertes" del sistema. -El ascenso y descenso del personal a los encofrados se efectuará a través de las escaleras de mano o provisionales que cumplirán las normas reglamentarias. En caso de que estas fueran insuficientes se utilizarán escaleras de tiros y mesetas (escaleras andamios) o andamios europeos (cumpliendo la norma HD-1000). -Queda terminantemente prohibido que los trabajadores escalen por los encofrados y por la ferralla. Protecciones individuales - Casco de seguridad. - Arnés de seguridad (Clase C). - Guantes de cuero. - Gafas de seguridad antiproyecciones. - Botas de goma o P.V.C. de seguridad, con puntera reforzada, y suelas anticlavos. - Trajes impermeables para ambientes húmedos. Protecciones colectivas. Adecuadas al proceso constructivo. Como mínimo se tendrá en cuenta: - Barandillas para losas y tableros. - Redes perimetrales con soporte metálico. - Redes para huecos horizontales. - Barandilla de protección. - Se emplearán extintores portátiles. - Vallas de limitación y protección.

Encofrados, cimbras y apeos

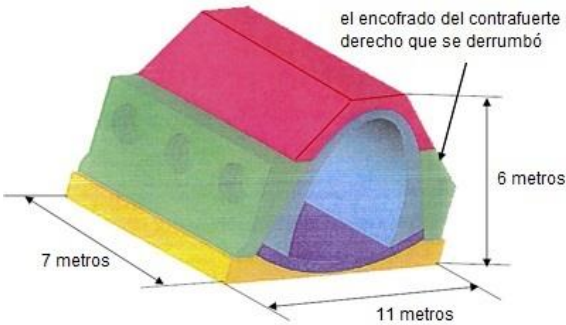
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	- Señalización de obligatoriedad de uso de las protecciones. Del riesgo eléctrico, caída de objetos, a distinto nivel, maquinaria pesada, cargas suspendidas, incendios y explosiones.
Instalación de cimbras y apeos: Antes de emplear en obra Requisitos de comportamiento y diseño general de las cimbras.  <i>Imagen 16. Diseño clase A</i>	- El constructor deberá disponer de un proyecto del montaje e instalación de la cimbra donde se contemplen por lo menos los siguientes aspectos: 1.-Justificación de la seguridad de la instalación, con los límites de las deformaciones del montaje antes y después del hormigonado. En el caso de hormigón pretensado, las cimbras deberán resistir la redistribución de cargas que se producen durante el tesado de las armaduras en la transferencia de esfuerzos de pretensado al hormigón. 2.-Planos que definan todos los elementos de la cimbra. Con el detalle necesario para los puntos críticos o de especial montaje. 3.-Pliego de prescripciones que defina las características que deben cumplir los perfiles, tubos, grapas o cualquier otro elemento auxiliar que componga la cimbra. - Procedimiento de montaje y desmontaje de la cimbra y apeos. Indicaciones de los requisitos de manipulación, ajuste, carga, desenclavamiento y desmantelamiento. - Procedimiento para hormigonado. - Certificación por escrito del cumplimiento de las prescripciones indicadas en los apartados anteriores. La norma UNE-EN 12812 define los requisitos de comportamiento y diseño general de las cimbras. Esta norma recoge las acciones a considerar en los cálculos, y cataloga y diferencia las cimbras en dos tipos: Clase de diseño A: es aquella cimbra cuya estabilidad está avalada por la experiencia y buenas prácticas ya establecidas y que se puede considerar que satisface los requisitos de diseño. • Son cimbras de utilización estándar y con limitaciones de altura y cargas. Las más habituales son puntales para forjados de edificación y las torres cuajadas en puentes. • El proyecto de la cimbra debe contener los ensayos y cálculos realizados por el proyectista del material estándar, para conocer las limitaciones de uso y montaje que deben respetarse. • Esta documentación deberá estar firmada por el suministrador del material y por el laboratorio que haya realizado el ensayo. Estos montajes requieren un análisis simplificado basado en los materiales de los elementos que conforman la cimbra (puntales, bases, cabezales de cimbra y arriostramientos). Su utilización se basa normalmente en la aplicación de tablas de uso y manuales de uso generales y no suelen requerir de cálculos ni ensayos específicos. • Habitualmente sólo entran dentro de esta clasificación los apeos con puntal. Según la norma, la clase A se puede adoptar solo cuando: 1. Las losas tengan un área de sección transversal inferior a 0,3 m² por metro de anchura de losa. 2. Las vigas tengan un área de sección transversal inferior a 0,5 m². 3. La luz libre de las vigas y las losas no supere los 6,0 m.

Encofrados, cimbras y apeos

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	4. La altura de la estructura permanente en la cara inferior no supere los 3,5 m. Clase de diseño B: la estabilidad y el diseño se deben estudiar de acuerdo con los Eurocódigos (EN 1990, EN 1991 hasta EN 1999) y con los apartados de la UNE-EN 12812, debido a que se debe realizar un diseño estructural completo. • Diseño B1- Se deben comprobar los estados límites últimos y de servicio, así como las uniones y detalles. Además, se deben incluir planos que determinen la cimbra en planta para poder realizar el replanteo, los alzados y las secciones, así como los detalles importantes. Dentro de esta clase se incluyen todas las cimbras realizadas con material a medida y todas aquellas de material estándar pero con usos que se salen de sus condiciones de utilización. • Diseño B2- Permite un cálculo más simplificado que determine la distribución de la carga, basándose en las áreas de influencia que recoge cada vertical o montante de la cimbra. • Este cálculo simplificado alcanza el mismo nivel de seguridad. En la clase B1 se supone que el montaje se lleva a cabo con un nivel de destreza apropiado para la construcción permanente (ver normas EN 1090-2 y EN 1090-3 para estructuras metálicas). • Fuera de estas dos clases de diseño, las cimbras especiales, destinadas a la construcción de grandes estructuras (cimbras auto-lanzables, lanzadores de vigas y dovelas o carros de voladizos sucesivos). se caracterizan por ser cimbras-máquina, es decir, con movimiento, por lo que se precisa de un cálculo muy detallado en todas las posiciones de trabajo.
Puntos críticos en encofrados, cimbras y apeos	A la vista de las investigaciones revisadas de la página especializada de evaluación de accidentes y controles del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de EEUU; entre los accidentes provocados por (o en que se han visto involucrados) los elementos de encofrado, se pueden resumir los siguientes puntos críticos: - El diseño del encofrado, cimbras y apeos, deben tener en cuenta que deben resistir las cargas y fuerzas, no sólo durante el servicio de la infraestructura, sino durante la colocación del hormigón. -La construcción del encofrado debe seguir TODAS las indicaciones del calculista. Si se realizan cambios en la construcción, deben ser aprobados por éste previamente. Debe existir un procedimiento que asegure que los cambios llegan a todos los implicados en la construcción. -Los refuerzos y amarres deben seguir las estrictas indicaciones de los planos. -El encofrado debe ser inspeccionado y certificado por un responsable competente (que disponga de todas los datos de cálculo y modificaciones) previo al vertido del hormigón. -Si se detecta alguna deficiencia o dificultad en el montaje, debe ser notificado y solventado con el equipo técnico. -La persona competente debe estar presente durante el vertido del hormigón. -Los planos de montaje del encofrado deben estar disponibles en la ejecución del montaje encofrado. -Previo al inicio de los trabajos, es conveniente tener una reunión del plan de trabajo y realizar una capacitación a los trabajadores sobre los riesgos y peligros asociados al encofrado y hormigonado. En las imágenes inferiores se expone el ejemplo de una obra donde se acumularon varias desviaciones de los puntos críticos antes mencionados. Resultado del accidente, muerte de un trabajador, y otro herido muy grave. Entre las principales causas: Cambio del sistema de anclaje del encofrado sin aprobación



Imagen 17. Diseño clase B. Cabe destacar la falta de seguridad del trabajador. Tanto en el acceso como en la plataforma de trabajo.

Encofrados, cimbras y apeos	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	previa, falta de los planos de montaje en la obra, falta de responsable que parara la obra ante la presencia de alteraciones en el comportamiento del encofrado.  <i>Imagen 18:</i> Estado del encofrado después del colapso. Colapso sufrido en obra de 2013. Fuente: OSHA (Administración de Salud Pública de EEUU)  <i>Imagen 19:</i> Ubicación del encofrado en mal estado dentro de la estructura general. Fuente: OSHA (Administración de Salud Pública de EEUU)

6.3. Ferrallado de estructuras.

A continuación, se describen todos los posibles componentes que pueden estar presentes en esta fase de obra, con las características obligatorias que deben cumplir para que la estructura ejecutada tenga las prestaciones planificadas. Los medios empleados en obra suelen ser grúas y camiones grúa, aparejos de izar, herramientas manuales de doblado y corte de alambre, plataformas de trabajo, andamios, castilletes, equipo de soldar, dobladora mecánica de ferralla.

6.3.1. Armaduras pasivas:

Se entiende por armadura pasiva el resultado de montar, en el correspondiente molde o encofrado, el conjunto de armaduras normalizadas, armaduras elaboradas o ferrallas armadas que, convenientemente solapadas y con los recubrimientos adecuados, tienen una función estructural.

Los productos de acero que pueden emplearse para la elaboración de armaduras pasivas pueden ser:

- *Barras rectas o rollos de acero corrugado soldable*: sólo podrán utilizarse las que sean conformes a la UNE EN 10080. Los tipos de acero corrugado se clasifican según su límite elástico, carga de rotura, alargamiento de rotura, y la relación entre los límites de elasticidad y rotura, en acero soldable y acero soldable con características especiales de ductilidad.
- *Alambres de acero corrugado o grafilado soldable*: aquéllos que cumplen los requisitos establecidos para la fabricación de mallas electrosoldadas o armaduras básicas electrosoldadas en celosía, de acuerdo con lo establecido en UNE EN 10080
- *Alambres lisos de acero soldable*: Los alambres lisos sólo pueden emplearse como elementos de conexión de armaduras básicas electrosoldadas en celosía. Aquéllos que cumplen los requisitos establecidos para la fabricación de elementos de conexión en armaduras básicas electrosoldadas en celosía, de acuerdo con lo establecido en UNE EN 10080.

Los productos de acero para armaduras pasivas no presentarán defectos superficiales ni grietas.

Las secciones nominales y las masas nominales por metro serán las establecidas en la tabla 6 de la UNE EN 10080. La sección equivalente no será inferior al 95,5 por 100 de la sección nominal.

Se entiende por diámetro nominal de un producto de acero el número convencional que define el círculo respecto al cual se establecen las tolerancias. El área del mencionado círculo es la sección nominal. La sección equivalente de un producto de acero, en cm², es el cociente de su peso en Nw, multiplicado por 0,077 veces su longitud en centímetros.

El diámetro del círculo cuya área es igual a la sección equivalente se llama diámetro equivalente.

Las características mecánicas, químicas y de adherencia de las armaduras pasivas serán las de las armaduras normalizadas o, en su caso, las de la ferralla armada que las componen.

Los diámetros nominales y geometrías de las armaduras serán las definidas en el correspondiente proyecto. Según la Instrucción de hormigón EHE 08, los tipos de armaduras y aceros normalizados se clasifican en armadura con acero de baja ductilidad, con acero soldable de ductilidad normal y con acero soldable y características especiales de ductilidad (utilizadas en caso de tener que cumplir con la normativa sismorresistente).

Mallas electrosoldadas: la armadura formada por la disposición de barras corrugadas o alambres corrugados, longitudinales y transversales, de diámetro nominal igual o diferente, que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica, realizada en un proceso de producción en serie en instalación industrial ajena a la obra, que sea conforme con lo establecido en UNE-EN 10080.

Las mallas electrosoldadas serán fabricadas a partir de barras corrugadas o alambres corrugados, que no se mezclarán entre sí.

Armaduras básicas electrosoldadas en celosía: estructura espacial formada por un cordón superior y uno o varios cordones inferiores, todos ellos de acero corrugado, y una serie de elementos transversales, lisos o corrugados, continuos o discontinuos y unidos a los cordones longitudinales mediante soldadura eléctrica, producida en serie en instalación industrial ajena a la obra, que sean conforme con lo establecido en UNE-EN 10080

Ferralla armada: se define como la armadura elaborada, cada una de las formas o disposiciones de elementos que resultan de aplicar, en su caso, los procesos de enderezado, de corte y de doblado a partir de acero corrugado o, en su caso, a partir de mallas electrosoldadas. Es el resultado de aplicar a las armaduras elaboradas los correspondientes procesos de armado, bien mediante atado por alambre o mediante soldadura no resistente.

6.3.2. Armaduras activas

Son las armaduras aquellas disposiciones de los elementos de acero de alta resistencia mediante las cuales se introduce la fuerza del pretensado en la estructura. Se definen los siguientes productos de acero para armaduras activas:

- *Alambre:* producto de sección maciza, liso o grafilado, que normalmente se suministra en rollo. El alambre de pretensado, tienen que cumplir los requisitos establecidos en UNE 36094 o la norma armonizada de producto.

- **Barra:** producto de sección maciza que se suministra solamente en forma de elementos rectilíneos. Las barras de pretensado deben cumplir con las características mecánicas de ensayo recogidas en UNE-EN ISO 15630-3.
- **Cordón:** producto formado por un número de alambres arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y el mismo sentido de torsión, sobre un eje ideal común (véase UNE 36094). Los cordones se diferencian por el número de alambres, del mismo diámetro nominal y arrollados helicoidalmente sobre un eje ideal común y que pueden ser 2, 3 ó 7 cordones. Pueden ser lisos o grafilados. No son admisibles los alambres o cordones oxidados, salvo una ligera capa de óxido superficial no adherente. El cordón de pretensado deben cumplir con los requisitos técnicos en UNE 36094 o la norma armonizada de producto.

Se denomina "tendón" al conjunto de las armaduras paralelas de pretensado que, alojadas dentro de un mismo conducto, se consideran en los cálculos como una sola armadura. En el caso de armaduras pretensas, recibe el nombre de tendón cada una de las armaduras individuales.

Las características que definen los aceros para armaduras activas son, la carga unitaria máxima a tracción, límite elástico, alargamiento bajo carga máxima, módulo de elasticidad, relajación, resistencia a la fatiga y susceptibilidad a la corrosión bajo tensión, como mínimo.

Sistema de pretensado. Todos los aparatos utilizados en las operaciones de tesado deberán estar adaptados a la función, y por lo tanto:

- Cada tipo de anclaje requiere utilizar un equipo de tesado, en general se utilizará el recomendado por el suministrador del sistema.
- Los equipos de tesado deberán encontrarse en buen estado con objeto de que su funcionamiento sea correcto, proporcionen un tesado continuo, mantengan la presión sin pérdidas y no ofrezcan peligro alguno.
- Los aparatos de medida incorporados al equipo de tesado, permitirán efectuar las correspondientes lecturas con una precisión del 2%. Deberán contrastarse cuando vayan a empezar a utilizarse y, posteriormente, cuantas veces sea necesario, con frecuencia mínima anual.

Se debe garantizar la protección contra la corrosión de los componentes del sistema de pretensado, durante su fabricación, transporte y almacenamiento, durante la colocación y sobre todo durante la vida útil de la estructura.



Imagen 20:
Tensionado de los tendones al comienzo de la losa. Fuente: European Commission. Seminario 2012 "Diseñando puentes con Eurocódigos".



Imagen 21: Corte de los tendones después del tensionado. Fuente: European Commission. Seminario 2012 "Diseñando puentes con Eurocódigos".

Armaduras pretensas: son las que se tesan antes del vertido del hormigón, al cual transmiten su esfuerzo por adherencia una vez endurecido.

Armaduras postesas: las que se tesan una vez endurecido el hormigón, al cual transmiten su esfuerzo por medio de anclajes. En el caso de armaduras activas postesadas, sólo podrán utilizarse los sistemas de pretensado que cumplan los requisitos establecidos en el documento de idoneidad técnica europeo, elaborado específicamente para cada sistema por un organismo autorizado en el ámbito de la Directiva 89/106/CEE y de conformidad con la Guía ETAG 013 elaborada por la European Organisation for Technical Approvals (EOTA).

- Dispositivos de anclaje: Los anclajes deben ser capaces de retener eficazmente los tendones, resistir su carga unitaria de rotura y transmitir al hormigón una carga al menos igual a la máxima que el correspondiente tendón pueda proporcionar. Para ello deberán cumplir las siguientes condiciones:

- a) El coeficiente de eficacia de un tendón anclado será al menos igual a 0,95, tanto en el caso de tendones adherentes como no adherentes. Además de la eficacia se verificarán los criterios de no reducción de capacidad de la armadura y de ductilidad conforme a la Guía ETAG 013 elaborada por la European Organisation for Technical Approvals (EOTA).
- b) El deslizamiento entre anclaje y armadura debe finalizar cuando se alcanza la fuerza máxima de tesado (80% de la carga de rotura del tendón). Para ello:

- Los sistemas de anclaje por cuñas serán capaces de retener los tendones de tal forma que, una vez finalizada la penetración de cuñas, no se produzcan deslizamientos respecto al anclaje.
- Los sistemas de anclaje por adherencia serán capaces de retener los cordones de tal forma que, una vez finalizado el tesado no se produzcan fisuras o plastificaciones anormales o inestables en la zona de anclaje,

Para garantizar la resistencia contra las variaciones de tensión, acciones dinámicas y los efectos de la fatiga, el sistema de anclaje deberá cumplir con unos requisitos mínimos probados por el Ingeniero de diseño, según los criterios recogidos en la EHE 08- Instrucción de hormigón estructural.

Las zonas de anclaje deberán resistir 1,1 veces la carga de rotura del anclaje con el coeficiente de eficacia indicado en el punto anterior.

El diseño de las placas y dispositivos de anclaje deberá asegurar la ausencia de puntos de desviación, excentricidad y pérdida de ortogonalidad entre tendón y placa.

Los ensayos necesarios para la comprobación de estas características serán los que figuran en la UNE 41184. Los elementos que constituyen el anclaje deberán someterse a un control efectivo y riguroso y fabricarse de modo tal, que dentro de un mismo tipo, sistema y tamaño, todas las piezas resulten intercambiables. Además deben ser capaces de absorber, sin menoscabo para su efectividad, las tolerancias dimensionales establecidas para las secciones de las armaduras.

-Elementos de empalme: Los elementos de empalme de las armaduras activas deberán cumplir las mismas condiciones exigidas a los anclajes en cuanto a resistencia y eficacia de retención.

- Vainas: En los elementos estructurales con armaduras postesas es necesario disponer conductos adecuados para alojar dichas armaduras. Para ello, lo más frecuente es utilizar vainas que quedan embebidas en el hormigón de la pieza, o se recuperan una vez endurecido éste.

Deben ser resistentes al aplastamiento y al rozamiento de los tendones, permitir una continuidad suave del trazado del conducto, garantizar una correcta estanquidad en toda su longitud, no superar los coeficientes de rozamiento de proyecto durante el tesado, cumplir con las exigencias de adherencia del proyecto y no causar agresión química al tendón.

En ningún caso deberán permitir que penetre en su interior lechada de cemento o mortero durante el hormigonado. Para ello, los empalmes, tanto entre los distintos trozos de vaina como entre ésta y los anclajes, habrán de ser perfectamente estancos.

El diámetro interior de la vaina, habida cuenta del tipo y sección de la armadura que en ella vaya a alojarse, será el adecuado para que pueda efectuarse la inyección de forma correcta.

- Vainas de flejes metálicos corrugados enrollados helicoidalmente. Se presentan en forma de tubos metálicos con resaltes o corrugaciones en su superficie para favorecer su adherencia al hormigón y a la lechada de inyección y aumentar su rigidez transversal y su flexibilidad longitudinal.
- Vainas de fleje corrugado de plástico. Las características morfológicas son similares a las anteriores, con espesores mínimos de 1 mm.

Pueden emplearse tubos metálicos rígidos, de polietileno, de goma hinchables

-Inyección: Se utilizan accesorios como tubo de purga, boquilla de inyección, separador, trompeta de empalme. Estos productos son utilizados para evitar la corrosión de las armaduras alojadas en conductos o vainas. Y deben estar exentos de sustancias como cloruros o sulfatos y nitratos que pueden deteriorar peligrosamente la capacidad de la armadura.

Los productos de inyección adherentes, de lechadas o morteros de cemento, no deben afectar a la capacidad portante del acero. Los productos de inyección no adherentes, de grasas, ceras, polímeros, productos bituminosos, poliuretano, etc. proporcionan protección sin que se adhieran las armaduras a los conductos. Estos productos deben mantener su estabilidad durante toda la vida útil de la estructura

- Piezas de entrevigado en forjados: Una pieza de entrevigado es un elemento prefabricado con función aligerante o colaborante destinada a formar parte, junto con las viguetas o nervios, la losa superior hormigonada en obra y las armaduras de obra, del conjunto resistente de un forjado.

Las piezas de entrevigado colaborantes pueden ser de cerámica o de hormigón u otro material resistente. Su resistencia a compresión no será menor que la resistencia de proyecto del hormigón vertido en obra con que se ejecute el forjado. Puede considerarse que los tabiquillos de estas piezas adheridas al hormigón forman parte de la sección resistente del forjado.

Las piezas de entrevigado aligerantes pueden ser de cerámica, hormigón, poliestireno expandido u otros materiales suficientemente rígidos.



Imagen 22: Ejemplo de entrevigado de hormigón

Ferralla

Proceso constructivo

- Despiece, cortado y doblado de las armaduras: estas tareas se harán en la obra lo menos posible. En caso de tener que tener un taller en obra, se ejecutarán las medidas de seguridad necesarias para que se cumplan las propiedades de diseño, almacenamiento y transporte previos para su colocación definitiva.
Si las armaduras se han descompuesto en varios tramos se soldarán en obra para formar un conjunto continuo. La soldadura del siguiente tramo se realiza mediante una grúa que sustenta el siguiente tramo una vez colocado el inicial.
- Las armaduras se colocarán limpias, exentas de toda suciedad y óxido no adherente. Se dispondrán de acuerdo con las indicaciones de los Planos y Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y se fijarán entre sí mediante las oportunas sujeciones, manteniéndose mediante piezas adecuadas la distancia al encofrado, de modo que quede impedido todo movimiento de las armaduras durante el vertido y compactación del hormigón, y permitiendo a éste envolverlas sin dejar coqueras.
- En forjados, vigas y elementos similares, se podrán colocar dos barras de la armadura principal en contacto, una sobre otra, siempre que sean corrugadas. En soportes y otros elementos verticales, se podrán colocar dos o tres barras de la armadura principal en contacto, siempre que sean corrugadas.
- El transporte del acero de pretensado se realizará en vehículos cubiertos y de forma que vaya debidamente embalado y protegido contra la humedad, deterioro, contaminación y grasas.
- El almacenamiento se realizará en locales ventilados, en los que no pueda ensuciarse la superficie del material y al abrigo de la humedad del suelo y paredes para evitar riesgos de oxidación o corrosión. Se adoptarán las precauciones precisas en el almacén para evitar cualquier deterioro de los aceros debido al ataque químico, operaciones de soldadura realizadas en las proximidades y otras causas.
- En la soldadura de aceros especiales se utilizarán los electrodos adecuados, así como el voltaje y las condiciones de soldadura al arco, de tal forma que no resulten afectadas las propiedades del acero.
- Los ganchos de suspensión de las jaulas serán de acero ordinario.

COLOCACIÓN DE ARMADURAS Y ACCESORIOS:

- La posición de las armaduras, o sus vainas en el interior de los encofrados, se ajustará a lo indicado en los Planos, para lo cual se sujetarán con alambres o calzos. El Director aprobará la distribución de los calzos y disposición de los apoyos para lograr el adecuado trazado de las armaduras y su perfecta y permanente sujeción.
- En todo caso, los medios de fijación adoptados serán tales que no provoquen aumentos de rozamiento de las armaduras cuando se tesen. Se deberá tener presente la posibilidad de flotación de las vainas en los casos en que el hormigonado se efectúe antes del enfilado de las armaduras.
- Las condiciones térmicas habrán de tenerse en cuenta si una variación importante en la temperatura pudiese provocar una modificación en el reglaje de la posición de los tendones. En particular, las fijaciones deberán resistir a los efectos que puedan derivarse de las variaciones de temperatura.
- Las uniones entre trozos sucesivos de vainas o entre vainas y anclajes deberán tener una hermeticidad que garantice que no puede penetrar lechada de cemento durante el hormigonado.
- También será necesario asegurarse de que la posición de los tendones dentro de sus vainas o conductos es la adecuada. Para ello, si fuese preciso, se recurrirá al empleo de espaciadores. Queda terminantemente prohibido dejar las armaduras o sus vainas sobre el fondo del encofrado para irlas levantando después, a medida que se hormigona la pieza, hasta colocarlas en la posición adecuada.
- En los elementos con armaduras pretesas habrá que conceder un cuidado particular al paralelismo de las mismas.
- Para garantizar el centrado de una jaula en el pilote, y que éste no se desmorone en el izado, se colocarán los rigidizadores necesarios.

Ferralla

Proceso constructivo

ATADO, SOLDADO Y ANCLAJES DE ARMADURAS:

Anclajes: El montaje de los dispositivos de anclaje se realizará siguiendo estrictamente las especificaciones propias del sistema utilizado.

- En los puntos en que se vaya a disponer de un anclaje, se colocará en el encofrado o molde un taco adecuado para formar un cajeado, en el cual apoye el anclaje y que facilite la colocación del material de protección del anclaje una vez terminado el tesado y la inyección.
 - Las placas de reparto de los anclajes deben colocarse perpendiculares al trazado de los tendones correspondientes, con objeto de que el eje del gato coincida con el del trazado.
 - Para conseguir una perfecta colocación, dicho trazado deberá ser recto en las inmediaciones del anclaje, al menos en la longitud prescrita en las especificaciones del sistema de pretensado. La fijación de los anclajes al encofrado o molde deberá garantizar que se mantiene su posición durante el vertido y compactación del hormigón.
 - Antes de utilizar un anclaje, se comprobará que las cuñas y el interior de los tacos o conos hembra de anclaje están limpios, de tal forma que aquéllas puedan moverse libremente dentro del anclaje, para su perfecto ajuste.
 - Las roscas de las barras y tuercas deben estar limpias y engrasadas, manteniéndolas con sus envolturas protectoras hasta el momento de su utilización.
 - Las barras roscadas que hayan de introducirse en conductos a tal efecto dispuestos en el hormigón de la pieza que se va a pretensar, deberán protegerse adecuadamente para evitar que se dañen por abrasión sus extremos roscados durante la colocación.
 - Los dientes de las cuñas se limpiarán con cepillo de alambre, para eliminar cualquier suciedad u oxidación que pudiera haberse acumulado en las hendiduras. La superficie exterior de las cuñas deberá recubrirse, durante su almacenamiento, con grafito o cera.
 - Deberán llevar las marcas necesarias para que no puedan confundirse, unas con otras, las destinadas al anclaje de tendones de características diferentes. Cuando los anclajes sean reutilizables, por ejemplo en el caso de armaduras pretesas, se devolverán a almacén para su limpieza y revisión una vez usados.
-
- En el momento de su puesta en obra, las armaduras deberán estar libres de óxido no adherente y perfectamente limpias, sin trazas de grasa, aceite, pintura, polvo, tierra o cualquier otra materia perjudicial para su buena conservación o su adherencia.
 - No presentarán indicios de corrosión, defectos superficiales aparentes, puntos de soldadura, ni pliegues o dobleces. Se admite que las armaduras, en el momento de su utilización, presenten ligera oxidación adherente, entendiéndose por tal la que no se desprende a frotar las armaduras con cepillo de alambre o un trapo seco.
-
- Debe evitarse todo contacto, directo o electrolítico, entre los aceros de pretensado y otros metales, a causa del peligro de que se produzca el efecto pila.
 - Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar que las armaduras, durante su colocación en obra, experimenten daños, especialmente entalladuras o calentamientos locales que puedan modificar sus características.
 - Se cuidará especialmente de que, en las proximidades de la zona activa de las armaduras de pretensado, no se realicen operaciones de soldadura u otras capaces de desprender calor, para evitar que los aceros resulten sometidos a temperaturas elevadas, corrientes parásitas o chispas desprendidas al soldar.
-
- Todo ajuste de longitud o arreglo de los extremos de las armaduras se hará mecánicamente o por oxicorte. Caso de emplear el soplete, se evitará cuidadosamente que la llama pueda alcanzar a otros tendones ya tesados. La zona de acero alterada por la operación de oxicorte deberá quedar fuera de la zona activa de la armadura.
 - Si se han de cortar los extremos de las armaduras de un anclaje ya tesado, el corte se efectuará como mínimo a tres centímetros (3 cm) del anclaje, y esta operación no podrá hacerse hasta una vez endurecido el mortero de inyección, salvo que la espera pudiese condicionar el ritmo del proceso constructivo previsto

No se utilizarán empalmes de tendones no previstos en los Planos, salvo autorización expresa del Director. Se recuerda en tal caso la necesidad de que el ensanchamiento de la vaina alrededor del empalme debe tener suficiente longitud para no coartar su movimiento durante el tesado del tendón.

Ferralla

Proceso constructivo

Una vez colocados los tendones, y antes de autorizar el hormigonado, el Director revisará tanto las armaduras como las vainas, anclajes y demás elementos ya dispuestos en su posición definitiva. Comprobará si la posición de las armaduras concuerda con la indicada en los Planos y si sus sujeciones son las adecuadas para garantizar la invariabilidad de su posición durante el hormigonado.

En el intervalo de tiempo entre el hormigonado y la inyección de la vaina se tomarán las precauciones necesarias para evitar la entrada, a través de los anclajes, de agua o cualquier otro agente agresivo, capaz de ocasionar la corrosión del tendón o anclajes.

Una vez terminadas las operaciones de tesado y, en su caso, de retesado, y realizada la inyección de los conductos en que van alojadas las armaduras, todas las piezas que constituyen el anclaje deberán protegerse contra la corrosión, mediante hormigón, mortero, pintura u otro tipo de recubrimiento adecuado. Esta protección habrá de efectuarse lo más pronto posible y, en cualquier caso, antes de transcurrido un mes desde la terminación del tesado

El plazo de un mes indicado para efectuar la protección definitiva de los anclajes, debe interpretarse como un máximo que conviene rebajar siempre que sea posible y, sobre todo, cuando la estructura se encuentra sometida a atmósferas muy agresivas. En el caso de que fuese imposible, por el plan de obra previsto, realizar la inyección y la consiguiente protección de anclajes en el plazo indicado, se asegurará una protección provisional de las armaduras por otro método eficaz, tal como la inyección de aceite soluble. Dicha protección provisional no debe obstaculizar su posible tesado posterior ni la inyección definitiva.

Si se han de cortar los extremos de las armaduras de un anclaje ya tesado, el corte se efectuará como mínimo a tres centímetros (3 cm) del anclaje, y esta operación no podrá hacerse hasta una vez endurecido el mortero de inyección, salvo que la espera pudiese condicionar el ritmo del proceso constructivo previsto.

TESADO: Se entiende por tesado el conjunto de operaciones necesarias para poner en tensión las armaduras activas. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares incluirá un *programa de tesado* que defina el orden en que deben realizarse las operaciones de tesado en relación con el proceso constructivo y la magnitud de la carga a aplicar a cada una, detallando al menos:

- Las sucesivas etapas parciales de pretensado.
- Orden de tesado de los tendones en cada etapa.
- Resistencia del hormigón en cada etapa de tesado.
- Tensión de anclaje de cada tendón en cada fase.
- Alargamientos que deben obtenerse.

- Modificación del programa de tesado: En los casos en que se modifique el proceso constructivo de la pieza o estructura, o en caso de ser necesarias operaciones de retesado o destesado, el Director deberá aprobar el nuevo proceso constructivo y preparar, de acuerdo con él, el correspondiente programa de tesado.

- Operación de tesado: una vez aprobado por el Director de obra, al haber comprobado que el hormigón ha alcanzado, al menos, una resistencia mínima para comenzar el tesado, que la temperatura es superior a 2°C. Se revisará el equipo de tesado y se vigilará el cumplimiento de las especificaciones del sistema de pretensado. Con especial atención de que el gato apoye perpendicularmente y esté centrado sobre el anclaje.

En estas operaciones permanecerá en la zona el mínimo personal posible. Por detrás de los gatos, se colocarán protecciones resistentes y se prohibirá que durante el tesado se pueda circular más allá de esas protecciones.

Una vez alcanzada la carga prevista en el programa de tesado, se procederá al anclaje de las armaduras al tendón.

El control de la fuerza de pretensado se realizará midiendo simultáneamente el esfuerzo aplicado por el gato y el alargamiento que experimenta la armadura.

Ferralla

Factores de riesgo/ Riesgos

Riesgos de trabajos con ferralla

- Cortes y heridas en manos y pies por manejo de redondos de acero.
- Cortes con maquinaria de elaboración de ferralla.
- Aplastamientos durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla.
- Aplastamientos durante las operaciones de montaje de armaduras.
- Tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Los derivados de las eventuales roturas de redondos de acero durante el estirado o doblado.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Golpes por caída o giro descontrolado de la carga suspendida.
- Quemaduras.
- Contactos eléctricos.

Medidas de seguridad

- Solo personal autorizado a la ejecución de los trabajos y a la vigilancia de las medidas de seguridad tendrá acceso a la zona de trabajo.
- Se deberá disponer de los manuales de uso de los fabricantes de la maquinaria a pie de obra, así como disponer de la señalización de la máquina adecuada a los riesgos que implican.
- La maquinaria utilizada deberá disponer de todas sus protecciones y para comprobarlo se deberá revisar diariamente por el trabajador designado de prevención de la empresa que realice estos trabajos de ferrallado.
- Toda la maquinaria eléctrica tendrá en perfecto estado sus protecciones y dispondrá de interruptores y toma de tierra de acuerdo con la normativa vigente.
- Toda la maquinaria y equipo utilizado deberá tener el marcado CE.



Imagen 23: Taller de ferralla en obra. Zona de trabajo adecuada con espacio y organización. Uso de equipos de protección

Trabajos en el taller de ferralla

- Se habilitará en obra un espacio dedicado al acopio clasificado de los redondos de ferralla próximo al lugar de montaje de armaduras.
- Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores a 1,50 m.
- La ferralla montada se almacenará en los lugares designados a tal efecto separado del lugar de montaje.
- Los desperdicios o recortes de hierro y acero, se recogerán acoplándose en el lugar determinado en los planos para su posterior carga y posterior transporte a vertedero.
- Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco de trabajo.
- Se prohíbe trepar por armaduras verticales en cualquier caso.

Ferralla

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas de seguridad

Fase de izado y colocación de armaduras



Imagen 24: Posición adecuada de los trabajadores respecto al izado de cargas

- Los cables y eslingas a utilizar se verificarán *siempre* antes de cada uso.
- El atado mediante aparejos de izado de los paquetes de armadura, para transportar con grúa, se efectuará con las medidas necesarias de espacio, mantenimiento de los elementos de izado y con los puntos de anclaje adecuados. Se utilizará el personal necesario para el enganche y desenganche. En ningún caso se trepará o caminará por las armaduras acopiadas en camión o en obra, ningún trabajador permanecerá bajo las cargas suspendidas en el camión durante el izado.
- La ferralla montada se transportará al punto de ubicación suspendida del gancho de la grúa mediante eslingas que la sujetarán de dos puntos distantes para evitar deformaciones y desplazamientos no deseados.
- En el proceso de colocación y extracción de los tubos de hormigonado, se tomarán las medidas necesarias para evitar riesgos de caída a distinto nivel, y se extremarán las precauciones en los enganches de seguridad de unión de los tubos.
- Las armaduras antes de su colocación estarán completamente terminadas, reduciéndose así al mínimo tiempo imprescindible el acceso de personal al fondo de zanjas y pozos de cimentación.
- En ningún momento se acopiará la jaula de colocación de tubos a menos de 5 m de la valla perimetral de cerramiento de obra, durante el proceso de trabajo.
- Las maniobras de ubicación "in situ" de ferralla montada se guiarán mediante un equipo de tres hombres; dos guiarán mediante sogas en dos direcciones la pieza a situar, siguiendo las instrucciones del tercero que procederá manualmente a efectuar las correcciones de aplomado.
- No se acopiarán los hierros sobre estructuras no consolidadas o andamios.
- Las camisas y armaduras metálicas, utilizadas para su colocación en los pilotes, se suspenderán verticalmente mediante cables, por medio de grúa y se dirigirán con cuerdas por la parte inferior siempre con un mínimo de dos personas y nunca directamente con las manos.
- Durante el izado de paneles, camisas y armaduras, estará prohibida la permanencia del personal en el radio de acción de la máquina.
- Se prohíbe el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical. Se transportarán suspendidas de dos puntos mediante eslingas hasta llegar próximo al lugar de ubicación. Se deposita en el suelo y entonces se eleva vertical para su ubicación exacta "in situ".
- Se protegerán con redes los huecos pendientes de rellenar, para prevenir caídas, y se colocarán protecciones tipo seta en las terminaciones de las barras.



Imagen 25. Transporte horizontal de pilares hasta su colocación exacta.

Fase de armado

- Se instalarán caminos de tablonos que permitan la circulación sobre solera o cimientos en fase de armado (o tendidos de mallazo de reparto).
- En los trabajos de ferrallado de tableros se colocará una barandilla provisional de madera con zócalo, travesaño intermedio y superior y los trabajadores se atarán con arnés en trabajos que impliquen la retirada de dichas protecciones colectivas cuando se trabaje cerca de los extremos de los tableros.
- El acceso al tajo se realizará por escalera, no se trepará por las armaduras.
- Las escaleras de mano o provisionales cumplirán las normas reglamentarias. En caso de que estas fueran insuficientes se utilizaran escaleras de tiros y mesetas (escaleras andamios) o andamios europeos (cumpliendo la norma HD-1000).

Ferralla	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	- Se vigilará en todo momento que no existan trabajos en niveles superpuestos y si esto fuese necesario se coordinará la realización de los mismos con conocimiento de causa y correcta compenetración. - Se acotarán las zonas inferiores de forma que quede bloqueado el paso o estancia de personas en la zona de peligro de caída de materiales. - Hasta que las cimentaciones y estructuras no almacenen la consistencia necesaria se dispondrá de andamiajes complementarios para responder a la necesidad del montaje de las armaduras en condiciones reglamentarias de seguridad. - Se observará despejada y en orden el área de trabajo, evitando interferencias de otras personas o materiales, señalizando con peligro de cargas suspendidas. - Se evitará que el material izado tropiece en lugares de peligro (cables, tuberías, andamiajes, partes de la obra, etc.).
	Protecciones individuales - Casco de polietileno. - Guantes de cuero. Guantes de goma o PVC. - Botas de seguridad con puntera reforzada y plantilla metálica. - Botas de goma o de P.V.C. de seguridad. - Ropa de trabajo. - Cinturón porta-herramientas. - Cinturón de seguridad para trabajos en altura. Con la previsión de los amarres. - Trajes para tiempo lluvioso. - Protecciones auditivas. - Mascarillas con filtro mecánico recambiable. - Mandil de cuero, polainas (soldadura). - Gafas antiproyecciones. - Chaleco reflectante. <i>Imagen 26:</i> Protección colectiva. Barandilla de borde de tablero.
	Protecciones colectivas y/o señalización - Zonas de trabajo limpias y ordenadas. - Delimitación de las áreas de trabajo de las máquinas, con topes de final de recorrido. - Señalización de seguridad. Peligro caídas a distinto nivel, movimiento de maquinaria pesada y uso obligatorio de EPI. - Riegos antipolvo. - Protecciones eléctricas en las máquinas. - Barandilla de seguridad en pozos, zanjas y bordes de excavaciones. - Carcasa cilíndrica de altura mínima de 90 cm para proteger los pozos de excavación. - Cinta de balizamiento. - Plataformas reglamentarias provistas de barandillas, rodapié y listón intermedio. - Setas de protección de las terminaciones de redondos de ferralla.

Ferralla	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Puntos críticos de seguridad	A la vista de las investigaciones revisadas de la página especializada de evaluación de accidentes y controles del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de EEUU; entre los accidentes provocados por (o en que se han visto involucrados) los elementos de ferralla, se pueden resumir los siguientes puntos críticos: Análisis previo de accidente: una pantalla de acero de refuerzo de 13m de alto que pesaba 80 toneladas cayó y mató a uno de los dos trabajadores que trabajaban cerca de la parte superior de la pantalla. El viento en el momento del incidente era de aproximadamente 40 Km/h y los dos trabajadores estaban instalando y atando la última parte de los refuerzos horizontales a la cara este de la pantalla de acero. La conclusión de las causas del accidente fueron las siguientes: 1. El colapso de la pantalla de acero ocurrió porque el refuerzo de acero no había podido proporcionar un soporte lateral adecuado a la jaula de acero de 13m de altura. El viento de 40Km/h provocó el colapso. 2. Los cables de retención existentes estaban destinados a aumentar el refuerzo de la pantalla de acero durante su instalación, aunque no eran capaces de soportarla lateralmente. No ofrecieron resistencia en unión con los refuerzos horizontales de la pantalla, al carecer de la flexibilidad suficiente. 3. Basándose en los puntos anteriores, se ve que no se cumplió claramente con las especificaciones de EHE 08 Instrucción de Hormigón Estructural. O en su caso con la Normativa en US: 29 CFR Parte 1926 - REGLAMENTOS DE SEGURIDAD Y SALUD PARA LA CONSTRUCCIÓN. 703-Requisitos para el hormigón “in situ”. La obra consta de la instalación de cuatro columnas de hormigón sobre una zapata que formaría un puente. La zapata en el momento del accidente había alcanzado su resistencia total. La pantalla de acero se incrusta en la base de hormigón que se apoya en 20 ejes perforados. El nivel inferior de los refuerzos de la pantalla, se colocaron un mes antes. Y se colocaron cables de sujeción verticales con un marco provisional para ir levantando las siguientes alturas de la pantalla. A medida que esta iba aumentando en altura, los cables de sujeción vertical no podían sostener el peso.  <i>Figuras 27, 27-a, 27-b: Vista general de la pantalla caída situada junto a otras dos pilas hormigonadas previamente. Y detalles de la pantalla caída. Se observa la falta de conexión entre las distintas alturas de la pantalla, y la falta de atado entre los soportes horizontales.</i> Fuente: OHSAS.

7. Estructuras que apoyan el trazado. Riesgos y medidas preventivas. Procesos constructivos

Para que el trazado de la infraestructura lineal cumpla con las características adecuadas para permitir la circulación, según los parámetros para los que fue diseñado (volumen y tipo de usuarios, velocidad permitida, etc.), es necesario que distintos tipos de estructuras lo permitan. Éstas se clasifican, según el objeto en:

-Viaductos y puentes: cuando salva un obstáculo físico como un río o desfiladero, mediante varios vanos.

-Pasos superiores: cuando permiten cruzar caminos o carreteras sobre la infraestructura. Tienen que salvar la diferencia de altura entre las vías que se cruzan. Su geometría debe realizarse en base a que estéticamente no suponga un salto físico o visual.

-Pasos inferiores: cuando el cruce se realiza por debajo de ésta.

-Túneles: cuando se pretende atravesar un elemento geográfico para no rodearlo.

En todos estos casos, se deben realizar en base a los estudios preliminares antes mencionados, el tipo de cimentación (superficial mediante zapatas, o profunda mediante pilotes), el tipo de viga (cajón, artesa, doble T, marco), dintel, tablero, estribos.

A continuación, se van a revisar las medidas preventivas en base al tipo de estructura elegida, proceso constructivo, etc. Estas medidas se deberán complementar con la conexión del proceso constructivo de la infraestructura completa y no se debe contemplar individualmente.

Riesgos y medidas principales

El riesgo más importante que se presenta en el proceso de ejecución de una estructura es el de caída de altura.

La disminución y/o eliminación del riesgo de caída de altura se debe realizar mediante la incorporación, de los medios auxiliares empleados y de las protecciones colectivas adecuadas, además de las individuales de cada trabajador.

Los medios auxiliares son plataformas de trabajo y las protecciones colectivas son redes verticales para evitar la caída de objetos, barandillas de protección perimetral y líneas de vida. Se debe prestar especial atención a la constitución y posterior mantenimiento de escaleras auxiliares y andamios.

7.1. Construcción de pilas

Los encofrados para las pilas estarán dotados de plataformas para los trabajos de hormigonado de estos elementos. Estas plataformas dispondrán de barandilla, barra intermedia y rodapiés. Las escaleras de acceso a dichas plataformas serán normalizadas, dispondrán de topes en el suelo para evitar su deslizamiento y deberán, sobrepasar en un metro la altura a la que se pretende acceder.

Dichas escaleras de mano, asimismo, no serán de una altura mayor a 5m. A partir de dicha altura ya no serán escaleras de mano, sino tipo andamio, con escalera normalizada. Nunca se accederá trepando por el encofrado. Si se trabajase sujetado con una escalera de mano, los operarios trabajarán con arnés de seguridad con doble mosquetón, para que el trabajador siempre esté atado.

Son de aplicación las medidas de protección y prevención en trabajos de ferrallado, encofrado y hormigonado.

Si se colocan los tramos de encofrado con plataforma de trabajo, también debe estar colocados en su izado la barandilla correspondiente (a no ser que existan partes móviles). En caso de grandes volúmenes de ferralla, rapidez de ejecución o trabajos cercanos de líneas eléctricas (catenaria), es preferible realizar la ferralla en parque y luego izarla con grúa, disponiendo de las medidas de prevención necesarias para la colocación de dicho elemento sobre el encofrado. Extremar las condiciones de seguridad en caso de línea eléctrica, cortando el suministro eléctrico si es preciso.

Pilas

Proceso constructivo

Colocación de acero:

- El acero en barras corrugadas para armar se suministrará a obra ya confeccionado.
- Los separadores a utilizar para conseguir los recubrimientos requeridos, serán de mortero de cemento o de plástico y deberán disponer de algún sistema que permita su correcto atado o enganche al acero. En ningún caso se utilizarán piedras o elementos extraños.

Colocación de encofrados:

Se empleará en la elevación de las pilas el encofrado trepante en la ejecución de los alzados de pilas del viaducto, partiendo de los arranques de sus respectivas zapatas con encofrados clásicos hasta la altura que se permita elevar.

- Los encofrados y moldes a utilizar en cada uno de los elementos, poseerán una resistencia y rigidez suficiente para resistir, sin asientos ni deformaciones perjudiciales, las acciones de cualquier naturaleza que puedan producirse sobre ellos como consecuencia del proceso de hormigonado y, especialmente, bajo las presiones del hormigón fresco o los efectos del método de compactación utilizado.

Asimismo, deberá poseer suficientes garantías de estanqueidad para impedir pérdidas apreciables de lechada, para lo cual no deberán tener aberturas superiores a 2 mm.

Puesta en obra del hormigón:

- El avance en el hormigonado de las pilas se realizará con ayuda de encofrados trepantes en tongadas no superiores a 3 m.

-Como medio auxiliar en el proceso de ejecución de los alzados de pilas será necesario acompañar en su proceso de elevación con el correspondiente sistema de elevación tanto de aceros para armar como el elemento de elevación de la trepa, mediante grúa torre, y andamiaje de ascenso del equipo de encofradores, ferrallistas y equipo de hormigonado, convenientemente anclado a diferentes alturas según avanza la ejecución de las pilas.

- Se podrá emplear anexo al andamiaje un elemento de carga de materiales (montacargas o similar) y eliminar el empleo de grúa torre siendo necesario para ello el uso de *ENCOFRADO AUTOTREPANTE*.

-Se deberá comprobar también la transmisión de cargas al resto de la estructura, ya que irá sustentada sobre ésta, para verificar que no se producen asientos incompatibles con el sistema de hormigonado previsto.

-Antes del hormigonado se deberán regar las superficies interiores y se limpiarán los lechos mediante barrido, soplado o aspirado.

-Para proceder al descimbrado o desencofrado de elementos estructurales, se requerirá el tener constancia de que la resistencia del hormigón será suficiente para soportar las solicitaciones a que se verá sometido en esta fase de la obra.

-En los elementos cimbrados, los puntales deberán bajarse progresivamente, para observar las posibles deformaciones que se produzcan.

-En caso de utilizar grúa y cubilote para el hormigonado, habrá que instalar la base de la grúa torre en las proximidades de la base de la pila, arriostrando ambas convenientemente para evitar esfuerzos imprevistos, pandeos, etc.

El brazo de la grúa torre deberá ser capaz de barrer toda la superficie de la torre a hormigonar, con objeto de poder verter en cada momento en el punto que más interese (incluyendo la cabeza de la pila y dintel)

-En el caso de emplear el sistema de bombeo del hormigón desde la base de la pila será suficiente asegurarse de que la conducción de impulsión del equipo de bombeo alcanza la altura necesaria y no se segregan del hormigón los áridos.

-Las juntas de hormigonado se deberán situar de forma lo más normal posible a las tensiones de compresión, y alejándolas de las zonas de fuertes tracciones.

-Para el desencofrado de cada tongada se dejará un tiempo de espera de uno/dos días, con el fin de que el hormigón alcance una resistencia de al menos 200 kp/cm² para poder soportar las solicitaciones transmitidas por el encofrado que ha de sustentarse sobre la tongada ejecutada con anterioridad. Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá

Pilas

Proceso constructivo

asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo. Esto podrá realizarse mediante regado con agua o con algún producto de material adecuado que no contenga sustancias nocivas para el hormigón y que sea capaz de retener la humedad.

-Por último, se procederá a realizar el encofrado de la cabeza de pilas con la sección definida apoyándose en el alzado de la pila en sus últimos metros, basando los módulos de encofrado en barras de anclaje provisionales y zuncho de recogida de esfuerzos que transmite homogéneamente la carga al fuste y desde donde se apoyarán los módulos citados.

-En la ejecución del encofrado de la parte superior de la pila (capitel) se emplearán encofrados con consolas de gran carga y consolas laterales.

Pilas

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas de seguridad

Riesgos:

- Heridas punzantes en extremidades
- Golpes por herramientas.
- Proyección de partículas.
- Cortes y heridas en manos y pies.
- Aplastamientos.
- Tropiezos y torceduras.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Roturas.

- Los trabajadores harán uso de las respectivas protecciones (Cascos, Guantes de trabajo, Botas de seguridad, Botas de goma, Ropa de trabajo adecuada, Gafas de seguridad, Cinturón portaherramientas, Trajes de agua).
- Como protecciones colectivas se vigilara la señalización de desniveles, señalización de circulación de maquinaria, correcto montaje y anclaje de andamios, limpieza y orden de materiales en el tajo.
- Se dispondrá de protección mediante barandilla cuando el desnivel de la zona de trabajo sea igual o superior a dos metros.
- Si existe riesgo de caída en altura, para determinados trabajos en los que se haga imposible la instalación de barandillas, los trabajadores harán uso del cinturón de seguridad convenientemente atado a un punto fijo.
- No se permitirá que ningún operario trepe por la ferralla.
- Para quitar las eslingas se contará con los medios adecuados como son andamios o escaleras.
- El acceso a las plataformas de trabajo para la construcción de las pilas cuya altura no supere los cuatro metros podrá realizarse utilizando escaleras de mano. Para alturas comprendidas entre los cuatro y siete metros las escaleras a utilizar estarán reforzadas en su punto medio. Para alturas superiores se utilizarán escaleras de tiro y mesetas. Cuando el sistema de encofrado lleve incorporado escaleras protegidas por aros y plataformas de trabajo, se comprobará el estado de las mismas.
- El ancho mínimo de la plataforma de trabajo será de 60 centímetros y la altura de las barandillas de 90 cm (preferentemente de 1m), con listón intermedio y rodapié.

7.2. Construcción de pilotes y zapatas

Pilotes y zapatas.

Proceso constructivo

Operaciones previas

- Antes del inicio de los trabajos propios de la ejecución de los pilotes deberá hacerse el reconocimiento previo de los servicios públicos y otras afecciones que puedan interferir con los trabajos a realizar, teniendo en cuenta que pueden presentarse afecciones tanto aéreas como subterráneas.
- Se procederá al desvío de aquellas conducciones aéreas que afecten al área de trabajo. Igualmente, deberán ser reubicadas las canalizaciones enterradas de servicios públicos que deben mantenerse en funcionamiento durante la ejecución de las obras. Se contemplará también la detección y eliminación de obstáculos como raíces, restos de cimentaciones, etc. que puedan interferir directamente con los trabajos.
- Será necesario conocer el informe geotécnico con las siguientes determinaciones:
 - Corte estratigráfico y nivel capa freática.
 - Características mecánicas (módulo de deformación, etc.)
 - Profundidad estimada para la cimentación.
 - Preparar la superficie de asiento, mediante el movimiento de tierras pertinente.
 - Inspeccionar las edificaciones vecinas e identificar los servicios que puedan afectar la ejecución del pilote, con la sustitución de los mismos si fuera preciso.
 - El replanteo lo realiza un topógrafo con la ayuda de una estación total, para conseguir una mayor precisión.

Perforación:

- Las características del terreno (estratigrafía, nivel freático, etc.), condicionan el sistema de perforación: rotación en seco, rotación con lodos, o rotación con entubación recuperable.
- Aunque normalmente los pilotes son de sección circular, en ocasiones se emplean en la perforación cucharas de pantalla, apoyados de lodos tixotrópicos, dando elementos rectangulares o en forma de T.
- Los pilotes de hormigón armado moldeados "in situ" con entubación recuperable, son aquellos cuya ejecución se efectúa introduciendo en el terreno una tubería a medida que se perfora, de forma que actúa conteniendo el terreno, rellenando después de terminada la excavación y colocadas las armaduras con hormigón, al tiempo que se va recuperando la tubería.
- Este sistema puede aplicarse a una amplia gama de diámetros, y se utiliza cuando no existe estabilidad en las paredes durante la perforación, ni puede garantizarse la misma con el empleo de lodos tixotrópicos. Permite además disponer con gran exactitud la armadura del pilote.
- En la ejecución de estos pilotes tienen gran importancia los medios auxiliares dispuestos para la hincada y la extracción de la tubería. Se podrá elegir entre entubadoras oscilantes y vibro-hincadores.
- En general, las entubadoras oscilantes pueden ser utilizadas en cualquier clase de terreno, siendo accionadas a través de la propia máquina perforadora, o bien mediante centralitas hidráulicas auxiliares.
- Los vibro-hincadores presentan un mejor comportamiento en terrenos granulares, obteniéndose normalmente rendimientos más elevados, si bien pueden aparecer dificultades en la hincada o extracción de entubaciones en los terrenos cohesivos.
- La excavación correspondiente a cada pilote se efectúa con la perforadora. En primer lugar se ejecuta un antepozo con rotación o cuchara bivalva, con un diámetro similar al del pilote. Se coloca una tubería de revestimiento hincado en el terreno. La perforación se realiza a percusión con una tubería cilíndrica, se vacía mediante cucharas bivalvas o máquinas rotativas con hélices, cazos cortantes, triconos, etc. salvo cuando el terreno es demasiado consistente, que se realizará mediante trépano por el interior de la tubería previamente instalada. Y retirada de material mediante cucharas o cazos igualmente.
- La entubación se irá acompañando a la excavación, siempre por delante de ésta por lo menos medio metro, salvo cuando se utilice el trépano.
- Las tuberías se unirán mediante soldadura o tornillos y juntas de goma que aseguren la estanqueidad del pilote.

Pilotes y zapatas.**Proceso constructivo**

-Cuando haya riesgo de absorción de agua por el material atravesado, se mantendrá el agua por lo menos un metro por encima del nivel freático, para evitar el efecto de capilaridad y llenado repentino del tubo por material arrastrado por el agua.

-Como terminación del pilote, se limpiará el fondo una vez reposados los sedimentos, dejando gravilla limpia en el fondo como apoyo del pilote si fuera necesario.

Colocación de armadura:

Sí el pilote es muy profundo se pueden descomponer las armaduras verticalmente en dos o más tramos, los cuales se soldarán en obra para formar un conjunto continuo.

Esta operación se lleva a cabo después de introducir el primer tramo en el agujero perforado, con ayuda de una grúa auxiliar, se suspende por medio de pasadores apoyados en la coronación, y se suelda con el siguiente tramo de armadura suspendido de la grúa. Se vigilará que se respetan las longitudes de solape de la armadura principal, y se colocará el zuncho en la zona de solape.

-En la soldadura de aceros especiales, se utilizarán los electrodos adecuados, así como el voltaje y condiciones especiales de soldadura al arco, de forma que no resulten afectadas las propiedades del acero. Los ganchos de suspensión de las jaulas serán de acero ordinario.

-Para garantizar el centrado de la jaula en el pilote y conseguir el recubrimiento de las barras, se colocan separadores que apoyan contra las paredes del tubo de entubación. Se dejarán previstas las armaduras necesarias para el enlace con el encepado. Asimismo, las jaulas llevarán rigidizadores para evitar deformaciones durante el proceso de izado y colocación de las mismas, y los ganchos de cuelgue necesarios.

-La armadura longitudinal del pilote se elabora fuera de la zona a pilotar y se empalmará mediante solape de 40 cm. como mínimo.

-En caso de utilizar cercos como armadura transversal, los cierres se harán mediante solape de 8 cm, como mín., y se soldarán y/o atarán con alambre en toda su longitud.

-La armadura no descansará sobre el fondo de la excavación sino que estará embebida en el hormigón para lo que se suspenderá de la entubación al comienzo del hormigonado a una distancia máxima de 20 cm respecto del fondo de la perforación.

-La armadura, una vez ferrallada y comprobada, se coge con una grúa que la introduce dentro de la excavación.

Colocación de hormigón:

-Una vez colocadas las armaduras se procederá al vertido del hormigón, dejando transcurrir el menor tiempo posible entre ambas operaciones. En el hormigonado de los pilotes se pondrá el mayor cuidado en conseguir que el pilote quede, en toda su longitud, con su sección completa; sin vacíos, bolsas de aire o agua, coqueras, cortes, ni estrangulamientos. También se deberán evitar el deslavado y segregación del hormigón fresco.

