

Directores del capítulo  
*Knut Ringen, Jane L. Seegal y  
 James L. Weeks*

**Sumario**

SALUD, PREVENCIÓN Y GESTIÓN

Riesgos de salud y seguridad en el sector de la construcción  
*James L. Weeks* . . . . . 93.2

Riesgos para la salud en obras subterráneas  
*Bohuslav Málek* . . . . . 93.9

Servicios preventivos sanitarios en la construcción  
*Pekka Roto* . . . . . 93.11

Normas de seguridad y salud: la experiencia de los Países Bajos  
*Leen Akkers* . . . . . 93.13

Factores de organización que afectan a la salud y la seguridad  
*Doug J. McVittie* . . . . . 93.14

Gestión de calidad y prevención integradas  
*Rudolf Scholbeck* . . . . . 93.17

PRINCIPALES SECTORES Y SUS RIESGOS

Principales sectores  
*Jeffrey Hinksman* . . . . . 93.18

Tipos de proyectos y sus riesgos asociados  
*Jeffrey Hinksman* . . . . . 93.25

Zanjas  
*Jack L. Mickle* . . . . . 93.34

HERRAMIENTAS, MAQUINAS Y MATERIALES

Herramientas  
*Scott P. Schneider* . . . . . 93.37

Equipos, máquinas y materiales  
*Hans Göran Linder* . . . . . 93.39

Grúas  
*Francis Hardy* . . . . . 93.44

Ascensores, escaleras mecánicas y elevadores  
*J. Staal y John Quackenbush* . . . . . 93.45

Cemento y hormigón  
*L. Prodan y G. Bachofen* . . . . . 93.50

Estudios de casos: Prevención de las dermatosis profesionales entre los trabajadores expuestos al polvo de cemento  
*Pekka Roto* . . . . . 93.54

Asfalto  
*John Finklea* . . . . . 93.56

Grava  
*James L. Weeks* . . . . . 93.58

## ● RIESGOS DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

James L. Weeks

Los trabajadores de la construcción construyen, reparan, mantienen, restauran, reforman y derriban casas, edificios de oficinas, templos, fábricas, hospitales, carreteras, puentes, túneles, estadios, puertos, aeropuertos, etc. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) clasifica dentro del sector de la construcción a aquellas empresas públicas y privadas que erigen edificios para viviendas o para fines comerciales e infraestructuras como carreteras, puentes, túneles, presas y aeropuertos. En Estados Unidos y en algunos otros países, los trabajadores de la construcción también se encargan de la limpieza de vertederos de residuos peligrosos.

La proporción que representa la construcción en el producto interior bruto en los países industrializados varía ampliamente. Representa alrededor del 4 % del PIB en Estados Unidos, el 6,5 % en Alemania y el 17 % en Japón. En la mayoría de los países, las empresas tienen relativamente pocos empleados a jornada completa. Existen muchas empresas especializadas en sus respectivos oficios —electricidad, fontanería o soladores, por ejemplo— que trabajan como subcontratistas.

### Los trabajadores de la construcción

Gran parte de los trabajadores de la construcción son trabajadores no cualificados; otros están clasificados en alguno de los diversos oficios especializados (véase la Tabla 93.1). Los obreros de la construcción engloban del 5 al 10 % de la población activa

Tabla 93.1 • Diversas profesiones de la construcción.

Caldereros
Albañiles, hormigonadores, mamposteros
Carpinteros
Electricistas
Ascensoristas
Cristaleros
Trabajadores de limpieza de materias peligrosas (amianto, plomo, vertidos tóxicos)
Soladores (inclusive de terrazo) y colocadores de moquetas
Colocadores de cartón-yeso (paredes y placas de techo)
Instaladores de aislamientos (mecánicos y de suelos, paredes y techos)
Ferrallistas (refuerzos y estructuras)
Peones
Trabajadores de mantenimiento
Mecánicos
Maquinistas (conductores de grúas y operarios de mantenimiento de maquinaria pesada)
Pintores, yeseros y empapeladores
Fontaneros y plomeros
Techadores
Planchistas
Excavadores de túneles

de los países industrializados. En todo el mundo, más del 90 % de los trabajadores de la construcción pertenecen al sexo masculino. En algunos países en vías de desarrollo, la proporción de mujeres es mayor, y suelen concentrarse en trabajos no cualificados. En algunos países, el trabajo se deja a los inmigrantes, y en otros, el sector proporciona empleo relativamente bien pagado y una vía hacia la seguridad económica. Para muchos, el trabajo no cualificado en la construcción constituye la puerta de acceso a la masa laboral asalariada en la construcción o en otros sectores.

### Organización del trabajo e inestabilidad laboral

Los proyectos de construcción, en especial los de gran magnitud, son complejos y dinámicos. En una obra pueden trabajar varias empresas a la vez, y el elenco de contratistas varía con las fases del proyecto; por ejemplo, el contratista general estará presente durante toda la obra, los contratistas de la excavación al principio de la misma, luego vendrán los carpinteros, electricistas y fontaneros, seguidos de los soladores, pintores y paisajistas. Y, a medida que se desarrolla el trabajo —cuando se elevan las paredes de un edificio, con los cambios de tiempo o al avanzar un túnel— las condiciones ambientales, como la ventilación o la temperatura, también varían.

Los trabajadores de la construcción suelen contratarse para cada proyecto y pueden pasar solamente unas pocas semanas o meses en un proyecto determinado. De ello se derivan ciertas consecuencias tanto para los trabajadores como para los proyectos. Los trabajadores se ven obligados a establecer una y otra vez relaciones productivas y seguras con otros trabajadores a los que tal vez no conocen, y ello puede afectar a la seguridad en la obra. En el curso de un año, los trabajadores de la construcción pueden haber tenido varios patronos y un empleo tan sólo parcial. Pueden llegar a alcanzar una media de 1.500 horas de trabajo al año, mientras que los trabajadores de las fábricas, por ejemplo, es más probable que trabajen regularmente semanas de 40 horas y 2.000 horas al año. Para recuperar el tiempo inactivo, muchos trabajadores de la construcción tienen otros trabajos —y están expuestos a otros riesgos de salud o seguridad— ajenos a la construcción.

Para un proyecto particular, es frecuente el cambio del número de trabajadores y de la composición de la mano de obra. Este cambio es el resultado tanto de la necesidad de diferentes oficios especializados en las diferentes fases del proyecto como de la alta rotación de los trabajadores, en especial de los no cualificados. En un momento determinado, un proyecto puede incluir una gran proporción de trabajadores sin experiencia, y eventuales que no dominan el idioma común. Aunque el trabajo de la construcción se realiza a menudo por equipos, es difícil desarrollar un trabajo de equipo seguro y eficiente en tales condiciones.