-La descarga del hormigón se efectúa con tubería. Esta deberá tener un diámetro comprendido entre quince y treinta centímetros (15 y 30 cm.), y se compone de varios tramos roscados. Se coloca centrada en el pilote, y se introduce hasta el fondo de la excavación. La tubería lleva en cabeza una tolva para la recepción del hormigón (tubo tremie). El conjunto se suspende con ayuda de una grúa auxiliar.

Pilotes y zapatas.

Proceso constructivo

-El hormigonado se hace de forma continua. Durante el llenado, se irá levantando la tubería, y a medida que sea necesario se van desenroscando tramos de la misma, manteniéndola constantemente dentro de la masa de hormigón en una longitud mínima de dos metros. La colocación del hormigón se realizará en el menor tiempo posible, y asegurando un suministro continuo de camiones, lo que permitirá evitar problemas de obturaciones en la tubería de hormigonado o de falta de continuidad en la masa del hormigón.

-Si el hormigonado se hace con agua en el tubo, se hormigonará la cabeza del pilote hasta una cota superior al menos en treinta centímetros a la de los Planos y se demolerá posteriormente este exceso por estar constituido por lechada deslavada que refluye por encima del hormigón colocado. Si al efectuar dicha demolición se observa que los treinta centímetros (30 cm.) no han sido suficientes para eliminar todo el hormigón deslavado y de mala calidad, se proseguirá la demolición hasta sanear la cabeza completamente, reemplazando el hormigón demolido por hormigón nuevo, bien adherido el anterior.

- Descabezado del pilote. El pilote, una vez terminado, deberá quedar hormigonado a una altura superior a la definitiva, exceso que será demolido una vez endurecido el hormigón. Después del descabezado, los pilotes sobresaldrán del terreno una longitud tal que permita un empotramiento de al menos 5 cm en el encepado. Las armaduras tendrán unas esperas de una longitud mínima igual al diámetro del pilote.



Imagen 28: Descabezado de pilotes

Pilotes de hormigón armado in situ

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos: - Cortes y heridas en manos y pies debidas a las armaduras. - Aplastamientos durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de ferralla. - Aplastamientos durante las operaciones de montaje de armaduras. - Tropezos y torceduras al caminar sobre objetos punzantes. - Caídas a distinto nivel. - Caídas al mismo nivel. - Caídas de maquinaria a las zanjas o pozos. - Rotura de encofrados y entibaciones. - Vuelco al subir o bajar de la caja del camión. - Atrapamiento de personas. - Atropello de personas.	- Los trabajadores harán uso de los respectivos equipos de protección (botas de seguridad con plantilla y puntera metálicas, casco de seguridad homologado, mono o funda de trabajo, guantes de cuero, guantes de goma en hormigonado, botas de seguridad impermeables, mascarilla antipolvo, cinturón anti-vibratorio para el maquinista, traje impermeable para tiempo lluvioso, gafas anti-proyecciones). - Como protecciones colectivas se vigilará la señalización de zanjas y pozos, señalización de circulación de maquinaria, correcto montaje y anclaje de andamios, limpieza y orden de materiales en el tajo, entibación de los taludes no estables, se usarán extintores en maquinaria, barandillas de protección en pozos, balizamiento y protección de zonas de trabajo, pórticos de limitación, en caso de existir líneas eléctricas próximas a la zona de trabajo. - Cuando la cimentación esté situada a menos de diez metros del borde de la calzada por la que circulen vehículos se dispondrá la señalización de obras según lo indicado en la Instrucción 8.3.-I.C. Cuando esta distancia se reduzca a cinco metros, se dispondrá de una bionda metálica como protección de los trabajadores, medios auxiliares del tajo y del propio elemento constructivo.

Pilotes de hormigón armado in situ	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
- Vuelco de la máquina. - Atrapamientos. - Golpes con el trépano. - Ruido. - Polvo.	
Tareas de excavación	-En las cimentaciones superficiales deberá preverse el acceso adecuado al fondo de la excavación mediante escaleras de mano con zapatas antideslizantes. Las escaleras se anclarán al terreno por medio de estacas de madera y alambres de sujeción en la parte superior. -La excavación de la cimentación deberá permanecer sin hormigonar el menor tiempo posible, para lo cual será necesario prever en lo posible un proceso continuo de excavación, ferrallado y hormigonado en una misma jornada de trabajo. En este supuesto será suficiente señalar el tajo con un encintado bicolor de plástico. -Si la excavación ha de permanecer abierta más de un día la protección se materializará con una barandilla (construida con tablones de madera o redondos metálicos) de 90 cm de altura, formada por pasamanos, listón y rodapié.
Tareas de hormigonado: - Hundimiento de encofrados - Vibraciones	-Se instalarán todas las protecciones colectivas, revisión de los taludes. -Se colocarán topes al final del recorrido de los camiones hormigonera. -Antes del hormigonado se comprobará la estabilidad y resistencia de los encofrados. -El embudo para vertido del hormigón se izará de forma vertical, evitando arrastres o tirones inclinados. -El embudo para vertido del hormigón se orientará para la introducción en el pozo, durante las operaciones de cuelgue vertical, mediante sogas atadas a su extremo libre. Nunca directamente con las manos. -La introducción del embudo, se realizará lentamente evitando el choque contra las armaduras instaladas en el interior de pozo. -La extracción del embudo una vez concluido el vertido del hormigón, se realizará lentamente una vez alejado del lugar el personal y el camión hormigonera. -En las operaciones de hormigonado será obligatorio el uso de gafas antipartículas. -El personal de pilotar, será conocedor del correcto sistema constructivo a poner en práctica y estará dirigido por un Capataz especialista, igualmente deberá conocer todos los riesgos existentes. -Se prohíbe la permanencia del resto del personal en la zona de pilotaje.
Tareas de ferrallado	- Los pozos concluidos, a espera de armado, se protegerán contra la caída de personas en su interior mediante la instalación de barandillas en su entorno a una distancia mínima de 1,5 m. -Se colocarán setas a las barras de ferralla. - Los paquetes de redondo o de madera se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores a 1,50 m. -El transporte aéreo de paquetes de armaduras mediante grúa se ejecutará suspendiendo la carga de dos puntos separados mediante eslingas, el ángulo superior que formen las mismas, será igual o menor que 90°. -Las armaduras se colocarán totalmente terminadas prohibiéndose el trepado por las mismas así como la permanencia de personal en el radio de acción de la grúa en las operaciones de izado. Se prohíbe trepar por las armaduras y encofrados

Pilotes de hormigón armado in situ

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	- La zona de trabajo se mantendrá en el mejor estado de limpieza y orden. - Los clavos existentes en la madera se extraerán o se remacharán.
Tareas de mantenimiento	Se efectuarán con la máquina parada y el trépano apoyado sobre el suelo, nunca en suspensión, en prevención de los riesgos por golpe y atrapamiento por desplome o vuelco. - Se deberá revisar antes del inicio de cada turno de trabajo, el estado del cableado de sustentación y maniobra. - La pilotadora estará dotada de cabina antivuelco diseñada por el fabricante. - Las operaciones de mantenimiento deberán ser realizadas por personal cualificado en estas operaciones. - Se revisarán periódicamente todos los puntos de escape del motor para tener seguridad de que el maquinista no respira gases tóxicos en el interior de la cabina. - Se deberá mantener la distancia de seguridad con las líneas en tensión, en caso necesario se deberán colocar pórticos de limitación.

Zapatas

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos genéricos - Caídas de personas. - Deslizamientos y desprendimientos del terreno. - Vuelco y falsas maniobras de maquinaria en la excavación. - Heridas punzantes en extremidades - Golpes por herramientas. - Proyección de partículas	- En los bordes de la excavación cuando el desnivel sea superior a 2 m. y se prevea circulación de personas o vehículos, se colocarán barandillas de 0'90 m de altura, listón intermedio y rodapié de 0'15 m. - Cuando las zanjas de los cimientos tengan una profundidad superior a 0'70 m se dispondrán escaleras en número suficiente. - Los productos de la excavación, si no se lleva a vertedero, se apilarán a una distancia del borde de la zanja igual o superior a la mitad de la profundidad de ésta. En terrenos arenosos se depositarán a una distancia igual o superior a la profundidad de la excavación. - Los accesos a los distintos niveles de trabajo se harán por medio de escaleras reglamentarias de anchura mínima 0,50 m y/o pasarelas de anchura mínimo 0'60 m dotados de protecciones laterales. - Será obligatorio el uso del casco de seguridad. - El personal que trabaje en la puesta en obra del hormigón utilizará gafas, guantes y botas de goma. - El personal que utilice hierro de armar utilizará guantes y botas de seguridad. - Los encofradores y ayudantes utilizarán botas anticlavos y guantes. - En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias y ordenadas. - Se acotarán las áreas de trabajo siempre que se prevea circulación de personas o vehículos y se colocará la señal que indique: Riesgo de caídas a distinto nivel. - Para trabajos nocturnos se dispondrá de una iluminación con focos fijos o móviles que en todo momento proporcione visibilidad suficiente en la totalidad de zonas de trabajo y circulación. - Asimismo, se resolverán las posibles interferencias con conducciones aéreas o subterráneas de servicios. - En las excavaciones se evitará en lo posible el uso de medios manuales. - Siempre que no se pueda dar a los laterales de la excavación talud estable y la Dirección de Obra así lo determine, se entibará (si $h > 1,5$ m).



Imagen 29:

Ferrallado de zapata

Zapatas

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	- Los bordes de las excavaciones permanecerán limpios de piedras u otros materiales que puedan rodar o proyectarse sobre el fondo de la excavación. Si existen pistas próximas por las que circulan camiones o dumpers, deben mantenerse limpias para evitar proyecciones de piedras o materiales, en algún caso puede resultar necesario proteger lateralmente la zanja contra tales proyecciones. - Se observará periódicamente el talud, en especial después de períodos de lluvia para controlar la posible aparición de grietas que puedan significar un próximo desequilibrio del mismo. Si fuese preciso se dispondrán testigos o sistemas de medidas, que faciliten la observación. - Queda terminantemente prohibido que los trabajadores escalen por los encofrados y por la ferralla.

7.3. Construcción con vigas

7.3.1. Vigas prefabricadas.

Consiste en la colocación de vigas prefabricadas y losas prefabricadas, etc. Para ello será necesaria la utilización de Grúa móvil, Pala cargadora, Compactador vibratorio, bandeja vibratoria, Vibradores, Cizalla eléctrica, Puntales o tensores, Escaleras y andamios, Encofrado (madera o metálico), Tablones, tabloncillos, cuñas, Sierra de disco, y diversos útiles y herramientas

Vigas y prelosas prefabricadas

Proceso constructivo

Las vigas artesa prefabricadas constituyen elementos de sección en forma de U abierta con alas hacia el exterior de la viga. Se emplean para luces de pilas de más de 25 m con vanos simplemente apoyados. Lo habitual es disponer un par de piezas en sección transversal, con separaciones entre 5,5 y 6,5 m, con anchos de tablero entre 11,0 y 14,0 m. Son habituales los cantos de 1/20 de la luz, con cantos típicos entre 0,80 y 2,60 m.

Vigas prefabricadas. Transporte:

- En las operaciones de elevación y descenso de las vigas para su carga y descarga se sujetarán únicamente en los dispositivos previstos a tal fin en sus culatas.
- Durante el transporte las vigas prefabricadas solo deberán apoyarse en los puntos indicados en los planos de proyecto, asegurándolas de tal forma que no puedan volcar o estar expuestas a sollicitaciones imprevistas por giro o golpes.
- La superficie de apoyo de las vigas sobre los vehículos de transporte deberán configurarse de tal forma que se excluya con toda seguridad cualquier daño de los elementos prefabricados durante la carga, descarga y el transporte.
- Las vías de obra se acondicionarán para asegurar el transporte sin sacudidas, golpes o peligros de cualquier clase.



Imagen 30: Ejemplo de colocación de viga prefabricada en artesa. Se comprueba la envergadura de la maquinaria y de los riesgos. La dificultad de acceder a los ganchos sin riesgo de caída, debe estar planificada.

Vigas y prelosas prefabricadas

Proceso constructivo

Vigas prefabricadas. Recepción: El material suministrado deberá estar fabricado con los materiales indicados en los Planos de Proyecto, cemento, hormigón de cierta resistencia característica, acero pasivo y acero activo especificados.

- Las vigas no presentarán rebabas que sean indicios de pérdidas graves de lechada, ni más de tres coqueras en una zona de diez decímetros cuadrados de paramento, ni coquera alguna que deje vistas las armaduras.
- Tampoco presentarán superficies deslavadas o aristas descantilladas, señales de discontinuidad en el hormigonado, o armaduras visibles.

Vigas prefabricadas. Almacenamiento: Las vigas prefabricadas, en el caso de no montarse directamente al realizar la descarga, se almacenarán próximas a su ubicación y en su posición normal de trabajo, sobre apoyos de suficiente extensión y evitando el contacto con el terreno o cualquier producto que las pueda manchar o deteriorar.

Vigas prefabricadas. Planificación de montaje de las vigas en su emplazamiento:

Para la preparación previo del terreno se realiza el desbroce y las excavaciones con retroexcavadora de tipo medio que permitan alcanzar la cota de cimentación prevista en los planos. Una vez ejecutada la pre-solera, se montan las armaduras de la zapata, con las esperas necesarias que permitan unir la armadura entre pilas y estribos. Una vez hormigonada la zapata, se continúa con las armaduras de los estribos, uniendo las esperas de las zapatas. Colocando los encofrados necesarios para alzar los estribos se procede a su hormigonado.

Con las pilas que apoyan el tablero, se pueden utilizar elementos prefabricados o ejecutados “in situ”. En todo caso, se colocan con grúa sobre las esperas procedentes de la cimentación. Encofrado, hormigonado y desencofrado el conjunto. Cuando se haya realizado toda la tarea previa de estribos, muros etc. Y la estructura esté lista para colocar las vigas.

Se tendrá prevista la ubicación de la grúa que elevará la viga, con una plataforma de trabajo preparada a tal fin, de tal manera que el eje de giro de la proyección vertical con el centro de gravedad de la viga en su posición definitiva y del lado contrario tenga suficiente amplitud según la longitud de la viga. El vehículo que ha transportado la viga por carretera se habrá situado en esa plataforma de forma paralela a la posición final de la viga, de tal modo que su extremo supere estrictamente el borde de la última viga colocada y lo más cerca posible de la grúa de elevación. La elevación se realizará a ser posible con un balancín que ayude a realizar el izado sin esfuerzos no previstos en el cálculo.

Vigas prefabricadas. Colocación de las vigas en su emplazamiento de trabajo: Los distintos tipos de vigas prefabricadas se colocarán en sus respectivos lugares de emplazamiento utilizando para este trabajo una o dos grúas de potencia suficiente, de acuerdo a las siguientes instrucciones:

- En la operación de elevación y descenso de las vigas se sujetarán o engancharán únicamente en los dispositivos previstos a tal fin en sus culatas. Antes de su elevación se comprobará el correcto amarre y equilibrio. Si fuera necesario, se volverá a apoyar y se corregirán las anomalías.
- Al descender la viga colgada de la grúa para su apoyo, debe hacerse una maniobra muy lenta en las proximidades de apoyo para evitar el impacto. Si se utilizan dos grúas trabajarán simultáneamente, manteniendo la viga horizontal en todo momento.
- En el momento de colocar las vigas, los lechos de mortero de asiento de los apoyos de neopreno deberán haber alcanzado la resistencia a compresión exigida indicada en Planos o Pliegos del Proyecto.
- Las vigas se apoyarán sobre las placas de neopreno previamente niveladas y replanteadas de tal forma que mantengan la distancia al extremo de la viga indicada en los planos.
- Se pondrá especial cuidado en la colocación correcta de las vigas sobre los apoyos.
- Si en el curso de los trabajos quedase dañado algún apoyo de neopreno será sustituido inmediatamente por otro en perfectas condiciones.
- Caso de apoyar la viga cajón o artesa en un neopreno por el extremo se realizarán las sujeciones provisionales precisas para garantizar la existencia de un correcto coeficiente de seguridad a vuelco durante todas las fases de construcción de la obra.

Vigas y prelasas prefabricadas

Proceso constructivo

Puntos críticos en la colocación de las vigas prefabricadas:

Coordinación de trabajos: para la construcción que afecte a la seguridad pública, el responsable de la instalación en obra debe disponer de los planos y los cálculos aplicables para el diseño de equipos de montaje especiales, arriostramiento, las pruebas de cálculo, andamios, etc. Tiene que existir un procedimiento por el que se asegure que cada hoja de los planos del taller y la portada de los cálculos aplicables está firmada y sellada por el técnico competente. En el procedimiento, se comprobará que la información llega a todos los contratistas y subcontratistas implicados.

Arriostramiento temporal de vigas: El Contratista es el único responsable de garantizar la estabilidad de las vigas durante todo el manejo, almacenamiento, envío y montaje. Para ello, se sujetarán adecuadamente las vigas para resistir el viento, el peso y otras cargas temporales, especialmente aquellas excéntricas al eje vertical de los productos, teniendo en cuenta la geometría real de la viga y las condiciones de soporte durante todas las etapas de construcción y finalización de la plataforma.

Como mínimo, hay que proporcionar refuerzos temporales en cada extremo de cada viga. Desarrollar los diseños de arriostramiento requeridos de acuerdo con las Especificaciones de diseño de puentes y otras estructuras PG3- Pliego de prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes. Parte 6ª.

Montaje: Para una correcta planificación de los recursos necesarios, la documentación anteriormente indicada, debe haber llegado al constructor, al menos cuatro semanas antes del comienzo del montaje. Deberán estar incluidos, como parte de esta presentación, cálculos y detalles firmados y sellados para cualquier trabajo falso, arriostramiento u otra conexión que soporte los elementos estructurales que se muestran en el plan de montaje. A menos que se especifique lo contrario en los Planes, los planes de montaje no son necesarios para puentes de vigas de hormigón pretensado prefabricado de tramo simple con luces de 170 pies o menos.

Al menos dos semanas antes de comenzar la elevación de cargas, hay que realizar una reunión previa para revisar los detalles del plan con el Ingeniero Especialista que firmó y selló el plan, y cualquier Ingeniero Especialista que pueda inspeccionar el trabajo y el Director de Obras. Después de la elevación de las cargas, pero antes de abrir la instalación debajo de la estructura, hay que asegurarse de que un ingeniero especializado o una persona designada haya inspeccionado al elemento superpuesto. Hay que asegurarse de que el técnico competente haya certificado al ingeniero que la estructura se ha colocado de acuerdo con el plan de montaje firmado y sellado. Para estructuras sin soportes temporales pero con sistemas de refuerzo de vigas temporales, hay que realizar como mínimo inspecciones semanales del refuerzo, hasta que todos los diafragmas y marcos transversales estén en su lugar. Para estructuras con soportes temporales, realizar inspecciones diarias hasta que los soportes temporales ya no sean necesarios como se indica en los planes de montaje. Proporcionar documentación escrita de las inspecciones al ingeniero dentro de las 24 horas posteriores a la inspección.



Imagen 31: Caída de vigas prefabricadas por acumulación de errores, en el diseño de los refuerzos, arriostramientos, empujes laterales no estudiados, etc. Fuente: Investigación de accidente. Departamento de Seguridad y Salud Laboral de USA. Abril 2014.

Vigas y prelosas prefabricadas	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos genéricos montaje de prefabricados: - Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas. - Atrapamientos durante maniobras de ubicación. - Caída de personas al mismo nivel. - Caída de personas a distinto nivel. - Vuelco de piezas prefabricadas. - Desplome de las cargas. - Cortes por manejo de herramientas. - Cortes o golpes por manejo de máquinas - herramientas. - Aplastamientos de manos o pies al recibir las piezas. - Atropellos por maquinaria. - Los propios de la maquinaria utilizada.	- Los trabajadores harán uso de los equipos de protección (botas de seguridad con plantilla y puntera metálicas, botas antideslizantes, casco de seguridad homologado, mono o funda de trabajo, guantes de cuero, traje impermeable para tiempo lluvioso, arnés de seguridad cuando se realicen trabajos en altura). - Se vigilara el uso de las correspondientes protecciones colectivas: Balizamiento y protección de zonas de trabajo, cuerdas guías, anclajes y cuerdas de seguridad, apuntalamiento de seguridad, protección contra riesgo eléctrico, revisión de eslingas, cables y cadenas, ganchos con dispositivo de seguridad. - Se deberá prohibir trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo por desplome. - Queda prohibido permanecer en el radio de acción de la maquinaria, para evitar atropellos. - Se deberán acotar las zonas de trabajo, para evitar que nadie pueda entrar en la zona de cargas suspendidas. - Se instalarán señales de " peligro, paso de cargas suspendidas " sobre pies derechos bajo los lugares destinados a su paso. - Se prepararán zonas de la obra compactadas para facilitar la circulación de los camiones de transporte de prefabricados. - Los tajos deberán mantenerse siempre limpios, ordenados y suficientemente iluminados. - Se deberán paralizar los trabajos bajo régimen de fuertes vientos, en prevención del riesgo de caída de personas u objetos. - Diariamente se deberá revisar que tanto la maquinaria, como los medios auxiliares utilizados están en perfecto estado de uso y disponen de todas sus protecciones. De esta revisión deberá quedar constancia por escrito. - Nunca se deberá permitir que el personal viaje sobre las cargas suspendidas. - El personal encargado de los trabajos será conocedor del sistema constructivo más correcto a poner en práctica, en prevención de riesgos por impericia. - Siempre que exista riesgo de caída en altura, se colocarán barandillas a 90 cm de altura (preferentemente de 1m) con listón intermedio y rodapié antes de comenzar los trabajos. - En caso de realizar trabajos en altura y que se haga imposible la colocación de las respectivas protecciones colectivas (barandillas), los trabajadores harán uso del cinturón de seguridad atado a un punto fijo.
Colocación de las vigas en su emplazamiento de trabajo: Riesgos- • Golpes a las personas por el transporte en suspensión de grandes piezas. • Atrapamientos durante las maniobras de ubicación. • Caída de personas al mismo nivel. • Caída de personas a distinto nivel. • Vuelco de piezas prefabricadas. • Desplome de piezas prefabricadas. • Cortes por manejo de herramientas manuales.	• El guiado de las vigas se realizará desde abajo con cuerdas, donde a los prefabricados en la zona de acopio antes de proceder a su izado para ubicarlos en la obra, se les amarrarán los cabos de guía, para realizar las maniobras sin riesgos. A no ser que se haga el guiado desde cestas o plataformas. En ningún caso se manipulará directamente con las manos las cargas en suspensión. • Las barandillas de cierre se irán desmontando únicamente en la longitud necesaria para instalar un determinado prefabricado. • Se deberán tender cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos, en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de recibir las piezas prefabricadas servidas mediante grúa, siempre que exista riesgo de caída a distinto nivel. • El prefabricado se guiará mediante cabos sujetos a los laterales de la pieza, mediante un equipo formado por tres hombres. Dos de ellos gobernarán la pieza mediante los cabos, mientras un tercero guiará la maniobra. • Una vez presentado en el sitio de instalación el prefabricado, se procederá, sin descolgarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, al montaje definitivo. El prefabricado no se deberá soltar de la grúa hasta que no estemos seguros de su estabilidad

Vigas y prelasas prefabricadas

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
• Cortes o golpes por manejo de máquinas-herramientas. • Aplastamientos de manos o pies al recibir las piezas. • Los derivados de la realización de trabajos bajo régimen de fuertes vientos Equipos y maquinaria necesaria: Grúa móvil, Pala cargadora. Compactador vibratorio. Bandeja vibratoria, Vibradores, Cizalla eléctrica, Punteros o tensores, Escaleras y andamios, Encofrado (madera o metálico), Tablones, tabloncillos, cuñas, Sierra de disco, y diversos útiles y herramientas.	• Otra posibilidad es que se guíe desde los estribos o dinteles con un operario, siempre y cuando tenga espacio suficiente para moverse y tenga una línea de vida donde poderse atar con un arnés de seguridad con absorbedor de energía. Esta línea de vida estará pegada al estribo y a una altura de 1 m de altura, aproximadamente. También se actuará de este modo para la colocación del neopreno. • La recepción de los prefabricados también podrá realizarse desde plataformas de trabajo rodeadas de barandillas de 90 cm de altura (preferentemente de 1m), formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié. • Protección mediante redes. La colocación se realiza mediante cesta o plataforma: - Instalación de redes horizontales ancladas sobre los estribos hasta el dintel de la estructura, y entre dinteles, que servirán también como protección en la colocación de encofrados perdidos entre vigas. Bajo la zona de trabajos a realizar, se tenderán redes horizontales en previsión del riesgo de caída de altura, cuidando siempre que la altura de caída no supere los 6 metros. - Instalación de redes verticales ancladas a las vigas laterales o a los dinteles de las pilas, o a la zona del estribo mediante cartelas atornilladas, para trabajar sobre las vigas prefabricadas (cuando existen vías en circulación a nivel inferior, la red debe tener una resistencia mínima de 150 kg/m²) y evitar las caídas en altura de objetos de encofrado, Ferrallado y hormigonado de tablero. • Protección con línea de vida: Las líneas de vida pueden ir elevadas, a una altura aproximadamente de 1,1m o ancladas a las esperas de la viga, a ras de suelo. Las líneas de vida elevadas son preferibles que las situadas a ras de suelo, porque permiten la movilidad del operario e incluso limitan la zona de trabajo, sabiendo que superado ese punto para los trabajos sin barandilla perimetral deben atarse y extremar las precauciones. Las vigas interiores con línea de vida a ras de suelo nos servirán durante la colocación de los encofrados perdidos exclusivamente. Estas líneas de vida se podrán recuperar para otros usos Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos, en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de recibir al borde de los forjados, las piezas prefabricadas servidas mediante grúa. La pieza prefabricada, será izada del gancho de la grúa mediante el auxilio de balancines. • El prefabricado en suspensión del balancín, se guiará mediante cabos sujetos a los laterales de la pieza mediante un equipo formado por tres hombres. Dos de ellos gobernarán la pieza mediante los cabos, el montaje definitivo. Concluido el cual, podrá desprenderse del balancín. • La instalación de las cerchas prefabricadas se realizará mediante suspensión del gancho de la grúa con el auxilio de balancines. • No se soltarán ni los cabos guía ni el balancín hasta concluir la instalación definitiva de la cercha. • Bajo el encerchado a realizar, se tenderán redes horizontales en previsión del riesgo de caída de altura, o bien el riesgo de caída desde altura se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm. de altura (preferentemente de 1m), formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., montados sobre andamios



Imagen 32. La colocación de las redes puede realizarse en el suelo. Previamente a ser colocadas las vigas en su ubicación definitiva

Vigas y prelosas prefabricadas	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	(metálicos-tubulares, de borriquetas, etc.), o también los trabajos de recepción de elementos prefabricados que comporten riesgos de caída al vacío, pueden también ser realizados desde el interior de plataformas sobre soporte telescópico hidráulico (jirafas). • Diariamente se realizará por parte del Encargado o del Vigilante de Seguridad una inspección sobre el buen estado de los elementos de elevación (eslingas, balancines, pestillos de seguridad, etc.). • Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome. • Se instalarán señales de «peligro, paso de cargas suspendidas» sobre pies derechos bajo los lugares destinados a su paso. • Se preparan zonas de la obra compactadas para facilitar la circulación de camiones de transporte de prefabricados. Los prefabricados se descargarán de los camiones y se acopiarán en los lugares señalados. • Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado. • A los prefabricados en acopio antes de proceder a su izado para ubicarlos en la obra, se les amarrarán los cabos de guía, para realizar las maniobras sin riesgos. • Las barandillas de cierre de los forjados se irán desmontando únicamente en la longitud necesaria para instalar un determinado panel prefabricado, conservándose intactas en el resto de la fachada. • Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a los 60 Km/h. • Si alguna pieza prefabricada llagara a su sitio de instalación girando sobre sí misma, se intentará detener utilizando exclusivamente los cabos de gobierno. Se prohíbe intentar detenerla directamente con el cuerpo o algunas de sus extremidades, en prevención del riesgo de caídas por oscilación o penduleo de la pieza en movimiento. • Las plantas permanecerán limpias de materiales o herramientas que puedan obstaculizar las maniobras de instalación.

7.3.2. Vigas marco.

Vigas marco de hormigón in situ	
Proceso constructivo	
Normalmente situadas en la base de las explanaciones, en rellenos del cauce o directamente sobre una capa de hormigón de limpieza. Para su ejecución se tendrá presente la planificación de movimiento de tierras.	
Se hará un estudio sobre la accesibilidad a los tajos para prever el movimiento de maquinaria y suministros de materiales.	
Se realizará un estudio completo del recurso de encofrados, estableciéndose las necesidades en función de los m ² que se prevea utilizar de forma simultánea.	
La ferralla deberá ser una tendencia la elaboración en fábrica y manipular lo menos posible en obra, transportándola hasta el tajo en camión grúa. Se elaborarán las planillas con el despiece de las armaduras donde se diferenciarán los hierros de solera y esperas, alzados y losas, identificando cada una de las barras mediante códigos.	

Vigas marco de hormigón in situ

Proceso constructivo

Cimientos:

- Una vez realizado el despeje y desbroce del terreno se hará el replanteo de la obra de fábrica, marcando el eje y bordes exteriores de la misma.
- La excavación se realizará de forma que se no alteren las características mecánicas del suelo. Una vez alcanzado el firme elegido y antes de hormigonar, se nivelará y limpiará el fondo.
- En el caso de excavaciones para zapatas a distinto nivel, ésta se realizará de forma que no produzca deslizamiento de las tierras entre los dos niveles.
- Todos los elementos extraños que pudieran aparecer en el fondo de la excavación como rocas, restos de cimentaciones antiguas, lentejones del terreno más resistentes, etc., se retirarán y rebajará lo suficiente el nivel del fondo de la excavación para que las zapatas apoyen en condiciones homogéneas.
- La cimentación de los marcos, se realiza mediante cimentación directa formada por una solera de hormigón apoyada sobre capa de material todo uno.
- En definitiva, una vez preparado el hormigón de asiento, se ejecuta la solera del marco, con las dimensiones y espesores señalados en los planos, se replantea la solera y se procede a colocar las barras de la parrilla inferior de la armadura y las esperas para los muros.
- Posteriormente se colocará los encofrados y por último se procede al hormigonado.
- El curado se realizará con agua, regando la superficie para mantenerla constantemente húmeda, evitando así la aparición de fisuras por retracción.

Muros de hormigón armado:

- La ejecución de los muros paralelos comprende las operaciones de encofrado, colocación de ferralla y hormigonado.
- Los paneles premontados se colocarán horizontalmente, con la cara encofrante hacia abajo, para impedir que la superficie del encofrado se deteriore en contacto con el suelo, uniendo en esta posición varios paneles que formarán el módulo necesario en función de las alturas, y pudiendo ser manejado de una sola vez por una grúa.
- Se colocará la cara interior del muro, pero previamente se replanteará sobre la solera ya ejecutada, la línea de cara vista, y se habrá comprobado que las armaduras de espera dejadas en la solera están en el sitio correspondiente, guardando los recubrimientos previstos en planos.
- Colocado el primer panel o módulo de varios paneles manipulándolo con grúa, quedarán fijados por un conjunto de paneles estabilizadores que consta de puntales de encofrado de muro, el apuntalamiento se realizará según las indicaciones del fabricante del encofrado y con todos los elementos de montaje dispuestos a tal fin por éste.
 - La correcta regulación del puntal se habrá conseguido cuando no esté a la vista el cordón de soldadura del extremo inferior de la tuerca.
 - Colocada la cara interior, se situará la ferralla, limpiando la superficie de la solera y colocando posteriormente la otra cara del encofrado.
 - Cada panel se anclará mediante una barra dywidag protegida por una vaina de PVC de longitud igual a la anchura del muro, con el número de anclajes suficiente, en función de la altura de muro y la velocidad de hormigonado, ya que de ello dependen las presiones ejercidas por el hormigón fresco.
 - Los anclajes se colocarán en los lugares previstos para ello en el panel, con número suficiente para evitar tanto un mayor costo de la unidad de obra como un posible colapso del encofrado durante el hormigonado.
 - En los laterales del tramo de muro que se esté ejecutando será necesario colocar un encofrado que ejerza la función de tape de madera, con un elemento impermeabilizador o una banda de neopreno embebida en el hormigón de ambos paños para evitar las filtraciones por la junta. Se procede a la comprobación de la verticalidad del conjunto para pasar al hormigonado, que se realizará de manera uniforme, avanzando desde un extremo hacia otro por tongadas, evitando las paradas consiguiendo así la continuidad de la masa en todo momento.
 - Se procederá, cuando la resistencia del hormigón lo permita, al desencofrado en orden inverso al proceso de encofrado, limpiando y trasladando los paneles primero el exterior y después el interior.

Vigas marco de hormigón in situ

Proceso constructivo

Losa superior:

- Estas unidades se resuelven por el sistema de cimbrado que puede ser a sección llena, cuando no exista tráfico en el momento de la ejecución de las mismas.
- En la colocación de la cimbra, y para asegurar que queda centrada, será replanteada topográficamente, y se cuidará la verticalidad de los puntales así como la unión de los mismos a través de las grapas de sujeción. Se asegurará el arriostramiento horizontal de la cimbra para evitar el movimiento horizontal. La cimbra será calculada con un coeficiente de seguridad suficiente para que resista los esfuerzos producidos por el tablero.
- Sobre las torres metálicas o vigas de celosía según los casos, se procede a la colocación de los encofrados de los fondos y laterales. Es fundamental garantizar la inmovilidad de la cimbra durante el hormigonado y los primeros días de vida del hormigón hasta que adquiera la resistencia prevista para el descimbrado. Como la cimbra se coloca sobre la solera hormigonada, no existen problemas de capacidad portante del terreno. Replanteados los apoyos, se colocarán los tableros que sirven de reparto de cargas para evitar el punzonamiento sobre la solera y sobre ellos se levantarán los castilletes hasta la altura requerida. Se nivelarán las torres y comenzará a colocar el encofrado.
- Se forma una estructura metálica (con los longitudinales, cabezal recuperable y transversales) sobre la que se colocan los tableros que sirven de base encofrante. Los cabezales, transversales y tableros, forman la estructura recuperable del sistema.
- El encofrado llegará a obra con todos los elementos para una vez allí proceder a su montaje, que se realizará a sección completa mediante módulos de diferentes longitudes para modular los diferentes vanos. Luego estos módulos con la grúa se colocan sobre la cimbra.
- A continuación es colocada la ferralla con la ayuda de una grúa.
- Por último, se procede mediante soplado a la limpieza de restos de alambre u otros elementos extraños que queden en el encofrado y se hormigona la losa mediante bombeo, comenzando desde el extremos de la losa de menor cota y avanzando a sección completa. Se realizará el vibrado del hormigón y curado del mismo.
- Una vez conseguida la resistencia requerida se procede al desencofrado y descimbrado.
- Se prestará especial atención a los siguientes aspectos durante la ejecución del hormigonado:
 - La superficie deberá estar limpia de materias extrañas.
 - Previamente se regará la superficie de forma que quede húmeda, evitando la formación de charcos.
 - No se hormigonará con temperaturas inferiores a 5°C o superiores a 40°C.
 - Durante el curado del hormigón se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Durante el primer período de endurecimiento, el hormigón fresco deberá protegerse contra el lavado por lluvia, contra una desecación rápida, fuerte insolación y/o viento, y contra enfriamientos bruscos y la congelación.
 - La base de hormigón se curará mediante riego continuo con agua; este proceso de curado se prolongará al menos durante siete días o bien hasta que el hormigón haya alcanzado como mínimo el 70% de la F_{ck} (dureza alcanzada comprobada mediante probeta).
 - Se tomará un número determinado de probetas y se procederá a su rotura con el fin de determinar la resistencia y ver si es adecuada. La rotura se realizará a los 7 y 28 días. Se prestará especial cuidado en el traslado de las probetas desde la obra al lugar de ensayo.
 - El relleno se realizará simétricamente procurando que el desnivel entre ambos lados de la estructura no sea más de una tongada. Por otro lado el relleno de los frentes del paso se realizará de modo que la línea de máxima pendiente del talud tenga su proyección horizontal paralela al eje de la boca.
 - Para la realización de estas obras de hormigón "in situ" se dispondrá del adecuado equipo de obra civil y albañilería.
- Para las labores de ferrallado, se montará un taller para los acopios y el preformado de las armaduras, para atender a las necesidades de la obra.



Imagen 3.3. Construcción de losa superior. Supone encofrado, hormigonado, desencofrado, curado y acabado de la superficie.
 Fuente: <http://www.adhoma.es/es/>

Vigas marco de hormigón in situ	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos genéricos: - Caída de personas a distinto nivel. - Caída de materiales. - Caída de herramientas. - Desplomes de grúas. - Balanceo de cargas. - Contusiones y torceduras en pies y manos. - Heridas punzantes en pies y manos. - Heridas por máquinas cortadoras. - Erosiones y contusiones en manipulación de materiales. - Aprisionamiento por máquinas y vehículos. - Proyección de partículas volantes a los ojos. - Dermatitis. - Quemaduras. - Rotura de cables de tesar. - Rotura de cabezas y cuñas de anclaje. - Vuelcos de piezas prefabricadas. - Electrocutaciones. - Ruido.	• El riesgo más importante que se presenta en el proceso de ejecución de una estructura es el de caída de altura. • La disminución y/o eliminación del riesgo de caída de altura se debe realizar mediante la incorporación, de los medios auxiliares empleados y de las protecciones colectivas adecuadas, además de las individuales de cada trabajador. Ferrallado, encofrado y hormigonado del tablero. • Aunque este colocada la barandilla, se recomienda que en los trabajos de borde el trabajador se ate a la línea de vida. • A la hora de encofrar y hormigonar el tablero, es posible que haya que retirar los sargentos y, por tanto, la barandilla. Por ello se aconseja, si es posible, ferrallar primero el tablero con los sargentos como protección y quitarlos a la hora de encofrar, y así la protección de las barandillas se aplica el mayor parte del tiempo posible. Se usarán líneas de vida en los trabajos en borde de tablero, en zonas donde haya que desmontar los sargentos. Una vez encofrado y hormigonado, se volverán a colocar sargentos para los trabajos sobre el tablero de hormigón. • En la colocación de los sargentos, el personal deberá estar atado a una línea de vida fija • Para el encofrado del tablero, se debe encofrar con cesta o plataforma elevadora desde el exterior de la estructura. Si se pudiese encofrar desde la estructura, se trabajará con los operarios atados a las líneas de vida externas cuando se trabaje en los bordes del tablero. • En el caso de colocar el sargento sobre el borde de la viga se extremarán las precauciones ya que se tendrán que utilizar cuñas de madera para garantizar la estabilidad de la barandilla.
Protecciones individuales	- Casco de seguridad no metálico, clase N, aislante para baja tensión, para todos los operarios, incluidos los visitantes. - Botas de seguridad, clase III, para todo el personal que maneje cargas pesadas. - Guantes de uso general, de cuero y anticorte para manejo de materiales y objetos. - Monos y buzos, de color amarillo vivo teniéndose en cuenta las reposiciones necesarias a lo largo de la obra. - Trajes de agua, muy especialmente en los trabajos que no puedan suspenderse con meteorología adversa, de color amarillo vivo. - Botas de agua homologadas en las mismas condiciones que los trajes de agua y en trabajos en- suelos enfangados o mojados. - Gafas contra impactos y antipolvo en todas las operaciones en que puedan producirse desprendimientos de partículas. - Cinturón de seguridad, cuya clase se adoptará a los riesgos específicos de cada trabajo. - Cinturón antivibratorio. - Mascarilla antipolvo, en todos aquellos trabajos donde el nivel del polvo sea apreciable. - Filtros para mascarilla. - Protectores auditivos. - Guantes de soldador. - Manguitos de soldador.

Vigas marco de hormigón in situ	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	- Mandil de soldador. - Polainas de soldador. - Pantalla de soldador. - Guantes de goma finos, para albañiles y operarios que trabajen en hormigonado. - Guantes dieléctricos, para utilización en alta y baja tensión. - Casco para alta tensión, clase E-AT. - Pértiga para alta tensión. - Botas dieléctricas. - Chalecos reflectantes para el personal de protección.
Protecciones Colectivas	- La organización de los trabajos se hará de forma tal que en todo momento la seguridad sea la máxima posible. Las condiciones de trabajo deben ser higiénicas y, en lo posible, confortables. - El transporte de personal se hará en autobuses u otros medios que reúnan las suficientes condiciones de seguridad y confort. - Señal de Obligatoriedad uso de casco, arnés de seguridad, gafas, mascarilla, protectores auditivos, botas y guantes. - Señal de Riesgo eléctrico, caída de objetos, caída a distinto nivel, maquinaria pesada en movimiento, cargas suspendidas, incendios y explosiones. - Señal de Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra, prohibido encender fuego, prohibido fumar y prohibido aparcar. - Señal informativa de localización de botiquín y de extintor. - Barandillas para losas y tableros. - Señales de tráfico. - Redes perimetrales con soporte metálico. - Redes para huecos horizontales. - Plataformas de trabajo. - Andamios. - Barandilla de protección. - Se emplearán extintores portátiles del tipo y marca homologados según CIP/96. - Vallas de limitación y protección.

7.4. Muros de contención tierra y hormigón armado. Estribos de contención de tierras.

Muros de contención de tierra armada

Proceso constructivo

Los muros de contención son necesarios para detener el movimiento de las tierras naturales, cuando se necesita un talud específico, o para permanecer dentro de unos límites por falta de espacio. De esta manera se consiguen las cotas necesarias para alinear toda la estructura. Esta contención se puede realizar de varias maneras. Tal y como se muestra en el esquema. En este capítulo se verán los de tierra y hormigón armado.

Se debe realizar todo el movimiento de tierras necesario para acompañar a los estribos, así como la ejecución del terraplén necesario hasta alcanzar las cotas de rasante necesarias cerca de la estructura. Se utilizarán equipos de movimiento de tierras. Las tierras que vayan a entrar en contacto con los paramentos de hormigón, no tendrán componentes agresivos para éste, y se comprobará que tengan las características de composición y granulometría adecuadas para que funcione el drenaje de los muros y estribos. Para ello se debe impermeabilizar el drenaje.

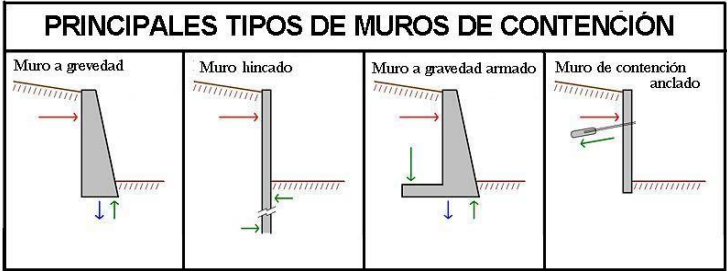


Imagen 34:Tipos de muros de contención

Excavación del emplazamiento: En primer lugar es necesario proceder a la excavación de la caja necesaria para colocar las armaduras en toda su longitud, así como la excavación correspondiente al zócalo de apoyo de las placas. Se saneará, si se considera necesario, el fondo de ambas excavaciones.

Solera de apoyo de escamas: La solera de reglaje tiene como misión exclusiva obtener una superficie nivelada y lisa que facilite el apoyo y montaje de la primera fila de escamas. Sobre la solera se deberá de replantear la línea exterior del paramento, pintándose la alineación sobre la superficie de la solera, no dejándose nunca una cuerda como referencia. Una vez realizada la solera de apoyo, se procederá a la colocación de la primera fila de escamas como a continuación se describe:

Colocación de escamas de la primera fila: Se colocarán las dos medias escamas alternas en el lugar que corresponde, partiendo del punto inicial de replanteo longitudinal sobre el que se sitúa la media escama primera, a partir de esta y a la distancia de 1,50 m entre los ejes de articulación, se colocará la 2ª, midiendo esta distancia mediante la regla de gálibo.

Se comprobará la horizontalidad entre ambas escamas con regla metálica (de L=4 m) y nivel sobre la misma y se procederá al aplomado y nivelación de las escamas mediante plomada y cuñas de madera que se colocarán siempre por la parte exterior del muro de tierra armada, comprobando el aplomado mediante plomadas.

Se procederá posteriormente a la colocación de la escama entera que se sitúa entre las dos primeras ya colocadas, verificando que las juntas horizontales tengan las dimensiones apuntadas de 2 cm apuntalando de inmediato la escama entera colocada.

Se continuará hacia adelante con el proceso descrito añadiendo otra media escama y otra escama entera entre ésta última y la anterior media escama, procediendo a la nivelación y aplomo entre las medias escamas y las escamas enteras, de la forma apuntada para las dos primeras escamas. Se colocarán posteriormente las juntas verticales y horizontales por el trasdós, así como los gatos en la escama arriostrando las escamas.

Se procederá así sucesivamente hasta completar la primera fila de escamas y se comprobará posteriormente, que la alineación es correcta.

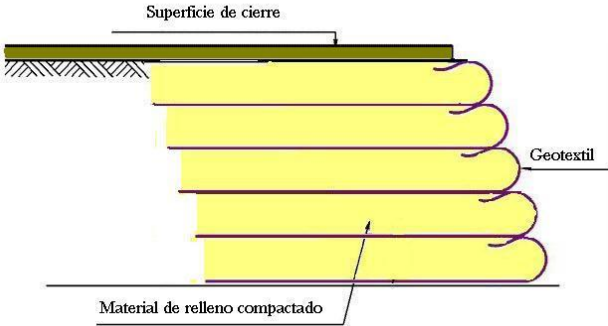


Imagen 35. Partes integrantes de los muros de contención realizados con tierra armada. Fuente: Wikipedia. Sin derechos de autor reconocidos.

Muros de contención de tierra armada

Proceso constructivo

Ejecución del relleno: Una vez finalizada la primera fila, se procederá al extendido y compactación de la 1ª tongada, con un espesor de 37,5 cm utilizando, en el metro y medio más cercano al muro, una bandeja vibrante o un rodillo. Se compactará, y siempre en el sentido del muro de escamas.

Se dividirá el terraplén en 3 zonas, compactando inicialmente la zona central, seguidamente la zona más alejada y finalmente la zona junto al muro de escamas.

Se controlará también la altura y alineación de la capa en la zona próxima a las escamas, de forma que coincida con el plano de los flejes, para evitar que al compactar la capa superior se produzcan desplomes de las escamas producidos por el asiento del fleje al compactar la capa superior.

Colocación de armaduras: Compactado la 1ª tongada, se procederá a la colocación de las armaduras, correspondientes a este nivel, perpendicularmente al paramento del muro, unidas a los arranques mediante los tornillos y tuercas correspondientes.

Filas sucesivas: Se repite cíclicamente la secuencia descrita de colocación de una fila de escamas, extendido y compactación de la tongada correspondiente del relleno, colocación de armaduras y controles de alineación, verticalidad y densidad del relleno.

Muros de contención de tierra armada

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos: - Desprendimiento de tierras. - Caída de personas al mismo nivel. - Caídas de personas a distinto nivel. - Atropello o golpes por maquinaria. - Atrapamientos de personas por placas prefabricadas. - Contactos con línea eléctrica aérea. - Sobreesfuerzos por manipulación de placas. - Caída de maquinaria al vacío. - Golpes por objetos. - Caídas de objetos.	- Se seguirá en todo momento las recomendaciones e instrucciones del fabricante para la colocación de las placas. - El acopio de flejes y placas se hará en el lugar previsto a fin de evitar tropiezos e interferencias indeseables. - En el manejo de las placas no permanecerá nadie bajo la vertical de ésta. - El transporte aéreo de las placas se hará con sumo cuidado sobre todo cuando los operarios van a recibir la placa. - Las herramientas deben estar en buen estado y para el uso que han sido diseñadas. - Hay que utilizar en todo momento las protecciones indicadas. - La maquinaria dispondrá de alarma acústica y luminosa. - En los trabajos de compactación no se permanecerá en el radio de acción de la máquina. - Si los trabajos requieren iluminación se efectuará mediante torretas aisladas con toma a tierra, en las que se instalarán proyectores de intemperie, alimentados a través de un cuadro eléctrico general de obra. - Si los trabajos requieren iluminación portátil, la alimentación de las lámparas se efectuará a 24 V. Los portátiles estarán provistos de rejilla protectora y de carcasa y mango aislados eléctricamente. - Cuando el operario trabaje junto al desnivel del muro, lo hará sujeto mediante cinturón de seguridad a un punto fuerte cercano. - Se comprobará el estado de los mecanismos, cables, ganchos, pestillos antes de su uso. - Se balizará el entorno de los trabajos. - Se mantendrá el orden y la limpieza que permita trabajar adecuadamente a operarios y maquinaria.
Protecciones individuales	- Casco de polietileno, Botas de seguridad, Guantes de cuero. - Ropa de trabajo, Chaleco reflectante. - Arnés de seguridad.

Muros de contención de hormigón armado

Proceso constructivo

Preparación de los trabajos:
Se volverán a calcular las alturas de coronación y cimentación una vez comprobado el comportamiento del terreno, mediante calicatas, o cualquier otra prueba que permita comprobar que los cálculos corresponden con el terreno encontrado. Si fuera necesario, se calculará una nueva profundidad de excavación.

Excavación y cimentación:
La superficie de apoyo de la cimentación debe ser horizontal. Como el terreno presenta una inclinación habitualmente, la excavación se irá realizando en tramos de longitud aproximada del ancho de un panel de encofrado, escalonando así la zapata de cimentación. Importante mantener la excavación en esta fase libre de lluvias de escorrentía, que nos impediría colocar la armadura y hormigonar hasta que se elimine el riesgo.

Se coloca una capa de hormigón de limpieza nivelando. La parrilla inferior de la armadura, elaborada en taller, se colocará mediante camión-grúa auxiliar. Un equipo de trabajadores de ferralla debe realizar su colocación, y colocadas las barras para los alzados, se encofra y hormigona lo más seguido posible.

Alzado del muro:
Lo ideal es hormigonar todo el tramo de muro comprendido entre dos juntas de dilatación de una sola vez. Para lo cual tiene que estar prevista la cantidad de hormigón a colocar en cada puesta. El reparto del hormigón se realizará por tongadas y vibrado. Los encofrados a utilizar estarán premontados y se suministrarán con la ayuda de una grúa y unos ganchos específicos para ese encofrado que permita el transporte. Se colocarán los anclajes necesarios para contrarrestar el empuje del hormigón. Y en los lugares previstos, sin agujerear el panel. Colocado el panel de la cara de trasdós, y el frontal, se montarán los andamios necesarios para acabar de colocar la armadura y ferralla. Se terminará con la colocación de los puntales estabilizadores tal y como indica el fabricante.

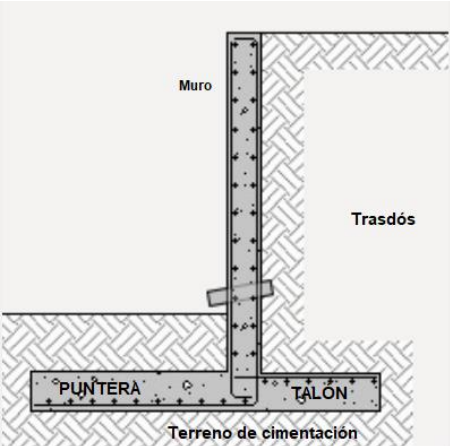


Imagen 36. Esquema de muro de hormigón armado. Fuente: Esquema basado en CYPE

Muros de contención de hormigón armado	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Alzado del muro. Riesgos específicos: - Caída de personas y/u objetos a distinto nivel. - Pisadas sobre objetos punzantes. - Las derivadas de trabajos sobre suelos húmedos o mojados. - Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos). - Atrapamientos. - Vibraciones por manejo de agujas vibrantes.	- Antes de comenzar los trabajos se instalaran las correspondientes protecciones colectivas (Protección de caídas a distinto nivel mediante barandillas y redes, balizamiento de zonas peligrosas donde puedan caer objetos, no trepar por los encofrados, controlar la manguera manejándola, al menos por dos personas. - Los trabajadores harán uso de los equipos de protección (Casco de polietileno preferiblemente con barbuquejo, casco de seguridad con protectores auditivos, cinturones de seguridad, guantes impermeabilizados, calzado de seguridad, botas de goma o de P.V.C. de seguridad, gafas de seguridad antiproyecciones, ropa de trabajo, trajes impermeables para tiempo lluvioso, cinturón antivibratorio, muñequeras antivibratorias, protectores auditivos). - Queda terminantemente prohibido que los trabajadores escalen por los encofrados y por la ferralla. - Antes del inicio del vertido del hormigón, el Capataz o Encargado revisará el buen estado de seguridad de las entibaciones de contención de tierras de los taludes del vaciado que interesan a la zona de muro que se va a hormigonar, para realizar los refuerzos o saneos que fueran necesarios. - El acceso al trasdós del muro (espacio comprendido entre el encofrado externo y el talud del vaciado), se efectuará mediante escaleras de mano. Se prohíbe el acceso "escalando el encofrado", por ser una acción insegura.

Muros de contención de hormigón armado	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
- Electrocución. Contactos eléctricos. - Caída de personas y/o objetos al mismo nivel. - Caída de personas y/o objetos al vacío. - Hundimiento de encofrados. - Fallo entibaciones. - Los derivados de la ejecución de trabajos bajo circunstancias meteorológicas adversas.	- Antes del inicio del hormigonado, el Capataz o Encargado revisará el buen estado de seguridad de los encofrados en prevención de reventones y derrames. - La plataforma de coronación de encofrado para vertido y vibrado, que se establecerá a todo lo largo del muro, tendrá las siguientes dimensiones: a) Longitud: la del muro. b) Anchura: 60cm (3 tablonos mínimo). c) Sustentación: jabalcones sobre el encofrado d) Protección: barandilla de 90 cm (preferentemente de 1m) de altura formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié. e) Acceso: El ascenso y descenso del personal se efectuará a través de las escaleras de mano o provisionales que cumplirán las normas reglamentarias. En caso de que estas fueran insuficientes se utilizaran escaleras de tiros y mesetas (escaleras andamios) o andamios europeos (cumpliendo la norma HD-1000). - Se establecerán fuertes topes de final de recorrido para los vehículos que deban aproximarse al borde de los taludes del vaciado, para verter el hormigón (Dúmper, camión hormigonera). - El vertido del hormigón en el interior del encofrado se hará repartiéndolo uniformemente a lo largo del mismo, por tongadas regulares. Esto evitará sobrecargas puntuales que puedan deformar o reventar el encofrado. - El desencofrado del trasdós del muro se efectuará lo más rápido posible, para no alterar la entibación, o la estabilidad del talud natural. Vertido de hormigón mediante bombeo: - El equipo de manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo. - La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma. - El hormigonado de elementos verticales, se ejecutará gobernando la manguera desde castilletes de hormigonado. - El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado será dirigido por un operario especialista, en evitación de accidentes por "tapones" y "sobrepresiones" internas. - La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento. - La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma. - Antes del inicio del hormigonado se establecerá un camino de tablonos seguro sobre los que apoyarse los operarios que gobiernan el vertido con la manguera. - Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) enviando masas de mortero de dosificación, en evitación de "atoramiento" o "tapones". - Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la "redecilla" de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total, del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina. Se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería. - Los operarios, amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza, a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.

Estribos de contención de tierras

Proceso constructivo

El acceso a los estribos se realizará a través de escaleras o andamios adecuados. Los andamios estarán dotados con carácter general de:

- Plataformas de trabajo adecuadas, con un ancho mínimo de 60cm.
- Barandillas de protección en todo el perímetro, con una altura mínima de 90cm (preferentemente de 1m), rodapié mayor o igual a 15cm y barra intermedia con separación vertical entre barras igual o menor a 47cm.
- Arriostramientos horizontales y verticales que garanticen la estabilidad de la plataforma de trabajo. Esta estabilidad debe quedar completada con un apoyo firme en el suelo empleando durmientes de madera o bases de hormigón que realicen un buen reparto de cargas en el terreno, manteniendo la horizontalidad del andamio.

Estribos de contención de tierras

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos genéricos: -Heridas punzantes en extremidades -Golpes por herramientas. -Proyección de partículas. -Cortes y heridas en manos y pies. -Aplastamientos. -Tropiezos y torceduras. -Caídas a distinto nivel. -Caídas al mismo nivel. -Roturas.	-Los trabajadores harán uso de los equipos de protección (Casco, Guantes de trabajo, Botas de seguridad, Botas de goma, Ropa de trabajo adecuada, Gafas de seguridad, Cinturón portaherramientas, Trajes de agua). -La colocación de las armaduras se realizará siempre desde andamios tubulares con placas de apoyo o husillos de nivelación, crucetas y rigidizadores. Las plataformas de trabajo tendrán un ancho de 60 cm y para alturas superiores a 2 m se colocaran barandillas. -La relación entre la altura del andamio y el lado menor de la base será menor que cinco. -El acceso al tablero podrá realizarse utilizando escaleras de mano. Para alturas comprendidas entre los cuatro y siete metros las escaleras a utilizar estarán reforzadas en su punto medio. Para alturas superiores se utilizarán escaleras de tiro y mesetas. Cuando el sistema de encofrado lleve incorporado escaleras protegidas por aros y plataformas de trabajo, se comprobará el estado de las mismas. -Las escaleras de mano o provisionales cumplirán las normas reglamentarias. En caso de que estas fueran insuficientes se utilizaran escaleras de tiros y mesetas (escaleras andamios) o andamios europeos (cumpliendo la norma HD-1000). -Para el manejo de paneles de encofrado y manipulación de los redondos de acero se utilizaran botas con puntera reforzada. -Los operarios no deben trepar por los encofrados. -La instalación eléctrica para el vibrado del hormigón de los muros contará con puesta a tierra y protección diferencial. El diagrama muestra una sección transversal de una estructura de construcción. En la parte superior, una losa horizontal roja está sostenida por dos estribos verticales. Cada estribo tiene una base ancha y una parte superior más estrecha que se conecta a la losa. Entre los estribos, la tierra se representa con una línea ondulada que indica su nivel. El estribo a la izquierda tiene una escalera de mano que se extiende desde el suelo hasta la losa. El estribo a la derecha es más simple, con una plataforma en la base. El suelo está representado por una línea horizontal con pequeñas hachuras debajo. <i>Imagen 37: Ejemplo de estribo para contener las tierras que mantienen la cota necesaria para mantener la losa a nivel.</i> Fuente: parte de esquema obtenido de presentación 2010-Eurocódigos. “EN 1991. Actuaciones en puentes”.