Igual que la mano de obra, el mundo de los contratistas de la construcción también se caracteriza por una alta rotación y consiste principalmente en empresas pequeñas. De los 1,9 millones de contratistas de la construcción de Estados Unidos que figuraban en el censo de 1990, solamente el 28 % tenía *algún* empleado a jornada completa. Sólo 136.000 (7 %) tenían 10 empleados o más. El grado de participación de los contratistas en organizaciones patronales varía según el país. En Estados Unidos solamente participan entre un 10 y un 15 % de los contratistas; en algunos países europeos, la proporción es mayor, pero engloba menos de la mitad de los contratistas. Ello dificulta la labor de identificar a los contratistas e informarles de

sus derechos y responsabilidades de acuerdo con las leyes y reglamentos relativos a la salud y seguridad u otras cuestiones.

Como en otros sectores, una proporción creciente de contratistas de Estados Unidos y de Europa está formada por trabajadores individuales empleados como autónomos por contratistas generales y subcontratistas que contratan trabajadores. De ordinario, un contratista general no se hace cargo de los gastos sociales como el seguro de enfermedad, el seguro de accidentes, de desempleo, de pensiones, etc. de sus subcontratistas. Tampoco tienen los contratistas generales ninguna obligación con los subcontratistas con respecto a las normas de seguridad y salud; éstas solo cubren los derechos y responsabilidades en relación con sus propios trabajadores. Este sistema proporciona cierta independencia a los individuos que contratan para sus servicios, pero a cambio de suprimir una amplia gama de beneficios. También libera al contratista de la obligación de asegurar a los individuos que son contratistas. Este sistema privado subvierte la política pública y ha sido contestado con éxito en los tribunales, pero continúa existiendo y puede llegar a ser más que un problema para la salud y seguridad de los trabajadores de la obra, independientemente de sus relaciones laborales. La Estadística del US Bureau of Labor (BLS) estima que el 9 % de la población laboral de Estados Unidos es autónoma, pero en la construcción el 25 % de los trabajadores son contratistas independientes autónomos.

### Riesgos para la salud en las obras de construcción

Los trabajadores de la construcción se encuentran expuestos en su trabajo a una gran variedad de riesgos para la salud. La exposición varía de oficio en oficio, de obra a obra, cada día, incluso cada hora. La exposición a cualquier riesgo suele ser intermitente y de corta duración, pero es probable que se repita. Un/a trabajador/a puede no sólo toparse con los *riesgos primarios* de su propio trabajo, sino que también puede exponerse como *observador pasivo* a los riesgos generados por quienes trabajan en su proximidad o en su radio de influencia. Este modelo de exposición es una de las consecuencias de tener muchos patronos con trabajos de duración relativamente corta y de trabajar al lado de trabajadores de otros oficios que generan otros riesgos. La gravedad de cada riesgo depende de la concentración y duración de la exposición para un determinado trabajo. Las exposiciones pasivas se pueden prever de un modo aproximado si se conoce el oficio de los trabajadores próximos.

Los riesgos a que están expuestos los trabajadores de determinados oficios se relacionan en la Tabla 93.2.

### Riesgos de la construcción

Al igual que en otros trabajos, los riesgos de los trabajadores de la construcción suelen ser de cuatro clases: químicos, físicos, biológicos y sociales.

#### Riesgos químicos

A menudo, los riesgos químicos se transmiten por el aire y pueden presentarse en forma de polvos, humos, nieblas, vapores o gases; siendo así, la exposición suele producirse por inhalación, aunque ciertos riesgos portados por el aire pueden fijarse y ser absorbidos a través de la piel indemne (p. ej., pesticidas y algunos disolventes orgánicos). Los riesgos químicos también se presentan en estado líquido o semilíquido (p. ej., pegamentos o adhesivos, alquitrán) o en forma de polvo (cemento seco). El contacto de la piel con las sustancias químicas en este estado puede producirse adicionalmente a la posible inhalación del vapor, dando lugar a una intoxicación sistémica o una dermatitis por contacto. Las sustancias químicas también pueden ingerirse con los alimentos o con el agua, o pueden ser inhaladas al fumar.

Varias enfermedades se han asociado a los oficios de la construcción, entre ellas:

- silicosis entre los aplicadores del chorros de arena, excavadores en túneles y barreneros
- asbestosis (y otras enfermedades causadas por el amianto) entre los aplicadores de aislamientos con amianto, instaladores de sistemas de vapor, trabajadores de demolición de edificios y otros.
- bronquitis entre los soldadores
- alergias cutáneas entre los albañiles y otros que trabajan con cemento
- trastornos neurológicos entre los pintores y otros oficios expuestos a los disolventes orgánicos y al plomo.

Se han encontrado tasas de mortalidad elevadas por cáncer de pulmón y del aparato respiratorio entre los manipuladores de aislamientos con amianto, los techadores, los soldadores y algunos trabajadores de la madera. La intoxicación por plomo se produce entre los restauradores de puentes y los pintores, y la fatiga por calor (debido al uso de trajes de protección de cuerpo entero) entre los que limpian los vertederos de basuras y los techadores. La enfermedad de los dedos blancos (síndrome de Raynaud) aparece entre algunos operadores de martillos neumáticos y otros trabajadores que manejan perforadoras que producen vibraciones (p. ej., las perforadoras usadas en la excavación de túneles).

El alcoholismo y otras enfermedades relacionadas con el alcohol son más frecuentes de lo que cabría esperar entre los trabajadores de la construcción. No se han identificado causas laborales específicas, pero es posible que ello guarde relación con el estrés originado por la falta de control sobre las posibilidades de empleo, las fuertes exigencias del trabajo, o el aislamiento social debido a unas relaciones laborales inestables.

#### Riesgos físicos

Los riesgos físicos se encuentran presentes en todo proyecto de construcción. Entre ellos se incluyen el ruido, el calor y el frío, las radiaciones, las vibraciones y la presión barométrica. A menudo, el trabajo de la construcción se desarrolla en presencia de calores o fríos extremos, con tiempo ventoso, lluvioso, con nieve, niebla o de noche. También se pueden encontrar radiaciones ionizantes y no ionizantes, y presiones barométricas extremas.

La maquinaria que ha transformado la construcción en una actividad cada vez más mecanizada, también la ha hecho mucho más ruidosa. El ruido proviene de motores de todo tipo (vehículos, compresores neumáticos y grúas), cabrestantes, pistolas de remaches, de clavos, para pintar, martillos neumáticos, sierras mecánicas, lijadoras, buriladoras, aplanadoras, explosivos, etc. El ruido está presente en los proyectos de demolición por la misma naturaleza de su actividad. Afecta no sólo al operario que maneja una máquina que hace ruido, sino también a todos los que se encuentran cerca y, no sólo causa pérdida de audición producida por el ruido, sino que enmascara otros sonidos que son importantes para la comunicación y la seguridad.