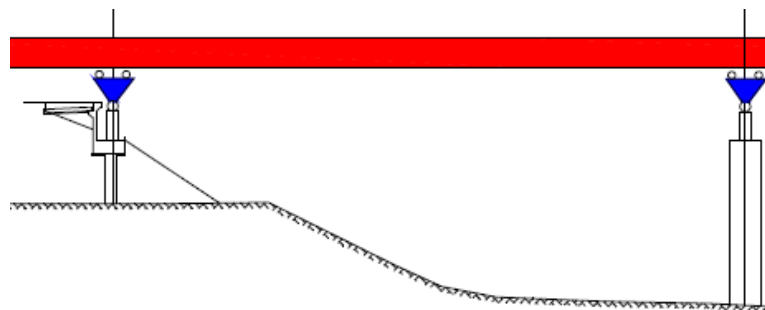


Imagen 37: Ejemplo de estribo para contener las tierras que mantienen la cota necesaria para mantener la losa a nivel.

Fuente: parte de esquema obtenido de presentación 2010-Eurocódigos. “EN 1991. Actuaciones en puentes”.

7.5. Estructuras metálicas

Estructuras metálicas

Proceso constructivo

Pueden formar parte de estructuras metálicas exclusivamente o mixtas. Aunque el diseño de puentes metálicos se tratará en el siguiente capítulo, aquí se tratarán los procedimientos y riesgos comunes al manejo y construcción de estructuras metálicas. En este capítulo se tratarán las exigencias de ejecución de obra previstas en la Instrucción EAE de acero estructural.

Condiciones de emplazamiento:

El montaje de la estructura comenzará cuando se cumplan los requisitos del plan de seguridad, que entre otros debe considerar los siguientes aspectos:

- Zonas de aparcamiento para vehículos, maquinaria en general y acopios.
- Acceso y circulación en el interior de la obra.
- Instalación de grúas fijas.
- Preparación del terreno de emplazamiento en cuanto a condiciones de suelo, drenaje superficial y estabilidad de taludes, si ha lugar.
- Comprobación de servicios afectados, incluyendo conductos subterráneos, cables aéreos o cualquier otro condicionante físico.
- Comprobación de que las piezas de mayores dimensiones y peso pueden ser suministradas a pie de obra.
- Zonas contiguas afectadas por el montaje.
- Condiciones climáticas y medioambientales.
- Comprobación de las condiciones del terreno que permitan prever o corregir eventuales movimientos, tales como asientos de bases de pilares o giro de paramentos de muros durante la ejecución de la obra.



Imagen 38. Ejemplo de construcción con estructura metálica exclusivamente.
Fuente: European Commission. 2010. Presentación EN-1993. Diseño puentes de acero.

Las actividades previas o posteriores al montaje deben disponer asimismo de un plan de seguridad compatible, sea cual sea su naturaleza (excavación, hormigonado, acabados, cubrición, solados, instalaciones, etc.). La coordinación entre las diferentes actividades deberá tener en cuenta especialmente:

- La disponibilidad de servicios comunes.
- El valor de cargas de construcción en las distintas fases de la obra incluyendo zona de posibles acopios.
- Las fases de hormigonado en forjados

Programa de montaje:

El programa de montaje lo elaborará el constructor debiendo ser aprobado por la dirección facultativa antes del inicio de los trabajos. No obstante el pliego de prescripciones técnicas particulares deberá incluir un método de montaje preliminar adecuado a las características resistentes de la estructura en sus distintas fases que servirá de orientación al constructor para la redacción del programa de montaje definitivo.

Este programa preliminar deberá tener en cuenta:

- La situación de nudos y empalmes.
- Longitudes máximas de barras.
- La secuencia de montaje.

Estructuras metálicas

Proceso constructivo

- La estabilidad provisional, incluyendo apeos y arriostramientos.
- Condiciones para la retirada de apeos y arriostramientos.
- Piezas con reducida estabilidad lateral y frente a torsión durante el montaje que requieren izado y manipulación especial.
- Ejecución de bases de pilares y apoyos en cuanto a retacado con mortero de placas base.
- Contraflechas y ajustes en juntas de dilatación.
- La utilización de chapa perfilada como contribución a la estabilidad.
- La posibilidad de que las cargas de ejecución superen a las correspondientes al diseño.
- Descripción de fases, con tiempos de actividad y fechas a origen de inicio y final de cada una, incluyendo la necesaria coordinación con la elaboración en taller y el transporte a obra.
- Equipo en cada fase, incluyendo grúas.
- Personal, especificando su cualificación profesional.
- Precauciones especiales frente a las condiciones climáticas que pueden darse durante el montaje.

Este documento deberá ser coherente con el plan de seguridad. Deberá incluir el montaje en blanco realizado en taller para asegurar el ensamble de piezas si así está previsto y cualquier elemento constructivo auxiliar necesario para el montaje, como cimbras, apeos o arriostramientos provisionales.

Soportes:**-Replanteo y colocación:**

- Todas las cimentaciones, tanto zapatas como losas o macizos de apoyo deben haber sido inspeccionadas previamente, incluyendo los pernos de anclaje embebidos en ellas, para garantizar que su posición y alineaciones están de acuerdo con los planos.
- Es recomendable que los pernos embebidos estén dotados de una cierta libertad que permita un ligero desplazamiento de los mismos para facilitar su inserción en las placas base de soportes. A tal efecto pueden disponerse cajeados o manguitos en la parte superior de la cimentación de ancho tres veces superior al diámetro de los pernos que alojen.
- Debe cuidarse que la posición a lo largo del montaje de los soportes no sufra modificaciones que excedan las tolerancias.
- Tanto los propios pernos de anclaje como los calzos o cuñas de nivelación de placas base han de ser capaces de soportar la estructura montada, previamente al retacado con mortero de nivelación. En el caso de que los elementos provisionales queden embebidos, debe asegurarse que disponen de una durabilidad igual a la de la estructura y de que quedan con un recubrimiento mínimo de 25 mm.

-Hormigonado:

- El hormigonado del espacio entre la placa base y el cimientado debe efectuarse con mortero de cemento o con morteros especiales sin retracción. Es recomendable que el espesor mínimo sea de 25 mm y asimismo que permita el relleno fácilmente y pueda ofrecer espacio suficiente para colocar y manipular las cuñas o tuercas inferiores de nivelación.
- El relleno de mortero debe realizarse lo antes posible una vez que los pilares y vigas inmediatas superiores estén correctamente aplomados y alineados. El material no debe mezclarse o utilizarse con temperaturas inferiores a 0° C salvo instrucción del fabricante del mismo. En todo caso debe obtenerse una fluidez adecuada para rellenar completamente todo el espacio.
- Previamente se habrá eliminado cualquier resto de grasa, hielo o suciedad. En las placas base cuya dimensión mínima supere 400 mm es recomendable disponer orificios de venteo de 50 mm para facilitar la penetración del producto.
- En el caso de soportes empotrados en zapatas con receptáculos tipo cáliz, el hormigón o mortero de relleno debe ser de una resistencia característica no inferior a la del cimientado. En la colocación inicial el hormigonado debe cubrir dos tercios de la longitud de empotramiento. No se deberá someter a ninguna carga adicional hasta que el hormigón no alcance la mitad de su resistencia característica. La ejecución definitiva se completará con el hormigonado del último tercio.

Estructuras metálicas

Proceso constructivo

Ejecución del montaje:**-Manipulación y almacenamiento en montaje:**

- La manipulación y almacenamiento en obra debe realizarse de manera que se minimice el riesgo de daño a los elementos. Se deberá prestar especial atención al eslingado en las operaciones de descarga e izado.
- Deberán repararse los daños que pueda sufrir cualquier elemento que afecte a sus tolerancias, acabado de protección o a sus uniones.
- La tornillería, elementos de fijación, cubrición y auxiliares deberán estar embalados e identificados adecuadamente.

-Métodos de montaje:

- El montaje de la estructura se realizará de acuerdo con las indicaciones contenidas en el programa de montaje indicado en 78.2. A lo largo de todo el proceso deberá estar garantizada la resistencia y estabilidad de la obra.
- En edificios es recomendable iniciar el montaje por núcleos rígidos que hagan intraslacional todo el conjunto, confiriendo estabilidad a las piezas que se montan posteriormente.
- Los pernos de anclaje en base de pilares no empotrados no deben de considerarse eficaces para evitar el vuelco a menos que se compruebe mediante cálculo.
- Debe preverse el efecto de las cargas de ejecución incluyendo peso de personal y equipo durante el montaje así como la acción del viento sobre la estructura no completa.
- Los arriostramientos o rigidización provisional deberán mantenerse hasta que el montaje esté lo suficientemente avanzado, de modo que puedan ser retirados sin comprometer la seguridad.
- Cabe la posibilidad en edificios o estructuras de gran altura que sea necesario liberar a los arriostramientos del efecto de las cargas gravitatorias a medida que avanza la construcción. En estos casos, que deben estar explícitamente indicados en el pliego de prescripciones técnicas particulares y considerados en el cálculo de la estructura, podrá procederse liberando cada vez únicamente un recuadro y recurriendo a otro arriostrado provisional alternativo si es necesario.
- A las uniones de los elementos provisionales de montaje les es aplicable el pliego de prescripciones técnicas particulares. Dichas uniones deben realizarse de forma que no limiten ni la resistencia ni la capacidad de servicio de la estructura definitiva.
- En caso de que el montaje implique la rodadura, u otro tipo de traslación de la estructura o de parte de ella, hasta su posición definitiva deberán tomarse las medidas pertinentes para conseguir el frenado controlado de la misma y preferiblemente para poder actuar en el sentido de invertir la dirección del desplazamiento si es necesario.
- Los anclajes provisionales deberán estar asegurados contra cualquier posible aflojamiento involuntario.
- El constructor será responsable de que ninguna parte de la estructura sea sobretensionada o distorsionada por acopio de materiales o cargas de montaje a lo largo de la construcción.

-Alineamientos:

- Cada parte de la estructura debe quedar alineada, nivelada y ajustada tan pronto como sea posible una vez que haya sido montada; la ejecución de sus uniones debe realizarse inmediatamente después.
- Si dichas uniones son definitivas deberá asegurarse que su ejecución no compromete el ajuste, nivelación y aplomado de elementos posteriores.
- En la alineación y ajuste de la estructura pueden emplearse tuercas de nivelación, cuñas y forros. Cuando exista el riesgo de desplazamiento las cuñas podrán soldarse, el material de las mismas será acero y el espesor mínimo será de 4 mm cuando se empleen en el exterior.
- Cuando no sea posible corregir los errores de montaje o ajuste mediante cuñas en forma de calzos o forros, se deberá modificar adecuadamente la fabricación de los elementos consignando los cambios introducidos en los planos de montaje.
- Debe prestarse especial atención en no forzar el ajuste si ello implica introducir esfuerzos en las barras no considerados en el cálculo de la estructura.
- Para facilitar el montaje debe considerarse la posibilidad de disponer agujeros sobredimensionados o rasgados.

Estructuras metálicas	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Riesgos: - Vuelco de las pilas de acopio de perfilería. - Desprendimiento de cargas suspendidas. - Derrumbamiento por golpes con las cargas suspendidas de elementos punteados. - Atrapamiento por objetos pesados. - Golpes o cortes por objetos o herramientas. - Vuelco de la estructura. - Quemaduras. - Radiaciones por soldadura con arco. - Caídas al mismo nivel. - Caídas a distinto nivel. - Partículas en los ojos. - Contacto con la corriente eléctrica. - Explosión de botellas de gases licuados. - Incendios. - Intoxicación.	- Los trabajadores harán uso de los equipos de protección (casco, cinturón de seguridad, botas de seguridad, guantes de trabajo, ropa de trabajo, manoplas de soldador, mandil de soldador, polainas de soldador, yelmo de soldador, pantalla de mano para soldadura, gafas de soldador, gafas de seguridad antiproyecciones). - Se hará uso de las respectivas protecciones colectivas (balizamiento y protección de zonas de trabajo, cuerdas guías, anclajes y cuerdas de seguridad, protección contra riesgo eléctrico, revisión de eslingas, cables y cadenas, uso de ganchos con dispositivo de seguridad). - Los piezas se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas estableciendo capas hasta una altura no superior a 1,50 m. - Las maniobras de ubicación "in situ" de piezas (montaje de la estructura) serán gobernadas por tres operarios. Dos de ellos guiarán el perfil mediante sogas sujetos a sus extremos siguiendo las directrices del tercero. - Se tenderán redes horizontales de seguridad en caso necesario - Colocar unas chapas metálicas ligeras que se colgarán de las piezas y actuarán como recoge chispas. - Las redes se revisarán puntualmente al concluir un tajo de soldadura con el fin de verificar su buen estado. - Se suspenderán los trabajos con vientos superiores a 60 Km/h, en prevención del riesgo de caída de personas y objetos. - Las operaciones de soldadura en altura se realizarán desde el interior de una góndola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 90 cm (preferentemente de 1m) de altura mínima, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador además amarrará el mosquetón del cinturón a un punto fijo. - Las piezas se izarán cortados a medida requerida por el montaje. Se evitará el oxicorte en altura, en la intención de evitar riesgos innecesarios. - Se prohíbe dejar la pinza y el electrodo directamente en el suelo conectado al grupo. Se exige el uso de recoge pinzas. - Se prohíbe tender las mangueras o cables eléctricos de forma desordenada. Siempre que sea posible, se enterrarán o se colgarán de los "pies derechos", pilares o paramentos verticales. - Las botellas de gases en la obra permanecerán siempre en el interior del carro portabotellas correspondiente. - Se prohíbe la utilización de botella de gases licuados en posición inclinada. - Las botellas de gases licuados una vez vacías se retirarán de la obra inmediatamente. - Los mecheros para soldadura mediante gases licuados estarán dotados de válvulas antiretorno de la llama. - Se comprobarán periódicamente las posibles fugas de las manueras de suministro de gases licuados. - Se prohíbe mantener las botellas de gases licuados al sol, de ser así se preparará una protección para impedir que el sol incida directamente en ellos. - Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas. - Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura. - Para soldar sobre tajos de otros operarios, se tenderán "tejadillos", viseras, protectores de chapa. - Se prohíbe trepar directamente sobre la estructura. - Se prohíbe desplazarse sobre las piezas. - El ascenso o descenso a/o un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad o amarrada dispuestos de tal forma, que sobrepase la escalera 1 m la altura de desembarco. - Las escaleras de mano o provisionales cumplirán las normas reglamentarias. En caso de que estas fueran insuficientes se utilizaran escaleras de tiros y mesetas (escaleras andamios) o andamios europeos (cumpliendo la norma HD-1000). - Las operaciones de soldadura se realizarán desde plataforma de andamios tubulares (cumpliendo la norma HD-1000) provistos de plataformas de trabajo de 60 cm de anchura y de barandilla perimetral de 90 cm (preferentemente de 1m) compuesta de pasamanos, barra intermedia y rodapié.

Estructuras metálicas	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
Puntos críticos	A la vista de las investigaciones revisadas de la página especializada de evaluación de accidentes y controles del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de EEUU; entre los accidentes provocados por (o en que se han visto involucrados) estructuras metálicas, se pueden resumir los siguientes puntos críticos, a partir del ejemplo cogido del análisis de las consecuencias producidas por el derrumbe de un poste de acero que se derrumbó y tiró a un trabajador de su plataforma de trabajo a 14 m. de altura, al ser golpeada la plataforma por el poste en su caída. Se trataba de construir una estructura de acero colgado del techo para un estadio.  Imagen 39: Parte este de la placa después de la fractura en una posición al revés. Fuente: OSHA.  Imagen 40: Parte de la placa fracturada. Fuente: OSHA La placa que sujetaba el poste se fracturó y las causas de que esto sucediera fueron: - La placa de fijación se sobrecargó. - No se hicieron los cálculos necesarios para determinar y verificar la idoneidad estructural de los conjuntos de fijación para las cargas <i>durante el montaje</i> a las que se sometieron el sistema de anclaje al suelo y techo. - Los trabajadores que estaban en la plataforma durante la actividad no habían recibido las instrucciones claras sobre la secuencia de levantamiento y la cantidad de fuerza de tensión que se debía aplicar a los cordones de levantamiento temporal para realizar la conexión final de los cables diagonales definitivos. La instrucción por escrito o los dibujos de elevación que indicaban la magnitud de la fuerza de tensión que se debía aplicar a los cordones de levantamiento temporal no estaban disponibles para el equipo.

8. Equipos de protección individual

Relación orientativa de equipos de protección individual			
Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Caídas a distinto nivel.	Manipulación de estructuras, equipos de encofrados, ferrallas, hormigonado, etc..		Equipo anticaída (arnés, fijaciones, eslinga, conectores, etc.).
Caída de objetos y golpes en cabeza.	General.	Casco.	
Atropellos.	General.	Chaleco reflectante.	
Golpes, atrapamientos y punzonamientos o cortes.	General.	Guantes contra riesgos mecánicos, botas/zapatos de seguridad con puntera y plantilla de acero.	
Proyección de partículas.	Operadores de hormigón, ferralla.		Gafas antiproyecciones.
Presencia de agua.	General.		Botas impermeables con puntera y plantilla de seguridad, ropa impermeable.
Polvo.	General.		Mascarilla antipolvo FFP, gafas antipolvo.
Ruido.	General.		Protector auditivo.
Estrés térmico por frío o calor / quemaduras o enfermedades en la piel por radiación solar.	Realización de trabajos a la intemperie.	Ropa de protección contra bajas temperaturas. Calzado de protección contra el frío. Crema de protección.	
Exposición a agentes biológicos y químicos.	Trabajos con terrenos contaminados.		Protección corporal y respiratoria frente a agentes químicos / biológicos / tóxicos / corrosivos.
Contactos eléctricos.	Manipulación instalaciones eléctricas.		Casco dieléctrico, guantes dieléctricos.

NOTA: aunque la ropa de trabajo no es considerada un equipo de protección individual, es esencial señalar la importancia de utilizar ropa de trabajo adecuada (camisetas con manga y pantalón largo) durante la ejecución de los trabajos en una obra de construcción.

9. Formación e información

Los trabajadores de esta actividad, incluidos los operadores de máquinas, deben acreditar capacitación y formación adecuada a la misma, y un nivel de formación en prevención de riesgos laborales adecuado a la normativa vigente y puesto de trabajo.

Si las actividades a desarrollar presentasen sistemas de trabajo o técnicas especiales, no habituales, se ha de asegurar la transmisión de la información pertinente sobre las mismas, así como de los riesgos laborales que ocasionan, a los trabajadores afectados. Tal y como se ha indicado en los apartados anteriores, siempre que exista una necesidad específica de la transmisión del procedimiento de trabajo para asegurarse ya no sólo realizar los trabajos con seguridad, sino que la falta de conocimiento de los procedimientos de ejecución no provoque falta de seguridad en las infraestructuras construidas.

No obstante, se indica la formación general mínima que los trabajadores deben tener según el VI Convenio de la Construcción, que recoge en su Anexo XII, el contenido formativo para:

- Albañilería.
- Trabajos de demolición y rehabilitación.
- Encofrados.
- Ferrallado.
- Revestimiento de yeso.
- Electricidad, montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas de alta y baja tensión.
- Fontanería e instalaciones de climatización.
- Revestimientos exteriores.
- Pintura.
- Solados y alicatados.
- Operadores de aparatos elevadores.
- Operadores de vehículos y maquinaria de movimiento de tierras.
- Operadores de equipos manuales.
- Trabajos de aislamiento e impermeabilización.
- Montaje de estructuras tubulares.
- Operario de instalaciones temporales de obra y auxiliares: plantas de aglomerado, de hormigón, de machaqueo y clasificación de áridos.
- Estabilización de explanadas y extendido de firmes.
- Colocación de materiales de cubrición.
- Conservación y explotación de carreteras.
- Ejecución de túneles y sostenimiento de las excavaciones subterráneas y de los taludes.
- Cimentaciones especiales, sondeos y perforaciones.
- Construcción y mantenimiento de vías férreas.
- Trabajos marítimos.
- Trabajos de redes de abastecimiento y saneamiento y pocería.
- Trabajos de montaje de prefabricados de hormigón en obra
- Operario de taller de materiales: piedras industriales, tratamiento o transformación de materiales, canteros y similares.
- Trabajos de soldadura.
- Montador de escayola, placas de yeso laminado y asimilados.
- Mantenimiento de maquinaria y vehículos.

A) Parte común.

El contenido formativo de la parte común, cuyo módulo tendrá una duración mínima de 14 horas lectivas, se esquematiza de la siguiente forma:

1. Técnicas preventivas.
 - Medios de protección colectiva.
 - Equipos de protección individual.
 - Señalización.
2. Medios auxiliares, equipos y herramientas empleados habitualmente en las obras de construcción.
3. Verificación, identificación y vigilancia del lugar del trabajo y su entorno.
 - Riesgos generales en las obras de construcción.
 - Conocimiento del entorno del lugar de trabajo. Planificación de las tareas desde un punto de vista preventivo.
 - Manipulación de productos químicos. Ficha de datos de seguridad. Simbología.
4. Interferencia entre actividades.
 - Actividades simultáneas o sucesivas.
5. Derechos y obligaciones.
 - Marco normativo general y específico.
 - Organización de la prevención de riesgos laborales.
 - Participación, información, consulta y propuestas.
6. Primeros auxilios y medidas de emergencia.

B) Parte específica. El contenido formativo de cada una de las partes específicas, cuyo módulo tendrá una duración mínima de 6 horas lectivas, es específica para cada oficio.

El empresario tiene que garantizar que los trabajadores que utilicen directamente los equipos de trabajo, los representantes de los trabajadores y, en su caso, supervisores y mandos reciban una formación e información adecuada sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

Documento Básico

PRL-OL

08 Prevención de Riesgos Laborales en Obras Lineales

SECCIÓN COMÚN

Parte general de Obras Lineales

08.1_SECCIÓN 1

Puentes y viaductos

08.2_SECCIÓN 2

Túneles

DB PRL-OL

Prevención de Riesgos Laborales en Obras Lineales.

08.1.—SECCIÓN PUENTES Y VIADUCTOS

ÍNDICE | OBRA LINEAL. PUENTES Y VIADUCTOS.

1. Objeto	4
2. Ámbito de aplicación	5
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico	6
4. Puentes metálicos y mixtos. Riesgos y medidas preventivas. Procesos constructivos.	11
4.1. Seguridad en la fase diseño:	11
4.2. Comportamiento de la estructura durante su ejecución.....	14
4.3. Elementos que componen el puente metálico	15
4.3.1. Perfiles y chapas de acero laminados en caliente.....	15
4.3.2. Elementos estructurales	15
4.4. Ejecución del puente metálico y mixto.	16
4.4.1. Puentes mixtos tipo cajón y con vigas metálicas.....	22
4.4.2. Puentes metálicos y mixtos ejecutados con lanzamiento de vigas.	27
5. Tableros de puentes y viaductos: otras formas constructivas. Riesgos y medidas preventivas	30
5.1. Tableros de losa de hormigón armado	30
5.2. Construcción de tableros con cimbras autolanzables	37
5.3. Sistema por carros sucesivos en ménsula o voladizo	44
6. Equipos de protección individual	49
7. Formación e información	50

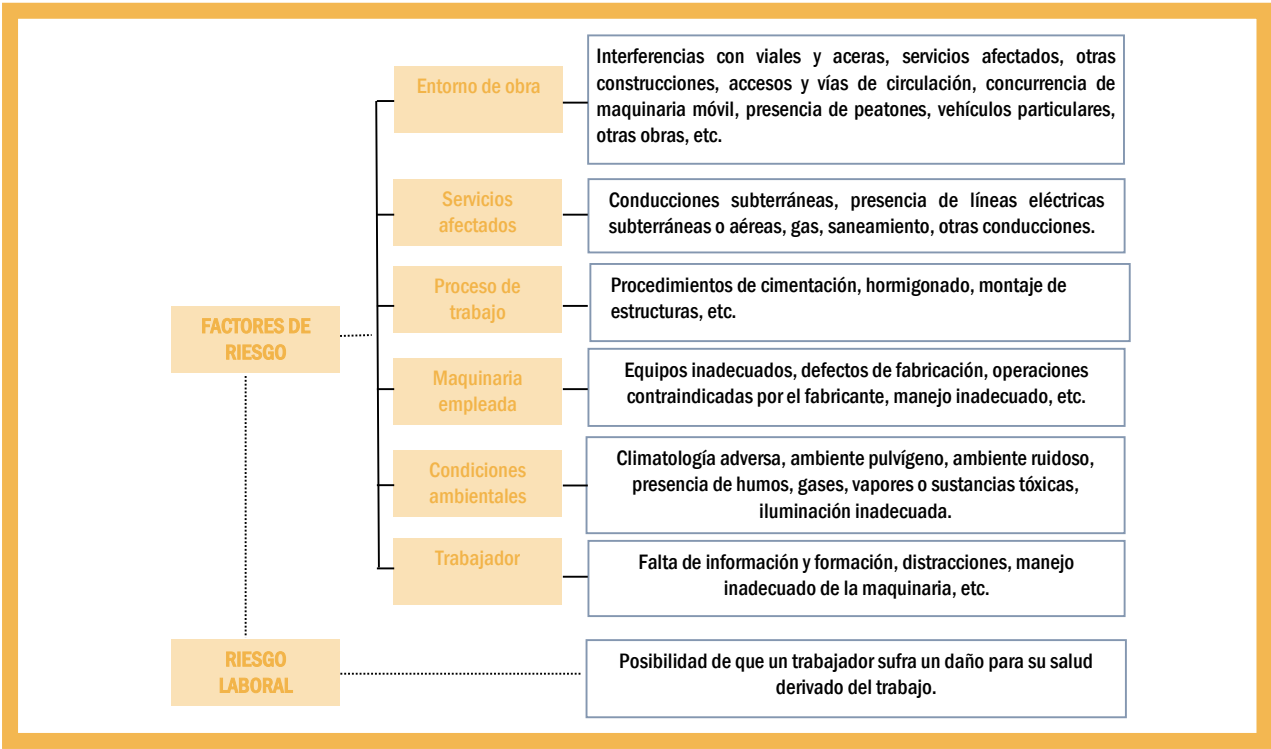
1. Objeto

Este Documento Básico (DB), junto con las Secciones que lo desarrollan, tiene por objeto determinar unas reglas y procedimientos que faciliten el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad y salud establecidas en la normativa vigente de carácter tanto reglamentario, como técnico, aplicables a los trabajos realizados durante la construcción de puentes y viaductos. Implican todas aquellas obras necesarias para desarrollar las infraestructuras para uso en movilidad terrestre.

No se incluyen en este DB:

- Aquellas acciones dirigidas a eliminar o limitar los riesgos específicos de la actividad basadas en principios básicos de actuación de los trabajadores, ya que estos deben ser adquiridos a través de la formación y capacitación de dichos trabajadores y llevados a la práctica por los mismos.
- El total de las medidas preventivas de aplicación al uso de las máquinas y los equipos de trabajo, al considerar que la manipulación de los mismos y la puesta en práctica de las medidas correspondientes, son realizadas por personal capacitado, con formación suficiente y adecuada para ello.
- Los trabajos desarrollados exclusivamente para uso ferroviario, al estar recogidas ampliamente en otros documentos también de la FLC. Así como las obras de fábrica, recogidas en el Código Técnico de PRL para edificación.
- Las obras necesarias para colocar los drenajes de las infraestructuras en obras lineales, así como sus interferencias con aguas subterráneas, superficiales, cauces, etc. Ya que se contemplan en su totalidad en el capítulo 10-DB-PRL-DR-DRENAJES, de este mismo Código Técnico.

Este documento es una guía orientativa de aplicación, no exhaustiva, por lo que pueden utilizarse otras medidas o soluciones diferentes a las contenidas en el mismo, así como en sus secciones. Teniendo en cuenta todos los factores:



En la actualidad, todos estos factores que influyen en la seguridad de la infraestructura, están resumidos en el siguiente esquema, y ampliado en la tabla de normas y referencias de más adelante.

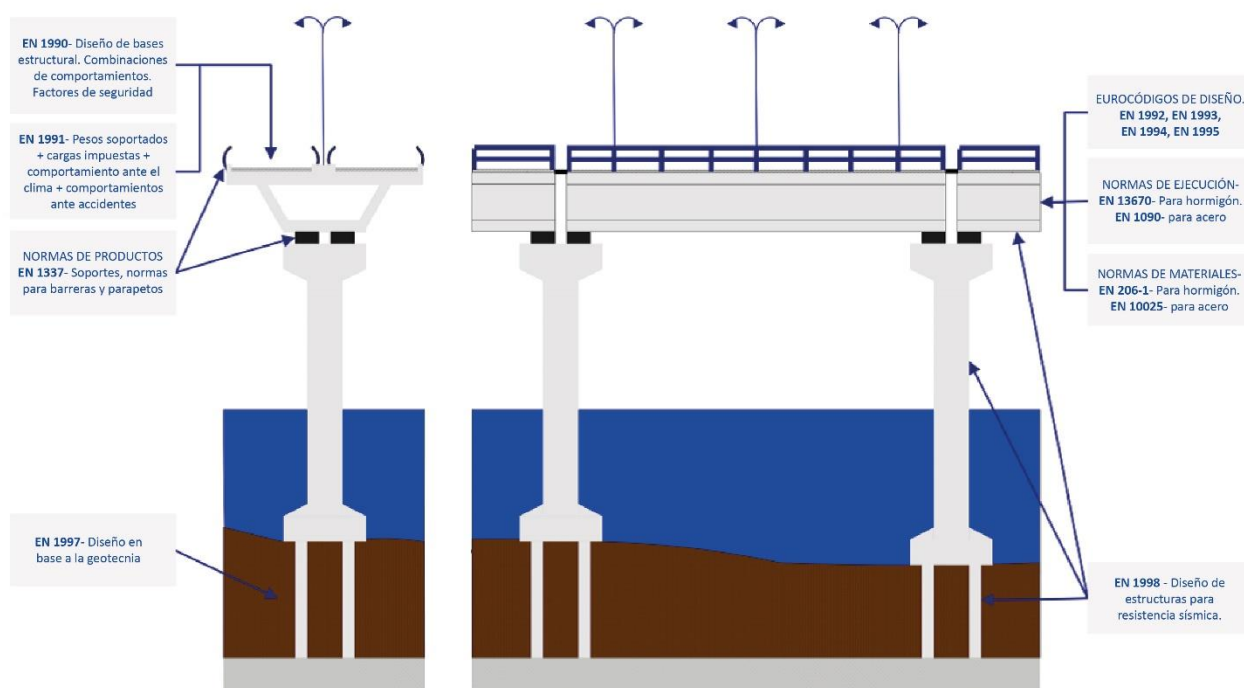


Imagen 9: Esquema de los Eurocódigos que aplican a cada parte del proceso constructivo de un puente. Fuente: European Commission.

2. Ámbito de aplicación

- A efectos de este DB, se consideran puentes las estructuras que se construyen para superar las barreras naturales y dar continuidad a la infraestructura de comunicación vía terrestre.
- Dependiendo del uso que se les dé a los puentes, se dividen en:
 - Acueductos: Cuando la infraestructura es una conducción de agua.
 - Viaductos: Si soportan el paso de carreteras y vías férreas
 - Pasarelas: Destinadas a la circulación de personas.
- En este capítulo no se tendrá en cuenta la posterior terminación del puente que lo adecúe para el uso final previsto. Es decir, no se contemplan las fases de terminación de carreteras (tratados en la sección común) ni de vías férreas (tratados en otros documentos desarrollados por la FLC: "Guía para el desarrollo de buenas prácticas de PRL en obras de ingeniería civil. Trabajos ferroviarios I" y II. Descargable en la web de lineaprevencion.com).
- Se tratarán, principalmente, los trabajos de puentes y viaductos y sus distintas tipologías.
- Para estructurar el estudio de la construcción de los puentes, se tendrá en cuenta la clasificación, además del uso que se les dé, según los siguientes criterios:
 - Material de construcción:
 - Madera: este tipo de puentes no se va a tratar por no ser representativo
 - Piedra: en la actualidad tampoco es representativa su construcción con estos materiales.
 - Metálicos: se construyen con rapidez, pero tienen un coste muy alto de mantenimiento, por lo que suelen hacerse mixtos con hormigón.
 - Mixtos (metálicos y hormigón).
 - Hormigón.
 - Forma en que se soportan los esfuerzos del puente:
 - Puentes de viga prefabricada
 - De arco:
 - De arco sobre tablero
 - De arco bajo tablero
 - Colgante

En atención a la Orden Circular 1/2019 del Ministerio de Fomento, para aplicar la Ley 9/2017, de 8 de Noviembre, de Contratos del Sector Público. En concreto el artículo 126, donde se indica que, sin perjuicio de las instrucciones y reglamentos técnicos nacionales que sean obligatorios, cuando existan normas UNE-EN deberán ser la referencia para el establecimiento de las prescripciones técnicas en la contratación pública.

Teniendo en cuenta que en el artículo 125.1 se indica que el pliego de contratación debe incluir el diseño, pruebas, instrucciones de uso, procesos y métodos de producción de cualquier fase del ciclo de vida.

Para orientar al constructor y al contratista están los Eurocódigos, cuyo listado se muestra en el siguiente apartado, y los anejos nacionales que son la aplicación directa de éstos al ámbito particular de construcción de nuestro país. En el presente capítulo se intentarán presentar las principales aplicaciones y ejemplos de su aplicación. (Imagen 9)

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

En este capítulo, se hace referencia a normativa vigente específica para puentes y viaductos de aplicación general a todo este DF (lista no exhaustiva). Hay que tener en cuenta las indicadas en el capítulo común de la sección de Obras Lineales:

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
PRINCIPIOS GENERALES SOBRE LA ACTIVIDAD	Orden FOM/475/2002 , por la que se actualizan determinados artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a Hormigones y Aceros.	
	Real Decreto 751/2011 , por el que se aprueba la “Instrucción de Acero Estructural (EAE)” (BOE del 23 de junio de 2011). Corrección de errores BOE del 23 de junio de 2012.	
	Real Decreto 1247/2008 , de 18 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)” (BOE del 22 de agosto de 2008). Corrección de errores BOE del 24 de diciembre de 2008.	
	Hasta mayo de 2018 se abrió el plazo de alegaciones al Proyecto de RD para aprobar el CÓDIGO ESTRUCTURAL, que tiene previsto derogar las instrucciones de acero y hormigón EHE-08 y EAE, respectivamente, creando un nuevo apartado específico para las estructuras mixtas de acero y hormigón. Así como adaptar la reglamentación sobre comercialización de productos de construcción.	
	A la fecha de terminación del presente Código Técnico de Obra Civil II, no hay previsión cercana de la aprobación de este nuevo código.	
	Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. Dirección General de Carreteras, octubre de 2005.	
	Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera. Dirección General de Carreteras, 2ª edición revisada - junio de 2003.	
	Guía de cimentaciones en obras de carreteras. Dirección General de Carreteras, 3ª edición revisada - diciembre de 2009.	
	Manual para el proyecto y ejecución de estructuras de suelo reforzado. Dirección General de Carreteras, enero de 1989.	
	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3). Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976. (La Orden FOM/2523/2014 actualiza artículos de materiales básicos, firmes, pavimentos, señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos (BOE del 3 de enero de 2015, corrección de erratas BOE 1 de marzo de 2017). La Orden FOM/1382/2002 actualiza artículos de explanaciones, drenajes y cimentaciones (BOE del 11 de junio de 2002; corrección de erratas BOE 26 de noviembre de 2002). La Orden FOM/475/2002 actualiza artículos de hormigones y aceros (BOE del 6 de marzo de 2002)).	
	Real Decreto 256/2016 , por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16) (BOE de 25 de junio de 2016).	
	Real Decreto 605/2006 , por el que se aprueban los procedimientos para la aplicación de la norma UNE-EN 197-2:2000 a los cementos no sujetos al mercado CE y a los centros de distribución de cualquier tipo de cemento (BOE de 7 de junio de 2006).	
	Real Decreto 842/2013 , por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego (BOE 23 de noviembre de 2013)	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
ETAG 013- DIRECTRIZ TÉCNICA EUROPEA PARA LA APROBACIÓN de KITS DE POSTENSIÓN PARA PRESTRESADO DE ESTRUCTURAS (Estos se denominan comúnmente sistemas de postesado)		
SOBRE LOS EQUIPOS DE TRABAJO Y MAQUINARIA.	Real Decreto 1215/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo y su modificación por Real Decreto 2177/2004.	ANEXO II: DISPOSICIONES RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO. OBSERVACIÓN PRELIMINAR 1. Condiciones generales de utilización de los equipos de trabajo. 2. Condiciones de utilización de equipos de trabajo móviles, automotores o no.
	Real Decreto 837/2003, se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción Técnica Complementaria “MIE-AEM-4” referente a grúas móviles autopropulsadas.	
	Real Decreto 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (transpone y desarrolla la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas y que modifica la Directiva 95/16/CE) “Guía para la aplicación de la directiva de máquinas 2006/42/EC”. 2ª Edición 2010. Comisión Europea de empresa e industria.	
	VI Convenio General del Sector de la Construcción (2017)	LIBRO II. TÍTULO IV. CAPÍTULO II- Andamios CAPÍTULO III- Protecciones colectivas. Y equipos de trabajos temporales en altura CAPÍTULO IV- Movimientos de tierras, excavación, CAPÍTULO VI- equipos de trabajo y maquinaria de obra LIBRO II. TÍTULO III- Información y formación en seguridad y salud.
SOBRE LA SEÑALIZACIÓN DE OBRAS	Orden , de 31 de agosto de 1987, por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado (BOE del 18 de septiembre de 1987).	Parte 2. Ordenación de la circulación en presencia de obras fijas. Parte 3. Limitación de la velocidad. Parte 4. Cierre de carriles y desvíos a carriles provisionales. Parte 5. Elementos de señalización, balizamiento y defensa. Parte 6. Balizamiento. Anexo 1. Catálogo de Elementos de señalización, balizamiento y defensa.
	Señalización móvil de obras. Dirección General de carreteras, 1997. Adecuación de la Norma 8.3-IC.	Parte 3. Ámbito de aplicación. Parte 5. Señalización. Parte 7. Ejemplos.
	Orden FOM/2873/2007 , sobre procedimientos complementarios para autorizar nuevos enlaces o modificar los existentes en las carreteras del Estado.	
	Manual de ejemplos de señalización de obras fijas. IC.980. Ministerio de Fomento, 1997.	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:	Instrucciones de Construcción. Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras.	Manual de aplicación de las recomendaciones RPM-RPX/95 (2002) (Proyectos de puentes metálicos y puentes mixtos, respectivamente) Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras: RPX-95 (2003)
	UNE-EN 10025-1	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.
	UNE-EN 10025-2	Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
	UNE-EN 10025-3	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados.
	UNE-EN 10025-4	Parte 3: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino en la condición de normalizado/laminado de normalización. Parte 4: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino laminados termo-mecánicamente.
	UNE-EN 10113	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
	UNE-EN 10346	Productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente. Condiciones técnicas de suministro.
	UNE-EN 10149	Productos planos laminados en caliente de acero de alto límite elástico para conformado en frío.
	UNE-EN 10149-2	Parte 2: Condiciones técnicas de suministro para aceros en estado de laminado termo-mecánico.
	UNE-EN 10149-3	Parte 3: Condiciones técnicas de suministro para aceros en estado de normalizado o laminado de normalización.
	NE-prEN ISO 10113 (Tramitación)	Materiales metálicos. Chapas y bandas. Determinación del coeficiente de anisotropía plástica
	UNE-EN 10268	Productos planos de acero laminados en frío de alto límite elástico para conformado en frío. Condiciones técnicas de suministro.
	UNE-EN 15050+A1	Productos prefabricados de hormigón. Elementos para puentes.
	UNE-EN 14250	Estructuras de madera. Requisitos de producto para cerchas prefabricadas ensambladas con conectores de placa clavo.
	UNE-EN ISO 3834	Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos.
	UNE-EN ISO 3834-1	Parte 1: Criterios para la selección del nivel apropiado de los requisitos de calidad. (ISO 3834-1:2005).
	UNE-EN ISO 3834-2	Parte 2: Requisitos de calidad completos (ISO 3834-2:2005).
	UNE-EN ISO 3834-3	Parte 3: Requisitos de calidad normales. (ISO 3834-3:2005).
	UNE-EN ISO 3834-4	Parte 4: Requisitos de calidad elementales. (ISO 3834-4:2005).
	UNE-EN ISO 3834-5	Parte 5: Documentos exigibles para cumplir los requisitos de calidad de las Normas ISO 3834-2, ISO 3834-3 o ISO 3834-4. (ISO 3834-5:2015).
	UNE-CEN ISO/TR 3834-6:2008 IN	

Concepto de aplicación	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
		Parte 6: Implantación de las Normas ISO 3834. (ISO/TR 3834-6:2007)
	UNE-EN ISO 15609	Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo.
	UNE-EN ISO 15609-1	Parte 1: Soldero por arco.
	UNE-EN ISO 15609-2	Parte 2: Soldero por gas.
	UNE-EN ISO 15609-3	Parte 3: Soldero por haz de electrones.
	UNE-EN ISO 15609-4	Parte 4: Soldero por láser.
	UNE-EN ISO 15609-5	Parte 5: Soldero por resistencia
	UNE-EN ISO 15609-6	Parte 6: Soldero híbrido por arco-láser.
	UNE-EN 287-6	Cualificación de soldadores. Soldero por fusión. Parte 6: Fundición de hierro.
	UNE-EN ISO 9606-1	Cualificación de soldadores. Soldero por fusión. Parte 1: Aceros.
	UNE-EN 13067	Personal de soldero de materiales plásticos. Ensayos de cualificación de soldadores. Conjuntos de accesorios termoplásticos con uniones soldadas.
EUROCÓDIGOS	UNE –EN 1990	Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras
Eurocódigo Estructuras	1. UNE –EN 1991-1-1	Eurocódigo 1. Comportamiento de estructuras. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Comportamientos generales. Pesos específicos, pesos propios y sobrecargas de uso en edificios.
	UNE –EN 1991-1-3	Eurocódigo 1. Comportamiento de estructuras. Parte 1-3 (Anejo Nacional): Comportamientos generales. Cargas de nieve
	UNE –EN 1991-1-4	Eurocódigo 1. Comportamiento de estructuras. Parte 1-4 (Anejo Nacional): Comportamientos generales. Comportamientos con viento.
	UNE –EN 1991-1-5	Eurocódigo 1. Comportamiento de estructuras. Parte 1-5 (Anejo Nacional): Comportamientos generales. Comportamientos térmicos.
	UNE –EN 1991-1-6	Eurocódigo 1. Comportamiento de estructuras. Parte 1-6 (Anejo Nacional): Comportamientos generales. Comportamiento durante la ejecución.
	UNE –EN 1991-1-7	Eurocódigo 1. Comportamiento de estructuras. Parte 1-7 (Anejo Nacional): Comportamientos generales. Comportamientos con situaciones accidentales
	UNE –EN 1991-2	Eurocódigo 1. Comportamiento de estructuras. Parte 2 (Anejo Nacional): Cargas de tráfico en puentes

Concepto de aplicación	de	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
Eurocódigo Estructuras hormigón	2.	UNE –EN 1992-1-1	Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas de edificación. +A1- Modificación y complemento.
		UNE –EN 1992-2	Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2 (Anejo Nacional): Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructivas.
Eurocódigo Estructuras acero.	3.	UNE –EN 1993-1-1	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para edificios. +A1- Modificación y complemento.
		UNE –EN 1993-1-3	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-3 (Anejo Nacional): Reglas generales. Reglas adicionales para perfiles y chapas de paredes delgadas conformadas en frío.
		UNE –EN 1993-1-4	Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-4 (Anejo Nacional): Reglas generales. Reglas adicionales para los aceros inoxidables.
		UNE –EN 1993-1-5	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-5 (Anejo Nacional): Placas planas cargadas en su plano.
		UNE –EN 1993-1-6	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-6 (Anejo Nacional): Resistencia y estabilidad de láminas.
		UNE –EN 1993-1-7	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-7 (Anejo Nacional): Placas planas cargadas transversalmente.
		UNE –EN 1993-1-8	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-8 (Anejo Nacional): Uniones.
		UNE –EN 1993-1-9	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-9 (Anejo Nacional): Fatiga.
		UNE –EN 1993-1-10	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-10 (Anejo Nacional): Tenacidad de fractura y resistencia transversal.
		UNE –EN 1993-1-11	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-11 (Anejo Nacional): Cables y tirantes.
		UNE –EN 1993-1-12	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-12 (Anejo Nacional): Reglas adicionales para la aplicación de la Norma EN 1993 hasta acero de grado S700.
		UNE –EN 1993-2	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 2 (Anejo Nacional): Puentes.
Eurocódigo Estructuras	4.	UNE –EN 1994-1-1	Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para edificación.

Concepto de aplicación	de	Referencia	Secciones de la referencia que aplican
mixtas de acero y hormigón.		UNE –EN 1994-1-2	Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras de acero y hormigón. Parte 1-2 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para puentes.
Eurocódigo 5. Estructuras de madera.		UNE –EN 1995-1-1	Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-1 (Anejo Nacional): Reglas generales y reglas para edificación.
		UNE –EN 1995-1-2	Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera. Parte 1-2 (Anejo Nacional): Puentes.
Eurocódigo 7. Geotecnia		UNE –EN 1997-1	Eurocódigo 7. Proyecto geotécnico. Parte 1 (Anejo Nacional): Reglas generales.
		UNE –EN 1997-2	Eurocódigo 7. Diseño geotécnico. Parte 2 (Anejo Nacional): Investigación de campo y testificación. +AC- Corrección
Eurocódigo 8. Estructuras sismorresistentes		UNE –EN 1998-1	Eurocódigo 8. Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1 (Anejo Nacional): Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación.
		UNE –EN 1998-2	Eurocódigo 8. Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 2 (Anejo Nacional): Puentes.
		UNE –EN 1998-5	Eurocódigo 8. Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 2 (Anejo Nacional): Cimentaciones, estructuras de contención y aspectos geotécnicos.

4. Puentes metálicos y mixtos. Riesgos y medidas preventivas. Procesos constructivos.

Aunque se va a empezar explicando las particularidades de la construcción de estructuras metálicas, a continuación se enlazará con la construcción de estructuras mixtas que es más habitual en la tendencia actual de sistemas constructivos.

Los puentes metálicos, en sus inicios fueron de hierro, en la actualidad se utiliza el acero, y más comúnmente, en combinación con el hormigón. Los puentes metálicos son de construcción más rápida y aportan ligereza visual. La conjunción con el hormigón permite eliminar las tensiones que hay que compensar por la dilatación producida por el cambio de temperatura del acero, y el acero permite compensar la dilatación por retracción del hormigón al aportar rigidez al conjunto.

4.1. Seguridad en la fase diseño:

A falta de la publicación y aprobación del nuevo código estructural, que derogue las Instrucciones de acero y hormigón estructurales, y según la Orden Circular 1/2019, del Ministerio de Fomento, los puentes tienen que ser diseñados en base a los Eurocódigos. A continuación se indican algunos aspectos de éstos. Se va a tener en cuenta la construcción de puentes de acero según Anejo Nacional AN/UNE-EN 1993-2 y Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 2: Puentes.

A continuación se hace una breve relación de los puntos de interés que pueden influir en la seguridad estructural, seguridad en su uso, construcción o mantenimiento.

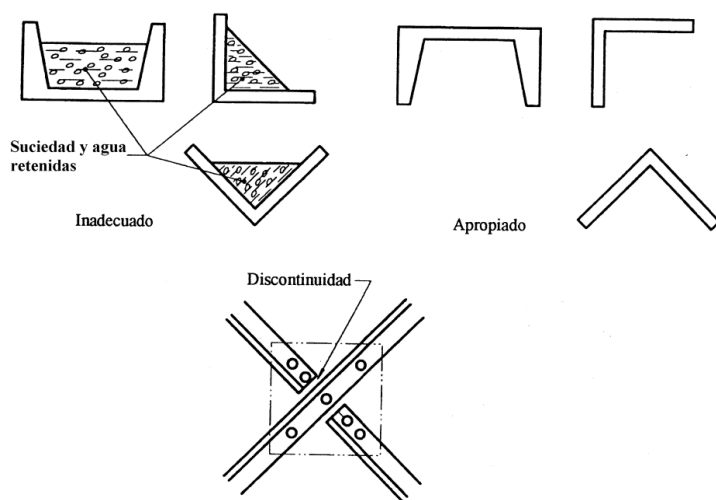


Imagen 1: Prevención de la acumulación de agua y suciedad

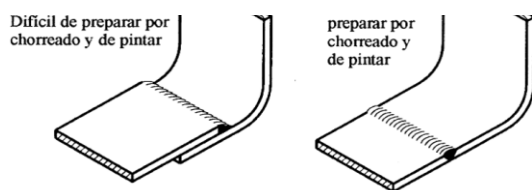


Imagen 2: realización de soldaduras.

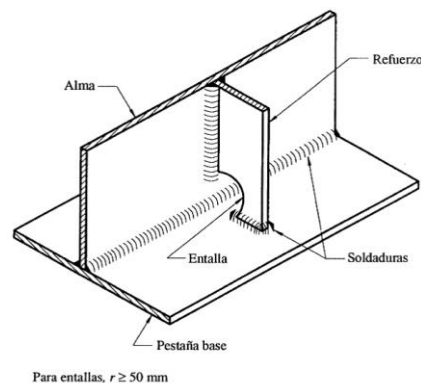


Imagen 3: Protección frente a la corrosión

3) Método de cálculo para la evaluación de la seguridad frente a fatiga: para comprobar la seguridad frente a la fatiga, se permite el empleo de los métodos de tolerancia al daño y de integridad asegurada, de acuerdo con la norma UNE-EN 1993-1-9, no estableciéndose condiciones adicionales para seleccionar el método de prevención del fallo por fatiga. En el caso general, se recomienda el método de integridad asegurada.

Este es uno de los puntos críticos en cuanto al diseño de la estructura, el uso de los materiales adecuados según las condiciones climáticas esperadas de su ubicación. Antes de finalizar el diseño, se tiene que considerar las deformaciones horizontales y verticales a las que se verá sometido el puente durante su construcción.

- Requerimientos adicionales para la tenacidad a la fractura, en función del espesor de la chapa: requerimientos adicionales de acuerdo con la norma UNE-EN 10025.
- Criterios para la selección de las propiedades de tenacidad exigibles a elementos en compresión: no se precisa comprobación de tenacidad de fractura en los elementos en que exista la certeza de que están sometidos únicamente a tensiones de compresión en todas sus direcciones (bien sea por compresión pura, compresión compuesta o ciclo de fatiga con tensiones únicamente de compresión). En el resto de los casos, se adoptan los valores de la Tabla 2.1 de la norma UNE-EN 1993-1-10.
- Criterios para la selección de la clase Z, conforme UNE-EN 10164, a partir de la clase Z requerida según UNE-EN 1993-1-10
- Especificación de tipos de cables y tirantes para algunos tipos de puentes específicos: Cada proyecto, en función de sus características, podrá definir los requisitos adicionales a cumplir por los cables y tirantes, en su caso, que deberán cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.
- Especificación de tipos de apoyos a utilizar en puentes: Cada proyecto, en función de sus características, definirá los apoyos a disponer en cada caso, que deberán cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.
- Tipos de juntas de calzada, barandillas, pretilas y otros elementos auxiliares utilizados en puentes: Cada proyecto, en función de sus características, definirá las juntas de calzada, las barandillas, los pretilas y otros elementos auxiliares a disponer en cada caso, que deberán cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.

- Sistema de tratamiento de la superficie del tablero, productos empleados y métodos de aplicación utilizados en puentes: Cada proyecto, en función de sus características, definirá el sistema específico de tratamiento de la superficie del tablero a disponer en cada caso, que deberá cumplir además la reglamentación específica que les sea de aplicación.
- Actualmente existen nuevos materiales que se les aplica un proceso químico que forma una capa protectora conocida como patina, esto hace que el proceso de corrosión sea mínimo. Éste tratamiento hace además que sea innecesaria la aplicación de pintura de terminación.

Apartados específicos para puentes de carretera

Coeficiente de efecto de daño del tráfico para puentes de carretera

Coeficiente de volumen de tráfico para puentes de carretera

Vida útil para el proyecto de puentes de carretera

Coeficiente de tráfico en otras vías para puentes de carretera

Coeficiente máximo teniendo en cuenta el límite de fatiga para puentes de carretera, λ_{max}

Recomendaciones para detalles estructurales de tableros de acero para puentes de autopista

Factor de combinación dependiente de la longitud del vano

Apartados específicos para puentes de ferrocarril

Uso de las Tablas 9.3 y 9.4 para obtener el valor del coeficiente de efecto de daño del tráfico en puentes de ferrocarril

Coeficiente de efecto de daño del tráfico para puentes de ferrocarril con combinaciones de tipo tren distintas a las tomadas en consideración.

Durabilidad

-Criterios de acceso a elementos para permitir su inspección y mantenimiento:

En la medida de lo posible, se deberá prever el acceso a todos los elementos de la estructura, así como a los apoyos, juntas y elementos de drenaje, estudiando la conveniencia de disponer sistemas específicos que faciliten la inspección y el mantenimiento durante la fase de servicio. El proyecto deberá establecer los sistemas de acceso necesarios, que pueden incluir pasarelas fijas, plataformas motorizadas u otros medios auxiliares.

El criterio fundamental de accesibilidad es que todas las superficies de la estructura que han de ser inspeccionadas y mantenidas deben ser visibles y deben encontrarse al alcance del operario de mantenimiento mediante un método seguro. El operario debe poder desplazarse por todas las partes de la estructura a mantener y debe tener el espacio adecuado para trabajar en ellas.

Debe prestarse una atención especial a la accesibilidad a áreas cerradas de la estructura, como cajones metálicos. Las aberturas de acceso deben tener un tamaño suficiente para permitir un acceso seguro, tanto para los operarios como para los equipos de mantenimiento. Se recomiendan dimensiones mínimas de 500x700 mm (ancho x alto) en los accesos rectangulares u ovals, y de diámetro mínimo 600 mm en los accesos de forma circular. Además, deben existir orificios de ventilación adecuados al sistema de protección empleado en el mantenimiento.

Tanto en el Anejo Nacional EC3 como en la norma UNE-EN ISO 12944-3, se recogen recomendaciones relativas a las distancias a considerar en los trabajos de protección frente a la corrosión, así como a las dimensiones mínimas para los espacios estrechos entre superficies, cuya observancia facilita la realización de las actividades de inspección y mantenimiento, dimensionamiento y comprobación.

-Criterios contra la corrosión: En ausencia de estudios más detallados, el sobreespesor (incremento del espesor nominal) tendrá el siguiente valor mínimo, expresado en mm por cara inaccesible y por cada 30 años de vida útil prevista de la estructura:

- Clases de exposición C4 (corrosividad alta), C5-I y C5-M (corrosividad muy alta): 1,5 mm.
- Clase de exposición C3 (corrosividad media): 1mm.
- Clase de exposición C2 (corrosividad baja): 0,5 mm.
- No se precisa sobreespesor en el caso de la clase de exposición C1 (corrosividad muy baja).

El espesor resultante (espesor nominal más sobreespesor) en los cajones inaccesibles de puentes no podrá ser inferior a 8 mm.

Los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica podrán utilizarse sin pintura de protección en las superficies exteriores, incrementando el espesor nominal, obtenido en el cálculo, en 1 mm para la superficie expuesta al ambiente exterior

Existen otros apartados, como estados límite de servicio, tornillos, soldaduras, conexiones y juntas, evaluación de la seguridad frente a la fatiga, especificaciones técnicas para apoyos, criterios sobre espesor de la losa ortótropa del tablero y sobre la rigidez de los rigidizadores, efectos del rodaje del tráfico, que pueden influir en los aspectos de seguridad anteriormente mencionados, y que se tratan en el Anejo Nacional.

4.2. Comportamiento de la estructura durante su ejecución

Para continuar con la seguridad en el diseño, se van a analizar ahora las indicaciones de UNE-EN 1991-1 y sus correspondientes anejos que estudian el comportamiento del diseño de las estructuras frente a las acciones de las cargas por nieve, viento, variaciones térmicas. Y sobre el que se va a explicar en mayor medida, el comportamiento de la estructura durante su ejecución.

- Usando para el diseño el Eurocódigo EN 1991-1-1, la densidad del acero estructural se toma igual a $77 \text{ kN} / \text{m}^3$. La densidad del hormigón armado se toma igual a $25 \text{ kN} / \text{m}^3$. Se determina el peso total basándose en las dimensiones de los elementos estructurales. El análisis de flexión longitudinal de la viga transversal está calculada para una carga uniformemente distribuida de $1,5 \text{ kN} / \text{m}$ aplicado a cada viga principal (aproximadamente el 10% de su propio peso) $25 \text{ kN} / \text{m}^3$.
- Teniendo en cuenta las partes estructurales y no estructurales del puente, la carga máxima nominal que puede soportar un puente es de $18,58 \text{ kN} / \text{m}$ (ejemplo tomado de la presentación 2010 de la EC, Eurocódigos EN 1991)
- Se indican a continuación las modelizaciones de las sobrecargas que puede presentar un puente durante su construcción (datos tomados del mismo ejemplo). En este ejemplo también se puede analizar la carga producida en la losa cuando se está lanzando la estructura durante su construcción.

Cargas producidas durante la ejecución del puente:

- Cargas debidas a personal de obra- Q_{ca}
- Cargas debidas a materiales y Maquinaria- Q_{cb}
- Equipos (contenedores, andamios, cimbras- Q_{cc}
- Estado temporal de material (hormigón sin endurecer)- Q_{cf}

Tipo	Valor de sobrecarga	Descripción
Personal y herramientas manuales.	Q_{ca}	Personal de trabajo, personal y visitantes, posiblemente con herramientas manuales u otros equipos que ocupen poco sitio.
Almacenamiento de artículos móviles.	Q_{cb} : Calculado como un peso uniforme y una carga concentrada F_{cb} Para puentes, los siguientes valores mínimos recomendados son: $q_{cb,k} = 0,2 \text{ kN} / \text{m}^2$ $F_{cb,k} = 100 \text{ kN}$	Almacenamiento de artículos móviles, por ejemplo: - materiales de construcción, elementos prefabricados, y - equipos de trabajo.
Equipo no permanente.	Q_{cc} A menos que haya información más precisa disponible, se puede calcular para una carga uniformemente distribuida con un mínimo valor recomendado de seguridad $Q_{cc,k} = 0,5 \text{ kN} / \text{m}^2$	Equipo no permanente en posición para uso durante la ejecución, ya sea: - estática (p. ej., paneles de encofrado, andamios, falso trabajo, maquinaria, contenedores) o - durante el movimiento (por ejemplo, formas de viaje, lanzamiento de vigas y nariz, contrapesos).
Maquinaria pesada móvil y equipamiento.	Q_{cd}	Maquinaria y equipos pesados móviles, generalmente con ruedas o rastreado (por ejemplo, grúas, ascensores, vehículos, carretillas elevadoras, instalaciones eléctricas, gatos, dispositivos de levantamiento pesado).
Acumulación de residuos + Cargas de partes de la estructura de forma temporal.	$Q_{ce} + Q_{cf}$ Hay que tener en cuenta para el cálculo, las secuencias de ejecución, incluyendo las consecuencias de esa secuencia: Por ejemplo las cargas que va a soportar la estructura durante el ensamblaje.	- Acumulación de materiales de desecho, suelo excavado o materiales de demolición) -Cargas en parte de una estructura con características de soporte de cargas temporales (en estado de ejecución) antes de que el comportamiento de diseño final surta efecto, como las cargas en operaciones de elevación, o durante el ensamblaje.



Imagen 7: Sobrecargas debido a la conjunción de personal, maquinaria, material. Fuente: European Commission. “Eurocódigos. EN 1991-comportamientos en los puentes”. 2010

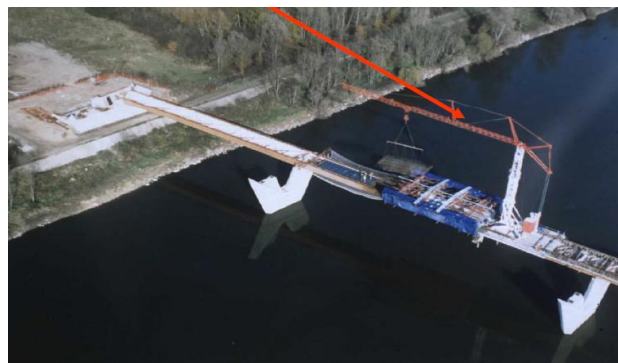


Imagen 8: Sobrecargas en la construcción por instalación de grúa y otra maquinaria. Fuente: European Commission. “Eurocódigos. EN 1991-comportamientos en los puentes”. 2010

4.3. Elementos que componen el puente metálico

4.3.1. Perfiles y chapas de acero laminados en caliente.

Las chapas y perfiles de acero laminados en caliente, son los productos laminados de espesor superior a 3 mm, de sección transversal constante. Se clasifican en función de su geometría, en las series (perfiles IPN, IPE, HEB, etc. redondo, chapa) que vienen reguladas cada una por su UNE correspondiente en cuanto a dimensiones y sección.

Según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes relativos a Hormigones y Aceros, y sus posteriores actualizaciones, los perfiles y chapas de acero laminados en caliente para estructuras metálicas, deben cumplir con unas características que garanticen la seguridad en su empleo.

Las características de los aceros en cuanto a composición química y características mecánicas, también reguladas por UNE-EN 10025. Deben venir certificados en el suministro del proveedor. Y estar a disposición para el Contratista que ejecute la unidad, así como las características siguientes:

- **La soldabilidad:** es una propiedad que tiene que ser verificada según el valor del carbono equivalente (CEV). El riesgo de que se produzcan grietas en frío en la zona soldada aumenta con el espesor del producto, con el nivel de resistencia y con el carbono equivalente. El agrietamiento en frío puede producirse por la acción combinada de los siguientes factores:
 - Cantidad de hidrógeno difusible en el metal de aportación.
 - Una estructura frágil de la zona afectada térmicamente.
 - Concentraciones importantes de tensiones de tracción en la unión soldada.
- Cuando se prescriba la utilización de ciertas recomendaciones, tales como las recogidas en la norma UNE-EN-10113: “Materiales metálicos. Chapas y bandas. Determinación del coeficiente de anisotropía plástica”, o en normas nacionales que sean aplicables, las condiciones de soldeo y los distintos niveles de soldabilidad recomendados, para cada tipo de acero, pueden estar determinados en función del espesor del producto, de la energía aportada a la soldadura, de los requisitos de producto, de la eficiencia de los electrodos, del proceso de soldeo y de las características del metal de aportación.
- **Doblado:** es un índice de la ductilidad del material, definido por la ausencia o presencia de fisuras en el ensayo de doblado, según la norma UNE 7 472, efectuado sobre el mandril que se indica en la tabla de características, de las normas de condiciones técnicas de suministro, para cada una de las distintas clases de acero. Esta característica es opcional y su verificación solo es exigible si expresamente así se indica en el pedido.
- **Tolerancias dimensionales,** de forma y masa de cada serie según su correspondiente norma.

4.3.2. Elementos estructurales

-**Vigas.** Son elementos prismáticos sometidos a esfuerzos axiales, de flexión simple o de torsión. Pueden ser vigas de alma llena (imagen 4), y de alma aligerada (imagen 5)



Imagen 4

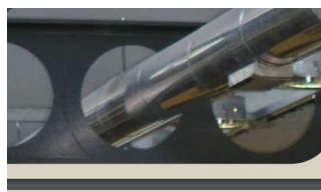


Imagen 5



Imagen 6

-Entramados: son estructuras planas con elementos en dos direcciones (imagen 6).

-Forjados: Son los forjados cuyos elementos resistentes sean de acero.

-Soportes: elementos estructurales de acero sometidos, de forma predominante, a esfuerzo axial de compresión. Los soportes pueden ser simples y compuestos, de sección constante o variable. Sometidos a esfuerzo axial variable continuo, sometidos a cargas puntuales, etc. En la fase diseño se debe prever el posible deterioro por cambios de temperatura importantes. Se deben estudiar los posibles pandeos cuando son sometidos a cargas puntuales o continuas.

-Elementos compuestos: se comprobará que los elementos de unión, presillas, y/o diagonales y montantes pueden resistir los esfuerzos previstos. Se deben comprobar los elementos compuestos a compresión, su respuesta frente al pandeo.

-Estructuras trianguladas o celosías: se comprobarán los montantes y diagonales, así como las uniones de los elementos o piezas. En estos elementos se tiene que calcular su resistencia al pandeo en la dirección de esfuerzo perpendicular al plano de la estructura con arriostramiento transversal o no.

-Uniones: Entre perfiles y chapas conformadas en frío de acero, así como sus empalmes y conexiones para formar elementos compuestos. Se tendrán en cuenta los esfuerzos entre las uniones y empalmes, entre uniones con fijaciones mecánicas, uniones por puntos de soldadura.

-Estructuras ligeras: constituidas por perfiles y chapas conformadas en frío. Se harán los cálculos necesarios para comprobar la adecuación en cuanto a abolladura por tensiones tangenciales o normales. Este material debe ser fabricado de acuerdo con las normas que se indican en el cuadro de referencias normativas, cumpliendo las especificaciones de límite elástico básico y la resistencia última a tracción de los materiales.

-Uniones: Entre perfiles y chapas conformadas en frío de acero, así como sus empalmes y conexiones para formar elementos compuestos. Se tendrán en cuenta los esfuerzos entre las uniones y empalmes, entre uniones con fijaciones mecánicas, uniones por puntos de soldadura, por solape,

-Mallas: pueden ser planas o tridimensionales (estructuras tubulares), a parte de las mismas consideraciones que en los otros tipos de perfiles de acero, hay que tener en cuenta el comportamiento de los nudos como parte fundamental para los cálculos en el comportamiento de la estructura.

4.4. Ejecución del puente metálico y mixto.

Los elementos que influyen en la ejecución del puente son los materiales empleados, la soldadura, la protección frente a la corrosión, los elementos prefabricados, el lugar de trabajo, las tolerancias admitidas en la ejecución.

Se analizarán los procesos constructivos primero de vigas metálicas y secciones en cajón para puentes de arco con tablero superior, intermedio, inferior y después de puentes colgantes o atirantados.

Los sistemas de avance del tablero, en ménsula o voladizo, empujado, con cimbra estática.

Puentes metálicos

Proceso constructivo

Gestión de los acopios: debe estar ordenado por tipo de material, forma de suministro, y si fuera necesario separarlo también por cada fabricante y partida suministrada. Debe estar protegido contra la intemperie, tanto las piezas a soldar como el soldador, que estará protegido del viento, nieve y lluvia. Las superficies que se van a soldar deben estar secas y sin condensaciones.

Revisión de planos de taller: se debe verificar que cada remesa suministrada corresponde con lo indicado en plano. Esto será independiente a que el taller esté en las instalaciones de la obra o no.

Manipulación de los productos de acero en taller (con ensamblajes y fijaciones mecánicas): en cada jornada se deben comprobar los materiales manipulados.

Las piezas que se van a soldar deben encontrarse alineadas y en la posición adecuada para que permanezcan inmóviles durante el soldeo. Se pueden utilizar para ello soldaduras de punteo o gálipos para su posicionamiento. En el plan de soldeo se debe tener en cuenta la compatibilidad de las tolerancias dimensionales para fijar la secuencia adecuada, teniendo en cuenta las deformaciones sufridas por el enfriamiento de las soldaduras.

Debe evitarse la proyección de chispas erráticas por cebado del arco y si se producen con las clases de ejecución 3 y 4, se debe amolar la superficie afectada e inspeccionarla. Al igual que la proyección y salpicaduras de soldadura, que se eliminarán, junto con la escoria y los defectos en la superficie antes de continuar.

Previo al montaje en obra, la Dirección de Obra, comprobará la correspondencia entre los elementos elaborados en taller y lo proyectado. Debe ser aprobada por la dirección facultativa la documentación relativa a la memoria de montaje, planos y programación de control.

Soldaduras: los soldadores deben tener una cualificación, según UNE-EN ISO 9606-1.

- Según UNE-EN ISO 3834, los requisitos de calidad para el soldeo que se han de aplicar en cada clase de ejecución, serán en función de la clase de ejecución:
 - Clase de ejecución 1 Parte 4, requisitos elementales.
 - Clase de ejecución 2 Parte 3, requisitos estándar.
 - Clases de ejecución 3 y 4 Parte 2, requisitos completos.
- Debe existir un plan de soldadura con los siguientes aspectos: Detalle de la unión, tamaño y tipo de unión, especificación del tipo de electrodo, precalentamiento necesario, secuencia de soldeo, necesidades de movimiento de la pieza para soldar, fijaciones provisionales, disposiciones frente a desgarrar laminar, requisitos para identificar las soldaduras. En algunos casos debe incluir un coordinador de soldeo.
- La soldadura puede ser por arco con:
 - Electrodo revestido
 - Alambre tubular autoprotegido
 - Sumergido con alambre electrodo macizo
 - Sumergido con banda electrodo
 - Alambre electrodo macizo y gas inerte, soldeo MIG
 - Alambre electrodo macizo y gas activo, soldeo MAG
 - Alambre tubular relleno de fundente y protección de gas activo, soldeo MAG
 - Con gas inerte y electrodo consumible macizo, soldeo TIG
- En la soldadura de espárragos por arco inducido con férula cerámica o gas de protección, o por arco inducido de ciclo corto:
 - Se realizará una inspección visual de los cordones, así como ensayos no destructivos para determinadas uniones y clase de ejecución.
 - En los puntos donde existan cruces de cordones de soldadura se realizará una radiografía adicional.

Puentes metálicos**Proceso constructivo**

Replanteos: por unidad de ejecución.

Montaje de elementos en obra, incluida la comprobación de fijaciones mecánicas y soldaduras: durante el montaje se comprobará que cada operación se efectúa en el orden y con las herramientas especificadas que estaban previstas.

Cimentaciones**Replanteo y colocación:**

- Todas las cimentaciones, tanto zapatas como losas o macizos de apoyo deben haber sido inspeccionadas previamente, incluyendo los pernos de anclaje embebidos en ellas, para garantizar que su posición y alineaciones están de acuerdo con los planos.
- Es recomendable que los pernos embebidos estén dotados de una cierta libertad que permita un ligero desplazamiento de los mismos para facilitar su inserción en las placas base de soportes. A tal efecto, pueden disponerse cajeados o manguitos en la parte superior de la cimentación de ancho tres veces superior al diámetro de los pernos que alojen.
- Debe cuidarse que la posición a lo largo del montaje de los soportes no sufra modificaciones que excedan las tolerancias.
- Tanto los propios pernos de anclaje como los calzos o cuñas de nivelación de placas base han de ser capaces de soportar la estructura montada, previamente al retacado con mortero de nivelación. En el caso de que los elementos provisionales queden embebidos, debe asegurarse que disponen de una durabilidad igual a la de la estructura y de que quedan con un recubrimiento mínimo de 25 mm.
- El constructor se responsabilizará de que ninguna parte de la estructura sea sobre-tensionada o distorsionada por acopiar materiales o cargas durante el montaje y construcción.

Hormigonado de cimentaciones:

- El hormigonado del espacio entre la placa base y el cimientado debe efectuarse con mortero de cemento o con morteros especiales sin retracción. Es recomendable que el espesor mínimo sea de 25 mm, que permita el relleno fácilmente y espacio suficiente para colocar y manipular las cuñas o tuercas inferiores de nivelación.
- El relleno de mortero debe realizarse lo antes posible una vez que los pilares y vigas inmediatas superiores estén correctamente aplomados y alineados. El material no debe mezclarse o utilizarse con temperaturas inferiores a 0° C salvo instrucción del fabricante. En todo caso, debe obtenerse una fluidez adecuada para rellenar completamente todo el espacio.
- Previamente, se habrá eliminado cualquier resto de grasa, hielo o suciedad. En las placas base, cuya dimensión mínima supere 400 mm, es recomendable disponer orificios de venteo de 50 mm para facilitar la penetración del producto.
- En el caso de soportes empotrados en zapatas con receptáculos tipo cáliz, el hormigón o mortero de relleno debe ser de una resistencia característica no inferior a la del cimientado. La colocación inicial el hormigonado debe cubrir dos tercios de la longitud de empotramiento. El hormigón no se deberá someter a ninguna carga adicional hasta que no alcance la mitad de su resistencia característica. La ejecución definitiva se completará con el hormigonado del último tercio.

Ejecución del montaje: con los planos de montaje, donde se indican los elementos y sus uniones, así como cualquier tolerancia especial, como los elementos en contacto directo con el hormigón. El responsable de ejecución dispondrá de todos los detalles así como las actualizaciones que puedan producirse de diseño, ejecución, materiales, plazos, etc.

Método constructivo: según las diferentes tipologías de puente, se estudiarán las fases constructivas con los puntos críticos de seguridad en la siguiente tabla de riesgos.

Manipulación y almacenamiento en montaje: se debe prestar atención al eslingado e izado de las cargas para que no se dañen los elementos, que deben ir en algunos casos, embalados e identificados adecuadamente para ubicarlos adecuadamente.

Puentes metálicos

Proceso constructivo

Plan de montaje: Debe ser acorde al Plan de Seguridad y Salud.

- Comprobación de que las piezas de mayores dimensiones y peso pueden ser suministradas a pie de obra.
- Zonas contiguas afectadas por el montaje.
- Condiciones climáticas y medioambientales.
- Comprobación de las condiciones del terreno que permitan prever o corregir eventuales movimientos, tales como asientos de bases de pilares o giro de paramentos de muros durante la ejecución de la obra.
- Descripción de fases, con tiempos de actividad y fechas a origen de inicio y final de cada una, incluyendo la necesaria coordinación con la elaboración en taller y el transporte a obra.
- Equipo en cada fase, incluyendo grúas.
- Personal, especificando su cualificación profesional.
- Precauciones especiales frente a las condiciones climáticas que pueden darse durante el montaje.

Debe disponer de las características resistentes de la estructura en sus distintas fases obtenidas del montaje preliminar. Según estén situados los nudos y empalmes, la secuencia de montaje, la estabilidad provisional con los apeos y arriostramientos, y la secuencia de la retirada de éstos.

Alineaciones de cada parte de la estructura: una vez montada, se debe alinear, ajustar y nivelar para poder ejecutar las uniones inmediatamente después. Para dejar ajustada una nivelación definitiva, se pueden soltar las cuñas con riesgo de desplazamiento. Cuando las cuñas no puedan corregir los errores de montaje, se deberá modificar la fabricación en los elementos necesarios, con las consecuentes indicaciones en los planos.

Aplicación de tratamientos de protección: el tratamiento se puede realizar tanto en taller como en obra. Este paso se aplica para cumplir con las condiciones de servicio acordes a la vida útil de la estructura, protegiéndola de la corrosión especialmente en las zonas donde pueda depositarse humedad y suciedad, en elementos interiores y exteriores.

Este sistema debe estar definido en cuanto a la preparación del material, espesor de capa, mantenimiento, etc. Los métodos actualmente utilizados son:

- Metalización.
- Galvanización en caliente.
- Pintado.

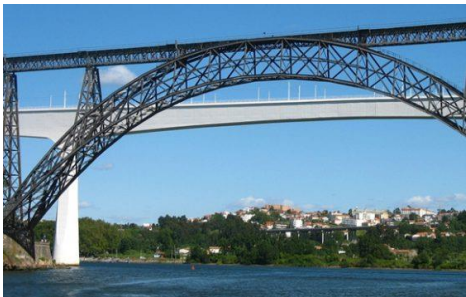
Tipos de puentes metálicos:

Puentes de arco: el puente se apoya en los extremos y transmite las cargas mediante la comprensión del arco. El arco permite que el tablero pueda ser más ligero.

- 1.- **Arco con tablero superior:** avance en voladizo con rigidización por tirantes a tracción. El tablero se apoya en unos puntos fijos, y avanza mediante carro de avance o vigas autolanzables.
- 2.- **Arco con tablero inferior:** con voladizos compensados
- 3.- **Arco con tablero intermedio.**

Puentes atirantados: la rigidez del tablero se consigue con los tirantes y las torres de donde salen éstos. Las torres pueden iniciarse en los cimientos o en el tablero y tener diversas formas (una o dos, y formas en A, H, Y, etc.).

En cualquiera de los sistemas elegidos, la estructura metálica debe ser suspendida y alzada mediante grúas y elementos auxiliares de sujeción hasta conseguir la consistencia requerida por los arcos o tirantes.

Puentes metálicos	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Riesgos generales de la construcción de un puente: - Caída en altura. - Caída de objetos desprendidos. - Golpes y atropellos por vehículos.	- Para que los trabajadores puedan acceder al tablero, las estructuras deberán tener insertados en taller los puntos de anclaje para colocar la línea de vida hasta que se coloquen las barandillas. - El acceso a la estructura se realizará mediante cestas o andamios sobre pilas, cuando sea el caso. - Se tendrá en cuenta la necesidad de permanencia de varias cabezas tractoras de trabajo simultáneo en ocasiones para elevar las vigas metálicas o dovelas, etc. Esta maquinaria deberá tener perfectamente aclarado su posible recorrido para tener previstos su estabilidad y la posibilidad de interferencia con otras maquinarias o trabajos. A ser posible, se tendrán dibujados en plano todos estos recorridos, de tal forma que se compruebe sobre plano si la maquinaria dispone de suficiente recorrido para ejecutar su tarea y no tener que improvisar movimientos no autorizados.
Recepción y almacenamiento del acero en obra Riesgos: Derrumbamientos de estructuras Caída de objetos desprendidos o en altura Golpes y cortes por objetos móviles e inmóviles Proyección de partículas Caída de personas a distinto nivel Caída de personal al mismo nivel Golpes y atropellos por vehículos Aplastamientos y golpes por cargas suspendidas Sobreesfuerzos	 <i>Imagen 28. Puente con arco y tablero metálico.</i> Puente María Pía en Portugal - Se tendrán previstos los lugares de acopio adecuados para que la estructura no sufra daños antes de su montaje. Se almacenarán conforme a su plan de montaje y perfectamente señalizados, para no equivocar los elementos en su montaje. En ocasiones, las uniones y elementos de unión vienen especificados en taller para una posición concreta y no son intercambiables. - Para dirigir las cargas se dispondrá de cabos guía que permitan que el trabajador no tenga que colocarse debajo de la estructura ni la carga, así como de tirar directamente. - No se accederá a la estructura trepando para colocar o retirar los ganchos. Se deberán tener en obra las plataformas elevadoras necesarias para tales accesos.

Puentes metálicos

Factores de riesgo/ Riesgos

Puesta en obra del acero

Riesgos:

- Derrumbamientos de estructuras
- Caída de objetos desprendidos o en altura
- Golpes y cortes por objetos móviles e inmóviles
- Proyección de partículas
- Caída de personas a distinto nivel
- Caída de personal al mismo nivel
- Golpes y atropellos por vehículos
- Aplastamientos y golpes por cargas suspendidas
- Sobreesfuerzos

Medidas preventivas



Imagen 29.
Elevación
simultánea de la
estructura entre
varias grúas.
Director de
montaje dando
instrucciones.

Fuente: Montaje
puente metálico
acceso norte al
puerto de
Valencia.
https://www.youtube.com/watch?v=80T3al_h9Ig

- Los trabajos se realizarán con suficiente lentitud para rectificar cualquier acción desviada por parte de cualquiera de las grúas.
- En el caso de que durante el montaje en obra, los trabajadores no puedan acceder a las vigas o estructuras metálicas con una plataforma, se dispondrá previamente las líneas de vida necesarias para que el trabajador se pueda desplazar a lo largo de la zona de trabajo.
- Es importante que los trabajos estén coordinados por un responsable que tenga a su disposición un medio de comunicación.
- Existirá el menor número posible de trabajadores en las proximidades, sólo las personas autorizadas y que hayan recibido las instrucciones completas de montaje podrán participar en éste.
- Se prohibirá efectuar manualmente cualquier tarea de rectificación o maniobra de aproximación.
- Antes de la colocación de las estructuras, existen grandes riesgos de caída en altura, puesto que falta la viga o el relleno que lo cubra. Igual que en el caso del guiado, los trabajos se realizarán con las redes, o barandillas necesarias que permitan que el trabajador no pueda caer. Si se han podido montar las redes con cestas, se dejarán

hasta que el tablero

esté con las protecciones definitivas.

- Siempre que exista riesgo de interferencia con el tráfico u otros servicios, se preveerán las señalizaciones y protecciones oportunas. Ya sean mediante separación mecánica por instalación de redes, o señales de desviación del tráfico, indicando el peligro, etc.
- Todos los trabajos a ejecutar en suelo antes de colocar la estructura en su posición se realizarán con la planificación de los medios necesarios, tales como puntos de acceso, caída de altura, puntos de anclaje.



Imagen 30. Trabajos en
estructura sobre suelo
previo a montaje en tablero.
Se necesitan los medios
adecuados para el acceso y
permanencia de los
trabajadores sobre estos
puntos. En este caso, por
falta de espacio no se
dispusieron
adecuadamente. Fuente:
<https://www.youtube.com/watch?v=Diy9885bcsA>

4.4.1. Puentes mixtos tipo cajón y con vigas metálicas.



Imagen 31: Puente mixto tipo cajón.

FUENTE: Obras de paso de nueva construcción. Ministerio de Fomento.

En general, se puede afirmar que las estructuras mixtas tipo Cajón añaden a las ventajas de las estructuras prefabricadas, las de un peso propio reducido y unos cantos que pueden ser inferiores a los de soluciones análogas en hormigón. Estas condiciones hacen muy adecuada su utilización en los casos en que se requiera una sección estrecha, por problemas de gálibo, en casos de poca capacidad portante, el sistema permite la construcción con elementos muy ligeros que facilitan el transporte y el montaje. También permite ejecutar la estructura con rapidez, por lo que elimina el inconveniente de entorpecer el tráfico existente.

Aunque estas estructuras tienen el inconveniente de que suelen necesitar un mantenimiento para su protección contra la corrosión y, por tanto, su coste conjunto de ejecución y conservación puede ser superior al de las estructuras de hormigón. La utilización de aceros autopatinables mitiga los problemas de conservación, por lo que las ventajas de su empleo dependen del ambiente en el que se ubique la obra.

Así, su utilización es recomendable cuando:

- El trazado en planta presente curvaturas importantes. La adaptación de los cajones a la curvatura se resuelve más fácilmente y con mayor limpieza que utilizando vigas. Por otra parte, las secciones en cajón presentan un comportamiento frente a la torsión mejor que los tableros de vigas.
- Sea necesario un canto reducido, por imposición de los gálibos existentes o por condicionantes estéticos. A igualdad de luz, la solución en cajón requiere un menor canto que las soluciones de vigas.
- La calidad estética de la obra sea un factor muy importante. En este caso se incluyen los puentes muy expuestos visualmente y los situados en un medio urbano.



Imagen 32: Puente mixto con vigas metálicas.

Puentes mixtos tipo cajón

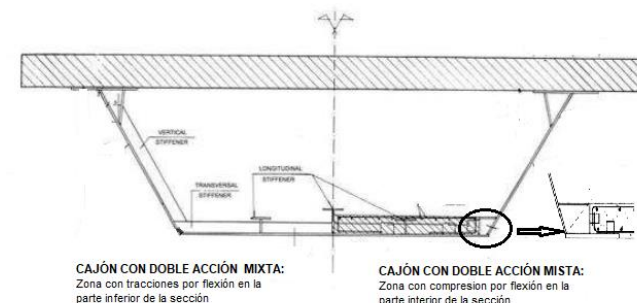
Proceso constructivo

- **Cajón metálico:** colocación sobre el estribo o la pila. Para el transporte se tiene que tener en cuenta si el cajón es de más de 4 metros, para ser montado en ese caso en taller en obra, al tener que viajar partido. Otra solución es hacer que la vía disponga de doble cajón o poner cerchas que igualmente tienen que viajar plegadas y ser montadas en obra.

El proceso constructivo, una vez llegado el material a obra, puede ser montado por voladizos.

Imagen 33: diferenciación entre cajón con doble hormigonado en la base o solo en el tablero. Sin hormigonado en la base se compensa la tracción por flexión de la parte inferior con rigidizadores, mientras que el hormigón en la base ejerce en unión con el acero por sí mismo la compresión necesaria para compensar.

Fuente: esquema basado en presentación de Francisco Millanes en el Seminario Internacional de Puentes 2018.



- **Con bijáccena:** se evita construir el cajón, y se hormigona con prelosas en la base, quedando también transitable para su mantenimiento.

Transporte más sencillo de las vigas metálicas, incluso pueden viajar en un mismo camión. Y colocación mediante grúas y lanzamiento de vigas o empujados en los vanos. La unión en obra se realiza mediante perfiles soldados o atornillados, ya no se necesitan los rigidizadores de la simple acción mixta. El acero del fondo del cajón se reduce en espesor.

Este tipo de puentes ha sido muy indicado para la construcción de puentes de líneas de alta velocidad ya que permite evitar las juntas de dilatación en medio de los vanos.

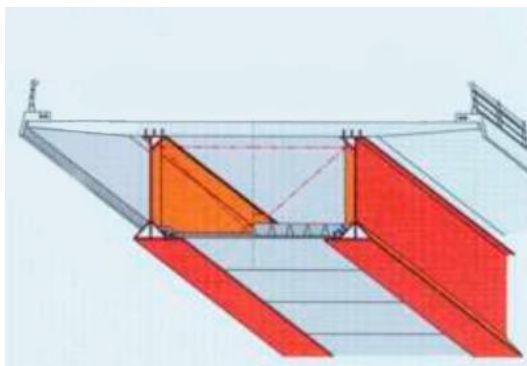


Imagen 34: Configuración de puente con bijáccena doble acción mixta. Fuente: Esquema basado en presentación de Francisco Millanes en el Seminario Internacional de Puentes 2018.



Imagen 35: Interior puente con bijáccena doble acción mixta, totalmente transitable. Fuente: Viaducto Mularroya en presentación de Francisco Millanes en el Seminario Internacional de Puentes 2018.

Puentes mixtos tipo cajón

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas de seguridad

Transporte de cajones o estructuras metálicas:

Riesgos:

- Caída de objetos en altura
- Golpes por cargas en suspensión
- Atropellos por máquinas y vehículos
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Golpes y cortes con máquinas y herramientas
- Sobreesfuerzos

- Para cualquiera de las dos formas constructivas elegidas, se tendrán previstas las dimensiones de la estructura, tanto en longitud como en anchura. Los gálíbos, anchos de carretera, etc.
- Una vez en obra, se habrá habilitado la correspondiente zona de acopio para que la estructura no sufra daños. Así como previsto la base sobre la que se apoyarán las grúas necesarias hasta su ubicación sobre las pilas o los estribos.
- En ningún caso los trabajadores prepararán por las estructuras para el izado de las cargas. Se habrá previsto, en caso necesario en taller las zonas de anclaje de las líneas de vida. El trabajador accederá mediante plataforma elevadora.



Imágenes 36-37: Transporte por carretera de vigas y cajón metálicos. Fuente: Construcción río Turia (Valencia) y presentación de Francisco Millanes en el Seminario Internacional de Puentes 2018

Recepción y manejo de materiales en altura:

Riesgos:

- Caída de objetos en altura
- Golpes por cargas en suspensión
- Atropellos por máquinas y vehículos
- Caídas a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel
- Golpes y cortes con máquinas y herramientas
- Sobreesfuerzos
- Proyección de partículas
- Desplome y vuelco de estructuras
- Ruido por manejo e interferencia de maquinaria y herramientas.

- La recepción de la viga, replanteo y colocación de apuntalamientos y tensores, se realizará desde los propios capiteles y desde los estribos, con el arnés de seguridad anticaídas anclado permanentemente.
- La soldadura de todas las partes de la viga se habrá hecho en taller, se evitará realizar estos trabajos en altura
- Se tendrá en cuenta la elección de la grúa en función de las cargas a manipular y la de garantizar la resistencia del terreno de apoyo de la grúa.
- De cara a la coordinación de actividades deberá tenerse en cuenta que no se podrán simultanearse otras actividades en la misma vertical durante el montaje de vigas o prelosas.
- El prefabricado, se guiará mediante cabos sujetos a los laterales de la pieza mediante un equipo formado por tres hombres. Dos de ellos gobernarán la pieza mediante los cabos mientras un tercero, guiará lamaniobra.
- La recepción en los apoyos de las piezas prefabricadas de grandes dimensiones se realizará mediante dos cuadrillas de 2 ó 3 hombres bajo la coordinación de un Capataz o Encargado. Actuando al mismo tiempo cada cuadrilla recibirán la pieza, los extremos, para ello, el Encargado u otra persona cualificada irá dirigiendo al gruista para la ubicación exacta de la pieza. En ningún momento intentarán los componentes de las cuadrillas maniobrar directamente la pieza a colocar.
- Una vez presentado en el sitio de instalación el prefabricado, se procederá sin descolgarlo del gancho de la grúa y sin descuidar la guía mediante los cabos, el montaje definitivo.
- Diariamente se realizará una inspección sobre el buen estado de los elementos de elevación (eslingas, balancines, pestillos de seguridad, etc.) haciendo anotación expresa en un libro de control que estará a disposición de la Dirección de Obra.



Imagen 38: Montaje de la estructura metálica en taller. Partes que la componen. Fuente: basado en la presentación de Francisco Millanes en el Seminario Internacional de Puentes 2018

Puentes mixtos tipo cajón

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	• Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas, en prevención del riesgo de desplome. • Se prepararán zonas de la obra compactadas para facilitar la circulación de camiones de transporte de prefabricados. • Se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no se dañen los elementos de enganche para su izado. • Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a los 60 km./h. • Las zonas permanecerán limpias de materiales o herramientas que puedan obstaculizar las maniobras de instalación. • La manipulación de estos elementos prefabricados mediante grúas de gran tonelaje da lugar a otra medida que es la asignación de un director de operaciones de la grúa, máxime cuando en la manipulación de grandes vigas trabajan habitualmente varias grúas que deberán hacerlo de forma coordinada.
Instalación de prelosas/hormigonado:	• El acceso al estribo se realizará con plataforma de brazo articulado si la altura es superior a 3,5 m., si la altura es inferior se puede hacer con escalera de mano anclada en su parte superior e inferior. • Se dispondrá de línea de vida en los estribos y en los capiteles de las pilas. La línea de vida de los estribos se montará pasando un cable de acero a través de los agujeros resultantes de los espadines utilizados durante las labores de encofrado. La línea de vida de los capiteles se dispondrá pasándola a través de omegas destinadas al efecto durante el hormigonado de estos. • El montaje de prelosas se llevará a cabo desde un estribo hasta el opuesto, completando líneas de prelosas transversales. • La colocación de dichas prelosas se llevará a cabo anclándose los trabajadores a línea de vida portátil dispuesta de forma transversal a las vigas. La misma se anclará a los puntos de amarre para la elevación de las prelosas • Conforme se monten las mismas se procederá a la nueva disposición de dicha línea de vida, anclándose en todo momento. • De forma simultánea se puede llevar a cabo la instalación de línea de vida longitudinal a ambos lados de la estructura, siendo en cualquier caso necesario el anclaje de los trabajadores en todo momento. • Anclados los trabajadores a dicha línea de vida se procede a la instalación de la barandilla (se puede llevar a cabo la colocación de esta en cartuchos de PVC embutidos en la prelosa durante su hormigonado en fábrica). Se retira línea de vida longitudinal una vez colocada la barandilla para proceder al montaje de la ferralla. • Para no perder la barandilla cuando se hormigona, interesa poner tubos en la zona hormigonada (el diámetro interior será un poco mayor que el diámetro exterior de los guardacuerpos), hasta la cota definitiva de bordillo, (sería conveniente que en la parte inferior tuviera soldado de forma perpendicular algún hierro para evitar que al ser superficie lisa se salieran, ya que no cuentan con la superficie de los cartuchos de PVC) y omegas de acero alineadas a 100 cm. del borde del tablero y espaciadas 15m, sobresaliendo 5 cm. de la losa, en la que posteriormente se pueda instalar línea de vida. • Se coloca línea de vida longitudinal sin quitar barandilla. • Atados a la línea de vida se retranquea la barandilla.



Imagen 39: Hormigonado y encofrado de la losa inferior. Los huecos entre arriostramientos de vigas deben ser cubiertos mediante tablonos. Existe alto riesgo de caída de altura. Se deben ir asegurando los accesos por tramos. Mientras el acceso se realiza con línea de vida. Fuente: Universidad de Caminos, Canales y Puertos. Curso de puentes II.

Puentes mixtos tipo cajón

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas de seguridad
	• La línea de vida se mantiene debido a que puede darse la necesidad de que algún trabajador sobrepase la barandilla de protección para el montaje de la tabica. • Se hormigona. • Se sueldan postes definitivos y se coloca la barandilla definitiva.
Hormigonado de tablero:	• Se habrá previsto el acceso a la bomba de hormigón a zona segura, con la resistencia suficiente para la sustentación de las cargas: maquinaria, material, personal, así como las presiones de las zonas adyacentes en ejecución. • El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo. • La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento. • La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimiento incontrolado de la misma. • Antes del inicio del hormigonado de la losa, se establecerá un camino de tabloncillos seguro sobre los que apoyarse los operarios que dirigen el vertido con la manguera. • El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, para evitar accidentes por “tapones” y “sobre presiones” internas. • Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías) enviando masas de mortero de dosificación, que eviten “atoramientos” o “tapones”. Para esto, se evitarán los codos de radio reducido. Después de concluido el bombeo, se lavará y limpiará el interior de las tuberías de impulsión de hormigón. • Se prohíbe introducir o accionar la pelota de limpieza sin antes instalar la “redcilla” de recogida a la salida de la manguera tras el recorrido total, del circuito. En caso de detención de la bola, se paralizará la máquina. Se reducirá la presión a cero y se desmontará a continuación la tubería. • Los operarios, amarrarán la manguera terminal antes de iniciar el paso de la pelota de limpieza, a elementos sólidos, apartándose del lugar antes de iniciarse el proceso.
	Protecciones colectivas. En previsión de las fases constructivas se habrá estudiado previamente la instalación y adaptación a las fases de construcción: • Barandillas provisionales coordinadas con la colocación de prelosas. • Elementos anticaídas retráctiles anclados en las esperas de las vigas. • Líneas de vida horizontales temporales en coronación de capiteles. • Conectores de amarre y cuerdas de seguridad anticaídas.



Imagen 40: Hormigonado del tablero. El acceso al tablero se realiza mediante escaleras de andamio. Protecciones colectivas previas. Fuente: Universidad de Caminos, Canales y Puertos. Curso de puentes II.

4.4.2. Puentes metálicos y mixtos ejecutados con lanzamiento de vigas.

Puentes metálicos y mixtos ejecutados con lanzavigas

Proceso constructivo

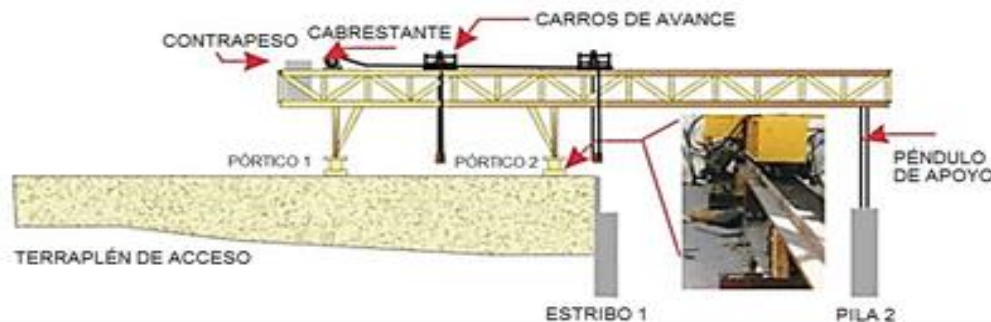


Imagen 42: Partes del sistema de lanzamiento de vigas.

Fuente: www.mexpresa.com



Imagen 43: instalación de la viga en el sistema de lanzamiento. Fuente:

<https://www.youtube.com/watch?v=gAjSOkUZFLk&feature=youtu.be>

Este sistema constructivo es el más utilizado para vigas metálicas, pero también se utiliza para prefabricadas. Se analizarán los sistemas de construcción por lanzavigas, indistintamente de que la viga sea metálica o prefabricada.

La instalación del sistema de lanzamiento de vigas se tiene que realizar por personal especializado que sea capaz de controlar los esfuerzos generados

El acoplamiento de la viga recibida al sistema de lanzamiento mediante sistemas hidráulicos, debe estar planificado el espacio suficiente para el posicionamiento de la maquinaria.

El sistema consiste en el lanzamiento sucesivo de vigas a medida que van llegando a obra. Es conveniente que no se vayan acumulando y esté coordinada la llegada con el lanzamiento.

Puentes metálicos y mixtos ejecutados con lanzavigas

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Montaje del sistema de lanzamiento de vigas	• La recepción de las piezas del lanzavigas se realizará de forma que no se altere ni se dañen los componentes. • El personal especializado accederá a las zonas de trabajo siempre con plataformas o escaleras una vez realizado el primer acceso. • Una vez alcanzada la zona de montaje, el sistema tendrá sus zonas de anclaje disponibles y el trabajador bajará de la plataforma con la cuerda atada a éste • Los sistemas de accesos para las grúas de alzado y de almacenamiento de los materiales deberán estar previstos y planificados para no interferir en los trabajos entre diferentes maquinarias. • Una vez instalado el sistema, se realizarán las pruebas de carga y los ajustes necesarios para comprobar la estabilidad del conjunto. <i>Imagen 44: montaje del sistema de lanzavigas. Fuente: https://youtube/F0ymQfptzK8</i>
Instalación de las vigas en posición	<i>Imagen 46. Enganche de la viga en el aparejo de elevación. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=gAjSOkUZFLk&feature=youtu.be</i>  <i>Imagen 45. Acercamiento de la viga a su posición. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=gAjSOkUZFLk&feature=youtu.be</i>  Los trabajadores que realicen las tareas de enganche deberán tener un sistema de acceso seguro a la viga. No se podrá trepar ni saltar desde éstas. Se instalarán las escaleras necesarias. Se utilizarán las herramientas de apriete y enganche junto con las protecciones de guantes para evitar atrapamientos y golpes. Antes de cualquier maniobra, todos los trabajadores habrán descendido de la viga, así como retirado lo suficiente para que en el alzado un posible movimiento golpee a los trabajadores. Existirá un sistema de comunicación adecuado para que no se interfieran los trabajos de izado y enganche.

Puentes metálicos y mixtos ejecutados con lanzavigas

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas preventivas

- En todo momento los trabajadores que estén junto a la viga estarán atados a la línea de vida.
- Los trabajadores que estén situados al final del recorrido, deberán permanecer en lugar seguro (fuera de la vertical y del alcance del carro) hasta la parada del motor.
- Para acceder a la zona de trabajo se tendrán las escaleras y módulos de andamio necesarios para estos accesos.
- Durante el movimiento del sistema de lanzamiento, los trabajadores deberán permanecer fuera de las vías de desplazamiento del carro, debiendo existir un procedimiento seguro de arranque.
- Durante el desplazamiento del lanzavigas al siguiente vano, el sistema se sujeta sobre su elemento auxiliar situado en el estribo. Durante este lanzamiento, el sistema cambia sus sistemas de apoyo y contrapeso. Aunque los cálculos se hayan realizado correctamente y la estructura debería estar calculada para este cambio. Los trabajadores permanecerán fuera del radio de caída de elementos en caso de que algún elemento se desplome o falle.



Imagen 47. Acoplamiento de la viga sobre la pila. Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=gAjSOkUZFLk&feature=youtu.be>

Hormigonado y encofrado de tablero:

- Una vez colocadas las vigas los trabajadores accederán al tablero para finalizar los trabajos.
- Entre otros, los riesgos de caída en altura se deberá evitar con la planificación de las líneas de vida y las barandillas, en su caso.

Imagen 48. Riesgos de caída entre las vigas



5. Tableros de puentes y viaductos: otras formas constructivas. Riesgos y medidas preventivas

5.1. Tableros de losa de hormigón armado

Esta tipología de puentes ofrece mayor esbeltez que otras y la posibilidad de adaptarse perfectamente a la geometría de la traza. Por tanto, esta tipología está especialmente indicada cuando tengamos problemas de gálibo debido al canto reducido que se puede conseguir o cuando la traza sea compleja, es decir, posea anchos variables o fuertes curvaturas

El rango de luces más habitual para esta tipología de puentes suele estar entre los 10 a 40 m dejando los de hormigón armado para luces menores a los 20m y los de hormigón pretensado para luces mayores de 18 m. A partir de los 25 m es aconsejable estudiar secciones de canto variable.

Tablero tipo losa de hormigón armado

Proceso constructivo

Una vez ejecutados los estribos y pilas, se procede a la construcción del tablero que comprende las siguientes operaciones: preparación del terreno, colocación de la cimbra, encofrado del tablero, apoyos de neopreno, ferralla, aligeramientos(en caso necesario), hormigonado del tablero, remates del tablero, prueba de carga.

Cimbra:

- Para la ejecución del tablero es fundamental garantizar la inmovilidad de la cimbra durante el hormigonado y los primeros días de vida del hormigón hasta que se pueda realizar el desencofrado y descimbrado.
- Se eliminará la tierra vegetal en la zona de apoyo de la cimbra, y se explanará y compactará la superficie, comprobándose que el terreno donde va a realizarse el apoyo tiene la capacidad portante requerida.
- Replanteados los apoyos, se colocarán los tabloneros que sirven de reparto de cargas al terreno, y sobre ellos se levantarán los castilletes hasta la altura requerida
- Los elementos que componen las cimbras son suficientemente ligeros para que el trabajo de montaje se realice manualmente, sin precisarse el auxilio de una grúa para el mismo
- El asentamiento de las torres se hará sobre pies regulables, que permitan la nivelación de la base. La regulación final puede hacerse con el husillo de la cabeza regulable. Al entrar en carga, los distintos elementos de la cimbra se acoplarán entre sí, produciéndose un acortamiento de los pies derechos, al que hay que sumar el propio acortamiento elástico.
- El montaje se iniciará desde un estribo del puente hacia el otro, colocando los castilletes completos y sus riostras, al objeto de comenzar el encofrado del tablero sin necesidad de haber acabado totalmente el montaje de la cimbra.
- Debe estudiarse la conveniencia de dejar un paso para vehículos, obligado cuando se trabaja sobre vía pública sin desvío de tráfico, pero optativo cuando estamos trabajando sobre la plataforma de la futura carretera. En general será conveniente dejar un paso de vehículos siempre, ya que aunque el material de cimbrado sea algo más caro, nos permitirá en el futuro pasar la maquinaria de un lado a otro del puente sin necesidad de dar un rodeo. Cuando se decida dejar un paso de vehículos de obra, el mismo debe estar bien hecho, adoptando prácticamente las mismas medidas de seguridad que cuando trabajamos sobre vía pública, ya que un eventual golpe de una máquina en los apoyos, puede derribar la cimbra, echar por tierra días de trabajo, e incluso causar accidentes a los trabajadores. Por ello, se pondrán defensas tipo "new jersey" o similares en el paso, se colocará un pregálibo señalizando la altura máxima de paso permitida, y se balizará con señales tipo sargento, y con luz para la circulación nocturna. El apoyo de las torres que sostienen las vigas para el paso, debe estudiarse en particular, ya que las cargas que se transmiten al terreno son muy superiores a las que transmite una torre cualquiera en la cimbra cuajada. En general será necesario dotar a estas torres de un apoyo sobre losa de hormigón, garantizando de esta forma que no se producirá un descenso de los mismos durante el hormigonado. Se estudiarán también las flechas que se producirán en las vigas del paso, para colocar las mismas con una contraflecha que garantice que las cotas finales de acabado del tablero sean las del Proyecto en toda su longitud.

Tablero tipo losa de hormigón armado

Proceso constructivo

Encofrado:

- Una vez estén colocados los primeros castilletes, pueden comenzar los trabajos de ejecución del encofrado. Se comenzará desde un estribo, completando el tablero en avance hacia el estribo opuesto. Antes de colocar el encofrado, se regularán los husillos de la cimbra, para que quede sensiblemente en cota. Una vez colocado, y antes de cargar con la ferralla, se nivelará completamente, con ayuda de topografía, dejándose el tablero en su cota prevista.
- Los paneles de encofrado, suelen conformarse del ancho total del puente, más un resguardo de 0,80 m a cada lado para paso de personas y acopio de material, y de unos 4 m. de longitud, con el objeto de que sean fácilmente manejables con grúa.
- Cada panel de encofrado, se compone de dos vigas riostra que se apoyan sobre los husillos de cabeza regulables de la cimbra. Sobre las riostras se fijan las vigas o correas, separadas unos 40 cms., y sobre las que se fija la superficie encofrante.
- Antes de colocar la ferralla, se habrán puesto en su sitio los apoyos de neopreno, de acuerdo con el proceso constructivo que se explica en otro apartado.
- El encofrado del tablero dispondrá obligatoriamente de quitamiedos para protección del personal, y guardacantos para impedir la caída de pequeño material o herramientas.
- Se iniciarán también los trabajos del encofrado en los extremos del tablero. En este encofrado se colocarán los cajetines para los anclajes, que tienen la misión de dar la alineación correcta a los elementos de anclaje y armaduras activas en el arranque. Deben ejecutarse siguiendo cuidadosamente el diseño preestablecido. En ellos, se clavará la placa de reparto y la correspondiente trompeta, y se dejará previsto el tubo para la inyección.

Ferralla:

- La elaboración de la ferralla debe comenzarse al menos una semana antes de la fecha prevista para su colocación en el tablero, a fin de tener acopio suficiente para que no se interrumpan los trabajos de colocación por falta de la misma. Se entregarán al encargado de ferralla las planillas de despiece, donde se indica cada barra, identificada con un número clave que se corresponde con el que figura en los planos de armadura, croquis acotado de la barra, diámetro del redondo, longitud total de corte, y número de barras que deben fabricarse iguales.
- Una vez elaboradas las barras, se colocarán en acopios, identificadas y clasificadas, hasta su transporte al tajo en el camión-grúa, según necesidades de colocación.
- Sobre el encofrado de fondo del tablero, se replantearán las barras de la parrilla inferior, para comenzar la colocación. La parrilla debe quedar situada sobre el encofrado, guardando los recubrimientos que se indican en planos. Para ello se disponen separadores, en número suficiente para que sean capaces de soportar el peso de la armadura completa.
- A continuación deben colocarse las barras verticales que forman la armadura de las almas del tablero. La colocación de estas debe hacerse con cuidado de no causar roturas y en cualquier caso, deben revisarse al finalizar el trabajo para asegurarse que no se ha producido algún orificio por donde el hormigón pudiera penetrar formando un tapón.

Aligeramiento de la losa:

- La misión fundamental de los aligeramientos es reducir el peso de la estructura, lo que permite disminuir armadura y pretensado. Además, al reducir el área de la sección de hormigón, se consigue un mayor nivel de compresión, y por lo tanto mayor eficacia del pretensado.
- Los aligeramientos pueden ser de poliestireno expandido (en caso necesario), aunque también pueden fabricarse en obra con planchas de nervometal o madera.
- El suministro a obra debe hacerse en el momento de la colocación, ya que es un material que por su volumen y baja densidad, es engorroso acopiar en obra. Por ello, se puede tratar que el acopio permanezca en fábrica con el suministrador.
- La colocación de estos elementos se hace manualmente, ya que son muy ligeros. Se fijarán mediante latiguillos a las correas del encofrado para evitar que floten durante la puesta en obra del hormigón. Hay que evitar que por la presión ejercida, el latiguillo "muerda" al aligeramiento, y para ello, se fijarán longitudinalmente unos tablones de atado de los mismos.
- Colocados los aligeramientos en el tablero, y hasta el momento del hormigonado, se mantendrá vigilancia permanente en el mismo, con el objeto de evitar actos de vandalismo, ya que el poliestireno expandido es un material que se quema fácilmente. El tablero se completa con la colocación de la ferralla de la parrilla superior, quedando listo para el hormigonado.

Tablero tipo losa de hormigón armado

Proceso constructivo

Hormigonado del tablero:

- La operación de hormigonado del tablero es la más delicada de cuantas operaciones se realizan en la ejecución del puente, y su éxito radicarán en la meticulosidad con que se hayan programado todas las actividades que componen la misma.
- El hormigón, debe cumplir las especificaciones de alta resistencia que se requieren en el proyecto, y además haber adquirido la resistencia precisa para el desencofrado en el tiempo señalado. Se realizarán por lo tanto con tiempo suficiente los oportunos ensayos, con rotura de probetas a tres, siete, y veintiocho días, hasta fijar la fórmula de trabajo adecuada.
- Además, el hormigón tiene que tener la suficiente docilidad para su puesta en obra por bombeo, teniendo en cuenta que determinadas zonas del tablero van muy armadas y hay que colocar el hormigón bajo los aligeramientos, asegurando que no queden coqueras.
- La planta de fabricación estará avisada de la fecha prevista para el hormigonado desde una semana antes, comprobándose que se dispone de acopio suficiente de áridos y cemento de las características ensayadas. La confirmación del hormigonado, se hará el día anterior, fijándose la hora de comienzo, el ritmo de producción, y el volumen de hormigón a fabricar. Es importante insistir en que el tipo de cemento debe ser el mismo durante toda la fabricación, para evitar tonalidades diferentes en el hormigón visto.
- La puesta en obra se hará mediante bombeo. Las bombas de hormigón estarán a pie de tajo al menos una hora antes del inicio del hormigonado.
- El vibrado se realizará con vibradores neumáticos internos. Se dispondrá al menos de dos vibradores de 86 mm, dos vibradores de 54 mm y dos vibradores de 25 mm estos últimos para las zonas de más difícil acceso. Para la alimentación de los vibradores se utilizará un compresor de 6 m³/min. Estarán previstas mangueras de longitud suficiente para atender todos los puntos del tablero.
- El equipo humano de colocación, estará compuesto por once operarios. Uno debe situarse en la descarga de los camiones hormigonera en la bomba, dos estarán con la trompa de la bomba, seis en las labores de vibrado del hormigón, y dos en los acabados de superficie. Estarán también a disposición dos encofradores, comprobando en buen funcionamiento de la cimbra y del encofrado.
- El suministro del hormigón debe hacerse de forma continua desde el inicio hasta el final, a un ritmo que no debe ser ni demasiado rápido, ni demasiado lento, dependiendo de las condiciones meteorológicas existentes, en especial las temperaturas que no sean muy bajas ni muy altas.
- No deben producirse paradas, para asegurar en todo momento la continuidad de la masa. La distribución en el tablero, se hará de manera uniforme, avanzando desde un estribo hacia el otro a sección completa. En los casos en que el puente está en pendiente, se empezará por el extremo de menor cota.
- El curado de la superficie del tablero se hará siempre que sea posible con agua, ya que los productos químicos de curado, para grandes superficies, precisan una puesta en obra muy esmerada para funcionar bien. El mejor sistema para evitar la aparición de fisuras de retracción es el empleo de arpillera, manteniéndola húmeda constantemente. Estará previsto un equipo de iluminación con su correspondiente grupo electrógeno por si fuera necesario.

Descimbrado:

- Se permite descimbrar el tablero, y liberar los encofrados y elementos de apeo para ser utilizados en otra estructura.
- Se comprobará con rotura de probetas que el hormigón ha adquirido la resistencia necesaria (normalmente el 60 %) para realizar esta operación.
- Para facilitar la operación, se colocan unas plumas especiales, fijadas en unas esperas colocadas en el tablero antes del hormigonado, que permiten mover los gatos de forma autónoma sin necesidad de recurrir al uso de grúas.
- Cuando se realiza el desencofrado del tablero, por su peso, se obliga a despegar el encofrado una separación superior a la necesaria. Esto permite maniobrar fácilmente los husillos de la cimbra. En relación con esta operación, hay que comentar la importancia que tiene hacer un estudio riguroso de la cimbra de apeo, especialmente en lo que se refiere a la flecha que toma por acortamiento elástico, al ser sometida a las acciones del peso propio de la armadura y del hormigón fresco. En caso contrario, la cimbra empujaría al tablero, dificultando la manipulación de los husillos, y además podría producirse una fisuración del hormigón ya endurecido.
- Los encofrados se sujetarán al tablero y se bajan hasta el terreno mediante trácteles una vez se ha quitado la cimbra de debajo.

Tablero tipo losa de hormigón armado

Proceso constructivo

Acabados:

- Terminada la anterior actividad, se procederá a la ejecución de las unidades de obra que forman los acabados del puente. Estas unidades de obra, aunque no tengan importancia estructural, si son definitivas en cuanto a la calidad de acabados de la obra, que por otra parte es lo que aprecia el usuario de la estructura. Por tanto, en estas unidades "menores", se será absolutamente rigurosos en cuanto a métodos constructivos y calidad de los materiales empleados.
- La primera unidad de obra que debe realizarse es la colocación de las impostas prefabricadas que protegen el canto del tablero. La alineación y nivelación de las mismas, son fundamentales. Las impostas quedarán fijadas al tablero en los pernos que se habrán dejado embebidos en el hormigón para ello. A continuación se colocará el hormigón de las aceras.
- Se limpiará la superficie del tablero, eliminando los tubos de plástico que se habían dejado a efectos de agarre de los encofrados al tablero para su posterior desencofrado, restos de lechada, y se procede entonces a la impermeabilización del mismo, de acuerdo con los requisitos establecidos en el Proyecto. Una vez realizada esta operación debe restringirse el paso sobre el tablero hasta que se haya echado el pavimento definitivo, por lo que se procurará que ambas operaciones se hagan consecutivamente en el tiempo. Finalmente, se colocarán las juntas de calzada, de acuerdo con los procedimientos descritos en otro apartado.

Prueba de carga:

- La prueba de carga exige una organización y preparación previa en la que se llegue a los últimos detalles. Se tendrá conocimiento del tren de cargas a utilizar, puntos de medida, y tiempos para cada estado de cargas, y estará organizado y distribuido el personal que interviene en la misma, los camiones y elementos auxiliares.
- El tren de cargas de la Instrucción, se sustituye en la realidad por camiones, que deben ser lo más parecidos entre sí, y alcanzar una carga total similar a la del tren de cargas del proyecto de prueba. El número de camiones dispuesto será tal que pueda adaptarse a los diferentes estados de carga previstos en el proyecto de prueba. Se conocerán las características de los vehículos que van a utilizarse:
 - a) Dimensiones generales
 - b) Cargas por eje
 - c) Distancias entre ejes
- Se confeccionarán los planos con la posición de los camiones sobre el tablero en los diferentes estados de carga previstos, y los topógrafos harán el replanteo, utilizando un código de colores para diferenciar las posiciones en los diferentes estados de carga.
- Los camiones serán cargados de tierras, y pesados en báscula para confirmar que llevan la carga correcta. A continuación se envían al puente, estacionándose en línea en espera de la orden de comienzo para ocupar el sitio que tendrán marcado sobre el tablero. Se contará con un camión más de los necesarios, para prever que una posible avería de los que intervienen, no obligue a un retraso en la prueba.
- Antes de comenzar la prueba se realizará la inspección general preceptiva, sin olvidar los aparatos de apoyo, juntas y otros elementos singulares. Se dispondrán como elementos auxiliares andamios bajo el tablero, para facilitar la inspección de la fisuración, y las operaciones de medición. Estos andamios tendrán acceso fácil y seguro, y constituirán plataformas rígidas, con medios de protección, cuando sea necesario, contra los agentes atmosféricos.
- Para la realización de la prueba, se seguirá la publicación "Pruebas de carga en puentes de carreteras". Tecnología de carreteras MOPU (Marzo 1988).