Los martillos neumáticos, muchas herramientas de mano y la maquinaria de movimiento de tierras y otras grandes máquinas móviles también someten a los trabajadores a vibraciones en todo el cuerpo o en una parte del mismo.

Los riesgos derivados del calor o del frío surgen, en primer lugar, porque gran parte del trabajo de construcción se desarrolla a la intemperie, que es el principal origen de este tipo de riesgos. Los techadores están expuestos al sol, a menudo sin ninguna protección, y muchas veces han de calentar recipientes de alquitrán, recibiendo, por ello, fuertes cargas de calor por radiación y por convección que se añaden al calor metabólico producido por el esfuerzo físico. Los operadores de maquinaria

Tabla 93.2 • Riesgos primarios en oficios especializados de construcción.

Cada oficio aparece incluido en la lista con la indicación de los riesgos primarios a los que un trabajador de ese oficio se puede ver expuesto. La exposición puede afectar por igual a los supervisores y a los trabajadores. No aparecen en la relación los riesgos comunes a casi todos los subsectores de la construcción — el calor, los factores de riesgo causantes de trastornos musculoesqueléticos o la fatiga —.

La clasificación de oficios de la construcción recogida aquí equivale a la adoptada en Estados Unidos. Incluye los oficios de la construcción de acuerdo con la clasificación establecida en el sistema de Clasificación Normalizada de Profesiones desarrollado por el Departamento de Comercio de Estados Unidos. Este sistema clasifica los oficios de acuerdo con las principales cualificaciones que implican.

Profesiones	Riesgos
Albañiles	Dermatitis del cemento, posturas inadecuadas, cargas pesadas
Canteros	Dermatitis del cemento, posturas inadecuadas, cargas pesadas
Soldadores y alicatadores	Vapores de las pastas de adherencia, dermatitis, posturas inadecuadas
Carpinteros	Serrín, cargas pesadas, movimientos repetitivos
Colocadores de cartón-yeso	Polvo de yeso, caminar sobre zancos, cargas pesadas, posturas inadecuadas
Electricistas	Metales pesados de los humos de la soldadura, posturas inadecuadas, cargas pesadas, polvo de amianto
Instaladores y reparadores de líneas eléctricas	Metales pesados de los humos de la soldadura, cargas pesadas, polvo de amianto
Pintores	Emanaciones de disolventes, metales tóxicos de los pigmentos, aditivos de las pinturas
Empapeladores	Vapores de la cola, posturas inadecuadas
Revocadores	Dermatitis, posturas inadecuadas
Fontaneros	Emanaciones y partículas de plomo, humos de la soldadura
Plomeros	Emanaciones y partículas de plomo, humos de la soldadura, polvo de amianto
Montadores de calderas de vapor	Humos de soldadura, polvo de amianto
Colocadores de moqueta	Lesiones en las rodillas, posturas inadecuadas, pegamentos y sus emanaciones
Colocadores de revestimientos flexibles	Agentes adhesivos
Pulidores de hormigón y terrazo	Posturas inadecuadas
Cristaleros	Posturas inadecuadas
Colocadores de aislamientos	Amianto, fibras sintéticas, posturas inadecuadas
Maquinistas de pavimentadoras, niveladoras y apisonadoras	Emanaciones del asfalto, humos de los motores de gasolina y gasóleo, calor
Operadores de maquinaria de colocación de vías férreas	Polvo de sílice, calor
Techadores	Alquitrán, calor, trabajo en altura
Colocadores de conductos de acero	Posturas inadecuadas, cargas pesadas, ruido
Montadores de estructuras metálicas	Posturas inadecuadas, cargas pesadas, trabajo en altura
Soldadores (eléctrica)	Emanaciones de la soldadura
Soldadores (autógena)	Emanaciones metálicas, plomo, cadmio
Barreneros, en tierra, en roca	Polvo de sílice, vibraciones en todo el cuerpo, ruido
Operarios de martillos neumáticos	Ruido, vibraciones en todo el cuerpo, polvo de sílice
Maquinistas de hincadoras de pilotes	Ruido, vibraciones en todo el cuerpo
Maquinistas de tornos y montacargas	Ruido, aceite de engrase
Gruistas (grúas torre y automóviles)	Fatiga, aislamiento
Operadores de maquinaria de excavación y carga	Polvo de sílice, histoplasmosis, vibraciones en todo el cuerpo, fatiga por calor, ruido
Operadores de motoniveladoras, bulldozers y traíllas	Polvo de sílice, vibraciones en todo el cuerpo, calor, ruido
Trabajadores de construcción de carreteras y calles	Emanaciones asfálticas, calor, humos de motores de gasóleo
Conductores de camión y tractoristas	Vibraciones en todo el cuerpo, humos de los motores de gasóleo
Trabajadores de demoliciones	Amianto, plomo, polvo, ruido
Trabajadores que manipulan residuos tóxicos	Calor, fatiga

Figura 93.1 • Trabajador portando una carga sin ropa ni equipo de trabajo adecuados.



pesada pueden permanecer sentados junto a un motor caliente y trabajar en una cabina cerrada con ventanas y sin ventilación. Los que trabajan en una cabina abierta sin techo carecen de protección contra el sol. Los trabajadores con trajes protectores, como los que se necesitan para la retirada de residuos peligrosos, pueden generar calor metabólico por el esfuerzo físico y obtener escaso alivio por estar embutidos en un traje hermético al aire. También contribuyen a la fatiga térmica la falta de agua o de sombra. Igualmente, los operarios de la construcción pueden trabajar en condiciones de frío extremado durante el invierno, con peligro de congelación e hipotermia y riesgo de resbalar sobre el hielo.

Las fuentes principales de las radiaciones ultravioletas (UV) no ionizantes son el sol y la soldadura por arco eléctrico. La exposición a la radiación ionizante es menos corriente, pero se puede producir durante el examen de soldaduras con rayos X, o también al manejar caudalímetros a base de isótopos radiactivos. Los rayos láser se utilizan cada vez más y pueden causar lesiones, en especial en los ojos, si uno se interpone en la trayectoria del rayo.

Los que trabajan bajo el agua o en túneles presurizados, en cajones de aire comprimido y de buzos están expuestos a una alta presión barométrica. Estos trabajadores corren el riesgo de desarrollar una serie de condiciones asociadas con una presión alta: mal de descompresión, estado de estupefacción por gas inerte, necrosis ósea aséptica y otros trastornos.

Entre las lesiones más comunes de los trabajadores de la construcción figuran las roturas y los esguinces. Estos y muchos trastornos musculoesqueléticos (como tendinitis, síndrome del túnel carpal y lumbalgias) pueden ser el resultado de una lesión traumática, de movimientos forzados repetitivos, de posturas

inadecuadas o de esfuerzos violentos (véase la Figura 93.1). Las caídas debidas posiciones inestables, huecos sin protección y resbalones en andamios (véase la Figura 93.2) y escaleras son muy corrientes.

### **Riesgos biológicos**

Los riesgos biológicos se presentan por exposición a microorganismos infecciosos, a sustancias tóxicas de origen biológico o por ataques de animales. Por ejemplo, los trabajadores en excavaciones pueden desarrollar histoplasmosis, que es una infección pulmonar causada por un hongo que se encuentra comúnmente en el terreno.

Dado que el cambio de composición de la mano de obra en cualquier proyecto es constante, los trabajadores individuales puede entrar en contacto con otros y, de resultas de ello, pueden contraer enfermedades contagiosas —gripe o tuberculosis, por ejemplo—. Los trabajadores también pueden estar expuestos al riesgo de contraer la malaria, fiebre amarilla o la enfermedad de Lyme si el trabajo se desarrolla en zonas en la que estos organismos y los insectos portadores son frecuentes.

Las sustancias tóxicas de origen vegetal provienen de la hiedra venenosa, arbustos venenosos, zumaque y ortigas venenosas, que causan sarpullidos en la piel. El serrín de algunas maderas puede producir cáncer, y existen otras (p. ej., la del cedro rojo occidental) que causan alergias.

Los ataques por animales son raros, pero se pueden producir cuando un proyecto de construcción les causa molestias o invade su hábitat. Aquí se pueden incluir las avispas, abejorros, hormigas rojas, serpientes y muchos otros. Los trabajadores bajo

Figura 93.2 • Andamio inseguro en Katmandú, Nepal, 1974.



Jane Seegal

el agua pueden sufrir el riesgo de ataques por tiburones y otras especies de peces.

### **Riesgos sociales**

Los riesgos sociales provienen de la organización social del sector. La ocupación es intermitente y cambia constantemente, y el control sobre muchos aspectos del empleo es limitado, ya que la actividad de la construcción depende de muchos factores sobre los cuales los trabajadores no tienen control, tales como el estado de la economía o el clima. A causa de los mismos, pueden sufrir una intensa presión para ser más productivos. Debido a que la mano de obra cambia continuamente, y con ella los horarios y la ubicación de los trabajos, y también porque muchos proyectos exigen vivir en campamentos lejos del hogar y de la familia, los trabajadores de la construcción pueden carecer de redes estables y fiables que les proporcionen apoyo social. Ciertas características del trabajo de la construcción, como las pesadas cargas de trabajo, un control y apoyo social limitados son los factores más asociados con el estrés en otras industrias. Estos riesgos no son exclusivos de ningún oficio, pero son comunes a todos los trabajadores de la construcción en una u otra forma.

### **Evaluación de la exposición**

Para evaluar la exposición, tanto primaria como pasiva, se requiere conocer las tareas que se realizan y la composición de los ingredientes y de los subproductos asociados con cada trabajo o tarea. Generalmente, este conocimiento existe en alguna parte (p. ej., hojas de datos de seguridad de los materiales, las HDSM), pero puede no estar disponible en obra. Gracias al continuo desarrollo de la tecnología de las comunicaciones y la informática, es relativamente fácil obtener tal información y ponerla al alcance de todos.

### **Control de los riesgos laborales**

La medición y evaluación de la exposición a los riesgos laborales requiere tener en cuenta el modo peculiar en que se produce la exposición de estos trabajadores. Las mediciones y los límites de exposición en la higiene industrial convencional se basan en promedios de jornadas de 8 horas. Pero dado que las exposiciones en la construcción son habitualmente breves, intermitentes, variadas pero de probable repetición, tal tipo de mediciones y límites de exposición no son tan útiles como en otros trabajos. La medición de la exposición puede basarse en tareas mejor que en turnos de trabajo. De acuerdo con este enfoque, se pueden identificar tareas distintas y los riesgos característicos de cada una de ellas. Una tarea es una actividad limitada, como la soldadura, el lijado de cartón-yeso, la pintura, la instalación de fontanería, etc. Si las exposiciones se caracterizan por tareas, deberá ser posible desarrollar un perfil de exposición para un trabajador individual con conocimiento de las tareas que realicen o que se realicen tan próximas a él que puedan provocar una exposición. A medida que aumenta el conocimiento de la exposición basada en las tareas, es posible desarrollar controles basados en las mismas.

La exposición varía con la concentración del riesgo y la frecuencia y duración de la tarea. Como enfoque general del control de riesgos, es posible reducir la exposición reduciendo la concentración o la duración o frecuencia de la tarea. Dado que la exposición en la construcción es intermitente de por sí, los controles administrativos que se basan en reducir la frecuencia o la duración de la exposición son menos prácticos que en otras industrias. Por consiguiente, la manera más eficaz de reducir la exposición consiste en reducir la concentración de riesgos. Otros aspectos importantes del control de la exposición incluyen la disponibilidad de instalaciones sanitarias y de comedor, y la educación y formación.

### **Reducción de la concentración de la exposición**

Para reducir la concentración de la exposición conviene considerar la fuente, el entorno en que se produce un riesgo y los trabajadores expuestos al mismo. Como regla general, cuanto más próximos a la fuente sean los controles, más eficaces serán y mejor resultado darán. Tres son los tipos de controles que se pueden utilizar para reducir la concentración de los riesgos en el trabajo. Estos son, siguiendo el orden de mayor a menor eficacia:

- controles de ingeniería en la fuente
- controles medioambientales que eliminan el riesgo del entorno
- protecciones personales facilitadas al trabajador

#### **Controles de ingeniería**

Los riesgos se originan en una fuente. La manera más eficiente de proteger a los trabajadores de los riesgos es cambiar la fuente primaria con algún cambio tecnológico. Por ejemplo, una sustancia más peligrosa puede ser sustituida por una menos peligrosa. El amianto puede ser sustituido por fibras de vidrio sintéticas no inspirables, y los disolventes orgánicos de las pinturas pueden ser sustituidos por agua. De igual modo, abrasivos sin sílice pueden reemplazar a la arena en el decapado abrasivo (también denominado chorreo de arena). O se puede cambiar a fondo un proceso, tal como sustituir los martillos neumáticos por martillos de impacto que originan menos ruido y vibraciones. Si al serrar o al taladrar se genera polvo, partículas o ruidos, estos procesos se pueden realizar cortando con cizallas o mediante punzonamiento. Las mejoras tecnológicas reducen los riesgos de algunos problemas musculoesqueléticos y otros problemas de salud. Muchos de los cambios son sencillos, por ejemplo, un destornillador a dos manos con un mango más largo aumenta el par de torsión en el objeto y reduce la fatiga en las muñecas.