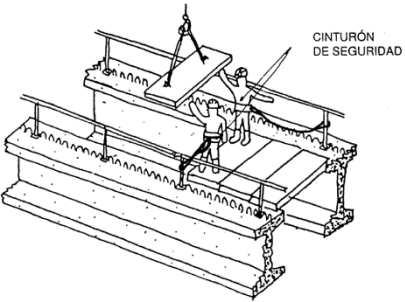
Tablero tipo losa de hormigón armado

Factores de riesgos/ Riesgos	Medidas preventivas
Riesgos más frecuentes en la ejecución de la losa. - Heridas punzantes en extremidades - Golpes y cortes por objetos y herramientas. - Proyección de partículas. - Atrapamiento por o entre objetos. - Tropiezos y torceduras. - Caídas a distinto nivel. - Caídas al mismo nivel. - Caída de objetos desprendidos. - Sobreesfuerzos.	- Los trabajadores harán uso de las protecciones (cascos, guantes de trabajo, botas de seguridad, botas de goma, ropa de trabajo adecuada, gafas de seguridad, cinturón portaherramientas, trajes de agua). - Como protecciones colectivas se vigilara la colocación de barandillas a 90 cm de altura con listón intermedio y rodapié, señalización requerida, correcto montaje y anclaje de andamios, limpieza y orden de materiales en el tajo. - Si existe riesgo de caída en altura, para determinados trabajos en los que se haga imposible la instalación de barandillas, los trabajadores harán uso del cinturón de seguridad convenientemente atado a un punto fijo. - El acceso al tablero podrá realizarse utilizando escaleras de mano. Para alturas comprendidas entre los cuatro y siete metros las escaleras a utilizar estarán reforzadas en su punto medio. Para alturas superiores se utilizarán escaleras de tiro y mesetas. Cuando el sistema de encofrado lleve incorporado escaleras protegidas por aros y plataformas de trabajo, se comprobará el estado de las mismas. - También se podrá acceder a la zona de trabajo mediante PEM, para evitar posibles vuelcos de ésta, se deberá nivelar la base o trabajar sobre plataforma de trabajo prevista a tal fin. Además se colocarán los ejes motrices paralelos al dintel, dando mayor estabilidad a la máquina. - Se podrá utilizar línea de vida en los estribos, o cuando esté situado en una pila intermedia, sobre elementos fijos a la estructura, si se debiera acceder fuera del andamiaje. - Las escaleras de mano o provisionales cumplirán las normas reglamentarias. En caso de que estas fueran insuficientes se utilizaran escaleras de tiros y mesetas (escaleras andamios) o andamios europeos (cumpliendo la norma HD-1000). - El ancho mínimo de la plataforma de trabajo será de 60 centímetros y la altura de las barandillas de 90 cm con listón intermedio y rodapié. - Todas las operaciones de colocación de cimbra y posterior retirada de la misma se realizarán utilizando cinturón de seguridad anclado a los elementos previamente fijados de la misma. - Para evitar la caída de objetos, se amarrarán los materiales a la plataforma o se utilizará un elemento auxiliar que lo mantenga sujeto mientras se eleva - Para evitar golpes y cortes, se tendrán en cuenta las condiciones climáticas que puedan afectar al estado de las herramientas. Se utilizarán los utensilios previstos en el plan de montaje y se emplearán guantes de serraje durante la manipulación de eslingas y materiales pesados. - Los trabajadores implicados o no en el montaje, no se colocarán bajo la carga suspendida. En caso de tener que dar indicaciones al gruísta la ubicación definitiva, se realizará desde una posición segura. - Los trabajadores se deberán mantener fuera del radio de acción de los cables durante la manipulación de los materiales, se utilizarán los cables, eslingas y los útiles de elevación apropiadas para el elemento. - No se manipularán los apoyos manualmente, se deberá pedir al gruísta que lo vuelva a emplazar si fuera necesario rectificar la posición.
Sumideros en tableros de puente. Riesgos: - Cortes, golpes o roces en la manipulación de los hitos. - Caídas de cargas durante el transporte - Golpes o pisadas con objetos o herramientas	Medidas preventivas y protecciones colectivas - No se comenzarán los trabajos sin la colocación de la protección colectiva correspondiente. Si es necesario retirar cualquier barandilla, se habrá dispuesto en el tablero de anclajes con línea de vida y los trabajadores deberán engancharse a la línea de vida siempre que exista riesgo de caída en altura. - La manipulación de los sumideros se realizará con los operarios, imprescindiblemente equipados con guantes y botas de seguridad. - Los operarios que componen este equipo deben de ser especialistas y conocedores de los procedimientos de trabajo. - Las zonas de trabajo permanecerán ordenadas, delimitadas y limpias. - La colocación de los sumideros se llevará a cabo desde la zona protegida por la barrera en caso de existir tráfico de vehículos de obra por el tablero. Si se puede evitar este tráfico, se señalizará la zona cortando el paso.

Tablero tipo losa de hormigón armado

Factores de riesgos/ Riesgos	Medidas preventivas
• Sobreesfuerzos • Caídas de objetos en manipulación sobre los pies • Golpes o caídas de piezas transportadas sobre la vertical • Golpes o choques con objetos y equipos de trabajo	Protecciones individuales • Casco de seguridad. • Mono de trabajo. • Chaleco reflectante. • Guantes. • Botas de seguridad • El personal que realice los cortes con radial se protegerá con gafas anti impacto. • Cuando el trabajo lo precise, se utilizará protección mascarillas, gafas de protección contra impactos, botas de agua....
Ferrallado, encofrado y hormigonado del tablero.	• Para las operaciones de ferralla y hormigonado de la losa se colocará una barandilla perimetral de protección sujeta a la propia cimbra cuya altura será de 90 cm medida a partir del nivel de la losa hormigonada. • Aunque este colocada la barandilla, se recomienda que en los trabajos de borde el trabajador se ate a la línea de vida. • A la hora de encofrar y hormigonar el tablero, es posible que haya que retirar los sargentos y, por tanto, la barandilla. Por ello se aconseja, si es posible, ferrallar primero el tablero con los sargentos como protección y quitarlos a la hora de encofrar, y así la protección de las barandillas se aplica el mayor parte del tiempo posible. Se usarán líneas de vida en los trabajos en borde de tablero, en zonas donde haya que desmontar los sargentos. Una vez encofrado y hormigonado, se volverán a colocar sargentos para los trabajos sobre el tablero de hormigón. • En la colocación de los sargentos, el personal deberá estar atado a una línea de vida fija • Para el encofrado del tablero, se debe encofrar con cesta o plataforma elevadora desde el exterior de la estructura. Si se pudiese encofrar desde la estructura, se trabajará con los operarios atados a las líneas de vida externas cuando se trabaje en los bordes del tablero. • En el caso de colocar el sargento sobre el borde de la viga se extremarán las precauciones ya que se tendrán que utilizar cuñas de madera para garantizar la estabilidad de la barandilla. • Se dispondrán de redes verticales que eviten la caída en altura de objetos y personas. • Otra solución para la realización de los trabajos es con líneas de vida. Las líneas de vida pueden ir elevadas, a una altura aproximadamente de 1,1m o ancladas a las esperas de la viga, a ras de suelo. La línea de vida elevada en las vigas extremas se empleará en la colocación de encofrados perdidos o prelosas, colocación de barandillas provisionales o sargentos, encofrado del tablero (si la barandilla provisional se tiene que desmontar porque molesta al encofrar), hormigonado del tablero, colocación de la barandilla provisional y hasta la colocación de las impostas y barandilla definitiva, una vez hormigonado el tablero. Las líneas de vida elevadas son preferibles que las situadas a ras de suelo, porque permiten la movilidad del operario e incluso limitan la zona de trabajo, sabiendo que superado ese punto para los trabajos sin barandilla perimetral deben atarse y extremar las precauciones. • Cuando se hormigone la losa, la línea de vida puede quedar embebida; por eso se pide que lo ideal es que se coloque a 1,1 m de altura: al hormigonar, se quedara aproximadamente a 0,9 m, siendo útil para la colocación de barandillas, etc. • Otra opción en el hormigonado de la losa es dejar embebidos unos tubos de PVC, para colocar una barandilla provisional.

Tablero tipo losa de hormigón armado

Factores de riesgos/ Riesgos	Medidas preventivas
Prelosas de hormigón prefabricado: Se colocan con una grúa hasta la viga. Varios operarios deben encontrarse sobre la viga. Las placas de hormigón pueden tener o no el ancho total de la losa del puente. Riesgos: • Pisadas sobre objetos • Atropello por máquina o camión. Vuelco de máquina • Aplastamiento por caída de cargas • Golpes o cortes por herramientas o materiales • Caídas a distinto nivel	 CINTURÓN DE SEGURIDAD <i>Imagen 10. Protecciones frente a caída de altura al recibir las prelosas. Arnés anticaídas, guiado de la carga mediante cabos y no permanencia bajo cargas suspendidas. La sujeción del arnés será en elementos fijos o resistentes</i> • Utilizar botas con puntera reforzada y plantilla anti-perforaciones. • Mantener el entorno con en estado de orden y limpieza. • Antes de comenzar un trabajo, el paso previo de preparación de los trabajos será dejar el entorno sin restos de la etapa anterior. • Se prohíbe acercarse a la grúa hasta el borde de la cimentación. • Se colocarán topes de seguridad en los bordes de la base de trabajo. Se comprobarán los gatos hidráulicos antes del inicio de los trabajos. • Colocar un caballón en el borde del talud, etc. • Las maniobras de carga y descarga serán guiadas por un especialista para evitar maniobras imprevistas o incorrectas. • Evitar colocarse debajo de la carga suspendida Utilizar los medios de izado adecuados: Mantenimiento de los medios, utensilios adecuados. • Evitar colocarse debajo de la carga suspendida Utilizar los medios de izado adecuados: Mantenimiento de los medios, utensilios adecuados. • Uso de guantes de protección en las tareas de atado y colocación de las piezas. • Los montadores realizarán las indicaciones al gruista desde la última pre-losa colocada con protección de la línea de vida, estando atados a la barandilla. • Se dejarán colocadas las barandillas, o bien embutidas o tipo sargento en las vigas prefabricadas. Protecciones individuales • Casco • Ropa de trabajo • Chaleco reflectante • Botas de seguridad • Guantes de trabajo (general y serraje) • Arnés de seguridad
Hormigonado de la losa	Se considera la operación de vertido y vibrado de hormigón sobre la prelosa tratado en también en otros procesos constructivos.
Colocación de impostas y barandilla definitiva	• Las mismas redes verticales instaladas para la etapa anterior se dejan para realizar estas tareas. Esta solución se puede adoptar cuando no entorpezcan los trabajos.

5.2. Construcción de tableros con cimbras autolanzables

La auto-cimbra es una estructura en celosía o cajones metálicos longitudinales que soportan el encofrado. Esta estructura es capaz de alcanzar la distancia existente entre las pilas del puente. Si el vano es inferior a 40 m, suelen emplearse vigas de longitud el doble del tramo.

Se utilizan cuando existe algún impedimento u obstáculo que hay que salvar y sobre los que no se pueden colocar apoyos (vías de un tren, un canal sobre el que no se puede interrumpir el tránsito, carreteras importantes, etc.), también son adecuados cuando existe riesgo de asentamientos en las cimbras o asientos provisionales.

El uso de esta cimbra es en tableros de puentes de hormigón postesado o armado, en tableros de sección tipo viga o cajón, tramos prefabricados, losa aligerada. Preferentemente con vanos de luces iguales y con canto constante, para optimizar los recursos.

Su aplicabilidad se encuentra entre luces de 30 y 70 m. Las cimbras pueden ser sobre el tablero, bajo tablero o intermedio, según se sitúen las vigas longitudinales con respecto al tablero.



Imagen 11. Autocimbra bajo tablero, en el momento de extender las vigas hacia la siguiente pila. Fuente: <http://www.berd.eu/>

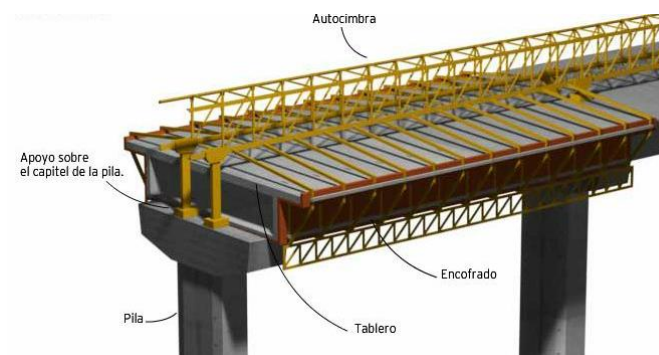


Imagen 12. Autocimbra sobre tablero. Partes de autocimbra. Fuente: <http://infraestructurasp.blogspot.com/>

Tableros con cimbras auto-lanzables

Proceso constructivo

Está constituido por una estructura metálica, plataformas de trabajo y escaleras, encofrado interior y exterior, y los dispositivos hidráulicos con sus apoyos que permiten mover los encofrados entre los vanos, transmitiendo los esfuerzos sobre las pilas y el tablero ya hormigonado.

Las condiciones del transporte de la estructura son importantes para planificar las condiciones de transporte, teniendo en cuenta que hasta 2,50m se puede realizar vía transporte normal. A partir de ese ancho, se deberá disponer de distintos permisos para transporte especial, a considerar según el recorrido. Al igual que la altura, que no debe superar los 2,45 m para poder realizarlo en camión, y no utilizar la góndola.

Tableros con cimbras auto-lanzables

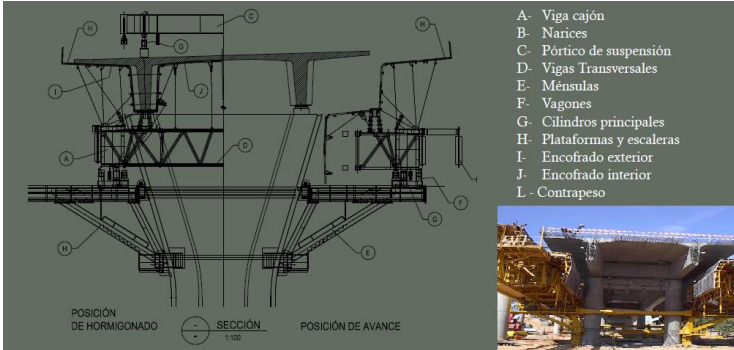
Proceso constructivo

Los elementos que componen los sistemas son:

- Cuando se utiliza para tableros con viga tipo doble "T", el encofrado interior se desplaza con la estructura principal de la cimbra, en posición abatida. El sistema de encofrado interior, se realiza mediante sistemas hidráulicos de apertura y cierra conjuntamente con el exterior.
- Cuando se trata de tableros tipo "cajón", el encofrado interior no se desplaza con la estructura principal, los movimientos que éste tiene que realizar se realizan mediante un carro de transporte independiente al resto de la estructura. La diferencia con el sistema en doble T, es que dispone de un sistema de carro de transporte por el interior del cajón.
- Durante el hormigonado, la estructura se apoya en la pila delantera y en el tramo del tablero ya construido. La autocimbra transmite esfuerzos a la fase anterior durante el hormigonado. Al final del proceso constructivo, sin embargo, los esfuerzos debidos al propio peso y al pretensado, se distribuyen como una cimbra apoyada en apoyos en su totalidad, de forma convencional
- El encofrado se soporta por una estructura de vigas transversales, que a su vez, se apoya sobre la estructura longitudinal. Factor a tener en cuenta, es el paso de las vigas transversales a través de las pilas del puente. El encofrado exterior sirve de soporte y molde a la superficie exterior del tablero de hormigón. El encofrado debe disponer de las juntas capaces de absorber las modificaciones geométricas necesarias al encajar la estructura.
- Si durante el hormigonado los apoyos de la cimbra sobre la estructura se realizan de forma isostática, durante el avance de la cimbra que se apoya sobre tres puntos, deberán ser controlados los posibles asientos diferenciales para que no provoquen deformaciones que afecten a la seguridad.
- El encofrado exterior sirve de soporte y molde a la superficie exterior del tablero de hormigón. En el caso de sección en forma de cajón, existe un encofrado interior. Si el hormigonado se realiza en una fase, el encofrado se debe replegar o transportar para salvar el paso del diafragma de la pila.
- Si se hormigona en dos fases, se debe retirar el encofrado interior por medios de elevación. Hay casos en los que se puede realizar el desplazamiento de la cimbra sin acabar de hormigonar la sección de un vano. Esto afecta a la planificación de la instalación del puente.
- A las fases de deslizamiento puro, se suman fases estáticas como gateos para corregir reacciones y las fases de llegadas a apeos o pilas donde se realizaba una recuperación de flecha en punta, y por ende, las salidas de apeos o pilas (recuperación en cola).
- En el sistema sobre tablero, se tiene la ventaja de que suele ser más fácil de montar el sistema detrás del estribo. Pero tiene como inconvenientes que tienen que realizarse más taladros sobre el tablero para sujetar los encofrados con las barras que los atraviesan, también que se transmiten más esfuerzos horizontales a los pilares. En este sistema no se puede colocar una grúa que facilite el montaje del segundo tablero paralelo.

Se van a tratar conjuntamente los riesgos de las cimbras sobre o bajo tablero, sin tener en cuenta si es de cajón o doble T, atendiendo a los riesgos que se deben a la utilización de los componentes y su proceso constructivo.

Tableros con cimbras autolanzables

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Instalación de la viga de lanzamiento: Esta viga permite la ejecución de los tableros sin necesidad de apoyarse en el terreno, mediante un conjunto de dispositivos hidráulicos que permiten operar con los encofrados, mover el sistema entre vanos y transmitir los esfuerzos a los pilares y tableros ya hormigonados. No se necesitan grúas adicionales. Se considera cualquiera de los sistemas de movimiento de la cimbra, superior o inferior con respecto al tablero y en forma de T o cajón. Riesgos principales: - Atrapamientos entre elementos móviles de maquinaria - Caídas en altura- - Caída de objetos - Golpes contra objetos inmóviles - Derrumbe de elementos - Proyección de fragmentos o partículas - Sobreesfuerzos, posturas forzadas	 <i>Imagen 14. Componentes principales de un sistema de cimbra autolanzable para tableros en doble “T”. Fuente: www.avensi.es</i> tener un plan de montaje de tal manera que a medida que la grúa acerca el material a la zona de trabajo, para no tener que acarrear de forma manual, y que no se encuentren trabajadores bajo las cargas suspendidas. Por otro lado, se instalarán las barandillas o los andamios necesarios para acceder a dichos estribos y pilas. En el proceso de montaje, se preverá que la altura de trabajo va cambiando a medida que los dispositivos se van instalando, por lo que el acceso a la zona de trabajo también será adecuada a ésta. 1. El acceso al capitel o estribo, se realizará con plataforma de brazo articulado si la altura es superior a 3,5 m., si la altura es inferior se puede hacer con escalera de mano anclada en su parte superior e inferior. 2. Se dispondrá de línea de vida en los estribos y en los capiteles de las pilas. La línea de vida de los estribos se montará pasando un cable de acero a través de los agujeros resultantes de los espadines utilizados durante las labores de encofrado. La línea de vida de los capiteles se dispondrá pasándola a través de omegas destinadas al efecto durante el hormigonado de éstos. 3. La recepción del material, replanteo y colocación, se realizará desde los propios capiteles y desde los estribos, con el arnés de seguridad anticaídas anclado permanentemente. 4. Conforme se monte el sistema, se procederá a la nueva disposición de la línea de vida, anclados en todo momento. 5. De forma simultánea se puede llevar a cabo la instalación de línea de vida longitudinal a ambos lados de la estructura, para la instalación sobre las pilas del Antes de recibir el transporte del material se deberán tener previstos los lugares de acopio del material, la necesidad de acopio sobre durmientes, bancadas, etc. También se tendrá previsto el orden de montaje para colocar el material lo más ordenado posible y que no provoque movimientos innecesarios o que provoquen riesgos. Es muy importante que antes de la instalación del sistema se encuentren las pilas y estribos perfectamente formados. Se planificará la zona accesoria al primer estribo necesaria para colocar los apoyos provisionales, si fuera necesario, de tal manera que no haya interferencias entre maquinarias, ni riesgo de vuelco o atropellos. Una vez comenzada la instalación de la maquinaria, se deberá  <i>Imagen 13: Apoyo en los estribos y vista del carril en sistema autolanzable por encima del tablero. Fuente: www.avensi.es</i>

Tableros con cimbras autolanzables

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas preventivas

sistema de carril, siendo necesario el anclaje en todo momento de los trabajadores.

6. No habrá trabajos bajo la instalación en las tareas de montaje o desmontaje.

7. Las partes sobre elementos móviles, como ruedas, se quedarán aseguradas, de tal forma que se evite el desplazamiento del sistema de una manera imprevista.

8. Se debe realizar una comprobación del funcionamiento adecuado de todas las conexiones como los elementos hidráulicos, eléctricos, neumáticos, antes de comenzar a utilizar la cimbra.

9. Se dispondrá de un anemómetro, para tener constancia de las limitaciones en el uso de la cimbra por cuestiones climáticas, así como cualquier otra limitación necesaria de dejar indicado (peso, etc.).

Una vez instalada el sistema de encofrado, se aplica la armadura necesaria y el hormigón para crear el primer tramo de la estructura.

Avance del sistema y cierre del sistema de encofrados.

Se diferencia si el sistema está sobre o bajo tablero, **Riesgos:**

- Caída a distinto nivel
- Atrapamiento por elementos móviles
- Golpes y cortes con herramientas
- Contactos eléctricos
- Sobreesfuerzos



Imagen 16. Proceso de separar los apoyos en la pila para desplazar todo el sistema. Fuente: www.berd.eu

- En el caso de la cimbra sobre tablero, previo al desplazamiento de la estructura, se procederá a transferir la carga del pórtico de suspensión o rodamiento al dispositivo de avance.
- Con el sistema hidráulico se abre y desplaza transversal y longitudinalmente el sistema hasta el siguiente vano. Se debe tener previsto el cambio del centro de gravedad para comprobar los apoyos necesarios.
- El acceso a la zona de trabajo se realizará siempre por las escaleras y sistemas destinados a tal fin.
- En la aplicación del movimiento del sistema, los trabajadores permanecerán fuera de la zona de trabajo. Se implantará un sistema de comunicación adecuado en cuanto a niveles de ruido, capacidad visual de los trabajadores, de tal manera que sea previamente comprendido y establecido, sin lugar a interpretaciones.
- Una vez asegurada la zona de trabajo, el sistema avisará acústicamente del inicio del movimiento.
- Hasta que el sistema de ménsulas no se haya acabado de instalar y anclado a la siguiente pila, no se procederá a acceder al puesto para acabar la instalación.
- Se deberá seguir todo el proceso de montaje, si existe algún tipo de avería y el sistema falla en alguno de sus pasos, habrá algún trabajador destinado a tal fin, que disponga de protecciones anticaída adicionales, para acceder al puesto.
- Se asegurará de que el sistema no arranca de forma inesperada hasta entonces.



Imagen 17. sistema de anclaje y cierre de las dos mitades. Fuente: www.berd.eu

Tableros con cimbras autolanzables

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Aplicación del postesado/pretesado de tablero: Riesgos Se deben considerar los esfuerzos que sobre la cimbra se producirán en el pretesado. Proyección de fragmentos y partículas Derrumbamientos, aplastamientos. Atrapamientos por elementos móviles o máquinas o herramientas	• Se habrán instalado los tendones, las vainas y los anclajes por personal especializado necesarios para que se pueda tener un control exhaustivo una vez acabada y comprobar que los tendones no sufran daños que puedan dar lugar al colapso de la estructura, a través de los huecos y taladros dejados en la losa acabada. • para evitar roturas del hormigón detrás de la zona de anclajes, se debe realizar el tesado sólo cuanto el hormigón haya obtenido la resistencia suficiente. • para evitar derrumbamientos, se harán las pruebas necesarias que corroboren que la resistencia del hormigón es la adecuada y no se sufren pérdidas de pretesado distintos a los esperados y por lo tanto la capacidad portante del hormigón no sea la suficiente. • -Cuando los cables no van sobre vainas, pueden sufrir corrosión por filtración de agua (posible curado inadecuado del hormigón, por ejemplo) o de igual manera sobre los anclajes. • -para evitar la rotura de los cordones, se evitará el sobre-tesado, o se comprobará la falta de corrosión de éstos. • No se podrá permanecer realizando ningún trabajo o tarea bajo el tablero desde que se hormigona hasta que se realice el pretesado. • Una vez ejecutado el tesado del tablero se procede a desvincular la cimbra de ese tramo. En este momento se produce un cambio en la condición de apoyo de la cimbra al pasar de estar colgada del tablero en la parte trasera y apoyada en la pila delantera a apoyar en dos pilas.
Operaciones de tesado.	• En las operaciones de tesado se establecerá la posición de cada uno de los componentes del equipo de trabajo tomando medidas para protegerles contra proyección de cuñas y roturas de cables. • Se delimitarán las bobinas de cable en el proceso de envainado para evitar el efecto latigazo de los cables en caso de rotura • Los operarios que realicen estos trabajos recibirán una formación específica al respecto • Cuando sea necesaria una plataforma de trabajo para la realización de estos trabajos, hay que verificar el cumplimiento de todas las medidas de seguridad, incluyendo dimensiones, accesos a la misma, etc.... • Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas. • Los trabajos sólo los pueden realizar personas autorizadas y se debe prohibir la presencia de terceras personas. • Poner especial atención al comportamiento del cable tesado para evitar el efecto latigazo. • Aplicar los criterios de la manipulación manual de cargas en el montaje de esta máquina. • Revisiones. • Se revisará con la frecuencia impuesta por las condiciones de trabajo, el estado adecuado de bancadas de fabricación, puntos de apoyo provisionales, gatos, carretones u otros medios de transporte sometidos a esfuerzos. • Se revisará el estado de sujeción del cable antes de cada tesado • Se revisarán cables, cadenas, cuerdas, poleas, frenos, controles y sistemas de mando, así como en general, todos los elementos de los aparatos de izar.



Imagen 15. Aplicación del postesado antes de proceder a mover el sistema. Fuente: <http://www.berd.eu/>

Tableros con cimbras autolanzables

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Encofrado y hormigonado del tramo en una sola fase: De nuevo se diferencia el cimbrado bajo tablero tipo cajon, donde el encofrado interior avanza por el interior una vez colocada la armadura de la losa inferior y las almas. Lo que no sucede si el tablero es tipo doble T. Las bombas de hormigonado se instalan sobre la fase anterior. Se deben considerar las cargas debidas al peso del hormigón, para el cálculo de resistencia de la cimbra se tendrá en cuenta la peor posición posible, sobre todo cuando se sospeche que puedan producirse sobre-espesores importantes.	La forma en que se realiza el hormigonado tiene influencia en el cálculo estructural de la cimbra. Cualquier variación debe estar aprobado tanto por el proyectista de la cimbra como por el del puente. Debe quedar reflejado desde antes de comenzar con el hormigonado, que los medios previstos serán capaces de cubrir todo el tablero. Si se necesitaran pórticos móviles sobre tablero para movimiento de encofrado, jaulas de ferralla, etc. El riesgo de caída a distinto nivel se produce cuando los trabajos no han sido suficientemente planificados, no se tiene en cuenta el personal necesario para realizar una tarea, por lo que se incorporan personas que no disponen de las protecciones o que no han sido preparadas para esa tarea.
	
<i>Imagen 18. Encofrado y hormigonado con medios auxiliares tipo pórtico. Fuente: www.avensi.es</i> Riesgos: - Caída a distinto nivel - Derrumbamiento de elementos - Golpes y cortes - Proyección de fragmentos y partículas. - Caídas a mismo nivel - Sobreesfuerzos - Atrapamiento por movimiento de maquinaria.	<i>Imágenes 19 y 20. Situaciones de riesgo de caída en altura durante encofrado, ferrallado y hormigonado. Fuente: www.berd.eu</i> Se tendrá en todo momento colocada la barandilla perimetral. En los cambios de nivel de hormigonado, se tendrán instaladas las zonas de anclaje necesarias para la colocación de ésta. Las bombas de hormigonado se instalarán al borde del último tramo realizado cuando no se puedan instalar desde el suelo, se habrá calculado previamente el peso de la maquinaria y la resistencia del hormigón permita dicha instalación.

Tableros con cimbras autolanzables

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Desmontaje, y desmontaje final: Es posible que se empiece a desmontar el sistema antes de terminar el último hormigonado. Se debe tener en cuenta la capacidad resistente en cada uno de los estados de montaje y desmontaje del conjunto de la estructura de la cimbra. Riesgos: Vuelco y caída de objetos por derrumbamiento Caída a distinto nivel	Además de lo considerado durante el montaje: - Se tendrá en cuenta el riesgo al vuelco por falta de estabilidad de las torres auxiliares debidas al cambio del centro de gravedad, por viento o movimiento de cargas. - Para ello se tendrá muy en cuenta el orden secuencial de cada una de las etapas, así como los elementos que implican. Para que no se permita la interpretación por falta de datos concretos. - Tener protegido el radio de acción del brazo de la grúa, al ser la zona de desmontaje distinto del inicial, se proveerá una plataforma de trabajo igualmente preparada para el acceso de la maquinaria de transporte y elevación de elementos.
Puntos críticos en sistemas de cimbras autolanzables:	A la vista de la investigación de accidentes provocados por (o que se han visto involucrados) estos elementos del proceso de construcción recogidos en los informes de NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de EEUU) dentro de su programa de evaluación de los accidentes y evaluación de control y de los informes de ingeniería de investigación de incidentes de construcción de OSHA (Administración de Seguridad y Salud de EEUU) I, donde se pueden resumir los siguientes críticos: 1.- Los contratistas deberían: - Asegurarse de que se sigan los procedimientos operativos del fabricante o proporcionar medidas de protección alternativas, como controles de ingeniería (prevención en el diseño, por ejemplo), para garantizar operaciones seguras. - Asegurarse de que los trabajadores comprendan y dispongan de las instrucciones de seguridad, así como que tengan la capacitación en seguridad necesaria, de tal manera que cuestiones como las barreras del idioma no interfieran con la efectividad de la capacitación, especialmente cuando los empleados deben trabajar con equipos desconocidos. - Desarrollar e implementar procedimientos operativos escritos para equipos desconocidos o no estandarizados, y proporcionar capacitación sobre procedimientos escritos a todos los empleados involucrados en la operación del equipo. 2.- Contratistas y subcontratistas deberían: - Asegurarse de que los diversos componentes del proceso constructivo son compatibles (desarrollo de la cimbra con el desarrollo del puente) o con el proceso de hormigonado en todas las fases, etc. 3.- Proyectistas y desarrolladores de estructuras: - Deben desarrollar los requisitos necesarios para inspeccionar y certificar adecuadamente las cimbras, generando todos los puntos necesarios para hacer efectivos esos controles.

5.3. Sistema por carros sucesivos en ménsula o voladizo

Este sistema está compuesto normalmente por una estructura metálica principal, las formas interna y externa que permite realizar la dovela de hormigón, aunque también es aplicable para dovelas prefabricadas, las plataformas de trabajo y escaleras para acceso a éstas, el dispositivo de anclaje al tablero ya hormigonado y el sistema hidráulico que permite el movimiento, ajuste y nivelación de todo el sistema.

Sistema de construcción de dovelas in situ mediante carros en voladizo

Proceso constructivo

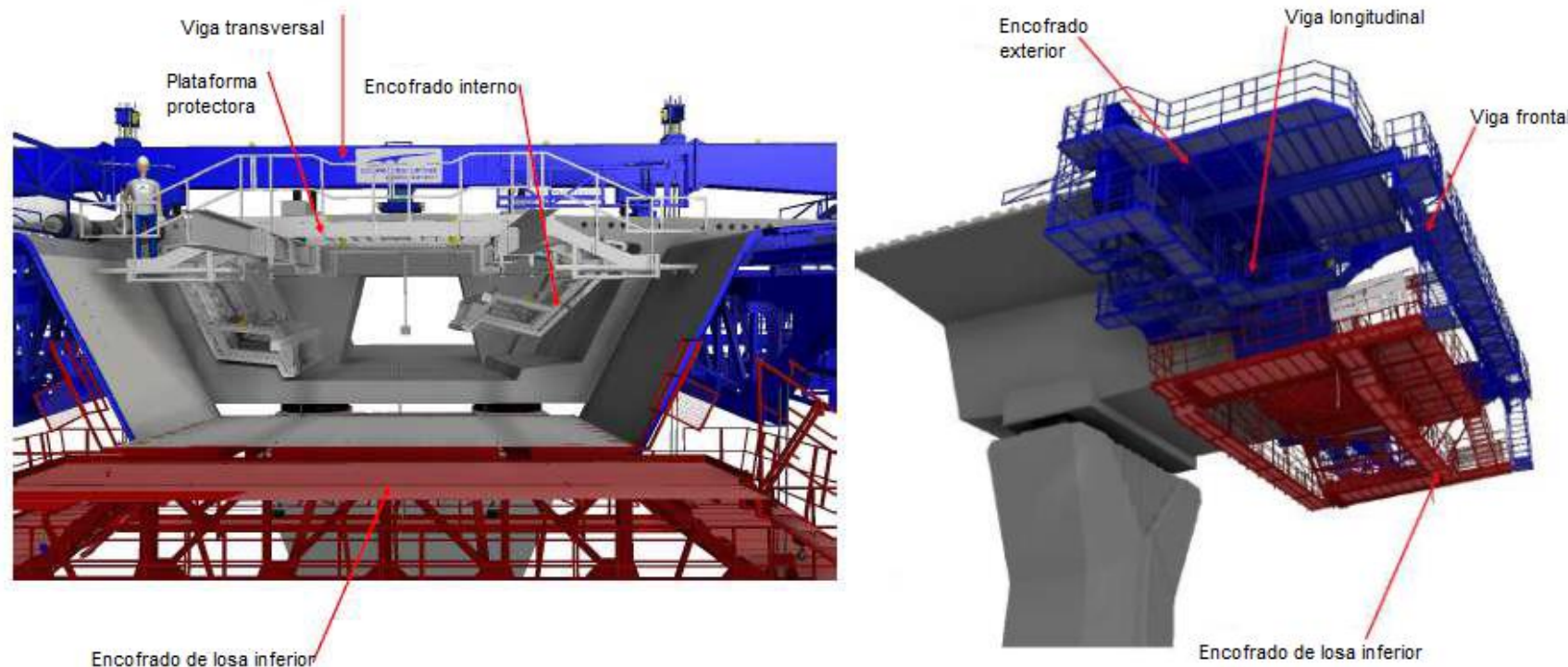


Imagen 21. Esquema frontal e inferior de un sistema de construcción de puentes en voladizo. Fuente: Basado en la presentación de Gloribel Céspedes sobre la construcción del 3^{er} puente sobre el canal de Panamá. Éste es el caso de un puente atirantado, para superar la excesiva distancia entre pilas.

Se puede construir a partir de la pila, con sistema simétrico (crecimiento más o menos simultáneo a los dos lados), asimétrico (con ayuda de puntales, en ocasiones, o tirantes) o contrapesos cuando los vanos son cortos.

Sistema de construcción de dovelas in situ mediante carros en voladizo

Proceso constructivo

Y se puede construir a partir del estribo con apoyo provisional, sistema equilibrado o con empotramiento elástico.

Para la construcción a partir de la pila, se comienza con la dovela inicial, con la colocación de la losa inferior y los laterales, utilizando un encofrado en voladizo. Se deben colocar los anclajes de las barras roscadas donde se sujetará el sistema, ejecución del alma y losa superior.

En el paso inicial, se desliza la plataforma hasta la posición definitiva. Se ajusta a nivel. Antes de continuar con la siguiente dovela se une a la anterior mediante cables de postesado que van uniendo dovelas de forma simétrica por ambos lados para minimizar esfuerzos por disequilibrios, en el caso de pilas aisladas.

Una vez realizada la losa central inferior y superior, se instalan los refuerzos y conexiones y bloques de anclaje.

Se abre y desliza la plataforma interna para realizar la parte de la losa superior, se prepara el pretensado.

Una vez pretensado y en el caso del ejemplo, retensado de los tirantes, se abre la plataforma para bajarla y desplazarla al siguiente nivel.

Sistema de construcción de dovelas in situ, mediante carros en voladizo

Características del trabajo/ Riesgos

Características de seguridad

Formación de la dovela inicial

Riesgos:

- Heridas punzantes en extremidades
- Golpes y cortes por herramientas.
- Proyección de partículas.
- Cortes y heridas en manos y pies.
- Aplastamientos o golpes con las cargas suspendidas.
- Tropiezos y torceduras.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caída de herramientas u objetos en manipulación.
- Desplome de estructuras o elementos auxiliares.
- Sobre esfuerzos

- Se dispondrá de la plataforma necesaria para poder colocar los elementos de elevación necesarios (Grúas, bombeo de hormigón, etc.), así como de los materiales necesarios para crear la dovela y la estructura de los carros.



Imagen 22. Zona anexa prevista para colocación de grúa, materiales, etc. Fuente: Senegabia Gridge.
<https://www.youtube.com/watch?v=x3XhDwtl4ZI&feature>

Sistema de construcción de dovelas in situ, mediante carros en voladizo

Características del trabajo/ Riesgos

Maquinaria utilizada

- Grúas para el transporte de las vigas
- Grúas autopropulsadas
- Camión de transporte
- Bomba de hormigón
- Máquinas herramientas
- Herramientas de mano

Medios auxiliares utilizados

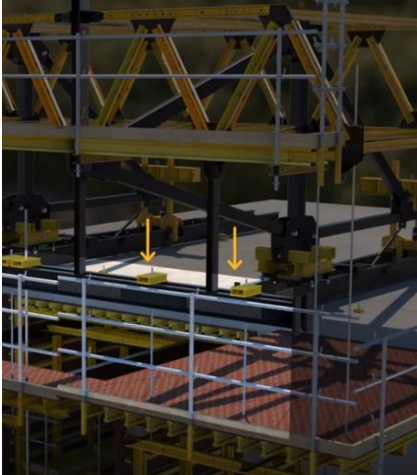
- Plataforma elevadora
- Escalera de mano
- Eslingas y elementos de amarre
- Andamio escalera

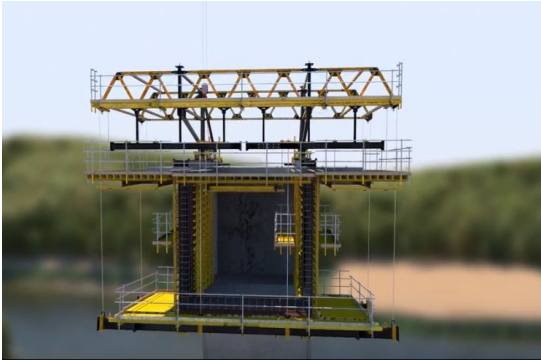
Características de seguridad



Imagen 23. Encofrado con todas las protecciones montadas sobre el suelo, antes del izado. Fuente: Basado en esquemas de ULMA.

- Para colocar el encofrado en voladizo inicial, se elevará desde el suelo el encofrado montado con las protecciones, barandillas, plataformas de trabajo, escaleras de acceso.
- Se montarán los andamios necesarios para acceder a las pilas. La conexión entre la plataforma de trabajo y el andamio se realizará siempre por dentro, en ningún caso se improvisarán accesos.
- Se realizará un estudio de la interferencia de los trabajos, tanto de los trabajadores como de los equipos como grúas y camiones.
- El acceso de la maquinaria a la pila, en caso de estar sobre el agua se realizará con las medidas necesarias para evitar sobrecargas, riesgo por choque con otros transportes marítimos, previsión de mareas, oleaje, etc.
- Para la colocación de los anclajes de los puntos de tensado de la estructura, los trabajadores permanecerán atados a la línea de vida que para tal fin se dejará instalada en la zona transversal de la losa superior, antes de la retirada del encofrado. Se utilizarán las herramientas de forma ordenada y sin interferencias entre trabajadores. Cada trabajador conocerá el plan de montaje completo y las instrucciones de montaje del estructurista. Deben ser trabajadores muy especializados, dada la complejidad e importancia de la correcta ejecución.
- El proceso de tensado de barras, se deberá tener en cuenta el efecto latigazo, por lo que no se abandonará el equipo mientras esté en funcionamiento. Verificar el estado de sujeción del cable antes de cada tesado.
- Está prohibida la presencia de personas en los extremos donde se aplica el postensado.
- Se podrá realizar el tesado de la estructura cuando se verifique previamente la resistencia del hormigón. Se habrá alcanzado según las pruebas, aquella resistencia que se indique en el proyecto.

Sistema de construcción de dovelas in situ, mediante carros en voladizo	
Características del trabajo/ Riesgos	Características de seguridad
Colocación de los carros de avance del sistema volado Riesgos: - Heridas punzantes en extremidades - Golpes y cortes por herramientas. - Proyección de partículas. - Cortes y heridas en manos y pies. - Aplastamientos o golpes con las cargas suspendidas. - Tropiezos y torceduras. - Caídas a distinto nivel. - Caídas al mismo nivel. - Caída de herramientas u objetos en manipulación. - Desplome de estructuras o elementos auxiliares. - Sobreesfuerzos	 <i>Imagen 24. Sistemas de anclaje de los carros a la losa. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=nq1SleXvnpk</i> - El alzado de las vigas y barras de sujeción se realizará mediante grúas de izado, y los trabajadores dispondrán de las plataformas de trabajo que le permitan permanecer siempre dentro de las barandillas, con el guiado de las estructuras para acercar a la posición sin exponerse por cargas suspendidas.
	- Para el anclaje de las vías de avance, así como para el resto de los componentes de los carros, se utilizarán barras roscadas y sistemas de acuerdo a las cargas que van a soportar  <i>Imagen 25. Sistema de sujeción entre plataforma superior e inferior mediante varillas roscadas y sistema de sujeción. Fuente: Esquema basado en ULMA.</i>

Sistema de construcción de dovelas in situ, mediante carros en voladizo	
Características del trabajo/ Riesgos	Características de seguridad
Construcción de las dovelas sucesivas	 <i>Imagen 26. Ejecución de las sucesivas dovelas.</i> Fuente: Esquema basado en ULMA Para realizar el deslizamiento de los carros, se habrá pasado la tensión a la pila mediante el tensionado de la estructura  <i>Imagen 27.</i> Sistema de carros con redes bajo forjado. Utilizado para evitar la caída de materiales bajo la vía inferior y evitar interferencias en otras vías. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=x3XhDwtI4ZI&feature=youtu.be

6. Equipos de protección individual

Relación orientativa de equipos de protección individual			
Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Caídas a distinto nivel.	Trabajos en estructuras.		Equipo anticaída (arnés, fijaciones, eslinga, conectores, etc.).
Caída de objetos y golpes en cabeza.	Trabajos a distintas alturas. Uso general.	Casco.	
Atropellos.	Uso general.	Chaleco reflectante.	
Golpes, atrapamientos y punzonamientos o cortes.	Uso herramientas de apriete, sistemas hidráulicos, ferrallado, etc.	Guantes contra riesgos mecánicos, botas/zapatos de seguridad con puntera y plantilla de acero.	
Proyección de partículas.	Operadores herramientas manuales. Tareas de tensado		Gafas antiproyecciones.
Presencia de agua.	Tareas sobre corrientes de agua. Tareas que requieran agua como hormigonado. Condiciones ambientales adversas.		Botas impermeables con puntera y plantilla de seguridad, ropa impermeable.
Polvo.	Movimiento de tierras y maquinaria pesada Tareas de lijado, corte, etc.		Mascarilla antipolvo FFP, gafas antipolvo.
Ruido.	Trabajos con maquinaria y herramientas de mano.		Protector auditivo.
Estrés térmico por frío o calor / quemaduras o enfermedades en la piel por radiación solar.	Realización de trabajos a la intemperie.	Ropa de protección contra bajas temperaturas. Calzado de protección contra el frío. Crema de protección.	
Exposición a agentes biológicos y químicos.	Trabajos con terrenos contaminados.		Protección corporal y respiratoria frente a agentes químicos / biológicos / tóxicos / corrosivos.
Contactos eléctricos.	Manipulación instalaciones eléctricas. Manipulación maquinaria, herramienta eléctrica.		Casco dieléctrico, guantes dieléctricos.

NOTA: aunque la ropa de trabajo no es considerada un equipo de protección individual, es esencial señalar la importancia de utilizar ropa de trabajo adecuada (camisetas con manga y pantalón largo) durante la ejecución de los trabajos en una obra de construcción.

7. Formación e información

Los trabajadores de esta actividad, incluidos los operadores de máquinas, deben acreditar capacitación y formación adecuada a la misma, y un nivel de formación en prevención de riesgos laborales adecuado a la normativa vigente y puesto de trabajo.

Si las actividades a desarrollar presentasen sistemas de trabajo o técnicas especiales, no habituales, se ha de asegurar la transmisión de la información pertinente sobre las mismas, así como de los riesgos laborales que ocasionan, a los trabajadores afectados.

La formación mínima debe incluir 20 horas, una vez hecho el primer curso completo, se pueden ir completando por módulos de 6 horas el resto de actividades.

La formación para operarios de trabajos en puentes y viaductos, según el VI Convenio General del Sector de la Construcción en su Anexo XII, para encofradores, ferrallado, operadores de aparatos elevadores, cimentaciones especiales, sondeos y perforaciones, montaje de prefabricados de hormigón en obra, trabajos de soldadura, excavaciones de túneles y contención de tierras, así como otros posibles oficios menos específicos para esta unidad deben tener el siguiente contenido:

A) Parte común.

El contenido formativo de la parte común, cuyo módulo tendrá una duración mínima de 14 horas lectivas, se esquematiza de la siguiente forma:

1. Técnicas preventivas.
 - Medios de protección colectiva.
 - Equipos de protección individual.
 - Señalización.
2. Medios auxiliares, equipos y herramientas empleados habitualmente en las obras de construcción.
3. Verificación, identificación y vigilancia del lugar del trabajo y su entorno.
 - Riesgos generales en las obras de construcción.
 - Conocimiento del entorno del lugar de trabajo. Planificación de las tareas desde un punto de vista preventivo.
 - Manipulación de productos químicos. Ficha de datos de seguridad. Simbología.
4. Interferencia entre actividades.
 - Actividades simultáneas o sucesivas.
5. Derechos y obligaciones.
 - Marco normativo general y específico.
 - Organización de la prevención de riesgos laborales.
 - Participación, información, consulta y propuestas.
6. Primeros auxilios y medidas de emergencia.

B) Parte específica.

El contenido formativo de cada una de las partes específicas, cuyo módulo tendrá una duración mínima de 6 horas lectivas, se esquematiza de la siguiente forma:

3) Contenido formativo específico para encofrados.

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Sistemas de encofrado (forjados, muros, vigas, pilares, escaleras, etc.). Materiales utilizados. Montaje y desmontaje.
 - Técnicas de hormigonado (bomba, cuba, canaleta, etc.).
 - Vibrado.
 - Procedimientos de trabajo
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto (genérica).
 - Medios auxiliares (andamios, torretas de hormigonado,...).
 - Equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Manipulación manual de cargas.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Materiales y productos (etiquetado, fichas de datos de seguridad, frases H y P,...).

4) Contenido formativo específico para ferrallado.

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Ferralla armada en taller o en obra. Acopio.
 - Armado y montaje en forjados, muros, trincheras, vigas, pilares, escaleras, rampas, etc.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.

- Evaluación de riesgos del puesto (genérica).
- Medios auxiliares (andamios, torretas de hormigonado,...).
- Equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
- Manipulación manual de cargas.
- Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
- Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
- Materiales y productos (etiquetado, fichas de datos de seguridad, frases H y P,...).

11.) *Contenido formativo específico para aparatos elevadores.*

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Tipos de máquinas y equipos, componentes principales. Grúa torre, grúa móvil autopropulsada, montacargas, maquinillo, plataformas de elevación móviles, manipuladora telescópica, etc.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto (genérica).
 - Medios auxiliares (útiles de la máquina o del equipo de trabajo).
 - Equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Estrobo de la carga.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).

15.) *Contenido formativo específico para montaje de estructuras tubulares.*

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Tipos de estructuras tubulares y sus características (andamios, torres, cimbras, apuntalamientos, etc.).
 - Procesos de montaje, desmontaje y modificación.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto.
 - Instrucciones de montaje y desmontaje.
 - Condiciones de resistencia y estabilidad (cargas admisibles, apoyos, arriostramientos, estabilizadores, etc.).
 - Medidas de seguridad frente a las condiciones meteorológicas adversas.
 - Equipos, útiles de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Dispositivos de seguridad y de protección asociados a la estructura tubular.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento). Utilización de equipos de protección individual anticaídas.
 - Manipulación manual de cargas.

20.) *Contenido formativo para trabajos específicos de ejecución de túneles y sostenimiento de las excavaciones subterráneas y de los taludes.*

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Técnicas de excavación (mecánicas, mineras, voladuras, etc.).
 - Tipos de terrenos. Características y comportamiento.
 - Sistemas de sostenimiento o estabilización (entibación, gunitado, bulonado, etc.).
 - Maquinaria empleada (excavadoras, tuneladoras, rozadoras, ensanchadoras, perforadoras, gunitadoras, etc.).
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto.
 - Equipos, útiles de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Mantenimiento y verificaciones de la maquinaria empleada, manual del fabricante, dispositivos de seguridad, etc.
 - Manipulación manual de cargas.
 - Características y comportamiento del terreno.
 - Sostenimiento de las excavaciones subterráneas y de los taludes.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Materiales y productos (etiquetado, fichas de datos de seguridad. Frases H y P,...).
 - Interferencias y servicios afectados (líneas aéreas, canalizaciones subterráneas, zonas colindantes, etc.).

21.) *Contenido formativo específico para trabajos de cimentaciones especiales, sondeos y perforaciones.*

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Cimentaciones especiales (pilotes y micropilotes, muros pantalla, anclajes, consolidaciones, inyecciones, etc.). Técnicas de ejecución.
 - Sondeos y perforaciones. Técnicas (percusión, rotación, rotopercusión, etc.).
 - Tipos de terrenos. Características y comportamiento.
 - Maquinaria empleada. Características, componentes principales y funcionamiento.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.

- Identificación de riesgos.
- Evaluación de riesgos del puesto.
- Medios auxiliares, equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
- Mantenimiento y verificaciones, manual del fabricante, dispositivos de seguridad, etc.
- Manipulación manual de cargas.
- Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
- Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
- Materiales y productos (etiquetado, fichas de datos de seguridad, frases H y P,...).
- Interferencias y servicios afectados (líneas aéreas, canalizaciones subterráneas, construcciones colindantes, etc.).

25.) Contenido formativo específico para montaje de prefabricados de hormigón en obra.

1.- Definición de los trabajos.

- Elementos prefabricados de hormigón. Tipos (pilares, vigas, placas, pórticos, dovelas, bóvedas, muros, paneles, etc.), características y aplicaciones (estructuras, cerramientos, etc.).
- Procedimientos y técnicas de puesta en obra (manipulación, colocación, sujeción o unión).

2.- Técnicas preventivas específicas.

- Identificación de riesgos.
- Evaluación de riesgos del puesto.
- Medios auxiliares, equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
- Manipulación manual de cargas.
- Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
- Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
- Materiales y productos.

27.) Trabajos de soldadura.

1.- Definición de los trabajos.

- Concepto y tipos de soldadura. Fundamento y propiedades de cada uno de ellos.
- Radiaciones, humos y gases generados durante los procesos de soldadura.
- Equipos de soldadura. Descripción, características y manejo.
- Proceso de oxicorte.

2.- Técnicas preventivas específicas.

- Identificación de riesgos según el proceso de soldadura.
- Aplicación del plan de seguridad y salud en la tarea concreta. Evaluación de riesgos en el caso de que no exista plan.
- Conocimiento del entorno del lugar de trabajo (presencia de productos combustibles o inflamables, ventilación de espacios confinados, medios de extinción de incendios, etc.). Planificación de las tareas desde un punto de vista preventivo.
- Medios auxiliares (andamios, plataformas, escaleras,)
- Equipos de trabajo y herramientas. Útiles de los equipos de soldadura. Riesgos y medidas preventivas.
- Protecciones colectivas (colocación, usos y obligaciones y mantenimiento).
- Protecciones individuales (colocación, usos y obligaciones y mantenimiento).

El empresario tiene que garantizar que los trabajadores que utilicen directamente los equipos de trabajo, los representantes de los trabajadores y, en su caso, supervisores y mandos reciban una formación e información adecuada sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse

Documento Básico

PRL-OL

08 Prevención de Riesgos Laborales en Obras Lineales

SECCIÓN COMÚN

Parte general de Obras Lineales

08.1_SECCIÓN 1

Puentes y viaductos

08.2_SECCIÓN 2

Túneles

DB PRL-OL

Prevención de Riesgos Laborales en Obras Lineales.

08.2.—SECCIÓN TÚNELES

ÍNDICE | OBRA LINEAL. TÚNELES.

1. Objeto	4
2. Ámbito de aplicación	4
3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico	6
4. Riesgos genéricos y factores de riesgo. Medidas preventivas en la construcción de túneles.	11
5. Riesgos y factores de riesgos en excavación manual de túneles. Medidas preventivas.	21
6. Riesgos y factores de riesgos en excavación mecánica de túneles. Medidas preventivas.	22
6.1. Perforación con martillos manuales	22
6.2. Perforación con Jumbo	22
6.3. Perforación con máquina de precorte	22
6.4. Accesorios de perforación instalados en retroexcavadoras	23
6.4.1. Martillos hidráulicos	23
6.4.2. Pistola neumática	23
6.4.3. Rozadoras	23
7. Extracción del material y personal fuera del túnel	26
7.1. Pala excavadora y retroexcavadora para retirada sobre camión	26
7.2. Cinta transportadora	28
7.3. Extracción de personal del túnel	30
8. Riesgos y factores de riesgo en excavación en terrenos blandos. Medidas preventivas.	32
8.1. Método Belga (o tradicional de Madrid)	32
8.2. Método Austríaco y nuevo método Austríaco	43
8.3. Método Alemán	43
9. Riesgos y factores de riesgo en excavación en terrenos blandos. Medidas preventivas.	46
9.1. Excavación con tuneladoras topo	46
9.2. Excavación con tuneladoras escudos simples	47
9.3. Excavación con tuneladoras doble escudo	47
9.4. Montaje tuneladora con escudo.	49
9.5. Mantenimiento de la tuneladora	57
9.6. Perforación con la tuneladora	59
10. Equipos de protección individual	66
11. Formación e información	67

1. Objeto

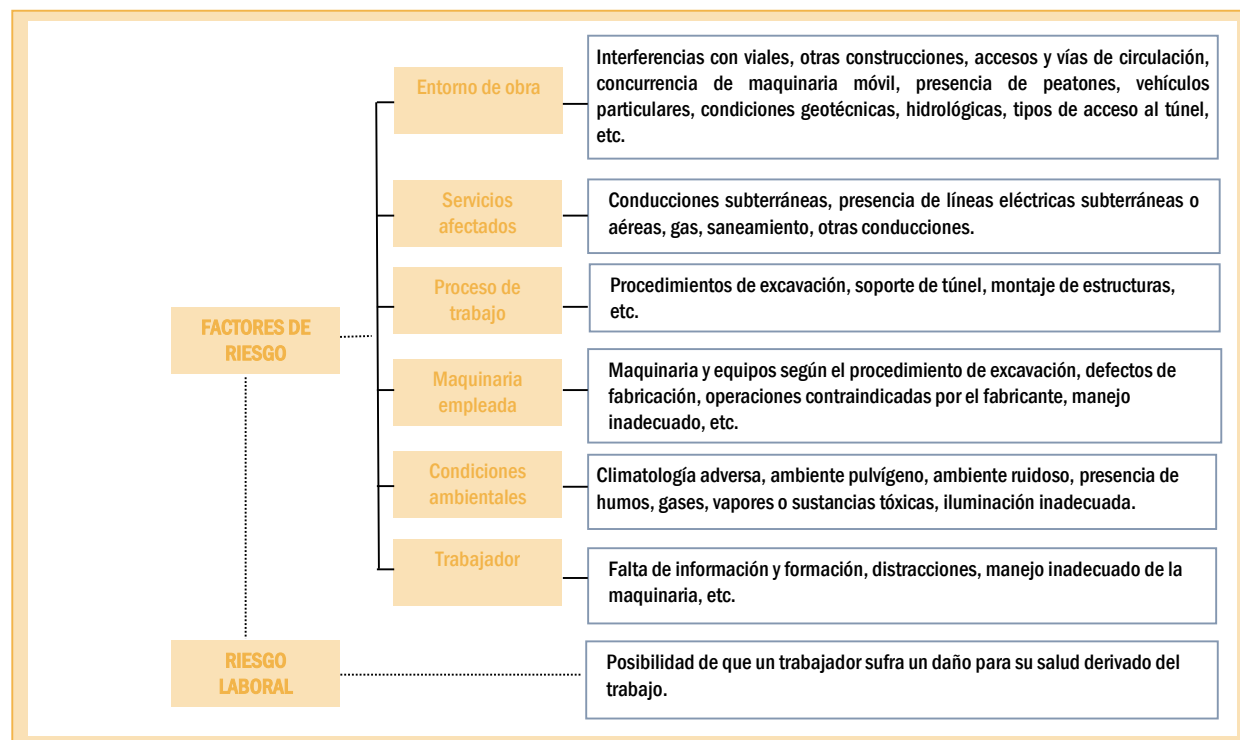
Este Documento Básico (DB), junto con las Secciones que lo desarrollan, tiene por objeto determinar reglas y procedimientos que faciliten el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad y salud establecidas en la normativa vigente de carácter tanto reglamentario, como técnico, aplicables a los trabajos realizados durante la ejecución de túneles en las obras lineales.