#### **Controles medioambientales**

Los controles medioambientales se utilizan para eliminar una sustancia peligrosa del entorno, si es portada por el aire, o para protegerse de la fuente, si se trata de un riesgo físico. En un trabajo determinado se puede usar un sistema extractor local (SEL) a base de una campana y un conducto de ventilación para recoger los humos, vapores o el polvo. Sin embargo, puesto que la ubicación de las tareas que emiten materiales tóxicos es variable, y como la estructura también cambia, cualquier SEL tendrá que ser móvil y flexible para adaptarlo a esos cambios. Colectores de polvo con ventiladores y filtros montados sobre ruedas, fuentes de energía autónomas, conductos flexibles y suministros de agua móviles se han utilizado en muchas obras para asegurar la extracción en una serie de procesos generadores de riesgos.

Un método sencillo y eficaz de controlar la exposición a riesgos físicos por radiaciones (ruido, radiación ultravioleta (UV) por soldadura al arco, radiación infrarroja (IR), calor irradiado por objetos calientes) consiste en protegerse de ellos con algún material adecuado. Las planchas de contrachapado protegen de las radiaciones IR y UV, y un material fonorreflexante o fonorreflectante proporcionará cierta protección de las fuentes de ruido.

Las fuentes principales de fatiga por calor son el clima y el trabajo físico. Los efectos adversos de la fatiga térmica pueden evitarse mediante reducciones de la carga de trabajo, provisión de agua y pausas adecuadas a la sombra y, tal vez, trabajando de noche.

#### **Protección individual**

Cuando los controles de ingeniería o los cambios de prácticas de trabajo no bastan para proteger a los trabajadores adecuadamente, éstos pueden necesitar un equipo de protección individual (EPI) (véase la Figura 93.3). Para que tal equipo sea eficaz, los trabajadores deberán ser instruidos en su uso, y el equipo

Figura 93.3 • Trabajador de la construcción en Nairobi, Kenya, sin casco ni calzado de protección.



debe acoplarse perfectamente, y asimismo ha de ser revisado y mantenido en buen estado. Además, si otras personas que están en la proximidad pueden estar expuestas al riesgo, deben ser protegidas o se debe impedir su acceso a la zona.

El uso de ciertos equipos personales puede originar problemas. Por ejemplo, los trabajadores de la construcción, a menudo, trabajan en equipo y por ello tienen que comunicarse entre sí, pero el empleo de máscaras respiratorias dificulta la comunicación. El uso de ropa protectora de cuerpo entero puede contribuir a la fatiga por calor, por su pesadez y por no permitir la disipación del calor corporal.

La posesión de equipos de protección sin conocer sus limitaciones también puede crear la ilusión en los trabajadores o en las empresas de que los trabajadores están protegidos cuando la realidad es que, en ciertas condiciones de exposición, no lo están. Por ejemplo, corrientemente no hay guantes que protejan más de 2 horas contra el cloruro de metileno, un ingrediente común para arrancar pinturas. Tampoco hay suficientes datos acerca de la protección que los guantes ofrecen contra mezclas de disolventes como las que contienen a la vez acetona y tolueno o metanol y xileno. El nivel de protección depende de la forma de utilización del guante. Además, los guantes suelen ensayarse con una sola sustancia química a la vez, y raramente durante más de 8 horas.

#### **Instalaciones sanitarias y comedores**

La falta de instalaciones sanitarias y comedores también puede contribuir al aumento de las exposiciones. A menudo, los trabajadores no se pueden lavar antes de las comidas y tienen que comer en el tajo, lo que significa que, inadvertidamente, pueden ingerir sustancias tóxicas que transmiten de sus manos a la comida o a los cigarrillos. La falta de vestuarios en una obra puede ocasionar el traslado de las sustancias contaminantes desde la obra al hogar del trabajador.

## **Lesiones y enfermedades en la construcción**

### **Lesiones mortales**

Dado que la construcción comprende una gran proporción de la población activa, las muertes en la construcción también afectan a una población considerable. En Estados Unidos, por ejemplo, la construcción representa del 5 al 6 % de la población activa, pero da cuenta del 15 % de muertes laborales, más que cualquier otro sector. El sector de la construcción en Japón representa el 10 % de la población activa, pero es responsable del 42 % de muertes por causas laborales; en Suecia, las cifras son el 6 % y el 13 %, respectivamente.

Las lesiones mortales más comunes en Estados Unidos se deben a caídas (30 %), accidentes de tráfico (26 %), contacto con objetos o maquinaria (p. ej., ser golpeado por un objeto, o resultar atrapado por maquinaria o materiales) (19 %) y exposición a sustancias dañinas (18 %), la mayoría de las cuales (75 %) son electrocuciones por contacto con cables eléctricos, tendidos eléctricos, maquinaria o herramientas con motor eléctrico. Estos cuatro tipos de sucesos son los responsables de la casi totalidad (93 %) de las lesiones mortales registradas entre trabajadores de la construcción en Estados Unidos (Pollack et al. 1996).

Por oficios, en Estados Unidos, la proporción de lesiones mortales más elevada se da entre los trabajadores de carpintería metálica (118 muertes por 100.000 jornadas completas de trabajo para 1992-1993, frente a 17 por 100.000 en el resto de oficios juntos) y de ellas el 70 % de las muertes de trabajadores de carpintería metálica se debió a caídas. Entre los peones se experimentó el mayor número de muertes, con un promedio anual de unas 200. En términos generales, la proporción de muertes fue mayor entre los trabajadores de 55 años o más. La proporción de muertes por tipo de suceso varió según el oficio. Entre los supervisores, las caídas y los accidentes de tráfico causaron el 60 % del total. Entre los carpinteros, pintores, techadores y carpinteros metálicos, las más comunes fueron las caídas, representando el 50, 55, 70 y 69 % de la mortalidad en estos oficios, respectivamente. Entre los ingenieros de mantenimiento y los maquinistas de excavadoras, la causa más común la constituyeron los accidentes de tráfico, que originaron el 48 y 65 % de las muertes en esos oficios, respectivamente. La mayoría de ellos estaban asociados con los camiones volquete. Las muertes por zanjas con pendientes insuficientes o mal apuntaladas siguen siendo una causa de mortalidad importante (McVittie 1995). Los riesgos primarios en los oficios especializados se relacionan en la Tabla 93.2.

Un estudio efectuado entre los trabajadores de la construcción suecos no mostró una tasa de mortalidad general elevada relacionada con el trabajo, pero mostró altas tasas de mortalidad por condiciones específicas (véase la Tabla 93.3).