Dichas consideraciones de seguridad y salud se describen en este DB atendiendo a la transversalidad que las mismas pueden tener en relación con todas las tareas (Secciones), por lo que únicamente describe los riesgos y medidas preventivas comunes a todas las Secciones.

No se incluyen en este DB:

- Aquellas acciones dirigidas a eliminar o limitar los riesgos específicos de la actividad basadas en principios básicos de actuación de los trabajadores, ya que estos deben ser adquiridos a través de la formación y capacitación de dichos trabajadores y llevados a la práctica por los mismos.
- El total de las medidas preventivas de aplicación al uso de las máquinas y los equipos de trabajo, al considerar que la manipulación de los mismos y la puesta en práctica de las medidas correspondientes, son realizadas por personal capacitado, con formación suficiente y adecuada para ello.
- Los trabajos desarrollados exclusivamente para uso ferroviario, al estar recogidas ampliamente en otros documentos también de la FLC. Así como las obras de fábrica, recogidas en el Código Técnico de PRL para edificación.
- Las obras necesarias para colocar los drenajes de las infraestructuras en obras lineales, así como sus interferencias con aguas subterráneas, superficiales, cauces, etc. ya que se contemplan en su totalidad en el capítulo 10-DB-PRL-DR-DRENAJES, de este mismo Código Técnico.
- El conjunto de las medidas necesarias para el uso de explosivos. Estas se contemplan ampliamente en el capítulo 02-DB-PRL-DE. DEMOLICIÓN.

Este documento es una guía orientativa de aplicación, no exhaustiva, por lo que pueden utilizarse otras medidas o soluciones diferentes a las contenidas en el mismo, así como en sus secciones.



2. Ámbito de aplicación.

1. A efectos de este DB, se consideran túneles las estructuras que se construyen para superar las barreras naturales y dar continuidad a la infraestructura de comunicación vía terrestre, vía subterránea, abierta artificialmente.
2. Dependiendo del sistema de excavación, los túneles se ejecutan:
 - Excavación a cielo abierto. Ejecución de un falso túnel. Se abre el terreno, se cubre con estructuras y se tapa. Se considera una gran zanja. Los sistemas de ejecución se han tratado en la sección 03-DB-PRL-MT. MOVIMIENTO DE TIERRAS.
 - Excavación subterránea. Tema del presente capítulo.

3. En este capítulo no se tendrá en cuenta la posterior terminación del túnel que lo adecúe para el uso final previsto. Es decir, no se contemplan las fases de terminación (tratados en la sección común) ni de vías férreas (tratados en otros documentos desarrollados por la FLC: “Guía para el desarrollo de buenas prácticas de PRL en obras de ingeniería civil. Trabajos ferroviarios I” y II. Descargable en la web de lineaprevencion.com).
4. Se tratarán principalmente los trabajos de túneles y sus diferentes sistemas constructivos. Para estructurar el estudio de la construcción de los túneles, se tendrá en cuenta la clasificación según los siguientes criterios:
 - Acceso al túnel: temas de ejecución, riesgos y medidas preventivas tratados en DB-PRL-MT. MOVIMIENTO DE TIERRAS.
 - a) Rampa.
 - b) Pozos de ataque.
 - Forma en que se ejecuta el frente de ataque:
 - Forma de extracción del material y personal fuera del túnel:
 - a) Por vagonetas en vía
 - b) Por cinta transportadora
 - c) Circulación de vehículos.
 - d) Tráfico de personal dentro del túnel.
 - Forma en que se ejecuta la excavación:
 - a) Métodos tradicionales
 - a.1) Método inglés
 - a.2) Método Belga
 - a.3) Método Alemán
 - a.4) Método Austríaco
 - a.5) Método Italiano
 - b) Métodos en terrenos blandos
 - b.1) Método tradicional
 - b.2) Nuevo método Austríaco
 - b.3) Método del precorte mecánico
 - c) Métodos en terrenos consistentes/duros
 - c.1) Excavación con rozadoras
 - c.2) Excavación con máquinas integrales
 - c.2.1) Topos
 - c.2.2) Excudos
 - c.2.3) Hidroescudos
 - c.2.4) Escudos de presión de tierras
 - c.2.5) Dobles escudos
 - c.3.) Excavación con perforación y voladura
 - d) Métodos de sostenimiento del túnel
 - d.1) Dovelas
 - d.2) Gunitado
 - d.3) jet grouting

3. Referencias normativas de carácter reglamentario y técnico

Normativa vigente que es de aplicación general a todo este DB (lista no exhaustiva), en este capítulo se añaden referencias específicas para puentes y viaductos. Hay que tener en cuenta las indicadas en el capítulo común de la sección de Obras Lineales:

Concepto de aplicación	Referencia
SOBRE LA ACTIVIDAD EN TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES EN OBRAS LINEALES	Real Decreto 635/2006 , sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.
	Nota de Servicio 3/2006 , relativa a la adaptación al Real Decreto 635/2006, sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de carreteras del Estado.
	Orden Circular 33/2013 sobre manual de explotación de los túneles de la Red de Carreteras del Estado.
	Orden Circular 27/2008 sobre metodología de inspección de túneles. Resolución 30 de mayo de 2012, del Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, por la que se aprueba la metodología de análisis de riesgo en túneles de la Red de Carreteras del Estado.
	Real Decreto 39/1997 , por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Art. 22bis. Presencia de Recursos Preventivos en espacios confinados
	Nota de Servicio 2/2006 , sobre instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de túneles.
	Real Decreto 751/2011 , por el que se aprueba la “Instrucción de Acero Estructural (EAE)” (BOE del 23 de junio de 2011). Corrección de errores BOE del 23 de junio de 2012.
	Real Decreto 1247/2008 , de 18 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)” (BOE del 22 de agosto de 2008). Corrección de errores BOE del 24 de diciembre de 2008. Hasta mayo de 2018 se abrió el plazo de alegaciones al Proyecto de RD para aprobar el CÓDIGO ESTRUCTURAL, que tiene previsto derogar las instrucciones de acero y hormigón EHE-08 y EAE, respectivamente, creando un nuevo apartado específico para las estructuras mixtas de acero y hormigón. Así como adaptar la reglamentación sobre comercialización de productos de construcción. A la fecha de terminación del presente Código Técnico de Obra Civil II, no hay previsión cercana de la aprobación de este nuevo código.
	Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera. Dirección General de Carreteras, octubre de 2005.
	Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera. Dirección General de Carreteras, 2ª edición revisada - junio de 2003.
	Guía de cimentaciones en obras de carreteras. Dirección General de Carreteras, 3ª edición revisada - diciembre de 2009.
	Manual para el proyecto y ejecución de estructuras de suelo reforzado. Dirección General de Carreteras, enero de 1989.
	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras (PG-3). Orden Ministerial de 6 de febrero de 1976. (La Orden FOM/2523/2014 actualiza artículos de materiales básicos, firmes, pavimentos, señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos (BOE del 3 de enero de 2015, corrección de erratas BOE 1 de marzo de 2017). La Orden FOM/1382/2002 actualiza artículos de explanaciones, drenajes y cimentaciones (BOE del 11 de junio de 2002; corrección de erratas BOE 26 de noviembre de 2002). La Orden FOM/475/2002 actualiza artículos de hormigones y aceros (BOE del 6 de marzo de 2002)).
	Real Decreto 256/2016 , por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16) (BOE de 25 de junio de 2016).

Concepto de aplicación	de Referencia
	Real Decreto 605/2006, por el que se aprueban los procedimientos para la aplicación de la norma UNE-EN 197-2:2000 a los cementos no sujetos al mercado CE y a los centros de distribución de cualquier tipo de cemento (BOE de 7 de junio de 2006). Real Decreto 842/2013, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego (BOE 23 de noviembre de 2013). ETAG 013- DIRECTRIZ TÉCNICA EUROPEA PARA LA APROBACIÓN de KITS DE POSTENSIÓN PARA PRESTRESADO DE ESTRUCTURAS (Estos se denominan comúnmente sistemas de postesado).
SEGURIDAD MINERA	REAL DECRETO 863/1985, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (en adelante "RGNBSM"), previéndose su desarrollo y ejecución mediante Instrucciones Técnicas Complementarias (en adelante ITC), cuyo alcance y vigencia se definen en el artículo 2 del citado real decreto. Transpone la Directiva 92/91/CEE. De la industria extractiva por sondeos. Modificado por Real Decreto 249/2010- artículos 11 y 126 -Capítulos 1 a 15 -Instrucciones Técnicas Complementarias ITC.02- Disposiciones generales. (Proyecto de modificación abierto) ITC.03- Medidas de salvamento. ITC 04- Labores subterráneas. ITC 05- Especificación para minas subterráneas de carbón y labores con riesgo de explosión. ITC 06- Trabajos especiales, proyecciones y sondeos. ITC 07- Trabajos a cielo abierto. ITC 09- Electricidad. (modificada 09.0.02 por ITC/2107/2009) ITC 10- Explosivos. ITC 12- Certificaciones de conformidad (modificadas 12.0.01 y 12.0.02 por ITC/2107/2009). ITC 13- Suspensión y abandono de labores.
	Orden de 2 de octubre de 1985, se aprueban las Instrucciones Técnicas Complementarias de los capítulos V, VI y IX del RGNBSM Capítulo VI- Trabajos especiales, prospecciones y sondeos. Capítulo IX- Electricidad.
	Real Decreto 1389/1997, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras. Transpone la Directiva 92/104/CEE. De la industria extractiva a cielo abierto o subterránea.
	Orden ETU/995/2017, por la que se aprueban instrucciones técnicas complementarias del capítulo IX "Electricidad" del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. IET-ITC 09.0.01. Instalaciones eléctricas en minas y actividades reglamentariamente afines. Terminología. IET-ITC-09.0.02. Instalaciones eléctricas en minas y actividades reglamentariamente afines. Prescripciones técnicas comunes a todas las instalaciones. IET-ITC-09.0.03. Instalaciones eléctricas en minas y actividades reglamentariamente afines. Prescripciones técnicas para las instalaciones en labores subterráneas. IET-ITC-09.0.04. Instalaciones eléctricas en minas y actividades reglamentariamente afines. Prescripciones técnicas para las instalaciones eléctricas en labores subterráneas con atmósferas potencialmente explosivas
	ORDEN ITC/101/2006, por la que se regula el contenido mínimo y estructura del documento sobre seguridad y salud para la industria extractiva. ITC 02.1.01. Documento de seguridad y salud. Capítulo 4. Labores subterráneas. Capítulo 6. Trabajos especiales, prospecciones y sondeos. Capítulo 7. Trabajos a cielo abierto. Capítulo 8. Escombreras. Capítulo 9. Electricidad. Capítulo 10. Explosivos.

Concepto de aplicación	de	Referencia
		Orden ITC/2585/2007, por la que se aprueba la Instrucción técnica complementaria 2.0.02. Orden ITC/1316/2008, se aprueba la instrucción técnica complementaria 02.1.02. Resoluciones de 2008 y 2010. Se aprueban las especificaciones técnicas, de la ITC 02.1.02. Orden ITC/1607/2009. Se aprueba la instrucción técnica complementaria 02.2.01. Resolución de 2010. Se aprueba la especificación técnica, de la ITC 02.2.01. Orden ITC/933/2011. Se aprueba la instrucción técnica complementaria 02.0.03. Proyecto de orden por la que se modifican las Instrucciones Técnicas Complementarias 02.0.01 «Directores Facultativos» y 02.1.01 «Documento Sobre Seguridad y Salud» del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera. Hasta el 31/07/019 estaba abierto el plazo de alegaciones y observaciones al proyecto de modificación de las ITC.
		ITC 02.0.02. Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas, del RGNBSM ITC 02.1.02. Formación preventiva para el desempeño del puesto de trabajo, del RGNBSM. Modificada por ITC/2699/2011 -Especificación técnica 2000-1-08: Formación preventiva para el desempeño del puesto de operador de maquinaria de transporte, camión y volquete, en actividades de exterior. -Especificación técnica 2001-1-08: Formación preventiva para el desempeño de los puestos de operador de arranque/carga y viales, pala cargadora y excavadora hidráulica de cadenas, en actividades extractivas de exterior. (modificada por Resolución de 16 de octubre de 2014) -Especificación técnica 2002-1-08: formación preventiva para el desempeño de los puestos de operador de arranque/carga y operador de perforación/voladura; picador, barrenista y ayudante minero, en actividades extractivas de interior. -Especificación técnica 2003-1-10: formación preventiva para el desempeño de los puestos dentro de los grupos 5.1. de la ITC 02.1.02. Formación preventiva para el desempeño del puesto de trabajo, del RGNBSM. -Especificación técnica 2004-1-10: formación preventiva para el desempeño de los puestos dentro de los grupos 5.4. de la ITC 02.1.02. Formación preventiva para el desempeño del puesto de trabajo, del RGNBSM. -Especificación técnica 2005-1-11: cartilla de formación personal del trabajador y libro de registro de cursos recibidos, de la ITC 02.1.02. Formación preventiva para el desempeño del puesto de trabajo, del RGNBSM. ITC 02.2.01. Puesta en servicio, mantenimiento, reparación e inspección de equipos de trabajo, del RGNBSM. (modificada por orden ITC/2060/2010) -Especificación técnica 2010-1-01: inspección de cargadoras sobre ruedas de la ITC 02.2.01. Puesta en servicio, mantenimiento, reparación e inspección de equipos de trabajo, del RGNBSM. (modificada por Resolución de 19 de diciembre de 2014) ITC 02.0.03. Protección de los trabajadores contra el polvo, en las actividades de la minería de las sales solubles sódicas y potásicas, del RGNBSM.
SOBRE EQUIPOS	LOS DE	Real Decreto 1215/1997 , por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo y su modificación por Real Decreto 2177/2004.

Concepto de aplicación	de	Referencia
TRABAJO MAQUINARIA.	Y	Real Decreto 837/2003 , se aprueba el nuevo texto modificado y refundido de la Instrucción Técnica Complementaria “MIE-AEM-4” referente a grúas móviles autopropulsadas.
		Real Decreto 1644/2008 , por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (transpone y desarrolla la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas y que modifica la Directiva 95/16/CE) “Guía para la aplicación de la directiva de máquinas 2006/42/EC”. 2ª Edición 2010. Comisión Europea de empresa e industria.
		VI Convenio General del Sector de la Construcción (2017) LIBRO II. TÍTULO IV. CAPÍTULO II- Andamios CAPÍTULO III- Protecciones colectivas. Y equipos de trabajos temporales en altura CAPÍTULO IV- Movimientos de tierras, excavación, CAPÍTULO VI- equipos de trabajo y maquinaria de obra LIBRO II. TÍTULO III- Información y formación en seguridad y salud.
SOBRE LA SEÑALIZACIÓN DE OBRAS		Orden , de 31 de agosto de 1987, por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado (BOE del 18 de septiembre de 1987). Señalización móvil de obras. Dirección General de carreteras, 1997. Adecuación de la Norma 8.3-IC. Manual de ejemplos de señalización de obras fijas. IC.980. Ministerio de Fomento, 1997.
		Parte 2. Ordenación de la circulación en presencia de obras fijas. Parte 3. Limitación de la velocidad. Parte 4. Cierre de carriles y desvíos a carriles provisionales. Parte 5. Elementos de señalización, balizamiento y defensa. Parte 6. Balizamiento. Anexo 1. Catálogo de Elementos de señalización, balizamiento y defensa. Parte 3. Ámbito de aplicación. Parte 5. Señalización. Parte 7. Ejemplos.
OTRAS NORMAS Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA:	UNE-EN 13256	Geotextiles y productos relacionados. Características requeridas para su uso en la construcción de túneles y estructuras subterráneas.
	UNE-EN 50545	Aparatos eléctricos para la detección y medida de gases tóxicos y combustibles en aparcamientos y túneles. Parte 1: Requisitos generales de funcionamiento y métodos de ensayo para la detección y medida de monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.
	UNE-EN 13491	Barreras geosintéticas. Requisitos para su utilización como membranas de impermeabilización frente a fluidos en la construcción de túneles y estructuras subterráneas.
	UNE-EN 50545-1/A1	Aparatos eléctricos para la detección y medida de gases tóxicos y combustibles en aparcamientos y túneles. Parte 1: Requisitos generales de funcionamiento y métodos de ensayo para la detección y medida de monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.
	UNE-EN 16191	Maquinaria para túneles. Requisitos de seguridad.

Concepto de aplicación	de	Referencia
	UNE 104424	Materiales sintéticos. Puesta en obra. Sistemas de impermeabilización de túneles y galerías con láminas termoplásticas prefabricadas de PVC-P.
	UNE 135411	UNE 135411-3-2: Equipamiento para la señalización vial. Estaciones remotas. Parte 3-2: Características funcionales. Estaciones remotas de túnel. UNE 135411-5-2: Equipamiento para la señalización vial. Estaciones remotas. Parte 5-2: Protocolos de servicios. Servicio de control de entradas/salidas. Servicio de gestión de programas.
	UNE-EN 16276	Alumbrado de las vías de evacuación en los túneles de carretera.
	UNE-EN 12110	Maquinaria para túneles. Esclusas neumáticas. Requisitos de seguridad.
	UNE-EN 12111	Maquinaria para túneles. Rozadoras y minadores continuos. Requisitos de seguridad.
	UNE-EN 1804+A1	UNE-EN 1804-1: Maquinaria para minería subterránea. Requisitos de seguridad para sostenimientos hidráulicos. Parte 1: Elementos de sostenimiento y requisitos generales. UNE-EN 1804-2: Maquinaria para minería subterránea. Requisitos de seguridad para sostenimientos hidráulicos. Parte 2: Tubos cilindro y tubos pistón hidráulicos. UNE-EN 1804-3: Maquinaria para minería subterránea. Requisitos de seguridad para sostenimientos hidráulicos. Parte 3: Sistemas de control hidráulicos.
	UNE 22725	Cuadros metálicos deslizantes de acero para sostenimiento.
	UNE-CR 14380	Aplicaciones de iluminación. Alumbrado de túneles.
	UNE 22783	Bulonado. Placas de base.
	UNE-EN 60079	UNE-EN 60079-14: Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas. UNE-EN 60079-10-1: Atmósferas explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas. UNE-EN 60079-10-2: Atmósferas explosivas. Parte 10-2: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas de polvo. UNE-EN 60079-17: Atmósferas explosivas. Parte 17: Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas. UNE-EN 60079-0: Atmósferas explosivas. Parte 0: Equipo. Requisitos generales. UNE-EN 60079-25: Atmósferas explosivas. Parte 25: Sistemas eléctricos de seguridad intrínseca. UNE-EN 60079-31: Atmósferas explosivas. Parte 31: Protección del material contra la inflamación de polvo por envoltorio "t". UNE-EN 60079-29-2: Atmósferas explosivas. Parte 29-2: Detectores de gas. Selección, instalación, uso y mantenimiento de los detectores de gases inflamables y de oxígeno.
	UNE-EN 1127-1	Atmósferas explosivas. Prevención y protección contra la explosión. Parte 1: Conceptos básicos y metodología.
	UNE-EN 14986	Diseño de ventiladores para trabajar en atmósferas potencialmente explosivas.
	UNE-EN 13160-1	Sistemas de detección de fugas. Parte 1: Principios generales.
NOTAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN	NTP 233	Espacios en recintos confinados

Concepto de aplicación	de	Referencia
(INSST)		
	NTP 30	Permisos de trabajos especiales (1982)
INSPECCIÓN DE TRABAJO SEGURIDAD SOCIAL	2. Espacios confinados.	2.1. Guía de actuación inspectora en espacios confinados

4. Riesgos genéricos y factores de riesgo. Medidas preventivas en la construcción de túneles.

El RD 486/1997 por el que se aprueban las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en el Trabajo, establece que “deberán tomarse las medidas adecuadas para la protección de los trabajadores autorizados a acceder a las zonas de los lugares de trabajo donde la seguridad de los trabajadores pueda verse afectada por riesgos de caída, caída de objetos y contacto o exposición a elementos agresivos”. Entre esas zonas se encontrarían obviamente los espacios confinados, motivo por el cual el Real Decreto 604/2006 introdujo la presencia obligatoria de recursos preventivos en las actuaciones a realizar en espacios confinados.

Es por esto, que en cualquiera de las fases de trabajo referentes a túneles, la presencia del recurso preventivo se hace obligatoria. Por otro lado, esto se complementa según la Nota de Servicio 2/2006, del Ministerio de Fomento (Dirección General de Carreteras), sobre instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de túneles, donde se hace referencia a la utilización de:

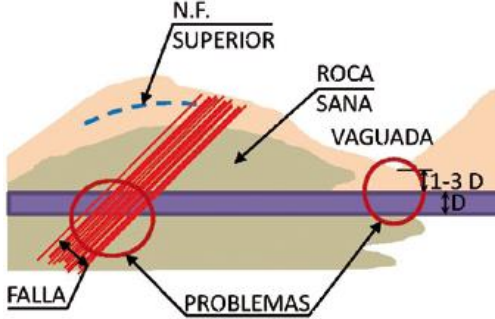
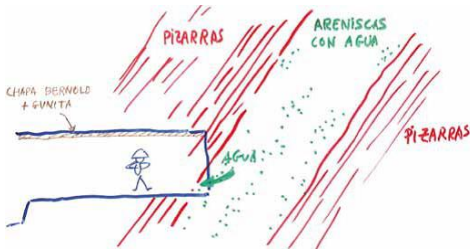
Instalaciones de energía, ventilación y aire comprimido, carros de encofrado (del revestimiento, de la impermeabilización y galiberos), cimbras para hormigonado de boquillas y de falsos techos, tuneladoras con su equipamiento integral, cintas de extracción de material con tolvas, estructuras de cambio de dirección, etc. y cualquiera otros elementos auxiliares de obra que intervengan en el proceso de construcción del túnel.

En este sentido, la Nota de Servicio indica que para la utilización de los medios auxiliares necesarios para construir el túnel, el contratista debe disponer de:

- Proyecto específico visado por Colegio Profesional y técnico competente. Con procedimientos de montaje, movimiento, operaciones y desmontaje.
- Durante toda la fase de montaje y desmontaje de los elementos auxiliares, todas las operaciones deben ser supervisadas y coordinadas por un técnico cualificado. Que debe estar adscrito a la empresa propietaria del elemento auxiliar, a pie de obra y con dedicación permanente y exclusiva a dicho elemento auxiliar.
- Durante las fases de trabajo, traslado de los elementos móviles, las operaciones deberán estar supervisadas y coordinadas por un técnico igualmente cualificado (el mismo anteriormente citado), así como realizar las comprobaciones de que el funcionamiento y construcción del elemento corresponden con el proyecto visado.

Por otro lado, al ser una excavación a cielo abierto o subterráneo, se debe aplicar el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (en adelante “RGNBSM”) y las Instrucciones Técnicas Complementarias que lo desarrollan. Las medidas preventivas genéricas de los riesgos en túneles están basadas en el desarrollo de estas Instrucciones.

Riesgo		Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Riesgos de trabajos confinados	Incendio y explosión	Por evaporación de disolventes, líquidos inflamables, reacciones químicas. <i>Se considera que un espacio confinado es muy peligroso con una concentración de sustancia inflamable >25%</i>	• Autorización de entrada en el recinto: Se recomienda que la autorización tenga como procedimiento a seguir la revisión de unos puntos de control para el acceso, salida, y las condiciones en las que el trabajo se tiene que realizar. Se puede utilizar el formato de la NTP30 del INSST o de la guía de Inspección de Trabajo y Seguridad Social. • Medición y evaluación de la atmósfera interior. Las mediciones previas deben realizarse desde zona segura, con lectura directa, e ir avanzando según los resultados obtenidos. • Para obtener datos sobre exposiciones acumulativas a sustancias o atmósferas tóxicas, donde se produzcan efectos crónicos, o enfermedades profesionales, se deberán realizar mediciones con captadores para hacer estimaciones de la exposición a la que se ve sometido el trabajador. • La medición de oxígeno se suele realizar en conjunción con la detección de atmósferas inflamables. Todo ello combinado con la revisión de los posibles focos de ignición (instalaciones eléctricas, combustibles, maquinaria, almacenamientos). • Ventilación: cuando la ventilación natural no es suficiente y se tiene que recurrir a la ventilación forzada, se debe realizar un estudio del caudal de aire aportado, cómo se aporta el aire y la renovación de aire, que se tendrá que ir adaptando a medida que la obra avanza. De la misma manera, si existe un contaminante específico, se tendrá en cuenta para los cálculos anteriormente indicados. • Vigilancia externa continua: La persona del exterior debe estar perfectamente capacitada para realizar tareas de salvamento y emergencia, cualquiera que sea la contingencia producida. • Formación y adiestramiento: la justificación de este punto debe estar reflejado en la autorización de entrada al recinto. Ésta formación debe incluir, como mínimo el conocimiento de los riesgos del centro de trabajo al que van a acceder, así como procedimientos de utilización de equipos de protección, de salvamento y emergencia, comunicación con tareas en el interior y exterior. Sin entrar en pormenorizar el conocimiento específico de las tareas de trabajo propias de la excavación del túnel.
	Sustancias tóxicas	Inhalación de gases, vapores, polvo en suspensión. Presencia de monóxido de carbono (CO).	
	Asfixia	Falta de oxígeno (<21%) por haberse consumido o por desplazamiento por otros gases.	

Riesgo			Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Riesgos de seguridad	Derrumbamientos y desprendimientos	Formación de chimeneas.	Entrada inesperada de agua.	- Realización de estudios geotécnicos lo más precisos posibles. Posible utilización de modelizaciones numéricas, información previa de estudios realizados por la Dirección general de Carreteras. - Adecuación de las técnicas constructivas a los resultados geotécnicos. En ocasiones se deberá tener en cuenta las tensiones residuales del terreno para ver si existen condicionantes de tamaño, forma de sección, etc. De tal forma que se adecúen los espesores necesarios de sostenimiento y revestimiento. - La planificación de los reconocimientos, durante la ejecución del túnel. Deberán ser lo suficientemente adecuados a las singularidades de las características del terreno. Hará falta actualizar la planificación, por ejemplo, en los casos de medios rocosos, se prestará atención a las fallas o discontinuidades, de carácter local o regional que pudieran ser cortadas, o los niveles freáticos (imagen 1). En el caso de materiales arenosos (imagen 2) con poca consistencia y permeables, pueden suponer una necesidad de variar el proceso constructivo para contener las presiones que se pueden llegar a alcanzar como de posibles previsiones de cambios en las explotaciones acuíferas del entorno, ya que los niveles de agua encontrados pueden estar conectados a muchos kilómetros de distancia  <i>Imagen 1:</i> Posible aporte de agua y presión imprevista obre frente de avance. Pizarras (capas impermeables) Areniscas (capas permeables). Fuente: Revista Obras públicas. 09/2016. “El agua y los túneles” por Carlos Oteo mazo. <i>Imagen 2:</i> Diferencia de consistencia cuando se atraviesa una falla o vaguada con acercamientos o rotura del nivel freático (N.F.). Fuente: Revista Obras públicas. 09/2016. “El agua y los túneles” por Carlos Oteo mazo.
	Derrumbamientos y desprendimientos	Colapso del terreno excavado		- Realizar tratamientos tanto en el terreno vinculado a la excavación del túnel, como de refuerzo y protección de las estructuras como estribos, emboquille, elementos de sostenimiento. - Si el sistema de sostenimiento fuera el gunitado, se preverá que puede provocar desprendimientos cuando el terreno no está correctamente saneado o no es respetado el tiempo de fraguado.

Riesgo		Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Riesgos de seguridad	Derrumbamientos y desprendimientos	Falta de protecciones de equipos o trabajadores	• Uso de viseras y cabinas en cestas y demás maquinaria en el interior del túnel. • Utilización de casco de seguridad para circular en el interior del túnel. Especial atención a los trabajadores que suelen trabajar dentro de las cabinas.
	Atropellos por vehículos o maquinaria en movimiento	Falta de iluminación	• Durante la ejecución de los trabajos, en el interior del túnel, como en los diferentes tajos, debe existir alumbrado suficiente. Para ello se dispondrán luminarias cada 50m con 20 lux en las zonas de paso, de 100 a 150 lux en zonas de trabajo y de 200 lux en cuadros eléctricos. • Debe existir alumbrado de emergencia en el interior del túnel y tuneladora. El sistema de exterior se enchufa a grupos electrógenos. En el interior, se montará desde la tuneladora, si fuera posible. En caso contrario, se adaptaría la conexión al túnel consiguiendo la altura idónea. • La tuneladora deberá estar provista de linternas portátiles situadas en los equipos de emergencia de la parte posterior de la máquina. • Todos los equipos y visitantes deberán disponer de linternas de emergencia. • Todos los dispositivos de seguridad estarán dotados de señalización luminosa y de emergencia. • Debe cumplir con la norma básica de seguridad minera e ITC.09.0.15. Instalaciones de interior. Alumbrado: - Alumbrado con lámparas portátiles: las lámparas portátiles deberán estar alimentadas a pequeña tensión de seguridad (PTS). - Las lámparas portátiles deberán estar provistas de una rejilla protectora capaz de soportar sin deterioro un impacto de 20 J. - Alumbrado fijo de galerías: la tensión máxima nominal de utilización será 220 voltios. - Las luminarias estarán provistas de una envolvente, con el grado de protección adecuado IP 54. - Las armaduras o partes metálicas de las luminarias estarán interconectadas entre sí y unidas a la red equipotencial correspondiente. - Queda prohibido el empleo de lámpara de gases con descarga de alta tensión o con vapor de sodio (ojo focos iluminación de frente).
	Atropellos por vehículos o maquinaria en movimiento	Interferencia peatones y maquinaria	• Separación de tráfico de maquinaria y peatones. Vías correctamente señalizadas. • Uso de ropa de alta visibilidad • Prever la existencia de zonas apartadas para retirarse de las zonas de paso. • En los trabajos de carga de material, los vehículos pueden estar limitados en visibilidad por el movimiento continuado de la maquinaria, en este caso, se debe trabajar bajo la supervisión de personal especializado que guíe las operaciones mediante un sistema de señales establecido. El personal NUNCA podrá permanecer en el radio de acción de la maquinaria en movimiento. El personal se mantendrá en cualquier caso a una distancia superior a cinco metros de los volquetes cargados. • Ninguna persona trabajará debajo de maquinaria de carga de material, o situado en la zona de acción de vehículos articulados. • Los peatones se mantendrán en el lado opuesto al de circulación de vehículos para mejorar la visibilidad al conductor. Los trabajadores que realicen trabajos en las pistas, deberán estar lo más limitados posibles y señalizarán adecuadamente su presencia.



Imagen 3. Los trabajadores que tengan que disponer de sus manos para realizar trabajos, irán provistos de iluminación propia.



Imagen 3. Los trabajadores que tengan que disponer de sus manos para realizar trabajos, irán provistos de iluminación propia.

Riesgo		Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Riesgos de seguridad	Atropellos por vehículos o maquinaria en movimiento	Circulación de personal por planos inclinados que dispongan de transporte rodado o en cintas, trenes o cable tractor	- Estos planos inclinados deberán estar cerrados para que no pueda entrar ninguna persona de forma accidental. - En los casos que exista plataforma transportadora en estos planos, debe existir un dispositivo que impida el acceso involuntario de vehículos al plano inclinado. - Los sistemas de amarre de los vagones deben estar diseñados y mantenidos de tal forma que no puedan soltarse durante la marcha de éstos. - Cuando exista una galería donde desemboquen estos planos inclinados, debe existir un refugio o medio para que el personal afectado por las maniobras puedan ser alcanzadas, incluso en caso de escape accidental de los elementos de transporte. - Para el transporte del personal, se deberá disponer de un permiso de circulación y tener fijadas las condiciones de circulación bajo la responsabilidad de la Dirección Facultativa. Éste nombrará los Vigilantes Encargados del sistema de transporte que considere oportuno.
	Caída en altura	Zonas de acceso a la excavación	Se señalizará y/o delimitará el borde de la excavación, así como zonas de acceso y tránsito.
		Utilización de equipos de elevación, carros de impermeabilización, carros de revestimiento	- Evitar el uso de escaleras, priorizar la utilización de equipos de elevación. - Todos los equipos utilizados, dispondrán de barandillas y se hará el uso correcto de éstas. No utilizándose las barandillas para alcanzar mayor altura o salir de la cesta segura de trabajo. - En caso de necesitar salir de la cesta, previo a la salida de ésta, se colocará punto fijo de anclaje y sólo entonces el trabajador sujeto por el arnés accederá al punto elevado.
	Explosión e incendio	Uso de explosivos	- Limitación de acceso en fases de voladora, evacuación de gases y desescombro. - Cuando existan varios frentes de trabajo, se deberán coordinar los trabajos para que no existan accesos inadecuados. - El frente de voladura deberá disponer de buena iluminación, tal como se indicó antes de al menos 100 lux. Aunque el uso de explosivos ya se ha tratado en la sección 02. Demoliciones. Ahora se amplía con los riesgos específicos que se producen en relación a la ejecución en túneles. Deben cumplir lo estipulado en las normas básicas de seguridad minera, en relación a explosivos: ITC.10.01. Normas generales. ITC 10.1.02 Transportes interiores. ITC 10.1.01. Almacenamiento. 10.2.01. Utilización.

Riesgo			Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Riesgos de seguridad	Explosión incendio	e	Utilización de maquinaria	- Para evitar el riesgo de incendio se tendrá en cuenta la ITC. 04.6.03. Precauciones contra incendios, en las tareas de trabajos subterráneos donde se deban almacenar materiales inflamables o aparatos que puedan ocasionar chispas. Para ello, se tratará de utilizar materiales menos combustibles, como las correas transportadoras, evitar utilizar fluidos hidráulicos inflamables en máquinas, no utilizar luces sin protección. - En todo caso se deberá incluir un documento con el sistema de red de distribución de agua (excepto cuando el uso de agua esté contraindicado), control de CO en la atmósfera, sistema de comunicaciones conectado permanentemente con el centro de control de CO y actuaciones a realizar en el caso de alarma, la previsión de utilización de equipos de protección individual en caso de emergencia, con la determinación de utilización de equipos de generación química de oxígeno. - El sistema de iluminación debe implantarse como mínimo en las cabezas motrices, puntos de descarga y reenvío de tensado de la banda, estaciones de transferencia, al menos 2 de 18/20W, 2 cada 10 metros, y 2 de 36/40W respectivamente. - Realizar la limpieza periódicamente en las zonas próximas a partes móviles - Las operaciones de soldadura y corte que se realicen deberán estar previstas en el documento de seguridad contra incendios - Se tendrá previsto el sistema operativo a seguir cuando se tenga que volver a poner en funcionamiento la instalación, ya sea por motivos imprevistos o planificados. - Todas aquellas máquinas que funcionen con combustible diésel, dispondrán de un equipo de extinción de incendios y máscaras protectoras.
	Explosión incendio	e	Falta de plan de emergencia y evacuación adecuado al desarrollo de los trabajos.	Tipos de emergencias: tratar y evacuar a personas gravemente heridas, inundaciones repentinas como la irrupción de una fuente de agua subterránea, fuego incluyendo incendios de plantas, explosión por ignición de metano u otros gases, vapores y polvos transportados por el aire, concentraciones nocivas de contaminantes en el aire o una atmósfera insegura, colapso del túnel que resulta en personas atrapadas, fallo de energía o agua, en superficie emergencias que comprometen la seguridad del túnel como un incendio o derrame químico: - Se planificará la seguridad de todas las personas que accedan al túnel, incluidas las personas de mantenimiento, visitas, personal técnico. - Medidas de control a implantar para reducir la gravedad de la emergencia como posibles compuertas de cierre de entrada de agua. - Provisión de kits de derrames, extintores, sistemas de alarma temprana como detectores de gas fijos o de humo. - Actuaciones en las funciones críticas (tuneladoras en funcionamiento, material en suspensión, etc.) en caso de corte de energía. - Las subestaciones de transformación y distribución estarán enlazadas telefónicamente o por otro medio de comunicación con todos los sistemas de emergencias.



Imagen 4.

Sistema de comunicación de emergencias. Señalizado con sistema luminoso de emergencia y señal reflectante.

Riesgo	Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Explosión e incendio	Falta de implantación del plan de emergencia, con los recursos humanos y técnicos suficientes y adecuados a los riesgos.	Factores que desencadenan una evacuación: - Fuego subterráneo confirmado o sospechoso independientemente del tamaño. - Sistema de ventilación primaria ineficaz que incluye ventiladores, tomas y controles de ventilación que afectan la efectividad de los procedimientos de emergencia. - Fallo de los sistemas de extinción de incendios, como la pérdida del suministro de agua, incluso a través del mantenimiento, si los túneles dependen en parte de los sistemas de rociadores. - Incendio en la superficie o un derrame químico que podría afectar las entradas de aire fresco. - Equipos ineficaces en el sistema de emergencia como equipo de comunicación, sistemas de aire respirable, alumbrado de emergencia, retiro de personal de rescate. - Entrada de agua descontrolada y que afecta a los puestos de trabajo y su seguridad. - Evento sísmico - Evento inminente del clima que podría impactar en el túnel, tales como aludes de nieve, etc. • Se deberán realizar simulacros de evacuación y observar la gestión de la evacuación controlada. • En caso de no poder realizar un rescate inmediato, tener previsto el tiempo de acceso de los medios de emergencia externos. Éstos deben haber sido informados previamente durante la redacción del plan de emergencia. Dispondrán del documento definitivo y conocerán todas las actuaciones previstas en éste. • Se tendrán previstos medios específicos de rescate como jaulas, para mejorar las posibilidades de realizar un rescate inmediato. • Se habrán identificado los lugares seguros y los puntos de reunión. • Se habrán identificado y formado a los responsables de emergencia. Se mantendrá una capacitación suficiente y mantenida o renovada durante el tiempo que dure su nombramiento. • Se comprobará que los trabajadores disponen de medios eficaces de comunicación de emergencia y que los conocen. Así como la aplicación del plan de emergencias. • Se tendrá previsto el suministro inmediato de aire respirable de emergencia para los trabajadores, tales como generadores autónomos de oxígeno en autorrescatadores a una distancia adecuada para que la persona en evacuación pueda acceder a ellos en un tiempo menor a dos minutos. Considerar los posibles impedimentos de movimiento como la falta de iluminación, presencia de humos densos. • Se tendrá en cuenta para dimensionar las vías de evacuación la posible ocupación de éstas por vehículos que puedan disminuir la capacidad de evacuación. • Disponibilidad de sistemas autónomos de respiración en los distintos puntos de evacuación. Capacitación a los trabajadores para su uso.



Imagen 5. Sistema autónomo de respiración.

Riesgo		Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Riesgos de seguridad	Proyección de partículas y productos químicos	Fragmentos de roca, de metal, barro y agua contaminada cuando se trabaja en la rotura de roca Trabajos de soldadura Trabajos de mantenimiento Voladuras	- Realizar los trabajos lo más automatizados posibles. - No interferir trabajos de perforación y voladuras por ejemplo. Limitar el acceso de personal a las zonas de trabajo. - Utilizar pantallas y resguardos para los trabajadores. - Utilizar aparatos de elevación que permitan al trabajador realizar los trabajos a la altura sin tener que estar a distinto nivel y que le permita manipular los equipos y productos con más seguridad. - Usar gafas de protección contra proyecciones.
	Caída de objetos en manipulación.	Puesta en obra de materiales pesados.	- Como en el interior del túnel no se pueden utilizar grúas, se deben utilizar elementos mecánicos de menor tamaño como los manipuladores telescópicos, que puedan llevar elementos especiales de enganche para sujetar estas piezas. - Los trabajadores no podrán realizar trabajos en las cercanías mientras se mueven las piezas.
	Aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos.	Acceso al túnel por rampa inclinada. Carga y descarga del material en túnel y escombrera.	- Las rampas de acceso deben tener una pendiente máxima del 10%. Las pendientes longitudinales de las pistas y accesos deben estar adaptadas a las características de los vehículos y cargas que transportan. En caso de superar esa pendiente, el vehículo debe poder arrancar y remontar a plena carga, por lo que nunca se superará el 20% de pendiente. - Debe estar habilitada para la circulación en condiciones climáticas adversas como lluvia, hielo. Se hormigonará para que tengan la rugosidad necesaria para el agarre de los equipos. Se prestará especial atención a la conservación y limpieza de los drenajes existentes para evitar encharcamientos, así como a la restauración de la superficie de rodadura. Se retirarán elementos caídos de los taludes o de las cajas de los vehículos. - En la parte superior se deberá señalizar con los riesgos de caída a distinto nivel, atropello, incendio, así como el uso obligatorio de botas, ropa de alta visibilidad, casco. - Se debe utilizar el vehículo adecuado a la carga a transportar. La descarga en la zona de escombros se realizará con los topes o cuñas que limiten el movimiento hacia atrás. Bajo la supervisión de una persona designada si fuera necesario. - Los vehículos deben seguir todas las indicaciones de circulación en cuanto a vías, velocidad, señales acústicas y otras comunicaciones. - Los vehículos y máquinas no podrán ser remolcados con cables, a menos que sus frenos y órganos de dirección puedan ser utilizados.

Riesgo		Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
Riesgos Higiénicos	Exposición a ambientes pulvígenos.	Transporte de materiales. Carga y descarga de materiales. Arranque de materiales	- Medidas preventivas de espacios confinados en cuanto a control de atmósferas tóxicas. - Planificación de medidas preventivas de generación y exposición al polvo: - Vía húmeda en las vías de circulación. - Trabajar en húmedo cuando sea posible. - Eliminar la exposición innecesaria de trabajadores. - Utilizar vehículos y maquinaria con cabinas cerradas y con los circuitos de ventilación en funcionamiento adecuado. - Planificación de mediciones de exposición a partículas de polvo de los trabajadores y actuar en consecuencia, implantando medidas correctoras, revisando las mediciones, revisando la utilización de las medidas preventivas adoptadas. Revisar los límites de exposición permitidos, para que en caso de ser superados actuar de acuerdo a la normativa vigente en cuanto a Evaluación, control y revisión de la exposición hasta haber alcanzado niveles inferiores. - En caso de exposición de los trabajadores, se utilizarán protecciones de protección respiratoria, se señalará tal necesidad. Debiendo estar los trabajadores sujetos a estas medidas a un seguimiento de control del uso adecuado de las protecciones (adaptación adecuada a la cara, recambios de filtros o mascarillas suficientes), del tiempo que tienen que utilizar las protecciones, no debiendo superar las dos o cuatro horas dependiendo del nivel de exposición y del riesgo (exposición a polvo de sílice cristalina respirable menos de dos horas con mascarilla para que sea eficaz). - Los trabajadores tendrán formación e información adecuada de los riesgos a los que están expuestos y las medidas adoptadas. Seguirán un seguimiento de vigilancia de la salud de todos los trabajadores expuestos y/o con obligación de uso de protecciones individuales. - Evitar la exposición a trabajadores al ambiente pulvígeno mediante el uso de equipos automatizados.
	Exposición a ambientes pulvígenos.	Falta de ventilación adecuada	- La cantidad de aire suministrada o extraída desde el frente de avance, debe ser la media de la velocidad del aire en una sección transversal completa del túnel o el eje de 0,3m/s y 2m/s en todo momento. - La cantidad mínima de aire para las personas debe ser de 1,5m³ /min por trabajador y 4m³ /min por kW de potencia diésel nominal.
Riesgos Higiénicos	Exposición a ambientes pulvígenos.	Falta de implantación o mantenimiento de la ventilación mecánica	Los sistemas pueden ser de suministro forzado, extracción, alternando o combinar las anteriores - Para el diseño adecuado del sistema de ventilación se comprobará que: no existen puntos muertos, zonas de baja velocidad de aire, inversión del flujo de aire, áreas de concentración de polvo, recirculación, revisiones en los puntos donde pueden bloquearse los conductos de circulación. - Se ubicará lo más cerca posible de la fuente contaminante. - Esté en funcionamiento mientras se genere el contaminante. - Mantenimiento de posibles acumulaciones de polvo, fibra u otros elementos que evitan que funcione con eficacia y que puede ser origen a riesgo de incendio o explosión. - Se prevé la renovación de aire en caso de posibles fugas de gases, humos, metano, dióxido de azufre, de carbono, monóxido de carbono, todo ello originado por escapes de trabajos en zonas cercanas o del uso de maquinaria o voladuras en el túnel. - Sistema de aviso y alarma que facilite el conocimiento del fallo en el uso del sistema de ventilación, bien sea por mantenimiento o fallo.



Imagen 6. Exposición mediante equipos automatizados.

Riesgo		Factor de riesgo	Medidas preventivas para la ejecución de túneles
	Exposición a ruido y vibraciones	Utilización de maquinaria o presencia cercana	• Se trabajará preferentemente dentro de vehículos con cabina cerrada. Se limitará el acceso a los trabajadores no necesarios en ese puesto. • En el caso de trabajos cercanos a la presencia de maquinaria en movimiento se deberá proveer de los equipos de protección individual adecuados. Los trabajadores deberán seguir un plan de vigilancia de la salud para el seguimiento del deterioro auditivo. • Se deberán revisar los niveles de exposición con mediciones. En caso de obtener valores superiores a 85 dB, se realizarán revisiones periódicas (al menos una al año) para comprobar la eficacia de las medidas preventivas implantadas. Se hará un seguimiento del uso de equipos de protección. • Se utilizarán empuñaduras antivibraciones para los equipos manuales. La maquinaria será mantenida y revisada para evitar su deterioro. Utilización de maquinaria que incorpore mecanismos antivibración. Disminución del tiempo de exposición por trabajador mediante sistemas organizativos del trabajo. Seguimiento del estado de salud mediante protocolos de vigilancia de la salud.
	Exposición a altas temperaturas	Falta de ventilación adecuada	• Los trabajadores en zonas con una temperatura superior de 27°C deben estar provistos de medidas de control tales como: - Proporcionar ventilación adicional para entornos cerrados que pueden calentarse. - Reducir la confluencia de equipos que generan calor en el túnel. - Refrigerar el suministro de aire o agua en condiciones extremas. - Proporcionar agua potable y fría suficiente. - Aclimatación a condiciones de trabajo de altas temperaturas.

5. Riesgos y factores de riesgos en excavación manual de túneles. Medidas preventivas.

La mayoría de los trabajos de excavaciones para túneles están parcial o totalmente mecanizados. La excavación manual se limita generalmente a secciones pequeñas dentro de partes de la excavación más grandes, como pequeños pozos, sumideros o áreas de acceso limitado y poca posibilidad de mecanización.

Se deben implantar medidas de control para eliminar o minimizar los riesgos asociados a la propia excavación, pero también con los relacionados con la permanencia en un espacio confinado, con interferencia de grandes maquinarias.

Los equipos utilizados pueden ser:

- Manuales: martillo, piqueta, buril, pico y pala
- Mecánicos: taladro manual, taladros al vapor, martillos y picas neumáticas.
- Voladuras: los medios anteriores son ayudados en ocasiones con pequeñas voladuras.

Aunque estos trabajos han sido tratados en el capítulo de demoliciones, se revisan algunos puntos concretos relacionados con la ejecución de túneles.



Imagen 7. Ejemplo de túnel excavado a pico y pala. Ejecutado en 1703 (Chinchón. Comunidad de Madrid)

Excavaciones manuales en la ejecución de túneles

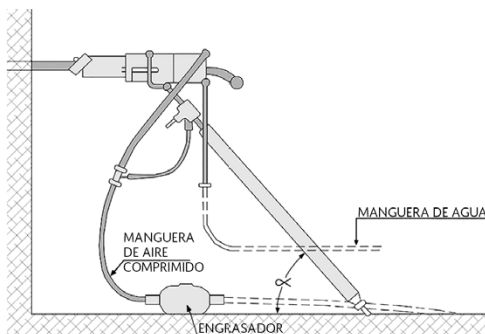
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Riesgos asociados a la excavación manual en túneles: • Espacios confinados. • Sobreesfuerzos: levantamiento de grandes pesos. • Caídas a distinto nivel: durante el acceso al túnel o durante los trabajos. • Caída de objetos en altura: del propio material que está manipulando. • Aplastamiento por derrumbamiento de materiales no consolidados. • Riesgo biológico por contacto de tierras o aguas contaminadas. • Atropellos por máquinas y vehículos • Caídas al mismo nivel • Golpes y cortes con máquinas y herramientas • Ruido, polvo, vibraciones, riesgo eléctrico (genéricos en todo el túnel)	• revisiones regulares de pruebas de ajuste de protecciones respiratorias, y utilización de gafas, botas de seguridad, protecciones auditivos, guantes aislantes. • Utilización de medios mecánicos para manejo de cargas • Utilización de medios de elevación adecuados a la tarea a realizar. En caso de no ser posible, se instalarán medidas individuales, con anclajes para línea de vida para arnés de seguridad, andamios, etc. • Iluminación del puesto de trabajo así como las zonas de acceso. • Mantenimiento de las señales de seguridad, de emergencia que mantengan al trabajador ubicado en la zona de trabajo en la que se encuentra. • Control de la ventilación, temperatura. • Realizar mediciones periódicas de control de: temperatura, niveles de oxígeno, otros gases. • Esporádicamente medir ruido, polvo y gases. • Beber regularmente agua y realizar descansos programados. • En ningún caso debe permanecer ningún trabajador sólo. • Permanecerá en todo momento comunicado mediante sistema previamente convenido. • Respetará todas las indicaciones de uso de transporte de personas y material.



Imagen 7. Acceso a la zona de excavación mediante andamios o elevadores que permitan al trabajador la ejecución de los trabajos en la altura adecuada.

6. Riesgos y factores de riesgos en excavación mecánica de túneles. Medidas preventivas.

6.1. Perforación con martillos manuales



Los martillos manuales de aire comprimido funcionan a percusión, es decir, la barrena golpea contra la roca y gira de forma discontinua entre cada percusión, separándose del fondo del taladro. El detritus es arrastrado hasta el exterior del taladro mediante agua, que tiene también la finalidad de refrigerar la barrena. Los martillos manuales son actualmente de uso poco frecuente, sólo se usan, obviamente, en túneles muy pequeños o de forma accidental, pues tienen rendimientos muy inferiores a los jumbos y requieren mucha mano de obra.

Imagen 8. Martillo manual.

6.2. Perforación con Jumbo



Imagen 9. Jumbo de perforación de 1 brazo

La máquina habitual de perforación es el jumbo, consta de una carrocería de automóvil dotada de dos o más brazos articulados, según los modelos. En cada brazo puede montarse un martillo de perforación (perforadora) o una cesta donde pueden alojarse uno o dos operarios y que permite el acceso a cualquier parte del frente. El funcionamiento de los jumbos es eléctrico cuando están estacionados en situación de trabajo y pueden disponer también de un motor diésel para el desplazamiento. Los martillos funcionan a rotopercusión, es decir, la barrena gira continuamente ejerciendo simultáneamente un impacto sobre el fondo del taladro. El accionamiento es hidráulico, con lo que se consiguen potencias mucho más elevadas que con el sistema neumático. La refrigeración se consigue con agua.

Los rendimientos de perforación que se consiguen en los jumbos hidráulicos modernos, pueden superar los 3.5 m/min de velocidad instantánea de perforación. Los jumbos actuales tienen sistemas electrónicos para controlar la dirección de los taladros, el impacto y la velocidad de rotación de los martillos e incluso pueden memorizar el esquema de tiro y perforar todos los taladros automáticamente.

6.3. Perforación con máquina de precorte

Consiste en la ejecución de una prebóveda de sostenimiento previo en el perímetro de la sección del túnel, antes de proceder a la excavación del terreno correspondiente a cada avance. En los tramos con presencia de agua (en rocas porosas como las arenas), se pueden generar inestabilidades y desprendimientos.

Este método es usado en rocas blandas, utiliza una máquina con una sierra de dientes de widia. La ranura que genera el corte tiene un espesor de entre 18 y 25cm y una profundidad de unos 3m. Se rellena de hormigón de fraguado rápido que estabiliza la bóveda. Se pueden montar refuerzos con marcos metálicos o anclajes.



Imagen 10. Máquina de precorte mecánico. Utilizada en el túnel de Lunardi. Fuente: Capítulo 7. Métodos de excavación. Dirección general de servicios técnicos de México.

6.4. Accesorios de perforación instalados en retroexcavadoras

Todos estos accesorios se utilizan para subdividir y excavar en fases sucesivas el conjunto del túnel.

6.4.1. Martillos hidráulicos

Se montan sobre retroexcavadoras. Se pueden insertar brazos telescópicos para poder acceder a todo el frente de excavación. Se deben utilizar en zonas rocosas con bastante consistencia.

6.4.2. Pistola neumática

Su utilización suele ser para abrir galerías de conexión, sondeo en estados previos al túnel definitivo, etc.

6.4.3. Rozadoras

Son accesorios de cabeza giratoria con dientes de corte, que se montan sobre un brazo articulado.



Imagen 11. Excavación mediante accesorios de perforación.

A continuación se presenta en la siguiente tabla una exposición no exhaustiva de los riesgos presentes en el uso y utilización de la maquinaria. Se deben tener en cuenta también los riesgos presentes en el centro de trabajo anteriormente expuestos.

Maquinaria de perforación	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
• Caídas de personas a distinto nivel • Caídas de personas al mismo nivel • Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento • Caída de objetos en manipulación • Choques contra objetos móviles • Golpes y cortes por objetos y herramientas • Atrapamiento • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Exposición a contactos eléctricos • Incendios • Atropellos y golpes por vehículos • Ruido • Vibraciones	• Se balizará en la zona de avance para evitar caídas a distinto nivel, de forma que la zona balizada sea visible tanto para los operarios del nivel superior como para el maquinista. • Se debe señalizar toda la zona de trabajo con los riesgos que supone estar en las proximidades. • Durante los trabajos de destroza queda terminantemente prohibido el tránsito de entrada o salida al frente de ataque, minimizando así los riesgos de caída a distinto nivel y/o atropellamiento. • Previo a su entrada en obra, se exigirá la ITV correspondiente. La maquinaria será inspeccionada diariamente controlando el buen funcionamiento del motor (sobre todo de la correcta combustión), sistemas hidráulicos, frenos de dirección, luces bocina retroceso, transmisiones, cadenas ó neumáticos • Las máquinas estarán dotadas de faros de marcha hacia delante, y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso y/o cámara y monitor para visualizar la parte trasera, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor. • El Vigilante de Seguridad redactará un parte diario sobre las revisiones que se realizan a la maquinaria que presentará al Jefe de Obra. • Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello. • Durante el tiempo de funcionamiento de las máquinas, se señalizará su entorno con “señales de peligro”, para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha. Un operario ejercerá de señalista para evitar atropellos derivados de la falta de espacio o de la imprudencia de los trabajadores en sus desplazamientos interiores por el túnel. • Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento el cazo, puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto. • Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite. • Se prohíbe terminantemente transportar personas en el cazo. • Se prohíben las labores de mantenimiento o reparación de maquinaria con el motor en marcha. • Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido. • Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico. • Se prohíbe la realización de replanteos o mediciones en las zonas donde están operando las máquinas para el movimiento de tierras. Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso parar la maquinaria y alejarla a otros tajos. • Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m del borde de la excavación. • Se habilitará un pasillo de acceso hasta el frente, al menos en la zona afectada por la excavación, acotado mediante barandillas, para el personal de a pie. • Se extremará el cuidado al circular por terreno irregulares o sin consistencia. • El maquinista será siempre una persona cualificada.

Maquinaria de perforación**Factores de riesgo/ Riesgos****Medidas preventivas**

- Se utilizarán señales luminosas, bocina automática de retroceso y/o cámara y monitor para visualizar la parte trasera. Se vigilará el buen funcionamiento de las luces.

Protecciones individuales

- Casco de seguridad
- Protectores auditivos
- Mascarilla antipolvo
- Filtros para mascarilla
- Gafas de montura tipo universal para la protección contra impactos y antipolvo
- Botas impermeable al agua y a la humedad
- Botas de seguridad, clase III
- Guantes de cuero y lona contra riesgos mecánicos.
- Traje impermeable.
- Chaleco reflectante
- Arnés y cinturones de seguridad
- Cinturón antivibratorio.

Protecciones colectivas

- Gálíbos luminosos todos los vehículos y máquinas
- La maquinaria estará provista de señalización luminosa y acústica de marcha atrás y monitor y cámara para visualizar la parte trasera antes de realizar cualquier maniobra de retroceso.
- Sistema de ventilación.
- Medios de extracción de polvo en el frente de trabajo.
- Detectores de gases
- Medidas de comunicación con el exterior del túnel.
- Iluminación interior a 24 V
- Señalización de vías y accesos con señales luminosas.
- Vigilancia de todos los accesos mediante operarios, señales ópticas y o acústicas.
- Balizamiento de la zona de trabajo de la máquina mediante estacas o banderines.
- Balizamiento en la zona de circulación de vehículos y trabajadores
- Malla de seguridad que señalice el trabajo en destroza.
- Separar paso de vehículos y pasos de peatones.
- Radioteléfono y baliza luminosa por equipo para señalar la posición.

7. Extracción del material y personal fuera del túnel

En cuanto al transporte de materiales y personas por el interior del túnel, se tendrá en cuenta en concreto, lo indicado en las Instrucciones Técnicas Complementarias: ITC 04.5.03. Transporte y circulación de personal por planos inclinados, ITC 04.5.03. Vehículos automotores, ITC 04.5.05. Transporte de personal en cintas, 04.5.06. Transporte de personal en trenes arrastrados por locomotoras, 04.5.07. Transporte de personal por cable tractor aéreo.

Es necesario retirar cuanto antes el producto de la excavación para poder realizar cuanto antes el sostenimiento del túnel. Para dimensionar el sistema de extracción se tendrá en cuenta tanto la cantidad de material como la distancia del transporte. También influye la sección del túnel, el tipo de material, el método de excavación, las pendientes, etc.

Los equipos utilizados varían desde camiones, vagones a bandas de transporte.

Para que la extracción sea realmente eficaz, además se deben construir y mantener caminos de acceso al frente de excavación para que el uso de los vehículos utilizados sea el óptimo.

En los túneles de gran longitud realizados con tuneladora los sistemas de evacuación de escombros suelen establecerse mediante cintas transportadoras desde la cabeza de corte hasta el exterior (pozo de escombros). Puede darse en combinación con trenes que mediante vagonetas extraen el material hasta el exterior, sobre todo para el material sustraído en cangrejos de vías de emergencia

7.1. Pala excavadora y retroexcavadora para retirada sobre camión

Son máquinas autopropulsadas sobre neumáticos u orugas. Están limitados a las dimensiones del túnel, por lo que en los que tienen una sección importante, pueden no ser muy productivos.

A continuación se presenta en la siguiente tabla una exposición no exhaustiva de los riesgos presentes en el uso y utilización de la maquinaria para retirada de material del túnel, mediante excavadora y camión. Se deben tener en cuenta también los riesgos presentes en el centro de trabajo anteriormente expuestos.

Extracción del material del túnel mediante pala excavadora y camión	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
• Caídas de personas a distinto nivel • Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento • Caídas de objetos desprendidos • Choques contra objetos móviles • Golpes por objetos o herramientas	• Debe vigilarse que los camiones hayan pasado la ITV reglamentaria. • Los conductores de camiones deben tener el correspondiente permiso de conducción para el vehículo que conducen y disponer de formación específica para los trabajos en interior del túnel. • Debe planificarse y balizarse una zona de espera para camiones (siempre parados, nunca al ralenti) y una zona específica de giro, en la cual esté prohibida la circulación de trabajadores a pie durante las maniobras. • Todos los camiones deberán disponer de señal acústica de marcha atrás. • Cuando esté terminada la operación de carga de tierras en el camión, y antes de iniciarse el transporte, se deberá cubrir éstas con una lona. • Al bascular en vertederos y en proximidades de zanjas, o si debe pararse en rampas de acceso, se deben utilizar topes o cuñas que impidan el recorrido marcha atrás, además de estar aplicado el freno de estacionamiento.

Extracción del material del túnel mediante pala excavadora y camión

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
• Atrapamiento por o entre objetos • Sobreesfuerzos • Incendios • Atropellos y golpes por vehículos • Ruido	• En todo momento, se debe respetar la señalización de la obra, el código de circulación y las órdenes de señalistas autorizados. Siempre debe darse preferencia de paso a las unidades cargadas. • Se debe elegir el camión adecuado para la carga a transportar, con capacidad para girar en espacios reducidos y con una gran visibilidad. • Se debe prestar especial atención al tipo, utilización y mantenimiento de los neumáticos. • Se deben respetar, en todo momento, las indicaciones del conductor de la máquina de carga. • Antes de levantar la caja basculante, debe asegurarse de la ausencia de obstáculos aéreos y de que la plataforma esté plana y sensiblemente horizontal. • Todas estas máquinas deberán estar dotadas de bocina y luz de marcha atrás, así como monitor y cámara para visualizar en todo momento la parte trasera del vehículo. Y efectuarán las maniobras sin brusquedad y anunciándolas previamente. • En todos los trabajos el conductor deberá estar cualificado y deberá usar casco de seguridad en cuanto salga de la cabina. • Durante los trabajos de carga y descarga no deberán permanecer personas en el radio de acción de la maquinaria, evitando la permanencia de operarios sobre el basculante. • Durante las operaciones de carga y descarga de la caja basculante: - El conductor debe quedarse en la cabina, siempre que ésta disponga de visera protectora. - Hay que asegurarse que la caja basculante sube derecha durante la descarga y la carga está equilibrada cuando se carga. - Se debe respetar las instrucciones del guía en la descarga. - Siempre que la maquinaria se encuentre en la cresta de un talud se respetará la distancia de seguridad. - Si el volquete es articulado, se debe mantener en línea. - Si la caja basculante está provista de puertas traseras, se debe respetar las consignas propias a cada tipo de apertura, cierre y bloqueo de las puertas. • Después de la descarga de la caja basculante: no se debe poner en marcha la máquina hasta después de asegurarse que la caja basculante está completamente bajada. • Los operarios no deberán saltar desde la carga o desde la caja. El salto puede producir fractura en los talones. • El Encargado controlará que a los conductores de los camiones, antes de entrar en la obra, se les entregue las siguientes normas de seguridad: - Norma de seguridad para visitantes - Atención, penetra usted en una zona de riesgo, siga las instrucciones del señalista.



Imagen 12. Carga de camión en el interior del túnel. Como es habitual, hay poco espacio de maniobra entre las distintas máquinas. Se comprobará la no interferencia en el radio de acción de cada una.

Extracción del material del túnel mediante pala excavadora y camión

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
	• Si el trabajador desea abandonar la cabina del camión debe utilizar siempre el casco de seguridad que se le ha entregado al llegar junto con esta nota. • Circule únicamente por los lugares señalizados hasta llegar al lugar de carga y descarga.

7.2. Cinta transportadora

Este sistema de transporte es el utilizado en túneles de gran longitud por lo que el tránsito de vehículos sería un riesgo importante. Cuando se opta por la retirada del material del frente de excavación con cinta transportadora es para mejorar la continuidad y capacidad de extracción, sin tener que depender del tamaño del túnel o pendientes y porque al poderse automatizar la tarea mejora en seguridad.

No obstante, se deberán tener previstas las soluciones a adoptar en los tramos curvos y la necesidad de un sistema que retire el aporte del material de la boca del túnel.

Este tipo de transportadoras continuas están constituidas básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en el frente de excavación. Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor que lo soporta.

A continuación se presenta en la siguiente tabla una exposición no exhaustiva de los riesgos presentes en el uso y utilización de la cinta transportadora para retirada de material del túnel. Se deben tener en cuenta también los riesgos presentes en el centro de trabajo anteriormente expuestos. En otras ocasiones, se puede optar por la utilización de vagonetes autopropulsados, que pueden transportar tanto materiales, como elementos prefabricados para el revestimiento (dovelas) como para el personal.

Extracción del material del túnel mediante cinta transportadora

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
• Caídas a distinto nivel. • Caídas al mismo nivel • Golpes y atrapamientos en la manipulación de cargas. • Golpes por objetos y/o herramientas • Golpes por materiales sueltos o caídas de objetos (desde niveles superiores) • Aplastamientos por caídas de cargas en la manipulación mediante grúas. • Atropellos, golpes y colisiones con maquinaria o vehículos. • Sobreesfuerzos. • Caída de materiales y herramientas durante su manipulación. • Caída de cargas en izado. • Pisadas sobre objetos punzantes. • Cortes, golpes y proyecciones durante la manipulación de herramientas, materiales y equipos. • Atropellos y/o atrapamientos con maquinaria móvil o elementos mecánicos en movimiento. • Contactos eléctricos. • Vuelco de grúas y/o desplome de alguno de sus elementos. • Inhalación excesiva de partículas de polvo en suspensión.	• Se cubrirán con materiales impermeables aquellas zonas de las cintas transportadoras que pueden ser dañadas por la caída de tierras. • Se conectarán a tierras las partes metálicas de la estructura de sustentación de la cinta transportadora y especialmente la carcasa del cuadro eléctrico, para prevenir el riesgo por contacto eléctrico. Así como protección con magnetotérmico y diferencial. • Previamente a poner en marcha la cinta transportadora, se debe comprobar que las ruedas están controladas (frenadas, trabadas o calzadas) para prevenir desplazamientos imprevistos. • Deben instalarse cables de paro de emergencia en ambas márgenes que sean fácilmente accesibles para el personal que pueda manipular la cinta. Las cintas transportadoras, junto a los tambores, grupos de accionamiento, rodillos de presión y de los sistemas retractiles, de descargas móviles intermedias, tensión automática, etc. • Todas las partes móviles se protegerán con carcasas para evitar riesgos de atrapamiento con partes móviles. En especial en la zona de arranque de la cinta y en las tolvas entre cintas. • Asimismo, las cintas dispondrán de encauzadores antidesprendimientos de objetos por rebose de material. • El personal encargado del manejo de la cinta, deberá recibir un manual de normas específicas, según establezca el plan de seguridad y salud, no debiéndose autorizar la utilización de la cinta transportadora por personas que no estén autorizadas. • Se mantendrán limpias y ordenadas las zonas de paso junto a las cintas. • Las cintas transportadoras no se considerarán en ningún caso, elementos de elevación de personal. Transporte de personal en cintas: • La velocidad máxima de la banda para el transporte de personal será $\leq 2,7$ m/s y la pendiente no debe superar los 16°. • No podrá estar en funcionamiento simultáneo con cualquier otro mecanismo de transporte de material. Para que se pueda realizar de forma simultánea el transporte de material, la pendiente será inferior al 16°, la distancia de la carga al personal será de 5 metros por lo menos. Así como que el personal responsable lo autorice y sea informado. • Deberá estar dimensionado con un coeficiente de seguridad no inferior a 10 para transporte de mineral y arranque a plena carga. La anchura por regla general será de 800mm. En general toda la configuración de plataformas de subida y bajada, dimensiones, etc. serán adecuadas a la ITC 04.5.05. Transporte de material en cintas. Durante el mantenimiento y limpieza de la cinta: • Se establecerá un sistema de mantenimiento adecuado de cada cinta. Teniendo previsto las revisiones preventivas habituales como el desincrustado, eliminación de materiales adheridos • Se prohíbe la manipulación directa de los operarios sobre partes de las cintas para intentar solucionar, sobre la marcha y sin parar, alguna anomalía en el funcionamiento (atascos, derrames, deslizamientos, etc.). • Para evitar atrapamientos en la cinta en las tareas de limpieza de elementos incrustados o que evitan el correcto funcionamiento, en primer lugar se debe parar el funcionamiento total de la cinta, se debe evitar hacer maniobras de fuerza para mover grandes pesos sin la postura en la que se pueda maniobrar con seguridad las herramientas, de tal forma que se puedan desviar fuerzas o golpes imprevistos.



Imagen 13. Aspecto de túnel con el sistema de extracción mediante cinta transportadora

Extracción del material del túnel mediante cinta transportadora

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Nivel sonoro elevado por el uso de maquinaria y equipos.	- Utilizar ropa que no sea holgada y disponer de protección respiratoria. - Para prevenir que el ramal de retorno sufra derrames y se entorpezca el correcto funcionamiento, se deberá separar físicamente uno de otro o colocar una cubrición. - Instalar mecanismos que permitan a un operario realizar la operación de rascado del tambor cuando observe que empieza a haber incrustaciones de material. Ésta acción se debe poder realizar desde el exterior sin tener que retirar la rejilla protectora. Durante el desmantelamiento de la cinta: - Cualquier trabajador que deba realizar trabajos sobre la cinta, deberá estar debidamente atado con arnés a punto fijo o línea de vida. - Cuando las cintas a desmantelar estén situadas a más de dos metros de altura, para el personal que participa en el desmantelamiento se deben disponer de plataformas y pasarelas con barandillas y rodapié para realizar las visitas, de tal forma que el material sea con suficiente agarre y disponga de elementos que permitan drenar el agua y polvo acumulados. - El acceso a estos elementos se realizará mediante escaleras, andamios o a nivel de suelo.

7.3. Extracción de personal del túnel

El personal puede ser sacado del túnel también por trenes arrastrados por locomotoras y por cable tractor aéreo. En todos los casos, se observarán las medidas indicadas en las ITC04.5.06 e ITC 04.5.07 respectivamente.

Extracción del personal del túnel

Características del trabajo/ Riesgos	Medidas preventivas
- Caídas a distinto nivel. - Caídas al mismo nivel - Golpes por objetos y/o herramientas - Golpes por materiales sueltos o caídas de objetos (desde niveles superiores) - Atropellos, golpes y colisiones con maquinaria o vehículos. - Pisadas sobre objetos punzantes. - Cortes, golpes y proyecciones.	- Deberá garantizarse una comunicación efectiva tanto entre todos los vehículos que se encuentran a lo largo del túnel como entre éstos y el puesto de control que se establezca, que deberá ser único y centralizado. - La locomotora dispondrá de un sistema de parada automática llamado "Hombre muerto", con un mando en la parte superior de la palanca de velocidad. - El mando debe presionarse y soltarse en un cierto período ajustable. - Si el equipo de interrupción automática es manejado correctamente, se permite el transporte. Sin embargo, si no se utiliza bien, o se presiona permanentemente, el sistema de interrupción automática se acciona y el conductor es avisado por un timbre. - Los operadores de las locomotoras han de ser especialistas de probada destreza en su manejo y en la prevención de riesgos por impericia. Las locomotoras irán provistas de luz suficiente para iluminar cualquier obstáculo que pueda aparecer en la vía. En maniobras en la que la locomotora quede en cola empujando los vagones, el alumbrado en las locomotoras estará colocado de tal modo que ilumine por encima de los vagones. - Cada locomotora arrastrará una determinada composición, que no se puede alterar sin la autorización expresa del jefe de tajo. - A menos que el conductor reaccione, la fuerza de accionamiento es desconectada y los frenos son aplicados automáticamente. Mientras tanto, el conductor colocará el controlador de la interrupción automática a su posición original. - Es conveniente normalizar un sistema de señales convenidas para la operación con los trenes. Que se repasarán y practicarán regularmente con los trabajadores.

Extracción del personal del túnel	
Características del trabajo/ Riesgos	Medidas preventivas
• Atropellos y/o atrapamientos con maquinaria móvil o elementos mecánicos en movimiento. • Contactos eléctricos. • Inhalación excesiva de partículas de polvo en suspensión. • Nivel sonoro elevado por el uso de maquinaria y equipos.	• La operación con las maniobras será en todo momento normal y segura, lo que presupone adaptar las velocidades a las distintas condiciones de la vía y de las pendientes, para conseguir valores en el factor de adherencia aceptables, tanto en tracción como en frenado. • El transporte de personal por el túnel se realizará únicamente en los vagones diseñados a tal fin. Dichos vagones se distinguirán indicando su uso para personal. • Durante la marcha se mantendrá cerrada la puerta del vagón y el maquinista no deberá sacar ninguna parte del cuerpo fuera de la cabina. • Permitirá la instalación de una camilla para caso de accidente. • La locomotora está provista de un circuito de T.V. con monitor en cabina y luz suficiente para que el maquinista pueda apreciar cualquier obstáculo que pueda aparecer en la vía. En el caso en el que la locomotora esté en cola empujando a los vagones, las luces de la locomotora deberán estar colocadas de tal manera que iluminen por encima de los vagones. • Es recomendable utilizar doble vía. • No cruzar nunca entre vagones estacionados. • La distancia mínima entre vagones, con los topes a compresión, será de 300 mm. El último vagón dispondrá de placas reflectantes. • Disponer de topes adecuados. • Respetar en todo momento los límites de velocidad establecidos, no siendo recomendable superar en ningún caso los 20Km/h. • No subirse ni desplazarse sobre las máquinas. • Teniendo en cuenta la posibilidad de que el personal circule a pie a lo largo de los túneles, deberá habilitarse una zona exclusiva para la circulación de trabajadores; dicha zona mantendrá una distancia de seguridad en relación con la zona de paso de vehículos, y estará delimitada, contando con la señalización adecuada que indique que su uso está restringido a los peatones. • Si no fuera posible delimitar la zona de circulación a pie, se instalarán a lo largo de los túneles zonas de resguardo o nichos que hagan compatible el paso de la circulación y la presencia de los trabajadores. • Se tiene que disponer de un sistema de semáforos que indique si las vías están libres o circula algún tren por ellas así como de señales de limitaciones de velocidad para adecuar estas velocidades a valores de factor de adherencia adecuado. • En los estacionamientos de los vehículos de vía que se realicen a lo largo del túnel, no solamente se han de utilizar los frenos de estacionamiento de las composiciones, sino que se ha de asegurar la inmovilidad de cada composición con calzos o elementos similares. • Todos los elementos estacionados han de estar señalizados y contar con sistemas de iluminación propia. • Todos los vehículos a motor contarán con sistemas de filtros y catalizadores que minimicen la generación de gases tóxicos en el interior de los túneles. • Los maquinistas tendrán las siguientes obligaciones: - Inspeccionar y vigilarán el buen uso y conservación de los trenes, vagonetas y útiles de servicio. - Cumplirán con las normas de circulación. - Contribuir a erradicar malas prácticas de operarios y visitas. - En ningún caso se impartirán órdenes contrarias a las normas de seguridad de circulación. - El maquinista que sea relevado deberá transmitir las anomalías que hubiera observado durante la marcha. - Se circulará regulando la velocidad de acuerdo al trazado, visibilidad y pendientes de forma que sea posible detener el tren ante cualquier obstáculo imprevisto que se pueda observar desde la cabina o ante una señal de parada.

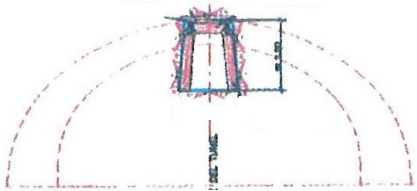
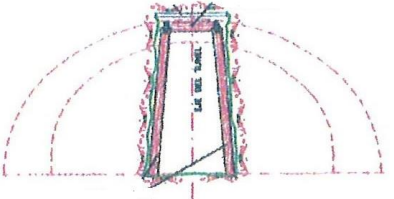
8. Riesgos y factores de riesgo en excavación en terrenos blandos. Medidas preventivas.

8.1. Método Belga (o tradicional de Madrid)

Con este método, el frente es muy pequeño, de menos de 3m². La excavación comienza con métodos manuales, a medida que se avanza, se apuntala con madera y acero hasta conseguir la sección de la bóveda completa. En ese momento se hormigona la bóveda, estabilizando de esta manera el túnel. Se ejecuta por anillos de menos de 2m de longitud. Mientras se sigue avanzando, detrás de la zona hormigonada, se continúa con la fase destroza, o de excavación de las paredes del túnel (hastiales) y posteriormente con la contrabóveda (base del túnel).

Llegados a este punto se hormigona la bóveda, para conseguir una estabilidad del túnel, mientras se sigue avanzando con la galería de clave. Detrás de la zona hormigonada continua la obra con métodos mecánicos, en una fase denominada destroza, excavándose las paredes del túnel (hastiales) y posteriormente la contra bóveda.

A continuación se van a desglosar las fases de ejecución del método y las medidas a adoptar por fase. Son tablas no exhaustivas y se deberán tener en cuenta los riesgos del centro de trabajo tratados en otros apartados.

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid	
Proceso constructivo ejecución de bóveda	
1ª Fase. Se realiza la excavación y forrado de tabla en el terreno de forma simultánea de la galería de avance que se realiza en la clave de la bóveda, con sección trapecial. La longitud del avance de la galería de avance, coincide con la longitud de cada anillo. Si el terreno es inestable se puede recurrir a forrar la mina de avance y ejecutarla en más de dos fases; es decir, en vez de realizar cada anillo en dos avances de 1,25 m, reducir este avance, incluso a 0,60 m para la citada galería de avance.	
Imagen 14. Esquema de la primera fase. Excavación de la galería de avance en clave y entibación con tablas, puntales, elementos de madera y metálicos de contención y eventual drenaje del frente.	
2ª Fase. Se realiza la entibación cuajada de la galería de avance, para lo cual se coloca una estructura formada por dos puntales enanos de madera en las paredes, arriostrados en cabeza mediante un transillón también de madera, y que sostienen las longarinas formadas por perfil metálico y, que mediante el empleo de cuñas de madera apuntalan el entablado del techo de la galería de avance. La excavación se realiza manualmente con ayuda de martillos picadores neumáticos.	
3ª Fase. Se amplía la sección de la galería de avance mediante la excavación adicional de la altura desde la base para disponer de una altura total de mayor que en las anteriores fases. Se sustituyen los puntales enanos por otros puntales provisionales, con la nueva altura requerida.	
Imagen 15. Rebaje de la galería hasta excavar la sección completa del avance. Entibando con tablas, puntales, transillones de madera y longarinas metálicas	

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid

Proceso constructivo ejecución de bóveda

4ª Fase y posteriores. Se realiza la excavación y forrado simultáneo de la tabla, ensanchando la galería de avance desde la clave hasta la misma altura que tenía en la 1ª fase la galería de avance (1,80 m). En el primer pase se ensancha 1 m a cada lado y se forra la tabla. Se continúa la entibación de las secciones ensanchadas, colocando puntales enanos y definitivos según se va alcanzando la altura total de excavación sucesivamente. Figuras 16, 17 y 18 sucesivamente.



Figura 16. Ensanche lateral de la galería de avance, entibando con tablas, puntales, transillones de madera y longarinas metálicas.

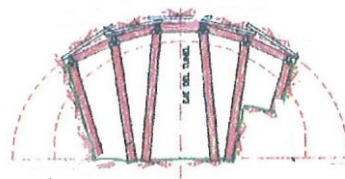


Figura 17. Continúa el ensanche lateral de la galería de avance, entibando con tablas, puntales, transillones de madera y longarinas metálicas.

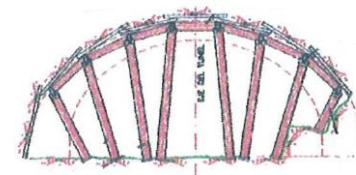


Figura 18. Ensanche lateral de la galería de avance hasta excavar la sección completa de la bóveda, entibando con tablas, puntales, transillones de madera y longarinas metálicas.

Una vez se dispone del anillo totalmente entibado, se procede al cimbrado y hormigonado de la bóveda. El sistema de encofrado previsto para la bóveda, consta de módulos autorresistentes de encofrado, cosidos dos a dos y un carro hidráulico para el movimiento de los módulos. El equipo permite un avance telescópico de los módulos encofrantes, que en la fase de hormigonado se acodalan contra el terreno. El tope frontal es de madera montado sobre soporte metálico y con el apoyo de chapa para evitar los escapes de hormigón. Para la colocación del hormigón se dispone de boquillas con tapadera en paneles de clave y ventanas de registro. El carro hidráulico está formado por perfiles metálicos electrosoldados y se desplaza sobre carriles mediante ruedas metálicas con pestañas, estando las dos traseras motorizadas. Incorpora un bastidor de elevación sobre cuatro cilindros hidráulicos para maniobra del panel de clave y cuenta con central hidráulica con pupitre de mando.

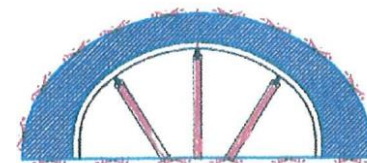


Figura 19. Esquema que refleja la fase de cimbrado y hormigonado de la bóveda bajo puntales.

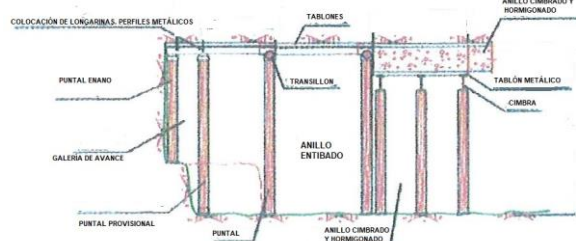


Figura 20. Esquema que refleja en sección longitudinal las sucesivas fases de encofrado y hormigonado de la bóveda.

Fuente: los esquemas utilizados en las explicaciones constructivas de éste método de excavación están extraídos de la construcción de la nueva estación de Arganzuela en la Línea 6 del Metro de Madrid

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Ejecución de la bóveda: Riesgos. • Caída de personas al mismo nivel • Caída de objetos por desplome o derrumbamiento • Caída de objetos desprendidos • Golpes y cortes por objetos y herramientas • Proyección de fragmentos o partículas • Atrapamiento por o entre objetos • Atrapamiento • Sobreesfuerzo • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Contactos térmicos • Exposición a contactos eléctricos • Incendios • Atropellos y golpes por vehículos • Ruido • Vibraciones	• El número mínimo de operarios será de dos, manteniéndose en comunicación con un tercero de retén en el exterior, que podrá actuar como ayudante en el trabajo y dará la alarma en caso de producirse alguna anomalía. • Se dispondrá siempre de un número suficiente de elementos de entibación de reserva, procurando siempre que todos ellos sean de álamo negro. • No se trabajará en el interior del frente de ataque con motores de combustión ni se renovará el aire con botellas de oxígeno comprimido. Cuando la ventilación natural sea insuficiente, se instalará un sistema adecuado de ventilación forzada. • Todas las máquinas con motor de combustión que trabajen en la destroza pasarán revisiones semanales de los gases de escape. • El contratista dispondrá en todo momento del sistema de drenaje adecuado para evacuar las posibles infiltraciones que se produzcan durante la excavación. Este sistema deberá incluir las condiciones, pozos y equipos de bombeo necesarios, teniendo en cuenta las características del perfil longitudinal y la situación de la red de alcantarillado próxima. • La tensión de alimentación de alumbrado en el interior de la galería será de 24 voltios y se dispondrá siempre de un alumbrado de emergencia, de forma que una de cada tres luminarias sea de emergencia o socorro, con una autonomía de 3 horas. En las instalaciones de energía eléctrica para elementos auxiliares de accionamiento eléctrico, como hormigoneras y vibradores, se dispondrá, a la llegada de los conductores de acometida, un interruptor diferencial según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Cuando se utilicen vibradores eléctricos, éstos serán de doble aislamiento. • Se protegerá a los operarios de ambientes pulvígenos mediante una correcta ventilación y mediante protectores de las vías respiratorias, definidos en función del tipo de polvo que se genere y de sus potenciales efectos nocivos. • Para la protección de ambientes con concentración de gases peligrosos, mediante una correcta ventilación o, en su defecto, mediante protectores de las vías respiratorias, cuando la ventilación no sea posible o resulte insuficiente. Para ello se dispondrá en el frente de un medidor de gases portátil. • La maquinaria antes de su utilización en la obra deberá tener el certificado favorable de la inspección técnica, y el contratista deberá definir los obligatorios procedimientos de revisión y mantenimiento de todos los equipos y maquinaria y la necesidad de analizar los riesgos y medidas relacionadas con dichos trabajos. • Estará terminantemente prohibido limpiarse las vestimentas con el aire a presión que provenga del tubo de alimentación del martillo neumático, así como también estará prohibido orientar dicha salida a presión hacia un compañero. • Uso de compresores con marca CE, situados en el exterior del túnel y con instalación semipermanente dotada de calderón de presión con purga, uso de aparejos de suspensión calculados para la carga a soportar, uso de señalista de maniobras, vigilancia permanente de la realización del trabajo seguro, limpieza permanente del tajo, preparación de la zona de rozadura y estacionamiento, comprobación del estado de mantenimiento.

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas preventivas

Ejecución de la bóveda:

- Será obligatorio que los martillos neumáticos sean insonorizados, y a los trabajadores que se encuentren en la proximidad estarán dotados de protectores auditivos. El encargado controlará que sean utilizados por todos los trabajadores que deban permanecer a menos de 5 m, del compresor o trabajar sobre su maquinaria en funcionamiento. Además de trazará un círculo de 5 m, de radio en torno al compresor, para marcar el área en la que es obligatorio el uso de protectores auditivos.
- Antes de la puesta en marcha del compresor hay que comprobar que quedan calzadas las ruedas. Los cambios de posición del compresor, se realizarán a una distancia superior a los 3 m, del borde de zanjas.
- El Encargado controlará el buen estado de las mangueras eléctricas y a presión, ordenará cambiar de inmediato, todas las mangueras que aparezcan desgastadas o agrietadas, que el empalme de mangueras se efectúa por medio de racores, que no se realicen maniobras de engrase y/o mantenimiento de los martillos neumáticos, con el compresor en marcha.
- Los accesos desde el frente a la destroza se efectuarán mediante escalera de mano debidamente atada en su parte superior y con topes en su parte inferior. El resto de la línea de destroza estará balizada a un mínimo de dos metros y dicho balizamiento será perfectamente visible tanto para los trabajadores como para el maquinista encargado de ejecutar la destroza.

Protecciones individuales:

- Casco de seguridad.
- Casco de polietileno.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla antipolvo.
- Filtros para mascarilla.
- Botas impermeable al agua y a la humedad.
- Botas de seguridad, clase S3 (con suela y puntera reforzada, según UNE-EN ISO 20345).
- Gafas de montura tipo universal para la protección contra impactos y antipolvo
- Guante de cuero y lona contra riesgos mecánicos
- Guantes de protección frente a productos químicos agresivos.
- Guantes de goma o de P.V.C.
- Traje impermeable.
- Mono de trabajo.
- Chaleco reflectante.

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Ejecución de la bóveda: Cimbrado de la bóveda: Consta de un carro hidráulico formado por perfiles metálicos electrosoldados. Se utiliza un carro hidráulico, carriles, elementos de elevación de los carriles y tronzadora. Riesgos: • Caídas de personas a distinto nivel • Caídas de personas al mismo nivel • Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento • Choques contra objetos móviles • Choques contra objetos inmóviles	• Cinturón antivibratorio. • Linterna. • Equipo autónomo de respiración. • Cinturón homologado. Protecciones colectivas • Medios de extracción de polvo en el frente de trabajo. • Sistema de ventilación. • Sistema de iluminación a 24 V. • Cuadros eléctricos con protección diferencial. • Protecciones contra incendios. • Cojinete elevador de 12 Tn. • Radioteléfono y baliza luminosa por equipo para señalizar la posición. • Linterna por cada equipo de trabajo. • Gálilos luminosos todos los vehículos y máquinas. • La maquinaria estará provista de señalización luminosa, bocina automática de retroceso y/o monitor y cámara para visualizar la parte trasera antes de realizar cualquier maniobra de retroceso. • Señalización de los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico. • Los carros de encofrado se disponen sobre carriles. Ante la rigidez de las patas del carro de encofrado, es difícil que haga tumbar los carriles hacia el interior, pero como medida preventiva se colocará algún elemento que impida el vuelco de los carriles, impidiendo que descarrile el carro. • Para desplazar el encofrado, se debe extremar las precauciones en concreto en el riesgo de atrapamiento en el rodar de las ruedas del carro sobre el carril. Dicho carro se desplaza a unas velocidades muy pequeñas, dando la sensación de estar parado. Para avisar de su movimiento debe tener un avisador acústico de maniobra. • Será necesario mantener un orden y limpieza en la zona del carro de encofrado. • Se instalará la iluminación suficiente para desarrollar los trabajos en buenas condiciones. • Las escaleras de acceso al carro deben tener barandillas a ambos lados. Se deberá ascender y descender de cara a la escalera. • Tanto las plataformas como los escalones de la escalera, no estarán resbaladizos. Se puede aplicar serrín, por ejemplo.

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
• Golpes y cortes por objetos y herramientas • Atrapamiento por o entre objetos • Contactos térmicos • Exposición a contactos eléctricos • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Ruido Hormigonado de la bóveda: Relleno entre el encofrado y terreno. Se utilizarán las boquillas de los paneles y el hormigonado se debe realizar mediante bomba situada fuera del túnel para no interferir las fases de excavación. Riesgos: • Caídas de personas a distinto nivel • Caídas de personas al mismo nivel • Pisadas sobre objetos • Choques contra objetos • Golpes por objetos y herramientas • Proyección de partículas • Atrapamiento por o entre objetos • Exposición a contactos eléctricos • Contacto con sustancias cáusticas y corrosivas (dermatitis de contacto)	• Las alturas de estos carros dependen de la sección del túnel, siempre que se superen los 2 m, se deben instalar protecciones como plataformas de hormigonado y sistemas de sujeción y anclaje en casos puntuales. • En el movimiento de los paneles de encofrado, los trabajadores deben subirse al carro para poner los tensores que unen encofrado y carro. Se extremarán las medidas para evitar el descuelgue de los faldones del encofrado. Para ello la elevación se ejecutará con la ayuda de un polipasto de aire comprimido y prohibiendo la estancia de trabajadores próximos a dicha zona. • Una vez puesto los tensores se realiza el desencofrado. Se deberá hacer una limpieza de los laterales de los encofrados para evitar la caída de placas de hormigón. El operador del carro de encofrado dispone en su puesto de mando de una marquesina que le protege de esos impactos. • La realización del tape de encofrado se realiza desde plataformas de trabajo o escaleras de mano. • Se impedirá la permanencia o paso de algún operario durante la operación de izado y desplazamiento del encofrado. • Se tendrán disponibles todas las plataformas de trabajo necesarias para que los trabajadores accedan a los diferentes puntos de hormigonado. • Se utilizarán equipos con dispositivos especiales de alimentación de aditivos del hormigón por vía húmeda para disminuir la producción de polvo. • La instalación en su conjunto se podrá poner fuera de servicio mediante un interruptor omnipolar general accionado a mano, colocado en el circuito principal. Este interruptor estará situado en lugares de fácil acceso y perfectamente identificable. • Los operarios que realicen la labor de hormigonado deberán tener en cuenta los siguientes aspectos: - El equipo encargado del manejo de la bomba de hormigón estará especializado en este trabajo. - Antes de iniciar el suministro deberán asegurarse de que todos los acoplamientos de palanca tiene los pasadores en posición de inmovilización. - Se asegurarán que está instalada la parrilla antes de verter el hormigón en la tolva. - No tocar directamente con las manos la tolva o el tubo oscilante si la máquina está en marcha. Si se deben realizar trabajos en ellos, habrá que parar el motor de accionamiento, purgar la presión del acumulador a través del grifo y luego se realizará la tarea que sea necesaria. - Se comprobará diariamente el desgaste interno de la tubería de transporte, mediante un medidor de espesores. - Se realizará una prueba de presión a un 30% por encima de la presión normal de trabajo (presión de seguridad) si trabaja a presiones mayores de 5 MPa. (50 bares). - Si se debe bombear a gran distancia, antes de suministrar el hormigón, hay que probar los conductos bajo la presión de seguridad. - Habrá que comprobar y recambiar, si es el caso, los acoplamientos, juntas y codos, cada 100 m³ bombeados si trabaja a presiones mayores de 5 MPa (50 bares). - Las conducciones de vertido de hormigón por bombeo, a las que pueden aproximarse operarios a distancias inferiores a 3 m quedarán

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid

Factores de riesgo/ Riesgos

Medidas preventivas

Hormigonado de la bóveda

protegidas por resguardos de seguridad.

- La tubería de la bomba de hormigonado se apoyará sobre caballetes, arriostrándose las partes susceptibles de movimiento.
- La manguera terminal de vertido, será gobernada por un mínimo a la vez de dos operarios, para evitar las caídas por movimientos incontrolados de la misma.
- El manejo, montaje y desmontaje de la tubería de la bomba de hormigonado, será dirigido por un operario especialista, para evitar accidentes por tapones y sobrepresiones internas.
- Antes de iniciar el bombeo de hormigón se deberá preparar el conducto (engrasar las tuberías), enviando masas de mortero de dosificación, para evitar el atoramiento o tapones.
- Una vez concluido el hormigonado se lavará y limpiará en el interior de los tubos de toda la instalación, en prevención de accidentes por la aparición de tapones de hormigón.
- En caso de obstrucciones, se procederá a:
 - Apagar la máquina de la energía eléctrica y aislar el cable que lo conecta antes de efectuar cualquier trabajo.
 - Se desconectará la energía y la manguera del aire comprimido
 - Se sostendrá el extremo de la manguera en la que se ha producido la obstrucción
 - No se entrará en la zona que se encuentra en la dirección de la expulsión, para evitar heridas resultantes de las sacudidas de la manguera y del material expulsado.
 - El operador debe observar en todo momento la zona en la que se producirá la expulsión

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid

Proceso constructivo ejecución de contrabóveda y hastiales

- Excavación de la destroza central: Excavación mecánica, con retroexcavadora o mixta de la caja central, dejando espacio suficiente en los hastiales para que los empujes transmitidos por la bóveda no produzcan la rotura de la bóveda (Imagen 21).
- Excavación por bataches contrapeados y hormigonado de los hastiales. Se hará coincidir la junta entre dos anillos de la bóveda con el centro de un batache para evitar que la bóveda se descalce. A la vez que no se excavarán a la vez dos bataches enfrentados.
- Para la excavación de los bataches, se deberá realizar un estudio sobre las medidas de contención a instalar mientras se realiza la excavación y contraponer la falta de sustentación de la bóveda hasta que se hormigonen los hastiales (estribos en el esquema).
- Para mover los encofrados de un batache a otro se utilizará la maquinaria disponible en la fase de excavación de la destroza.

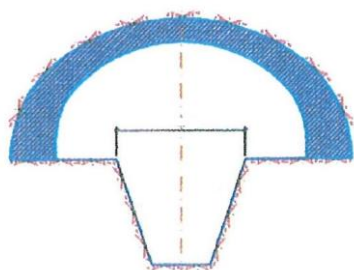


Imagen 21. Sección de la excavación de la destroza central.

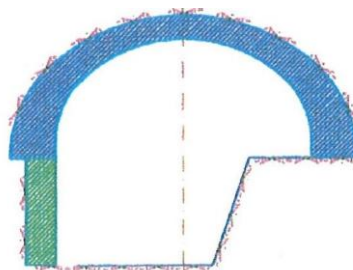


Imagen 22. Excavación y hormigonado de los hastiales por bataches contrapeados.

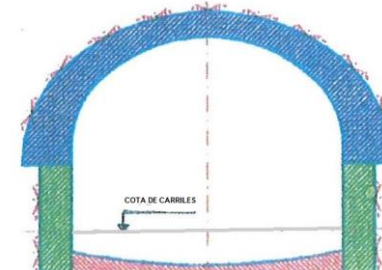


Imagen 23. Sección transversal de la contrabóveda hormigonada.

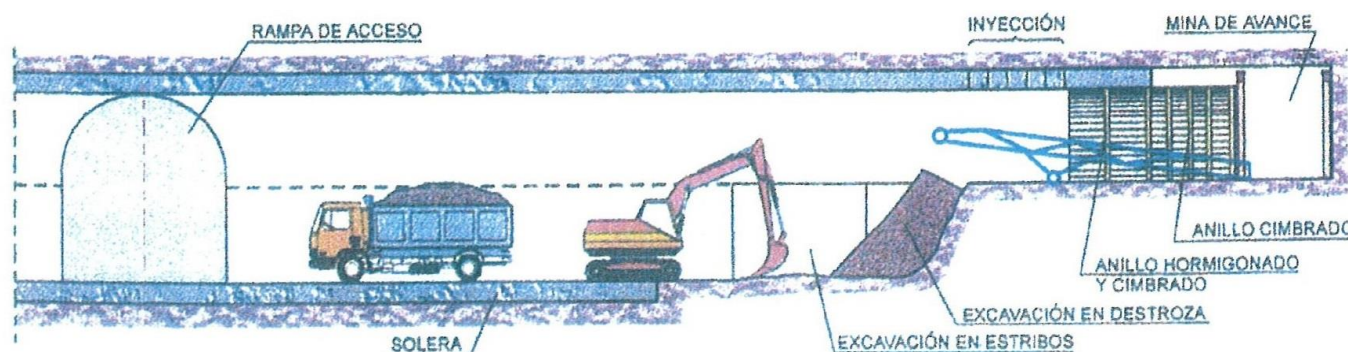


Imagen 24. Sección longitudinal de la ejecución de la fase de avance de la bóveda y la destroza central.

Se observa así mismo la bóveda hormigonada y la contrabóveda de las fases anteriores.

Los equipos habituales utilizados son la sacada de tierras mediante excavadora, camiones y cinta, según la fase de excavación

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Ejecución de contrabóveda y hastiales. - Excavación de la destroza (Imagen 24): Riesgos • Caídas de personas a distinto nivel. • Caídas de personas al mismo nivel. • Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento. • Caída de objetos en manipulación. • Choques contra objetos móviles. • Golpes y cortes por objetos y herramientas. • Atrapamiento. • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas. • Exposición a contactos eléctricos. • Incendios. • Atropellos y golpes por vehículos. • Ruido. • Vibraciones.	• Se balizará en la zona de avance para evitar caídas a distinto nivel, de forma que la zona balizada sea visible tanto para los operarios del nivel superior como para el maquinista. • Durante los trabajos de destroza queda terminantemente prohibido el tránsito de entrada o salida al frente de ataque para disminuir los riesgos de caída a distinto nivel y/o atropellamiento. • Previo a su entrada en obra, se exigirá la ITV correspondiente. La maquinaria será inspeccionada diariamente controlando el buen funcionamiento del motor (sobre todo de la correcta combustión), sistemas hidráulicos, frenos de dirección, luces bocina retroceso, transmisiones, cadenas o neumáticos. • Las máquinas estarán dotadas de faros de marcha hacia delante, y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso y/o cámara y monitor para visualizar la parte trasera, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor. • Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras. • Durante el tiempo de funcionamiento de las máquinas, se señalizará su entorno con “señales de peligro”, para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha. • Un operario ejercerá de señalista para evitar atropellos derivados de la falta de espacio o de la imprudencia de los trabajadores en sus desplazamientos interiores por el túnel. • Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo y en contacto con el pavimento el cazo, puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto. • Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite. • Se prohíbe terminantemente transportar personas en el cazo. • Se prohíben las labores de mantenimiento o reparación de maquinaria con el motor en marcha. • Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido. • Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico. • Se prohíbe la realización de replanteos o mediciones en las zonas donde están operando las máquinas para el movimiento de tierras. Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso parar la maquinaria y alejarla a otros tajos. • Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m del borde de la excavación. • Se habilitará un pasillo de acceso hasta el frente, al menos en la zona afectada por la excavación, acotado mediante barandillas, para el personal de a pie.

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Ejecución de contrabóveda y hastiales. - Excavación de los hastiales (en imagen 24 como estribos): En la primera se ejecutará la parte principal de la misma con la retroexcavadora o la pala cargadora empleada para la destroza. En una segunda fase se rematará la excavación con el perfilado del terreno excavado a mano con martillo neumático y con la ayuda de andamios o carretillas elevadoras. Riesgos • Caídas de personas a distinto nivel • Caídas de personas al mismo nivel • Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento • Caída de objetos en manipulación • Caída de objetos desprendidos • Choques contra objetos móviles • Golpes y cortes por objetos y herramientas • Proyección de fragmentos o partículas • Atrapamiento por o entre objetos • Atrapamiento • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Exposición a contactos eléctricos • Incendios • Atropellos y golpes por vehículos • Ruido • Vibraciones	• Los trabajos de excavación deberán comenzar con el diagnóstico acerca de la estabilidad del terreno, aportando materiales para la entibación manual del terreno si se hubiera deducido de dicho diagnóstico. • Las máquinas estarán dotadas de faros de marcha hacia delante, y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso y/o cámara y monitor para visualizar la parte trasera, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor. • Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello, mediante balizamiento y señalista. • Durante el tiempo de marcha y parada de las máquinas, se señalizará su entorno con “señales de peligro”, para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha. • Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento el cazo, puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto. • Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barro y aceite. • Se prohíbe terminantemente transportar personas en el cazo. Se habrán previsto los medios necesarios, brazos elevadores, andamios, plataformas, etc. para acceder a los puntos de trabajo. • Se prohíben las labores de mantenimiento o reparación de maquinaria con el motor en marcha. • Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido. • Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico. • Se prohíbe la realización de replanteos o mediciones en las zonas donde están operando las máquinas para el movimiento de tierras. Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso parar la maquinaria y alejarla a otros tajos. • Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m del borde de la excavación. • Se habilitará un pasillo de acceso hasta el frente, al menos en la zona afectada por la excavación, acotado mediante barandillas, para el personal de a pie. • Se extremará el cuidado al circular por terreno irregulares o sin consistencia • El maquinista será siempre una persona cualificada. • Se utilizarán señales luminosas, bocina automática de retroceso y/o cámara y monitor para visualizar la parte trasera. Se vigilará el buen funcionamiento de las luces

Excavación de túneles por el método Belga o tradicional de Madrid	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Ejecución de contrabóveda y hastiales. - Encofrado y hormigonado de los hastiales (en imagen 24 como estribos): Se aplicarán los mismos riesgos y medidas preventivas que en la ejecución de la bóveda. Se añaden los riesgos y medidas que se generan al inyectar el trasdós (zona entre bóveda y roca) con mortero a baja presión que permite sellar el contacto entre ambos. Para ello se ejecutan unos taladros con broca de widia por donde se realizarán las inyecciones. Riesgos: • Caídas de personas a distinto nivel • Caídas de personas al mismo nivel • Pisadas sobre objetos • Choques contra objetos • Golpes por objetos y herramientas • Proyección de partículas • Atrapamiento por o entre objetos • Exposición a contactos eléctricos • Contacto con sustancias cáusticas y corrosivas	• Queda prohibido realizar los taladros desde la cuchara de la pala cargadora. Se deberán emplear como medios auxiliares para la elevación la carretilla elevadora o el andamio. • Utilización de la cesta recogepeletas al extremo de la tubería durante la limpieza con pelota de la misma. • Siempre que se produzca un atasco y se proceda a su eliminación, se actuará con precaución por el mortero que puede salir proyectado a presión al abrir este circuito. Bombas de mortero • Para el buen funcionamiento de esta máquina y evitar posibles accidentes es muy importante mantener la buena limpieza de la misma. • El estado de la inyección se controla mediante la presión de la bomba y mediante la lechada que fluye por las juntas. • Si se obstruye, produce sobrepresiones y se puede reventar la tubería o teniendo que meter para su limpieza la pelota, ésta va a altas presiones pudiendo salir proyectada si no se utiliza la cesta recogepeletas al extremo de la misma.

8.2. Método Austríaco y nuevo método Austríaco

En éste método se utiliza un frente de excavación de sección amplia, de aproximadamente 70-80 m². Pudiéndose reducir si se trabaja avanzando solamente con el frente de la sección de la bóveda. Se suele trabajar con medios mecánicos cuando no se trabaja a sección completa. Para toda la sección se utilizan excavadoras o rozadoras.

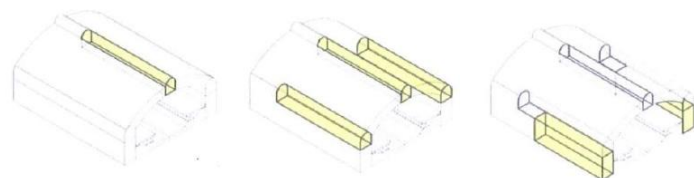
A medida que avanza la excavación, se va proyectando el hormigón en las paredes del túnel hasta hacer un revestimiento definitivo con los encofrados. En este capítulo no se extienden sistemas constructivos, riesgos y medidas preventivas por estar completadas entre los otros métodos.

8.3. Método Alemán

Este tipo de excavación se utiliza para realizar excavaciones de gran amplitud de sección como estaciones, etc. Es un método adecuado para suelos cohesivos.

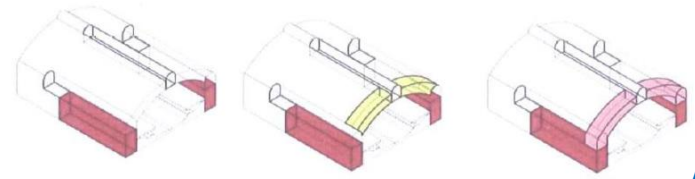
Excavación de túneles por el método Alemán

Proceso constructivo ejecución



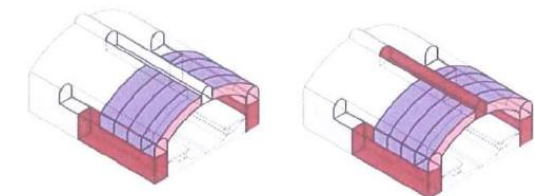
La obra comienza con la excavación de los hastiales, que se dividen en dos niveles, realizándose primero el inferior para que una vez hormigonado se pueda continuar excavando encima de él. Una vez que se realiza el túnel del segundo nivel del hastial se hormigona también y se espera a su fraguado. A la vez que se ejecutan los hastiales, se realiza la galería de clave.

Imagen 24. Esquema representativo de las fases de construcción de las galerías de los hastiales y clave.



Una vez finalizadas estas primeras galerías, se comienzan a realizar desde lo alto de ese segundo hastial las costillas que formarán la bóveda del túnel. Estas costillas, que unen los hastiales con la galería de clave y a su vez con el hastial contrario, son también rellenadas de hormigón una vez finalizadas. Se repite el proceso tantas veces como sea necesario hasta conseguir la longitud total de la caverna.

Imagen 25. Esquema representativo de las fases de hormigonado de las galerías de los hastiales y excavación y hormigonado de costillas.



Una vez fraguado todo ese hormigón, conformándose en una estructura de gran resistencia, se realiza el vaciado del interior de la caverna con excavadoras y se ejecuta la contrabóveda. La excavación de las galerías se realiza manualmente, mediante martillos picadores neumáticos. Y el sostenimiento mediante cerchas metálicas que sostienen la entibación de madera

Imagen 26. Esquema representativo de las fases de hormigonado de costillas y clave.

Excavación de túneles por el método Alemán

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Fase de excavación de galerías hastiales, clave y costillas. Riesgos: • Caída de personas al mismo nivel. • Caída de objetos por desplome o derrumbamiento. • Caída de objetos desprendidos. • Golpes y cortes por objetos y herramientas. • Proyección de fragmentos o partículas • Atrapamiento por o entre objetos • Sobreesfuerzo • Quemaduras y otras lesiones por exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Electrocutación por exposición a contactos eléctricos • Quemaduras e intoxicación por incendios • Atropellos y golpes por vehículos • Ruido • Lesiones por vibraciones	• El número mínimo de operarios será de dos, manteniéndose en comunicación con un tercero de retén en el exterior, que podrá actuar como ayudante en el trabajo y dará la alarma en caso de producirse alguna anomalía. • Se dispondrá siempre de un número suficiente de elementos de entibación de reserva. • No se trabajará en el interior del frente de ataque con motores de combustión ni se renovará el aire con botellas de oxígeno comprimido. Cuando la ventilación natural sea insuficiente, se instalará un sistema adecuado de ventilación forzada. • Se realizarán mediciones de gases tóxicos para el trabajo y cantidad de oxígeno en galería de clave. • Todas las máquinas con motor de combustión que trabajen en la excavación, pasarán revisiones semanales de los gases de escape. • Se dispondrá en todo momento del sistema de drenaje adecuado para evacuar las posibles infiltraciones que se produzcan durante la excavación. Este sistema deberá incluir las condiciones, pozos y equipos de bombeo necesarios, teniendo en cuenta las características del perfil longitudinal y la situación de la red de alcantarillado próxima. • La tensión de alimentación de alumbrado en el interior de la galería será de 24 voltios y se dispondrá siempre de un alumbrado de emergencia, de forma que una de cada tres luminarias sea de emergencia o socorro y tendrá una autonomía de 3 horas. En las instalaciones de energía eléctrica para elementos auxiliares de accionamiento eléctrico, como hormigoneras y vibradores, se dispondrá, a la llegada de los conductores de acometida, un interruptor diferencial según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Cuando se utilicen vibradores eléctricos, éstos serán de doble aislamiento. • Se protegerá a los operarios de ambientes pulvígenos mediante una correcta ventilación y mediante protectores de las vías respiratorias, definidos en función del tipo de polvo que se genere en el tajo y de sus potenciales efectos nocivos. En principio no es previsible la presencia de gran cantidad de polvo debido a la humedad natural del terreno a excavar. Se protegerá a los operarios, asimismo, de ambientes con concentración de gases peligrosos, mediante una correcta ventilación o, en su defecto, mediante protectores de las vías respiratorias, cuando la ventilación no sea posible o resulte insuficiente. Para ello se dispondrá en el frente de un medidor de gases portátil. • Se realizarán mediciones de gases periódicas. • La maquinaria antes de su utilización en la obra deberá tener el certificado favorable de la inspección técnica, y se definirán los obligatorios procedimientos de revisión y mantenimiento de todos los equipos y maquinaria y la necesidad de analizar los riesgos y medidas relacionadas con dichos trabajos. • Estará terminantemente prohibido limpiarse las vestimentas con el aire a presión que provenga del tubo de alimentación del martillo neumático, así como también estará prohibido orientar dicha salida a presión hacia un compañero.

Excavación de túneles por el método Alemán

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
	• Uso de compresores con marca CE, situados en el exterior del túnel y con instalación semipermanente dotada de calderón de presión con purga, uso de aparejos de suspensión calculados para la carga a soportar, uso de señalista de maniobras, vigilancia permanente de la realización del trabajo seguro, limpieza permanente del tajo, preparación de la zona de rozadura y estacionamiento, comprobación del estado de mantenimiento. • Será obligatorio que los trabajadores que utilicen martillos neumáticos lleven protectores auditivos. • Antes de la puesta en marcha del compresor hay que comprobar que quedan calzadas las ruedas. • Los cambios de posición del compresor, se realizarán a una distancia superior a los 3 m, del borde de zanjas. • Se controlará el buen estado de las mangueras eléctricas y a presión, ordenará cambiar de inmediato, todas las mangueras que aparezcan desgastadas o agrietadas. • El acceso desde el frente de excavación a la base del túnel, se realizarán mediante escalera de mano atada en la parte superior y con topes para evitar el resbalamiento. El resto del frente de excavación se balizará a dos metros como mínimo de tal manera que sea visible tanto para los trabajadores como para el maquinista que ejecute la excavación.
Fase de hormigonado de galerías hastiales, clave y costillas. Se realiza en retroceso mediante bombeo. Se utiliza pala cargadora, bomba Riesgos: • Choques contra objetos móviles • Golpes y cortes por objetos y herramientas • Proyección de fragmentos o partículas • Atrapamientos por o entre objetos • Quemaduras y tras lesiones por exposición a sustancias nocivas o tóxicas • Ruido	• Mantener las zonas de trabajo limpias y ordenadas. • Queda prohibido subir al cazo de la pala para realizar el encofrado. • Todas las operaciones de apuntalado del encofrado se ejecutarán con la ayuda de escaleras de mano; andamios homologados o plataformas elevadoras, sin retirar el apoyo de la pala hasta no asegurar su estabilidad. No obstante, queda prohibido circular alrededor del hastial a encofrar hasta que no esté garantizada su estabilidad. • Organización del trabajo y señalización. • Perfecta delimitación de la zona de trabajo de la maquinaria. • Se extremarán las medidas para evitar las fugas de hormigón por las juntas o por sobreexcavaciones.

9. Riesgos y factores de riesgo en excavación en terrenos blandos. Medidas preventivas

Antes de elegir la excavación con tuneladora o explosivo, se debe hacer un estudio lo suficientemente preciso como para que se puedan adaptar las posibles características del terreno que se encuentren en la excavación a las características de la tuneladora.

Dependiendo de los parámetros encontrados en cuanto a resistencia, deformabilidad del macizo rocoso, necesidades previsibles de drenaje e inyecciones para estabilizar el terreno, tensiones naturales.

Para la selección de la tuneladora y el método constructivo más adecuado para las circunstancias se van a tomar varios parámetros, según la tabla de la imagen 30:

- Donde el RDQ es el valor geotécnico sobre la compactación del terreno. A mayor índice, mayor dureza o compactación y mayor resistencia al derrumbamiento.
- En la tabla se distingue la posible ejecución de túneles sobre suelo no compacto con tuneladoras con escudos EPB (Earth Pressure Balance) slurry, y con hidroescudos.

9.1. Excavación con tuneladoras topo

Las máquinas topo, tuneladoras o TBM (Tunnel Boring Machine) son máquinas integrales de construcción de túneles, capaces de excavar, retirar el escombros y aplicar el revestimiento. El avance de la tuneladora es sobre un túnel terminado.

La tuneladora deberá tener el certificado CE y deberá tener un proyecto realizado por técnico competente que contendrá:

- El montaje, desmontaje, funcionamiento y mantenimiento de la tuneladora.
- Riesgos inherentes a dichas operaciones.
- Medidas de seguridad a adoptar durante dichas operaciones.

Los topes constan de una cabeza giratoria que contiene cortadores accionados por motores eléctricos y que avanzan por ciclos empujados por unos gatos que reaccionan sobre las zapatas de los grippers, que a su vez están anclados a la pared.

Los elementos de la tuneladora topo son:

- Cabeza: parte móvil que realiza la excavación de la roca mediante discos de corte metálicos que giran dentro de una carcasa fijada en la rueda de corte.
- Cortadores: están colocados de tal forma que al girar la rueda de corte realizan círculos concéntricos.
- Grippers: son las zapatas que apoyan la máquina contra la roca durante el avance. Deben soportar la fuerza de avance del topo y transmitirla a las paredes del túnel.
- Cilindros de empuje: son los que proporcionan la fuerza de empuje contra el frente de la excavación. Su recorrido varía entre 1,5m y 2m y es lo que determina el ciclo de avance.
- Back-up: es el conjunto de plataformas que arrastra el topo y consta de transformadores y carretes de mangueras eléctricas, captadores de polvo, tuberías de ventilación, polipastos para el manejo de las vías y dovelas, y el sistema de evacuación de escombros.
- sistemas de guiado.

El proceso de corte mecánico se produce por la rotura frontal originado por la presión que ejerce el cortador sobre la roca. A este proceso de rotura que se produce en cada una de las superficies de contacto de los discos, se añade el efecto que producen los discos cercanos.

El ciclo de avance de la tuneladora se divide en:

- 1.- Una vez que la tuneladora se empotra en el túnel comienza a excavar
- 2.- Cuando los cilindros de empuje del cabezal de corte llegan hasta el final de su carrera se para la excavación.
- 3.- Los soportes delanteros y traseros se extienden y se retraen los codales. El cuerpo de la máquina se adelanta.
- 4.- Se alinea usando el soporte trasero.
- 5.- Los codales se extienden y los soportes se recogen para comenzar un nuevo ciclo de excavación.