### **Lesiones causantes de pérdidas de tiempo o incapacidades**

En Estados Unidos y Canadá, las causas más comunes de lesiones con pérdida de jornadas de trabajo son los esfuerzos violentos; golpes recibidos por objetos; las caídas a un nivel inferior, y los resbalones, traspies y caídas en el mismo nivel. La categoría de lesión más corriente la constituyen las roturas y esguinces, algunos de los cuales son el origen de dolores y afecciones crónicas. Las actividades más asociadas con lesiones con pérdida de jornadas son el manejo y colocación manuales de materiales (p. ej., colocación de tabiquería seca, tuberías o conductos de ventilación). Los accidentes por desplazamientos (andar, subir, descender) son también comunes. La causa subyacente de muchas de estas lesiones es la falta de limpieza. Muchos resbalones, traspies y caídas son causados por andar por encima de los escombros de la construcción.

Tabla 93.3 • Profesiones de la construcción con índices de mortalidad (SMR) e índices de incidencia (SIR) significativamente superiores a los normales por causas diversas.

Profesión	SMR significativamente superior	SIR significativamente superior
Albañiles	—	Tumor peritoneal
Hormigonadores	Todas las causas,* todos los tipos de cáncer,* cáncer de estómago, muerte violenta,* caídas accidentales	Cáncer de labios, cáncer de laringe y estómago,* a cáncer de pulmón
Gruístas	Muerte violenta*	—
Conductores	Todas las causas,* cardiovasculares*	Cáncer de labios
Colocadores de aislamientos	Todas las causas,* cáncer de pulmón, neumociosis, muerte violenta*	Tumor peritoneal, cáncer de pulmón
Maquinistas	Cardiovasculares,* otros accidentes	—
Fontaneros	Todos los tipos de cáncer,* cáncer de pulmón, neumoconiosis	Todos los tipos de cáncer, tumor pleural, cáncer de pulmón
Canteros	Todas las causas,* cardiovasculares,*	—
Planchistas	Todos los tipos de cáncer,* cáncer de pulmón, caídas accidentales	Todos los tipos de cáncer, cáncer de pulmón
Ebanistas/carpinteros	—	Cáncer de nariz y del seno nasal

\* Los cánceres o causas de muerte son significativamente más numerosos que en las demás profesiones combinadas. "Otros accidentes" incluye las lesiones laborales típicas.

a. El riesgo relativo de contraer cáncer de laringe entre los hormigonadores, comparado con el de los carpinteros, es 3 veces mayor.

b. El riesgo relativo de contraer cáncer de pulmón entre los hormigonadores, comparado con el de los carpinteros, es casi el doble.

Fuente: Engholm y Englund 1995.

### Coste de las lesiones y enfermedades

Las lesiones y enfermedades laborales en la construcción son muy costosas.

Las estimaciones del coste de las lesiones en la construcción en Estados Unidos oscilan entre 10 y 40 millardos de dólares anuales (Meridian Research 1994); tomando un valor medio de 20 millardos, el coste por trabajador de la construcción ascendería a 3.500 dólares al año. A mediados de 1994, las indemnizaciones pagadas a los trabajadores de tres oficios —carpinteros, albañiles y trabajadores de carpintería metálica— representaron una media del 28,6 % de las nóminas, en todo el país (Powers 1994). Las primas del seguro varían mucho según la especialidad y la jurisdicción. El coste medio de las primas es varias veces más elevado que en la mayoría de los países industrializados, en los que las primas del seguro de accidentes de los trabajadores oscilan del 3 al 6 % de la nómina. Además del seguro de accidentes, existen las primas del seguro de responsabilidad civil y otros costes indirectos, incluyendo la pérdida de rendimiento de los equipos de trabajo, la limpieza (de un desprendimiento de tierras, de un hundimiento, por ejemplo) o

las horas extraordinarias ocasionadas por una lesión. Estos costes indirectos pueden representar varias veces el importe de la indemnización por accidente pagada a los trabajadores.

### Gestión para un trabajo seguro en la construcción

Los programas de seguridad efectivos tienen varios rasgos comunes, que se manifiestan en el conjunto de la organización, desde los cargos más altos de un contratista general hasta los directores de proyecto, supervisores, representantes sindicales y trabajadores a pie de obra. Los códigos de práctica se llevan a cabo y se evalúan a conciencia. Se calculan los costes de enfermedad y lesiones y se mide el rendimiento; los que cumplen son recompensados, los que no, son penalizados. La seguridad es parte integrante de los contratos y los subcontratos. Todo el mundo, sin excepción —gerentes, supervisores y trabajadores— recibe la formación pertinente, general, específica para la obra y el reciclaje que pueda ser necesario. Los trabajadores inexpertos reciben formación en la obra a cargo de los trabajadores veteranos. En los proyectos en que se ponen en práctica estas medidas, los índices de lesiones son notablemente inferiores a los de otros centros similares.

### Prevención de accidentes y lesiones

Las empresas del sector que presentan los índices de lesiones más bajos tienen varias características en común: una *declaración de principios* claramente definida que es seguida por toda la organización, desde la alta dirección hasta el último escalón en obra. Esta declaración hace referencia a un código específico de actuación que describe detalladamente los riesgos y los controles pertinentes a las ocupaciones y trabajos en la obra. *La asignación de responsabilidades* es clara y se establecen los niveles de cumplimiento. Se investiga el incumplimiento de estos niveles y se imponen las sanciones pertinentes. Por el contrario, el cumplimiento o mejora de los mismos son premiados. Se emplea un *sistema de contabilidad* que refleja los costes de cada lesión o accidente y las ventajas económicas de la prevención de lesiones. *Los empleados o sus representantes participan* en el establecimiento y la administración de un programa de prevención de lesiones. Esta implicación a menudo cristaliza en la formación de un *comité conjunto de trabajadores y mandos*. *Se realizan reconocimientos médicos para determinar la aptitud de los trabajadores para las tareas y obligaciones que tienen asignadas*. Estos reconocimientos se realizan cuando el trabajador se incorpora al trabajo por primera vez y cuando se reincorpora después de una ausencia por lesión, enfermedad u otra causa.

*Se identifican, analizan y controlan los riesgos* con arreglo a las distintas categorías, que se tratarán en otros apartados de este capítulo. Se realizan inspecciones de toda la obra de modo regular y se registran los resultados. Se revisa el equipo para cerciorarse de su manejo seguro (frenos de los vehículos, alarmas, protecciones, etc.). Los riesgos de lesiones incluyen los asociados con los tipos más comunes de lesiones causantes de pérdidas de jornadas de trabajo: caídas de altura o a nivel, el levantamiento u otras formas de manipulación manual de materiales, riesgo de electrocución, riesgos de lesiones con intervención de vehículos de carretera o todo terreno, hundimientos de zanjas y otros. Entre los riesgos para la salud se incluirán las partículas portadas por el aire (sílice, amianto, fibras de vidrio sintéticas, partículas de gasóleo), gases y vapores (monóxido de carbono, vapores de disolventes, escapes de los motores), riesgos físicos (ruido, calor, presión hiperbárica) y otros, como la fatiga. *Se establecen preparativos para situaciones de emergencia* y se efectúan los ensayos de emergencia precisos.