Imagen 27. Tuneladora de corte abierta (sin escudos). Fuente: Capítulo 7. Métodos de excavación. Dirección general de servicios técnicos de México.

9.2. Excavación con tuneladoras escudos simples

Las tuneladoras con escudos se componen de una cabeza giratoria que avanza por unos gatos perimetrales que se apoyan sobre el revestimiento ya colocado y que además coloca el revestimiento definitivo al retraer los gatos después de cada ciclo de avance. El ciclo termina cuando el avance de los cilindros se retrae bajo el tramo del escudo que queda libre y se procede a colocar un nuevo anillo de revestimiento con la ayuda del elevador de dovelas

Los elementos que componen una tuneladora con escudos son:

- Cabeza: puede componerse de picas o discos. Se adapta a los terrenos previstos. Existen unas aberturas a través de las cuales el material arrancado pasa al interior de la cabeza para su retirada.
- Cuerpo de mando y controles: situados en el segundo cuerpo del escudo
- Cilindros de empuje: repartidos por toda la periferia de la máquina, dispone de zapatas articuladas para realizar un apoyo uniforme sobre la dovela de revestimiento. Su recorrido marca el ciclo de avance.
- Elevador de dovelas
- Back-up.



Imagen 28. Tuneladora de escudos simple en el túnel de Stepney Green. Fuente: Revista de Obras Públicas. Monográfico túneles. Septiembre 2016.

9.3. Excavación con tuneladoras doble escudo

Son tuneladoras para excavar roca blanda principalmente, con las características entre el topo y escudo simple. Está formado por dos sistemas de propulsión independientes, uno para el escudo y otro para el topo.

Está articulado en dos piezas que proporciona un sostenimiento continuo del terreno mientras avanza el túnel.

El escudo delantero sirve como estructura de soporte de la cabeza de corte, con el rodamiento principal, corona de accionamiento y sellos interno y externo.

El escudo trasero o de anclaje, incorpora las zapatas de los grippers para ser manejados desde las ventanas. En la parte posterior está el elevador de dovelas y los cilindros de empuje para la propulsión en modo escudo normal.



Imagen 29. Cabeza de corte de tuneladora de doble escudo en el túnel de Guadarrama. Fuente: Revista Cimbra. Del colegio de ingenieros técnicos de Obras Públicas e Ingenieros Civiles.

CRITERIO GEOTECNICO PARA LA SELECCION DE TBM																
TIPO DE MAQUINA A EMPLEAR		RESISTENCIA DE ROCA					ESTRUCTURA DE ROCA					INGRESO DE AGUA				
		RESIS. COMP. (Mpa)	COHESION CU KN/m²	SOPORTE FRENTE	ESCUDO	INST. RECUBR.	JUNTAS		TAMAÑO GRANO		SOPORTE DEL FRENTE	ESCUDO	INST. RECUBR.	VOL POR 30 m³	CONSECUENCIAS EN	
							RQD	DISTANCIA	<0.02mm	<0.06mm						
TBM's ESCUDOS PARA SUELOS EPB SLURRY	TBM ESCUDO SENCILLO TBM CON ESCUDOS TBM PARA ROCA	ROCA	>250											LIMITADO	CAP DE BOMBEO	
			250 - 100				ATRAS DE TBM	100 - 90%	> 2 M					ATRAS DE TBM	LIMITADO	CAP DE BOMBEO
			100 - 50				ATRAS DE TBM	90 - 75%	2.0 - 0.6 M			POSIBLE	ATRAS DE TBM	> 20L/S	CAP DE BOMBEO	
			50 - 25			RECOMENDADO	ATRAS DE TBM	75 - 50%	0.6 - 0.2 M		POSSIBLE MECANICO	RECOMENDADO	EN AREA TBM	> 10 L/S	SOPORTE DE FRENTE	
			25 - 5			REQUERIDO		50 - 25%	0.2 - 0.06 M		MECANICO	REQUERIDO	CON ESCUDO	> 5 L/S	SOPORTE DE FRENTE	
			5 - 1		RECOM.	REQUERIDO	CON ESCUDO	<25%	< 0.06 M		MECANICO POSIBLE EPB / SLURRY	REQUERIDO	CON ESCUDO	> 2L/S	METODOLOGIA	
			<1	>30		REQUERIDO	CON ESCUDO	<25%	< 0.6 M	VARIALE	MECANICO POSIBLE EPB / SLURRY	REQUERIDO	CON ESCUDO	> 2L/S	METODOLOGIA	
				30 - 10	RECOM.	REQUERIDO	CON ESCUDO	<25%		>30%	MECANICO POSIBLE EPB / SLURRY	REQUERIDO	CON ESCUDO	> 2L/S	METODOLOGIA	
	SOIL		10 - 5	RECOM.	REQUERIDO	CON ESCUDO / INYECCION DE MORTERO INMEDIATA			>20%	<50%	EPB / SLURRY	REQUERIDO	CON ESCUDO / INYECCION DE MORTERO INMEDIATA	> 2L/S	METODOLOGIA	
			5 - 1	REQUE.	REQUERIDO	CON ESCUDO / INYECCION DE MORTERO INMEDIATA			>10%	<30%	EPB / SLURRY	REQUERIDO	CON ESCUDO / INYECCION DE MORTERO INMEDIATA	> 2L/S	METODOLOGIA	
			0	REQUE.	REQUERIDO	CON ESCUDO / INYECCION DE MORTERO INMEDIATA			>10%	<20%	EPB / SLURRY	REQUERIDO	CON ESCUDO / INYECCION DE MORTERO INMEDIATA	> 2L/S	METODOLOGIA	

Imagen 30. Tabla que contiene los criterios geotécnicos necesarios para la selección de la tuneladora. Fuente: Capítulo 7. Métodos de excavación. Dirección general de servicios técnicos de México.

9.4. Montaje tuneladora con escudo.

Se deben tener en cuenta también los riesgos presentes en el centro de trabajo anteriormente expuestos.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo

Proceso constructivo : Montaje

La distribución y colocación de todos los componentes de la tuneladora debe ser planificada con anterioridad a su llegada, de forma que los trabajos a realizar no interfieran entre sí y de este modo facilitar las maniobras de carga y descarga de componentes, y su posterior manipulación y montaje. El montaje y desmontaje de la tuneladora sólo podrá ser realizado bajo vigilancia, control y dirección por un técnico competente que pertenece a la empresa que suministre la máquina y se realizará por personal especializado, que comprobará detalladamente el correcto funcionamiento de todos sus mecanismos y sistemas.

Montaje de la rueda de corte: La rueda de corte o elemento excavador es generalmente giratoria y constituye el primer cuerpo de la coraza. Esta accionada por motores eléctricos o hidráulicos, que proporcionan su giro. Esta cabeza incorpora picas o cuchillas para excavar el terreno.

La rueda de corte se transporta en vehículos especiales y llega a obra para ser montada in situ en el parque de la tuneladora.

Se unen las tres piezas atornillándolas, para posteriormente nivelarlas y soldarlas en una última fase.

El proceso de la soldadura, de la rueda de corte, consta de tres fases:

- Una vez atornilladas y niveladas se procede a la soldadura de las tres partes al 50% por un lado.
- Mediante las dos grúas se voltea la rueda de corte y se procede a la soldadura en su 100% por el otro lado.
- Por último se vuelve a voltear la rueda de corte y se acaba el 50% de soldadura restante que nos queda de la primera fase.

En todo el proceso anterior será necesaria la utilización de dos grúas para mover las grandes piezas mecanizadas que conforman la rueda de corte. Para poder manejar la rueda de corte con las grúas mencionadas será necesario soldar a la misma unas orejetas, en zonas ya incluidas en el diseño de la máquina. Estas orejetas nos permitirán de forma fácil y sencilla izar, desplazar y bajar al pozo la rueda de corte. La bajada al pozo de la rueda de corte se realizará de forma vertical

Trabajos de soldadura en la cola del escudo, rueda de corte, etc.:

La base de la cola del escudo se encuentra reforzada mediante una brida mecanizada. Se necesita una zona nivelada en superficie sobre la cual se posicionará de forma vertical la cola del escudo, para poder realizar el montaje y los correspondientes trabajos de soldadura.

Una vez posicionadas y atornilladas los tres segmentos se sueldan haciendo la forma de la misma una cola de gato. Para poder realizar el izado y desplazamiento de las piezas que conforman la cola del escudo se sueldan unas cartelas en los sitios indicados por el fabricante de la máquina. De esta forma permitirá que todos los movimientos estén perfectamente equilibrados. Para poder realizar estas actividades (izado y desplazamientos) será necesaria la utilización de grúas utilizadas en el montaje de la rueda de corte.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Montaje tuneladoras. Ruedas de corte. Preparación de las instalaciones. Riesgos: • Caída de personas a nivel • Caída de personas a distinto nivel • Caídas en altura • Caídas de materiales y herramientas • Atrapamiento por materiales • Esfuerzos • Golpes por objetos • Hundimientos y vuelcos, de grúas.	• Diariamente se procederá a la retirada de los restos de materiales para mantener el buen orden y la limpieza del tajo. • Se designará un jefe de maniobra que supervise el izado de cargas, personal que estrope la carga y auxilie al gruista. Se exigirá que el gruista tenga el carné de gruista vigente. Si la carga fuese de gran envergadura estará supervisando la operación el Jefe de maquinaria o jefe de producción de tajo (técnico competente). • Antes de implantar cualquier grúa se tendrá que garantizar su estabilidad en función de la presión máxima que transmita la grúa al terreno con la pieza más pesada. Además las grúas deberán tener pasadas las inspecciones técnicas precisas previamente al inicio de la obra. • Se pondrá especial atención en que la carga izada por una grúa esté dentro de su diagrama de cargas y no se podrá soltar una carga hasta esté garantizada su estabilidad. • Antes de izar las cargas se comprobará la solidez de los puntos de amarre y nadie puede permanecer bajo cargas suspendidas. • Para evitar contradicciones que pueden originar accidentes sólo una persona podrá dirigir la maniobra con grúas y es conveniente utilizar emisoras para enlazar los distintos puntos implicados en la maniobra. • Para trabajos en altura siempre nos serviremos de medios auxiliares como andamios, plataformas elevadoras, ... anteponiéndolas a las protecciones individuales (uso de arnés). • Se deberán proteger todos los huecos existentes en la tuneladora durante el proceso de montaje para evitar el riesgo de caída en altura. Para ello se colocarán vallas o redes horizontales, según los casos. Los medios colectivos se colocarán conforme a norma y deberán tener su correspondiente marcado CE. • Se protegerán con carcasas de protección todos los elementos móviles de la tuneladora susceptibles de originar un atrapamiento. • Protecciones eléctricas. Solo manejadas por personal formado y acreditado como electricista. • Vallas para limitación de las zonas de trabajo • Cinturón o cordón para balizamiento de desniveles. • En lo referente a los aparejos para el izado: - Cadenas: Las cadenas serán de hierro forjado o acero con un factor de seguridad de al menos cinco. Anillos, ganchos, eslabones y argollas de los extremos han de ser del mismo material que las cadenas a las que van fijados, y cuando sufran un desgaste excesivo serán inmediatamente reemplazadas. - Cables: Los cables serán de construcción y tamaño apropiado a las operaciones que con ellos se vayan a realizar. El factor de seguridad para los mismos nunca será inferior a seis y los lazos para ganchos, anillos o argollas estarán provistos de guardacabos. En todo caso cumplirán la Norma UNE 58-111-91.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
	- Ganchos: Siempre estarán equipados con pestillos u otros dispositivos de seguridad para evitar que la carga pueda salirse.
Trabajos de soldadura para montaje de tuneladora. Riesgos: • Caídas desde altura. • Los derivados de las radiaciones del arco voltaico. • Los derivados de la inhalación de vapores metálicos. • Quemaduras. • Contacto con la energía eléctrica. • Proyección de partículas. • Heridas en los ojos por cuerpos extraños (picado del cordón de soldadura).	Soldadura por arco eléctrico: • Normas para los soldadores: - Para protegerse de las radiaciones del arco voltaico hay que utilizar el yelmo de soldar o la pantalla de mano siempre que se suelde. - No se debe mirar directamente el arco voltaico. La intensidad luminosa puede producir lesiones graves en los ojos. - No picar el cordón de soldadura sin protección ocular. Las esquirlas pueden producir graves lesiones en los ojos. - No se deben tocar las piezas recientemente soldadas: ya que pueden estar a temperaturas que podrían producir quemaduras serias. - Se debe soldar siempre en un lugar bien ventilado evitándose así intoxicaciones y asfixia. - Antes de comenzar a soldar se comprobará que no hay personas en el entorno de la vertical de su puesto de trabajo. Se evitará así quemaduras fortuitas. - Nunca se debe dejar la pinza directamente en el suelo sobre la periferia. Se debe depositar sobre un portapinzas para evitar accidentes. - No se debe utilizar el grupo sin que lleve instalado el protector de clemas. Se evitará el riesgo de electrocución. - Debe comprobarse que el grupo está correctamente conectado a tierra antes de iniciar la soldadura. - No anular la toma de tierra de la carcasa del grupo de soldar porque salte disyuntor diferencial. - Se deberá desconectar totalmente el grupo de soldadura cada vez que se haga una pausa de consideración (almuerzo o comida, o desplazamiento a otro lugar). - Se comprobará, antes de conectarlas al grupo, que las mangueras eléctricas están empalmadas mediante conexiones estancas de intemperie. Evitar las conexiones directas protegidas a base de cinta aislante. - No utilizar mangueras eléctricas con la protección externa rota o deteriorada seriamente. Si se debe empalmar las mangueras, proteger el empalme mediante protectores termorretractiles. - Cerciorarse que estén bien aisladas las pinzas portaelectrodos y los bornes de conexión. - Utilizar las prendas de protección adecuadas. • Se suspenderán los trabajos de soldadura (montaje de estructuras) con vientos iguales o superiores a 60 km/h. • El taller de soldadura (taller mecánico) tendrá ventilación directa y constante, en prevención de los riesgos por trabajar en el interior de atmósferas tóxicas. • Los portaelectrodos a utilizar, tendrán el soporte de manutención en material aislante de la electricidad. • El Vigilante de Seguridad controlará que el soporte utilizado no esté deteriorado. • Se prohíbe expresamente la utilización de portaelectrodos deteriorados, en prevención del riesgo eléctrico. • Las operaciones de soldadura a ejecutar (en condiciones normales), no se realizarán con tensiones superiores a 150 voltios si los equipos están alimentados

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Trabajos de soldadura para montaje de tuneladora (oxiacetilénica-oxicorte) Riesgos: • Caídas desde altura. • Los derivados de las radiaciones del arco voltaico. • Los derivados de la inhalación de vapores metálicos. • Quemaduras. • Contacto con la energía eléctrica. • Proyección de partículas. • Heridas en los ojos por cuerpos extraños (picado del cordón de soldadura).	por corriente continua. • El banco para soldadura fija, tendrá aspiración forzada instalada junto al punto de soldadura. • El taller de soldadura se limpiará directamente eliminando del suelo, clavos, fragmentos y recortes, en prevención de los riesgos de pisadas sobre materiales, tropezones o caídas. • El taller de soldadura estará dotado de un extintor de polvo químico seco y sobre la hoja de la puerta, señales normalizadas de riesgo eléctrico y riesgos de incendios. • El personal encargado de soldar será especialista en montajes metálicos. • El suministro y transporte interno de obra de las botellas (o bombonas de gases licuados) se efectuará según las siguientes condiciones: - Estarán tanto las válvulas de corte como la salida de las botellas, protegidas con las válvulas antirretorno cumpliendo la NTP-132/85 del I.N.S.H.T. - No se mezclarán botellas de gases distintos - Se transportarán sobre bateas enjauladas, en posición vertical y atadas, para evitar vuelcos durante el transporte. - Los puntos 1, 2 y 3 se cumplirán tanto para bombonas o botellas llenas como para bombonas vacías. - El traslado y ubicación para uso de las botellas de gases licuados se efectuara mediante carros portabotellas de seguridad, para evitar vuelcos. Para su transporte se utilizarán portabotellas, que han de colocarse en posición vertical y atadas para evitar vuelcos. - Se prohíbe acopiar o mantener las botellas de gases licuados al sol. El acopio pertinente ha de hacerse en casetas apropiadas o en almacén con ventilación constante y señalización de Peligro Explosión y Prohibido fumar. - Las botellas de gases licuados se acopiarán separados (oxígeno, acetileno) con distinción expresa de lugares de almacenamiento para las agotadas y las llenas. - La persona cualificada controlará que en todo momento se mantengan en posición vertical todas las botellas de acetileno. - Se prohíbe la utilización de las botellas en posición horizontal. - Las válvulas de corte deberán ir protegidas con las correspondientes caperuzas protectoras. • Normas para los operarios de soldadura oxiacetilénica-oxicorte: - Se deben utilizar siempre carros portabotellas, ya que el trabajo se realiza cómodo y seguro. - Debe evitarse que se golpeen las botellas o que puedan caer desde altura eliminarán posibilidades de accidente. - Deben utilizarse las prendas de protección personal. - Las botellas en servicio deben estar comprendidas entre los 5 y 10 m de la zona de trabajo. - No inclinar las botellas de acetileno para agotarlas, es peligroso.

(continuación)

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
(continuación) Trabajos de soldadura para montaje de tuneladora.	- No deben utilizarse las botellas de oxígeno tumbadas, es peligroso si caen y ruedan de forma descontrolada. - Antes de encender el mechero, se deberá comprobar que están correctamente hechas las conexiones de las mangueras, se evitarán accidentes. - Antes de encender el mechero, se comprobará que están instaladas las válvulas antirretroceso antes del soplete e, inmediatamente anterior al manoreductor de la botella), se evitarán explosiones. La colocación de ambas válvulas es obligatoria en todas las botellas de gases (oxígeno, acetileno, propano, butano, etc.) sin excepción. - Los grifos y los manurreductores de las botellas de oxígeno deben estar siempre limpios de grasas, aceites o combustible de cualquier tipo - Si se desea comprobar que en las mangueras no hay fugas, deberán sumergirse bajo presión en un recipiente con agua; las burbujas delatarán la fuga. Si es así, se sustituirán por mangueras nuevas. Las mangueras han de estar solidamente fijadas a las tuercas de empalme. - Las mangueras se revisarán periódicamente rechazando y reemplazando aquellas que no se encuentren en perfectas condiciones de uso. - No se abandonará el carro portabotellas en el tajo si debe ausentarse. Cerrar el paso de gas y llevarlo a un lugar seguro, se evitará correr riesgos al resto de los trabajadores. - Siempre se debe abrir el paso del gas mediante la llave de la botella. Si se utiliza otro tipo de herramienta se puede inutilizar la válvula de apertura o cierre, con lo que en caso de emergencia no podrá controlar la situación. - No se debe permitir que haya fuegos en el entorno de las botellas de gases licuados. Para evitar posibles explosiones. - No depositar el mechero en el suelo. - Deberá comprobarse el camino más seguro para colocar la manguera. Se evitarán accidentes. - Las mangueras de ambos gases se deberán unir entre sí, para poder manejarla con mayor seguridad y comodidad. - No utilizar mangueras de igual color para gases diferentes. En caso de emergencia, la diferencia de coloración le ayudará a controlar la situación. - Se prohíbe utilizar acetileno para soldar o cortar materiales que contengan cobre; por poco que parezca que contienen, será suficiente para que se produzca una reacción química y se forme un compuesto explosivo. El acetiluro de cobre. - Si se van a eliminar pinturas mediante el mechero, se realizará con mascarilla protectora y los filtros específicos químicos, para los compuestos de la pintura que va eliminar. - Si se debe soldar sobre elementos pintados, o cortarlos, se procurará hacerlo al aire libre o en un local bien ventilado para evitar intoxicaciones. - Las mangueras, una vez utilizadas, se recogerán de forma adecuada. - Se prohíbe fumar durante las operaciones de soldadura y oxicorte, o cuando se manipulen mecheros y botellas, así como en el almacén de las botellas. - - La ubicación próxima de un extintor se debe señalar.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Montaje tuneladoras. Ruedas de corte. Preparación de las instalaciones.	Protecciones colectivas – Mantas ignífugas y mamparas opacas para resguardar de rebotes al personal próximo. – Portaelectrodos completamente aislados Protecciones individuales: – Guantes de soldador – Manguitos de soldador – Mandil de soldador – Polainas de soldador – Pantalla de soldador

Excavación de túneles con tuneladora con escudo

Proceso constructivo : Montaje

Descarga y colocación de los elementos que componen la tuneladora: La cabeza de la tuneladora está dividida en tres partes: rueda de corte, escudo frontal o principal y cola del escudo. La rueda de corte y la cola del escudo ya han sido descritas en los apartados anteriores. El escudo principal puede estar dividido, dependiendo de la máquina que se utilice, en dos o seis partes. En este cuerpo de la coraza se alojan el cuerpo de mando, los controles de la máquina y los motores.

Después de bajar los segmentos laterales inferiores del escudo principal, se baja el accionamiento principal que es una superficie mecanizada posicionada en el centro del escudo frontal.

Se continúa después con la descarga y montaje del resto de los elementos que componen la tuneladora, como son el soporte de la guía del elevador de dovelas, el propio elevador de dovelas, tornillo sinfín.

El transporte de estas grandes piezas mecanizadas se hace mediante transportes especiales, y su manipulación siempre se realizará mediante dos grúas que garantizan la seguridad.

Se utilizan grúas de gran tonelaje, camiones grúa, medios de izado, equipos de soldadura, plataformas elevadoras y andamios.

Montaje del Back-up: Está constituido por transformadores, ventiladores, bombas de inyección de mortero y sistema de evacuación de escombros. Todo ello viene montado de taller y se baja al foso de ataque una vez esté montado el resto mediante bolones de giro libre en el tren de apoyo. Por lo tanto es aquí donde van instalados los elementos de mando, eléctricos, aire, accionamiento hidráulico.

Para realizar la conexión y puesta en marcha de los elementos instalados, se necesitarán polipastos neumáticos que permitan desplazar la cabeza hasta el tren de apoyo

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Descarga y colocación del resto de elementos que componen la tuneladora. Riesgos: - Accidentes por caída de objetos por desplome o derrumbamiento - Accidentes por caída de objetos en manipulación. - Lesiones por pisadas sobre objetos. - Lesiones por choque contra objetos inmóviles. - Lesiones por choque contra objetos móviles. - Proyección de partículas. - Atrapamientos por ó entre objetos. - Electrocutión por exposición a contactos eléctricos. - Quemaduras por explosiones y/o incendios. - Enfermedades por ambientes pulverulentos y/o contaminados.	• Diariamente se procederá a la retirada de los restos de materiales para mantener el buen orden y la limpieza del tajo. • Se designará un jefe de maniobra que supervise el izado de cargas, personal que estrobe la carga y auxilie al gruista. Se exigirá que el gruista tenga el carné de gruista vigente. Si la carga fuese de gran envergadura estará supervisando la operación el Jefe de maquinaria o jefe de producción de tajo (técnico competente). • Antes de implantar cualquier grúa se tendrá que garantizar su estabilidad en función de la presión máxima que trasmita la grúa al terreno con la pieza más pesada. Además las grúas deberán tener pasadas las inspecciones técnicas precisas previamente al inicio de la obra. • Se pondrá especial atención en que la carga izada por una grúa esté dentro de su diagrama de cargas y no se podrá soltar una carga hasta que esté garantizada su estabilidad. • Antes de izar las cargas se comprobará la solidez de los puntos de amarre. Nadie podrá permanecer bajo cargas suspendidas. • Para evitar contradicciones que pueden originar accidentes sólo una persona podrá dirigir la maniobra con grúas, además es conveniente utilizar emisoras para enlazar los distintos puntos implicados en la maniobra. • Para trabajos en altura siempre nos serviremos de medios auxiliares como andamios, plataformas elevadoras etc., anteponiéndolas a las protecciones individuales (uso de arnés). • Se deberán proteger todos los huecos existentes en la tuneladora durante el proceso de montaje para evitar el riesgo de caída en altura. Para ello se colocarán vallas o redes horizontales, según los casos. Los medios colectivos se colocarán conforme a norma y deberán tener su correspondiente marcado CE. • Se protegerán con carcasas de protección todos los elementos móviles de la tuneladora susceptibles de originar un atrapamiento. • Protecciones eléctricas. Solo manejadas por personal formado y acreditado como electricista. • Vallas para limitación de las zonas de trabajo • Cinturón o cordón para balizamiento de desniveles. • En lo referente a los aparejos para el izado: - Cadenas: Las cadenas serán de hierro forjado o acero con un factor de seguridad de al menos cinco. Anillos, ganchos, eslabones y argollas de los extremos han de ser del mismo material que las cadenas a las que van fijados, y cuando sufran un desgaste excesivo serán inmediatamente reemplazadas. - Cables: Los cables serán de construcción y tamaño apropiado a las operaciones que con ellos se vayan a realizar. El factor de seguridad para los mismos nunca será inferior a seis y los lazos para ganchos, anillos o argollas estarán provistos de guardacabos. - Ganchos: Siempre estarán equipados con pestillos u otros dispositivos de seguridad para evitar que la carga pueda salirse.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.		
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas	
Montaje del sistema hidráulico. Riesgos: – Proyección de líquidos a presión – Electrocutación – Quemaduras por incendios – Quemaduras y lesiones por radiación por soldadura – Ruido	• Los sistemas hidráulicos están equipados con válvulas limitadoras de presión. Los valores de presión instalados no deberán ser modificados. • Los sistemas hidráulicos deberán estar desconectados y sin presión para poder efectuar trabajos de mantenimiento. Así mismo interrumpir el abastecimiento energético mediante el cambio de posición del interruptor de protección del motor de la unidad correspondiente.	
Montaje del sistema de aire comprimido. Riesgos: – Proyección de líquidos a presión. – Electrocutación. – Quemaduras por incendios. – Quemaduras y lesiones por radiación por soldadura. – Ruido.	• Debe montarse una válvula de seguridad graduable lo más cerca posible de cada compresor para que pueda purgar al menos la mitad del aire transportado. No debe haber depósito de cierre entre el compresor y la válvula de seguridad. • Cada compresor ha de conectarse a un depósito de presión para compensar las variaciones de cantidad y de presión; pueden conectarse varios compresores a un depósito de presión conjunto. Mediante conexiones entre las tuberías de aire comprimido y montaje de un dispositivo de cierre hay que garantizar que a las cámaras de trabajo siempre llegue la cantidad de aire necesaria aunque se produzca una rotura en cualquier punto del conducto o falle un compresor. • El aire comprimido debe poder llegar a las cámaras de trabajo a través de al menos dos conductos separados. Cada conducto debe presentar en su extremo una válvula antirretroceso.	
Descarga y colocación del resto de elementos que componen la tuneladora.	Protecciones Individuales – Guantes de soldador – Manguitos de soldador – Mandil de soldador – Polainas de soldador – Pantalla de soldador – Botas dieléctricas – Equipos autónomos de respiración para supervivencia – Herramientas aisladas para electricistas – Protectores auditivos – Chaleco reflectante (excepto soldadura) – Casco de seguridad	Protecciones colectivas – Iluminación de emergencia – Detectores de gases – Interruptores diferenciales – Transformadores de seguridad – Grupos electrógenos – Tomas de tierra – Extintores – Válvulas anti-retorno

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Traslado al frente de ataque: montaje de la rueda de corte mediante desplazamiento de la tuneladora con los gatos hidráulicos apoyados en las dovelas u hormigón colocado en la plataforma del pozo de ataque. Riesgos: • Atrapamiento entre partes móviles. • Aplastamiento por caída de objetos en manipulación. • Derrumbe de materiales.	• Manipulación de los gatos por operarios experimentados • El personal ajeno al trabajo se mantendrá a una distancia de seguridad del trabajo del empuje. • Supervisión por un jefe de la maniobra.

9.5. Mantenimiento de la tuneladora

Las revisiones de la tuneladora deben realizarse antes de comenzar y periódicamente: incluirá el sistema eléctrico, hidráulico, de agua, de inyección de grasa en los cepillos de la col, de inyección de espumas, de las picas y elementos de corte, del tornillo sinfin, de los filtros, entre otros.

Para estos trabajos se necesitarán camiones grúa, andamios metálicos, elementos de izado de cargas, entre otras herramientas y útiles de trabajo.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Características del trabajo/ Riesgos	Medidas preventivas
Mantenimiento y revisiones de la tuneladora. Riesgos: • Caída de personas a nivel • Caídas a distinto nivel • Caídas de materiales o herramientas • Proyecciones de líquidos a presión • Electrocutión. • Quemaduras y asfixia por incendios • Enfermedades y quemaduras por radiación por soldadura. • Ruido. • Sobreesfuerzos.	• La realización de pruebas de funcionamiento ha de comunicarse a los diversos equipos que colaboran en el montaje, con el fin de evitar riesgos de accidentes en personas o equipos. • Los trabajos de mantenimiento y reparación sólo deberán llevarse a cabo por el personal capacitado que cuente con los conocimientos técnicos necesarios. • Informar a los operarios antes de iniciar trabajos especiales o de mantenimiento. Nombrar a un supervisor. • Utilizar únicamente las piezas de repuesto y accesorios originales autorizados por el fabricante. • Usar sólo los materiales de servicio y combustibles prescritos y autorizados (grasas, aceites, limpiadores). • En caso necesario asegurar ampliamente el área de mantenimiento. • Si la máquina tuneladora se encuentra completamente parada para llevar a cabo trabajos de mantenimiento y de reparación, deberá asegurarse ésta

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Características del trabajo/ Riesgos	Medidas preventivas
(continuación) Mantenimiento y revisiones de la tuneladora.	contra un encendido no intencional. • Si un motor se encuentra desconectado para efectuar trabajos de mantenimiento o de reparación, deberá asegurarse éste contra un encendido inesperado. • Para trabajos de mantenimiento que estén más arriba que la altura del cuerpo, deberán usarse las escaleras o plataformas previstas o en su defecto otras que sean seguras. • Para trabajos de mantenimiento en la rueda de corte el personal de mantenimiento deberá contar con medios auxiliares (andamios..) y solo en situaciones excepcionales usar un arnés de seguridad, el cual deberá fijarse a los puntos que para ello han sido previstos. Siempre hemos de anteponer un medio de protección colectivo al individual. • Así mismo para realizar otros trabajos en lugares altos en ausencia de medidas colectivas, se usará arnés de seguridad. Antes de realizar el trabajo sin una protección colectiva se notificará al técnico de Seguridad de dicha acción y se creará el procedimiento de trabajo oportuno, que será comunicado a los operarios implicados. • Limpiar las piezas de la máquina antes del mantenimiento o reparación, en especial las conexiones y la tornillería. • Antes de la limpieza con agua, con limpiadores de alta presión, o con otros productos de limpieza, deberán cubrirse o sellarse todas las aberturas que, por razones de seguridad, deban protegerse contra la penetración de líquidos y de productos de limpieza. Especialmente podrían dañarse los motores eléctricos y armarios de distribución. • Después de la limpieza deberá retirarse el material utilizado para cubrir o sellar. • Las conexiones de tornillería que se hayan aflojado durante los trabajos de mantenimiento deberán apretarse con los pares de apriete indicados. • Una vez terminados los trabajos de mantenimiento deberán limpiarse todas las asideras, peldaños, barandillas, descansillos, plataformas y escaleras. • Cualquier instalación de seguridad que se requiera desmontar para ejecutar trabajos de preparación, de mantenimiento o de reparación; deberá volver a montarse una vez terminados los trabajos y ser verificada. Antes de ejecutar trabajos en un conducto que pudiera encontrarse bajo presión (conducto de transporte, de aire, de agua, hidráulico, de vacío o de oxígeno) deberá asegurarse, que en realidad se encuentre sin presión. Las unidades generadoras de presión tales como bombas o compresores deberán desconectarse antes de iniciar los trabajos y asegurarse contra una conexión inesperada. • Una presión pendiente en una tubería puede resultar también de un cilindro hidráulico empotrado, de un acumulador o de otros componentes bajo carga. Por esta razón los cilindros hidráulicos y otros componentes bajo carga deberán asegurarse contra movimientos y quitar la presión del acumulador. • Las piezas pesadas deberán indispensablemente asegurarse contra vuelcos o caídas antes de aflojar los tornillos o de tirar de los pernos. • Tener en cuenta un medio seguro y de protección ambiental al desechar combustibles y materiales auxiliares. • Deberán mantenerse siempre cerrados los armarios de distribución. Para efectos de mantenimiento o de reparaciones deberán abrirse sólo las puertas

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Características del trabajo/ Riesgos	Medidas preventivas
	necesarias y cerrarse de inmediato al estar alejado del sitio de trabajo o una vez terminados los trabajos.
Mantenimiento y revisiones de la tuneladora.	Protecciones individuales: - Casco de seguridad. - Botas de seguridad. - Guantes de cuero. - Mono de trabajo - Botas de agua. - Gafas contra impactos y antipolvo. - Arnés de seguridad. - Protectores auditivos - Guantes de soldador - Manguitos de soldador - Mandil de soldador - Polainas de soldador - Pantalla de soldador - Guantes de goma. - Chalecos reflectantes.

9.6. Perforación con la tuneladora

En el interior del túnel y una vez que se está ejecutando la perforación la única forma de desplazar cargas pesadas es utilizando los polipastos localizados en los vagones del Back-Up. Estos polipastos pueden izar en vertical y desplazarse en dos sentidos en el plano horizontal. Por lo tanto, tienen tres movimientos. Una de sus aplicaciones es acercar las dovelas hasta la mesa de dovelas para que las pueda recoger el erector.

Los medios utilizados son grúas móviles, camiones grúa, los elementos de izado de cargas, polipastos neumáticos.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Descarga de dovelas. Riesgos: - Caídas a un mismo nivel - Caídas a distinto nivel - Esfuerzos - Caídas de materiales o herramientas - Golpes por o contra objetos - Atrapamientos por piezas - Vuelco de materiales	• Asegurarse de la perfecta fijación del champiñón a la dovela, así como del útil del polipasto al champiñón cuando se transporta la dovela. • Todos los desplazamientos con este polipasto deberán ser ejecutados sin movimientos bruscos, evitando con ello los riesgos humanos y materiales. • En su zona de influencia, sólo permanecerán los operarios autorizados para estas operaciones, sin permanecer los mismos bajo la carga, siendo manipulada por la persona autorizada. • Descarga consumibles. • Se utilizará para ello los útiles adecuados para su manipulación (eslingas, etc) vigilado por el responsable el perfecto estado de las mismas.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Descarga de dovelas.	Protecciones individuales: - Casco de seguridad. - Botas de seguridad. - Guantes de cuero. - Mono de trabajo - Chalecos reflectantes. Protecciones colectivas - Vallado de las zonas de acopio - Señales acústicas para la puesta en marcha de las grúas o puentes grúa. - Cuñas y durmientes de madera - Eslingas con gancho de seguridad - Uso obligatorio de Señalización adecuada.
Colocación de dovelas: se recoge la dovela, se coloca con el elevador de dovelas, se sujeta la dovela con los gatos de empuje, sujeción con los tornillos de cada dovela. Riesgos: - Caídas de personal a distinto nivel. - Caídas de personal a mismo nivel. - Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento. - Caídas de objetos en manipulación. - Caídas por objetos desprendidos. - Pisadas sobre objetos. - Choque contra objetos inmóviles. - Choque contra objetos móviles. - Golpes por objetos o herramientas. - Proyección de fragmentos o partículas. - Atrapamientos por ó entre objetos. - Sobreesfuerzos. - Exposición a contactos eléctricos. - Explosiones. - Incendios. - Polvo. - Ambientes contaminados.	• El trabajador que utiliza el elevador de dovelas debe comprobar los siguientes puntos: - Retirada de las pasarelas telescópicas existentes en la zona de influencia del elevador para evitar posibles accidentes por colisión. - Colocación de la cadena de seguridad con letreros de prohibido el paso en la zona del erector. - Avisos de no permanencia del personal que fija las dovelas en la zona de acción del elevador durante la manipulación de la dovela. Manteniendo contacto verbal y visual con estos durante el fijado de la misma. • El escudo va equipado por un sistema automático y computerizado de topografía que va proporcionando datos a medida que va avanzando, permitiendo un correcto guiado de la máquina. • La tuneladora dispone de "Sistema de bloqueo de erector de dovelas" y "astronave" (transportador de dovelas del vagón a la mesilla de carga). • En caso de cualquier maniobra errónea durante el enganche, colocación y desenganche de dovelas, se bloquean ambos elementos y suena una bocina de aviso. El operario debe iniciar de nuevo el proceso, evitando así cualquier accidente. • El elevador de dovelas debe disponer de avisos de no permanencia en la zona de acción del mismo. Evitar en lo posible que el personal que fija las dovelas circule por el mismo. • Siempre que se haga uso de las pasarelas existentes en la zona de influencia del erector se comunicará al operador del mismo, al objeto de evitar un posible accidente por colisión. • Queda terminantemente prohibido la manipulación de esta máquina por cualquier otra persona que no esté previamente autorizada por el jefe de túnel de la máquina en ese momento. • En el caso de cualquier maniobra errónea durante el enganche, colocación y desenganche de dovelas existe un sistema de bloqueo tanto del elevador como del vehículo (transportador de dovelas del vagón a la plataforma de carga), y sonar la bocina de aviso. • El trabajador del elevador de dovelas debe tener las siguientes normas generales de comportamiento: - Usar las protecciones individuales asignadas y cuidar de su conservación.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
(continuación) Colocación de dovelas	- Ayudar a mantener el orden y la limpieza de la obra. - No dudar en advertir sobre cualquier riesgo o peligro que se observe en la obra. - No utilizar ninguna máquina o herramienta, ni hacer un trabajo sin saber como se utiliza. - Evitar interferir en el radio de acción de las máquinas. - No inutilizar nunca los medio de protección ni los dispositivos de seguridad. Si por necesidades del trabajo se tiene que retirar una protección, hay que reponerla lo antes posible. Nunca se abandonará el puesto sin dejar de nuevo la protección. Se informará de la retirada de cualquier protección. - Avisar si se produce alguna avería. Las reparaciones mecánicas ó eléctricas sólo las debe hacer personal especializado. - No se deberá manejar la máquina sin la cualificación necesaria para ello mediante el adiestramiento y experiencia adecuados. Al comienzo de la jornada: - Al efectuar el cambio de relevo informarse, del Operador saliente, de las incidencias ocurridas durante el turno anterior. - Comprobar el correcto funcionamiento de la línea de teléfono interior. - Cumplir con la Normativa de Mantenimiento. - No permitir la permanencia en la zona de trabajo de personal no autorizado. - Revisar el estado del mecanismo de cogida de dovelas. Durante el posicionamiento de las dovelas: - Al finalizar la excavación del anillo tomar las medidas necesarias para fijar la posición de la dovela : clavar y dar al Jefe de Equipo. - Asegurarse de que en la cabina de mando han activado el elevador de dovelas. - Activar los mandos de posicionamiento de las dovelas mediante la llave de puesta en servicio. - Mediante los correspondientes conmutadores e interruptores del mando del elevador, se irán colocando las dovelas según la secuencia aprobada. - Compruebe que al iniciarse la rotación del Erector, el claxon funciona. Comunique al Jefe de Equipo cualquier anomalía encontrada. - Al suspender las dovelas asegurarse de que están perfectamente sujetas. - Antes de colocar las dovelas, comprobar la alineación con respecto a las del anillo ya colocado. - Seguir en todo momento las indicaciones del personal que está colocando las dovelas y referirse según las señales gravadas en cada una de ellas para colocarlas en su emplazamiento definitivo. Realizar las maniobras lo más suavemente posible, sin movimientos bruscos. - Una vez colocada la dovela se sujetará, mediante los gatos correspondientes, contra el anillo ya colocado. Asegurándose de la adecuada presión de los gatos. - Comprobar que, durante las maniobras, las mangueras del hidráulico sean recogidas adecuadamente por el enrollador y observar que no sufren roces o atrapamientos que las puedan dañar.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
(continuación) Colocación de dovelas	- Se estará espacialmente atento a las evoluciones del elevador en la zona de trabajo para evitar riesgos de colision con el personal o estructuras adyacentes. - No permitir la permanencia de personal que no este deidamente autorizado, ni permitir que permanezcan por debajo de cargas suspendidas. Al terminar la jornada: - Al efectuar el cambio de relevo, informar al operador entrante de las incidencias que se hayan producido durante el turno de trabajo. - Comunicar al mando superior de cualquier anomalía que se encuentre en el funcionamiento de la máquina. - Dejar la zona de trabajo en adecuadas condiciones de orden, limpieza e higiene. • Utilizar solo los accesos adecuados. Cuando se utilice una escalera, asegurarse de que está provista de zapatas antideslizantes. • Para trabajos en alturas superiores a 2 m deberán utilizarse plataformas con protecciones en su contorno. • Es de obligada utilización ante cualquier riesgo en altura arnés de seguridad, atarse a elemento retráctil ubicados en diferentes alturas en el puente del elevador. • Prestar especial atención en zonas próximas a fosos o rampas. • Mantener la zona de trabajo limpia de grasa y aceite y en especial los accesos. • Tener cuidado con los suelos mojados o manchados con aceite, grasa, etc. Conservar los pasillo limpios y ordenados. • Utilizar siempre las protecciones individuales (casco de seguridad, ropa de trabajo, botas de seguridad, etc). • Tener especial atención cuando haya personal trabajando por encima. • Guardar los equipos y herramientas que se estén utilizando en lugares asignados para ellos. • Prestar atención a cualquier elemento que se esté moviendo en la zona de trabajo. • Utilizar las herramientas sólo para aquellos trabajos para las cuales fueron concebidas. Si se detectan herramientas defectuosas, avisar al mando correspondiente para su reparación o sustitución. • Utilizar las gafas o máscaras de protección en cualquier circunstancia que exista riesgo de proyección. Para intervenir en un circuito hidráulico o neumático, quitar la presión antes de desmontar cualquiera de los componentes. • Prestar atención para evitar atrapamientos por manipulación en los mecanismos cuando se efectuen operaciones de mantenimiento, asegurarse de que nadie pueda poner en marcha el elemento dónde trabajando. • No hacer esfuerzos innecesarios. Pedir ayuda para mover objetos de peso excesivo. • Asegurarse de que las máquinas eléctricas disponen de toma de tierras. En el uso de máquinas los cables de conexión se mantendrán en perfecto estado, sin cortes, empalmes con cintas, pelados, etc. Evitar que los cables estén en zonas con agua.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Montaje de dovelas.	• No utilizar nunca mecheros o cerillas para comprobar fugas de gases inflamables o explosivos. Utilizar siempre detectores apropiados. • Comprobar que los extintores están en buen estado de uso. No fumar cerca o durante las operaciones con sustancias combustibles. Prestar atención al manejo de sustancias inflamables. • Emplear mascarillas de protección en ambientes polvorientos. • Para el manejo de la maquinaria que se necesita para manejar las dovelas, hay que situarse en la zona de seguridad durante la colocación. Mantener contacto visual con el trabajador que monta las dovelas Protecciones individuales: - Casco de seguridad. - Botas de seguridad. - Guantes de cuero. - Mono de trabajo - Chalecos reflectantes. - Arnés de seguridad con elemento retráctil - Botas de agua - protectores auditivos. - Equipo autónomo de respiración Protecciones colectivas - Tomas de tierras inferiores a los diez ohmios - Protección diferencial en líneas de distribución - Protección mecánica en elementos móviles - Extintores en el escudo y en las locomotoras - Iluminación de emergencia y de servicio - Balizas luminosas - Señales acústicas y luminosas en el escudo y en las locomotoras - Equipos de rescate.
Colocación de los tornillos de las dovelas. Durante el proceso de colocación del anillo de dovelas, se colocarán los pernos pasadores transversales y longitudinales que articulan las dovelas entre si y engarzan con el anillo anterior. Estos tornillos se colocan con pistola neumática y cada uno con su correspondiente par de apriete desde el puente del erector a distintas alturas. Los operarios autorizados para estos trabajos, se aseguraran de la perfecta fijación del útil roscado a la dovela, así como del ensamble del útil del polipasto al anterior.	• Se deben disponer unas pasarelas que favorezcan el trabajo de los operarios detrás de las barandillas de las plataformas de trabajo. • Es de obligada utilización ante cualquier riesgo en altura arnés de seguridad, atado a elemento retráctil ubicados en diferentes alturas en las plataformas de trabajo del puente del erector, que es desde donde se realizará el trabajo. • Cuando se realicen los desplazamientos con este polipasto éstos deberán ser ejecutados sin movimientos bruscos y sin permanecer bajo la carga. • Los operarios autorizados para estos trabajos, se aseguraran de la perfecta fijación del útil roscado a la dovela, así como del ensamble del útil del polipasto al anterior cuando se realicen los desplazamientos con este polipasto éstos deberán ser ejecutados sin movimientos bruscos y sin permanecer bajo la carga. Se deben disponer unas pasarelas laterales y longitudinales al eje del túnel para facilitar el trabajo a los operarios que se encarguen del apriete de los pernos.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.

Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
Riesgos: - Ruido. - Polvo ambiental. - Sobreesfuerzos. - Contactos con la energía eléctrica. - Caídas a distintos nivel. - Caídas de objetos sobre otros lugares. - Los derivados de los trabajos y maquinaria de elevación de cargas del entorno.	Protecciones individuales: - Casco de seguridad. - Botas de seguridad. - Guantes de cuero. - Mono de trabajo - Chalecos reflectantes. - Arnés de seguridad con elemento retráctil - protectores auditivos. - Equipo autónomo de respiración - Gafas antiproyección de partículas - Mandil de cuero -Mascarilla antipolvo Protecciones colectivas - Extintores en el escudo y en las locomotoras - Iluminación de emergencia y de servicio - Balizas luminosas - Señales acústicas y luminosas en el escudo y en las locomotoras - Equipos de rescate.
Trabajos en la cabeza de corte. Se considerarán los trabajos bajo presión (escudo en la modalidad de equilibrado con presión de tierra) en maniobras excepcionales cuando el personal, a través de esclusas accede a la zona de la cabeza de corte, para la reposición de cortadores o labores de reparación y mantenimiento de la cabeza. Riesgos: - Aislamiento del personal en atmósfera bajo presión - Accidente laboral en atmósfera bajo presión - Incendio en atmósfera bajo presión - Gases tóxicos - Contaminantes - Fallos mecánicos - Caída en altura - Atrapamiento - Golpes por objetos	• El socorro en atmósfera bajo presión es difícil, por lo que habrá que disponer elementos de seguridad estudiados para facilitar la evacuación de los posibles accidentados. En la descompresión puede hacer frío y como habrá que cubrirse es conveniente cambiar la ropa de trabajo por una seca y limpia (en el primer escalón de descompresión). • El incendio en atmósfera bajo presión es muy peligroso (su velocidad multiplicada por 1,5), por lo que se han de prever condiciones que garanticen que durante los trabajos no se produzcan incendios. Si se tienen que hacer soldaduras, cortes o amoladuras será siempre con la autorización previa del jefe de las operaciones hiperbáricas, y controlando que para estos trabajos al lado siempre hay dos personas provistas de extintores. • El trabajo en ambiente hiperbárico requiere la formación y la preparación del personal, controlando en un libro de registro todas las reparaciones o manipulaciones que se estén realizando y también el disponer de un plan de emergencia para la evacuación o el socorro de los accidentados. • Cuando tengan que trabajar operarios en atmósfera a presión, habrá que poner una plataforma de seguridad mínima, porque si alguien cae, el socorro en hiperbarismo será difícil, esto es muy importante, bajo presión hay que organizar el medio de levantar una camilla de socorro desde abajo hasta la salida de la cámara. Seguidamente se define en el punto: Accidente laboral en condiciones bajo presión. • Efectos de la temperatura , en la descompresión puede hacer frío y hará falta cubrirse durante la misma, dependiendo de la temperatura a la que comience la compresión, por ello cuando lleguen al primer escalón de la descompresión, los operarios se cambiarán la ropa por un mono seco y limpio y se sacan los sucios en la cámara de socorro. Esta ropa limpia y seca no está al comienzo de los trabajos en la cámara de personal, sino que al final se introducen por la cámara de socorro.

Excavación de túneles con tuneladora con escudo.	
Factores de riesgo/ Riesgos	Medidas preventivas
	Protecciones individuales: - Casco de seguridad. - Botas de seguridad. - Guantes de cuero. - Mono de trabajo - Chalecos reflectantes. - Arnés de seguridad con elemento retráctil. - protectores auditivos. - Equipo autónomo de respiración. - Gafas antiproyección de partículas. - Mandil de cuero. -Mascarilla antipolvo. - Extractores de gases. Protecciones colectivas - Extintores en el escudo y en las locomotoras - Iluminación de emergencia y de servicio - Balizas luminosas - Señales acústicas y luminosas en el escudo y en las locomotoras - Equipos de rescate.

10. Equipos de protección individual

Relación orientativa de equipos de protección individual			
Riesgo / Factor de riesgo	Actividad / Tarea	Equipos de protección individual más usuales	
		Uso general	Uso específico
Caídas a distinto nivel.	Trabajos en montaje, mantenimiento, excavación		Equipo anticaída (arnés, anclajes, eslinga, conectores, etc.).
Atropellos por de vehículos/Falta de visibilidad	Trabajos nocturnos/ interior del túnel/ambiente pulvígeno	Ropa de alta visibilidad, con partes fluorescentes y retrorreflectante	En el interior de los túneles se utilizará ropa de alta visibilidad mínimo Clase 2 (UNE-EN ISO 20471. Ropa de alta visibilidad)
Caída de objetos y golpes en cabeza.	Trabajos a distintas alturas. General	Casco.	
Atropellos.	General.	Chaleco reflectante.	
Golpes, atrapamientos y cortes.	Uso herramientas de apriete, sistemas hidráulicos, etc.	Guantes contra riesgos mecánicos, botas/zapatos de seguridad con puntera y plantilla reforzada.	
Proyección de partículas.	Operadores herramientas manuales o mecánicas.		Gafas antiproyecciones.
Presencia de agua.	Tareas donde haya aparecido agua, de forma accidental o prevista.	Botas impermeables con puntera y plantilla de seguridad, ropa impermeable.	
Polvo.	Tareas de excavación, limpieza de maquinaria, cintas, etc.		Mascarilla antipolvo FFP, gafas antipolvo.
Ruido.	General.		Protector auditivo.
Estrés térmico por calor	Trabajos con poca ventilación	Ropa de protección adecuada.	
Exposición a agentes biológicos y químicos.	Trabajos con terrenos contaminados.		Protección corporal y respiratoria frente a agentes químicos / biológicos / tóxicos.
Contactos eléctricos.	Manipulación instalaciones eléctricas. Manipulación maquinaria, herramienta eléctrica.		Casco dieléctrico, guantes dieléctricos.

NOTA: aunque la ropa de trabajo no es considerada un equipo de protección individual, es esencial señalar la importancia de utilizar ropa de trabajo adecuada (camisetas con manga y pantalón largo) durante la ejecución de los trabajos en una obra de construcción.

11. Formación e información

Los trabajadores de esta actividad, incluidos los operadores de máquinas, deben acreditar capacitación y formación adecuada a la misma, y un nivel de formación en prevención de riesgos laborales adecuado a la normativa vigente y puesto de trabajo.

Si las actividades a desarrollar presentasen sistemas de trabajo o técnicas especiales, no habituales, se ha de asegurar la transmisión de la información pertinente sobre las mismas, así como de los riesgos laborales que ocasionan, a los trabajadores afectados.

La formación para operarios de trabajos en túneles, según el VI Convenio de la Construcción en su Anexo XII. Ejecución de túneles y sostenimiento de las excavaciones subterráneas y de los taludes, así como otros posibles oficios menos específicos para esta unidad deben tener el siguiente contenido:

A) Parte común.

El contenido formativo de la parte común, cuyo módulo tendrá una duración mínima de 14 horas lectivas, se esquematiza de la siguiente forma:

1. Técnicas preventivas.
 - Medios de protección colectiva.
 - Equipos de protección individual.
 - Señalización.
2. Medios auxiliares, equipos y herramientas empleados habitualmente en las obras de construcción.
3. Verificación, identificación y vigilancia del lugar del trabajo y su entorno.
 - Riesgos generales en las obras de construcción.
 - Conocimiento del entorno del lugar de trabajo. Planificación de las tareas desde un punto de vista preventivo.
 - Manipulación de productos químicos. Ficha de datos de seguridad. Simbología.
4. Interferencia entre actividades.
 - Actividades simultáneas o sucesivas.
5. Derechos y obligaciones.
 - Marco normativo general y específico.
 - Organización de la prevención de riesgos laborales.
 - Participación, información, consulta y propuestas.
6. Primeros auxilios y medidas de emergencia.

B) Parte específica.

El contenido formativo de cada una de las partes específicas, cuyo módulo tendrá una duración mínima de 6 horas lectivas, se esquematiza de la siguiente forma:

11.) *Contenido formativo específico para aparatos elevadores.*

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Tipos de máquinas y equipos, componentes principales. Grúa torre, grúa móvil autopropulsada, montacargas, maquinillo, plataformas de elevación móviles, manipuladora telescópica, etc.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto (genérica).
 - Medios auxiliares (útiles de la máquina o del equipo de trabajo).
 - Equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Estrobo de la carga.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).

15.) *Contenido formativo específico para montaje de estructuras tubulares.*

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Tipos de estructuras tubulares y sus características (andamios, torres, cimbras, apuntalamientos, etc.).
 - Procesos de montaje, desmontaje y modificación.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto.
 - Instrucciones de montaje y desmontaje.
 - Condiciones de resistencia y estabilidad (cargas admisibles, apoyos, arriostramientos, estabilizadores, etc.).
 - Medidas de seguridad frente a las condiciones meteorológicas adversas.
 - Equipos, útiles de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Dispositivos de seguridad y de protección asociados a la estructura tubular.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).

- Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento). Utilización de equipos de protección individual anticaídas.
- Manipulación manual de cargas.

20.) Contenido formativo para trabajos específicos de ejecución de túneles y sostenimiento de las excavaciones subterráneas y de los taludes.

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Técnicas de excavación (mecánicas, mineras, voladuras, etc.).
 - Tipos de terrenos. Características y comportamiento.
 - Sistemas de sostenimiento o estabilización (entibación, gunitado, bulonado, etc.).
 - Maquinaria empleada (excavadoras, tuneladoras, rozadoras, ensanchadoras, perforadoras, gunitadoras, etc.).
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto.
 - Equipos, útiles de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Mantenimiento y verificaciones de la maquinaria empleada, manual del fabricante, dispositivos de seguridad, etc.
 - Manipulación manual de cargas.
 - Características y comportamiento del terreno.
 - Sostenimiento de las excavaciones subterráneas y de los taludes.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Materiales y productos (etiquetado, fichas de datos de seguridad. Frases H y P,...).
 - Interferencias y servicios afectados (líneas aéreas, canalizaciones subterráneas, zonas colindantes, etc.).

21.) Contenido formativo específico para trabajos de cimentaciones especiales, sondeos y perforaciones.

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Cimentaciones especiales (pilotes y micropilotes, muros pantalla, anclajes, consolidaciones, inyecciones, etc.). Técnicas de ejecución.
 - Sondeos y perforaciones. Técnicas (percusión, rotación, rotopercusión, etc.).
 - Tipos de terrenos. Características y comportamiento.
 - Maquinaria empleada. Características, componentes principales y funcionamiento.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto.
 - Medios auxiliares, equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Mantenimiento y verificaciones, manual del fabricante, dispositivos de seguridad, etc.
 - Manipulación manual de cargas.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Materiales y productos (etiquetado, fichas de datos de seguridad, frases H y P,...).
 - Interferencias y servicios afectados (líneas aéreas, canalizaciones subterráneas, construcciones colindantes, etc.).

25.) Contenido formativo específico para montaje de prefabricados de hormigón en obra.

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Elementos prefabricados de hormigón. Tipos (pilares, vigas, placas, pórticos, dovelas, bóvedas, muros, paneles, etc.), características y aplicaciones (estructuras, cerramientos, etc.).
 - Procedimientos y técnicas de puesta en obra (manipulación, colocación, sujeción o unión).
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos.
 - Evaluación de riesgos del puesto.
 - Medios auxiliares, equipos de trabajo y herramientas: riesgos y medidas preventivas.
 - Manipulación manual de cargas.
 - Medios de protección colectiva (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Equipos de protección individual (colocación, usos, obligaciones y mantenimiento).
 - Materiales y productos.

27.) Trabajos de soldadura.

- 1.- Definición de los trabajos.
 - Concepto y tipos de soldadura. Fundamento y propiedades de cada uno de ellos.
 - Radiaciones, humos y gases generados durante los procesos de soldadura.
 - Equipos de soldadura. Descripción, características y manejo.
 - Proceso de oxicorte.
- 2.- Técnicas preventivas específicas.
 - Identificación de riesgos según el proceso de soldadura.
 - Aplicación del plan de seguridad y salud en la tarea concreta. Evaluación de riesgos en el caso de que no exista plan.

- Conocimiento del entorno del lugar de trabajo (presencia de productos combustibles o inflamables, ventilación de espacios confinados, medios de extinción de incendios, etc.). Planificación de las tareas desde un punto de vista preventivo.
- Medios auxiliares (andamios, plataformas, escaleras,)
- Equipos de trabajo y herramientas. Útiles de los equipos de soldadura. Riesgos y medidas preventivas.
- Protecciones colectivas (colocación, usos y obligaciones y mantenimiento).
- Protecciones individuales (colocación, usos y obligaciones y mantenimiento).

El empresario tiene que garantizar que los trabajadores que utilicen directamente los equipos de trabajo, los representantes de los trabajadores y, en su caso, supervisores y mandos reciban una formación e información adecuada sobre los riesgos derivados de la utilización de los equipos de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.