Estos preparativos incluirán la asignación de responsabilidades, la prestación de primeros auxilios y atención médica inmediata en la obra, las comunicaciones dentro de la obra y



fuera de ella (ambulancias, familiares, oficinas centrales y sindicatos), transporte, designación de centros de atención sanitaria, acordonamiento y saneamiento de la zona en que se haya producido la emergencia, identificación de testigos y datos documentales de los sucesos. Si fuera necesario, dentro de estos preparativos de emergencia, deben incluirse los medios de evacuación en caso de riesgos incontrolados, como incendios o inundaciones.

*Se investigan y registran los accidentes y lesiones.* El objeto de los informes es la identificación de las causas que podían haber sido controladas, de modo que en el futuro puedan evitarse sucesos análogos. Los informes se archivarán según un método normalizado para facilitar su análisis y prevención. Para facilitar la comparación de los índices de lesiones entre diversas situaciones, es útil identificar la población laboral dentro de la cual se produce una lesión, y las horas de trabajo de ese grupo, para calcular un índice de lesiones (p. ej., el número de lesiones por hora trabajada o el número de horas trabajadas entre lesiones sucesivas).

*Los trabajadores y supervisores reciben formación e instrucción en materia de seguridad.* Esta instrucción consiste en la enseñanza de los principios generales de seguridad y salud, está integrada en la formación ocupacional, es específica para cada obra e incluye los procedimientos a seguir en casos de accidente o lesiones. La educación y formación de trabajadores y supervisores es parte esencial de cualquier intento de evitar lesiones y enfermedades. En muchos países, la formación relativa a procedimientos y prácticas de trabajo seguras es impartida por algunas empresas y organizaciones sindicales. Estos procedimientos incluyen el corte y desconexión de las fuentes de suministro eléctrico durante los trabajos de mantenimiento, el uso de cuerdas de amarre cuando se trabaja en altura, la entibación de zanjas, el establecimiento de superficies de paso seguras, etc. Es asimismo importante impartir formación específica para cada obra, que cubra aspectos particulares de la misma, tales como medios de acceso y salida. Deberá también incluirse la formación y la instrucción acerca de sustancias peligrosas. Para inspirar un comportamiento seguro siempre resulta mucho más eficaz la formación práctica, demostrando que se conocen las prácticas de seguridad, que las enseñanzas en clase y los exámenes escritos.

En Estados Unidos, una ley federal exige la formación en torno a ciertas sustancias nocivas. En Alemania, esta misma preocupación condujo al desarrollo del programa Gefahostoff, informationssystem der Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft o GISBAU, que coopera con los fabricantes para determinar el contenido de todas las sustancias utilizadas en las obras de construcción. Asimismo, el programa facilita la información acomodándola a las diferentes necesidades del personal sanitario, directivos y trabajadores. La información puede obtenerse a través de cursos de formación, en publicaciones impresas y en los terminales de ordenador a pie de obra. GISBAU aconseja sobre la manera de sustituir ciertas sustancias nocivas e indica el modo de manejar otras con seguridad. (Véase el Capítulo *Empleo, almacenaje y transporte de sustancias químicas.*)

*La información sobre riesgos químicos, físicos y de otras clases* está disponible en la obra en los idiomas propios de los trabajadores. Si se espera que los trabajadores se comporten inteligentemente en la obra, será preciso que tengan la información necesaria para tomar decisiones en situaciones específicas.

Y finalmente, *los contratos entre contratistas y subcontratistas deben incluir cláusulas de seguridad.* Entre ellas se podría incluir el establecimiento de una organización de seguridad unificada en obras en las que trabajen varias empresas, la especificación de requisitos a cumplir, primas y penalizaciones.

## RIESGOS PARA LA SALUD EN OBRAS SUBTERRANEAS

Bohuslav Málek

### Riesgos

Las obras subterráneas incluyen la construcción de túneles para carreteras, autopistas, vías férreas y el tendido de tuberías de alcantarillado, agua caliente, vapor, conducciones eléctricas, cables telefónicos. Entre los riesgos de este trabajo se incluyen el duro trabajo físico, el polvo de sílice cristalino, el polvo de cemento, el ruido, las vibraciones, los escapes de los motores de gasóleo, las emanaciones químicas radón y la falta de oxígeno. A veces, estos trabajos deben realizarse en ambientes presurizados. Los trabajadores de estas obras corren el riesgo de sufrir lesiones graves y, a menudo, fatales. Algunos riesgos son los mismos que los de la construcción en superficie, pero agravados por la condición de trabajar en un espacio encerrado. Otros riesgos son específicos del trabajo subterráneo. Entre éstos se incluyen: golpes de maquinaria especial, electrocución, sepultamiento por desprendimientos de techo o paredes, asfixia o lesiones por fuegos y explosiones. En los trabajos en túneles se pueden encontrar bolsas de agua no previstas que pueden producir inundaciones y anegamientos.

La construcción de túneles requiere un esfuerzo físico considerable. El consumo de energía durante el trabajo manual suele ser de 200 a 350 W, con una gran parte de carga estática muscular. El ritmo cardíaco durante los trabajos con barrenos de aire comprimido y martillos neumáticos alcanza 150-160 pulsaciones por minuto. El trabajo se suele realizar en condiciones microclimáticas desfavorables de frío y humedad, y a veces en posturas de trabajo fatigosas. Todo ello suele ir acompañado de otros factores de riesgo que dependerán de las condiciones geológicas locales y del tipo de tecnología que se utilice. Esta pesada carga de trabajo puede contribuir notablemente a la fatiga por calor.

La mecanización puede reducir la dureza del trabajo manual. Pero la mecanización conlleva sus propios riesgos. El trabajo de máquinas móviles grandes y potentes en un lugar cerrado introduce riesgos de lesiones graves al personal que trabaja en su proximidad, que puede ser golpeado o aplastado por ellas. La maquinaria para estos trabajos también puede originar polvo, ruido, vibraciones y gases de los tubos de escape de los motores diesel. Por otro lado, la mecanización necesita menos mano de obra, lo que reduce el número de personas expuestas, pero a cambio de un mayor desempleo y todos los problemas que ello lleva consigo.

La sílice cristalina (llamada también sílice libre y cuarzo) aparece de manera natural en muchos tipos de roca. La piedra arenisca es prácticamente sílice pura; el granito puede contener un 75 %, los esquistos un 30 %, y la pizarra un 10 %. La piedra caliza, el mármol y la sal, a efectos prácticos, no contienen sílice alguna. Teniendo en cuenta que la sílice está omnipresente en la corteza terrestre, es preciso tomar muestras de polvo, al menos al comienzo de un trabajo subterráneo y siempre que el tipo de roca cambie a medida que el trabajo avanza.

Siempre que se procede al machacado, perforación, molienda o cualquier otro tipo de pulverización de una roca que contenga sílice, se originará polvo de sílice inhalable. Los principales causantes de la incorporación de polvo de sílice en el aire son las perforadoras de aire comprimido y los martillos neumáticos. El trabajo con estas herramientas se ejecuta más frecuentemente en el frente de avance del túnel y, por tanto, los trabajadores en estas zonas son los que sufren una mayor exposición. En tales

casos, es de obligada aplicación la tecnología de eliminación del polvo.

Las voladuras no sólo generan escombros que vuelan, sino también polvo y óxidos nitrosos. Para evitar una excesiva exposición, el procedimiento usual consiste en impedir el reingreso en la zona afectada hasta que el polvo y los gases se hayan disipado. Una práctica corriente consiste en hacer las voladuras al final del último turno de trabajo del día y limpiar los escombros durante el turno siguiente.

Al mezclar el cemento se origina polvo de cemento. En altas concentraciones, este polvo irrita la membrana mucosa y respiratoria, pero no se han observado efectos crónicos. Sin embargo, si se deposita sobre la piel y se mezcla con el sudor, el polvo de cemento puede causar dermatosis. Cuando el hormigón húmedo se pulveriza in situ, también puede causar dermatosis.

El ruido producido en los trabajos subterráneos puede ser considerable. Entre las fuentes de ruido principales se incluyen los martillos y perforadoras neumáticos, los motores de gasóleo y los ventiladores. Dado que el trabajo se realiza en un recinto cerrado, existe también un ruido importante a causa de la reverberación. Los niveles de ruido punta pueden sobrepasar los 115 dBA, siendo la exposición media ponderada de 105 dBA. Existe una tecnología, que debe ser aplicada, para la reducción del ruido de la mayoría de las máquinas.

Los trabajadores en obras subterráneas también pueden encontrarse expuestos a vibraciones en todo el cuerpo producidas por la maquinaria móvil y a vibraciones en brazos y manos a causa del manejo de perforadoras y martillos neumáticos. Los niveles de aceleración transmitidos a las manos por las herramientas neumáticas pueden alcanzar los 150 dB (equivalentes a  $10 \text{ m/s}^2$ ). Los efectos perniciosos de las vibraciones de brazos y manos pueden verse agravados por un ambiente de trabajo frío y húmedo.

Si el terreno tiene una alta saturación de agua o si el trabajo se realiza por debajo del agua, la zona de trabajo puede tener que ser presurizada para mantenerla libre de agua. Para el trabajo por debajo del nivel del agua se utilizan cajones de aire comprimido. Cuando los trabajadores en este ambiente hiperbárico efectúan una rápida transición a la presión atmosférica normal, corren el peligro del mal de descompresión y los trastornos asociados al mismo. Dado que la absorción de la mayoría de gases y vapores tóxicos depende de su presión parcial, a mayor presión, mayor será la absorción. Por ejemplo, 10 ppm de monóxido de carbono (CO) a 2 atmósferas de presión producirán el mismo efecto que 20 ppm CO a 1 atmósfera.

Las sustancias químicas se utilizan en los trabajos subterráneos de diversas formas. Por ejemplo, capas poco coherentes de roca se pueden estabilizar con una inyección de resina de formaldehído de urea, con espuma de poliuretano o con mezclas de cristales de agua sódica con formamida o con acetato de etilo y de butilo. A consecuencia de ello, durante su aplicación se pueden producir en la atmósfera del túnel vapores de formaldehído, amoníaco, alcohol etílico o butílico o diisocianatos. Con posterioridad a su aplicación, estas sustancias contaminantes pueden extenderse por el túnel desde las paredes circundantes, y, por tanto, pueden dificultar el control pleno de su concentración, incluso empleando una ventilación mecánica intensiva.

El radón aparece de forma natural en algunas rocas y puede filtrarse en la atmósfera de trabajo, donde se degradará, convirtiéndose en otros isótopos radiactivos. Algunos de ellos emiten radiaciones alfa y pueden inhalarse, aumentando el riesgo de cáncer de pulmón.

Los túneles que se construyen en zonas habitadas también pueden ser contaminados por sustancias procedentes de las tuberías circundantes. El agua, el gas doméstico y de

calefacción, el gasóleo, la gasolina, etc. se pueden filtrar en un túnel, o si algunas de las tuberías portadoras sufren una rotura durante la excavación, pueden penetrar en el lugar en que se está trabajando.

La construcción de pozos verticales empleando tecnología minera plantea problemas de salud similares a los de los trabajos en un túnel. En aquellos en que se encuentran presentes sustancias orgánicas, es de temer la aparición de restos de descomposición microbiana.

Los trabajos de mantenimiento en túneles para el tráfico se diferencian de otros trabajos similares en superficie, principalmente por la dificultad de instalar el equipo de control y seguridad; por ejemplo, ventilación para la soldadura eléctrica; ello puede influir en la calidad de las medidas de seguridad. El trabajo en los túneles en los que discurren tuberías de agua caliente o vapor, acarrea una intensa carga térmica, que exigirá un régimen especial de trabajo y períodos de descanso.

La falta de oxígeno se puede dar en los túneles tanto porque el oxígeno sea desplazado por otros gases, como porque sea consumido por microbios o por oxidación de las piritas. Los microbios también pueden desprender metano o etano que no sólo desplazan al oxígeno sino que, en una concentración suficiente, pueden crear el riesgo de explosiones. El dióxido de carbono (comúnmente denominado en Europa anhídrido carbónico) también es generado por la contaminación microbiana. Las atmósferas de espacios que han permanecido cerrados largo tiempo pueden estar compuestas en su casi totalidad de nitrógeno, del 5 al 15 % de dióxido de carbono y carecer prácticamente de oxígeno.

El anhídrido carbónico se introduce en el pozo desde el terreno circundante debido a los cambios de presión atmosférica. La composición del aire en el interior del pozo puede cambiar muy rápidamente: durante la mañana puede ser normal y por la tarde ser deficiente en oxígeno.

### Prevención

La prevención de la exposición al polvo debe realizarse, en primer lugar, mediante la adopción de medidas técnicas, tales como perforación húmeda (y/o perforación con SEL), regando el material antes de su retirada y carga, SEL en las máquinas del túnel y ventilación mecánica de los túneles. En algunas operaciones, las medidas técnicas de control pueden resultar insuficientes para rebajar la concentración del polvo respirable a un nivel aceptable (p. ej., durante el barrenado y, a veces, en el caso de barrenado con humedad), y, por tanto, puede ser necesario complementar la protección de los trabajadores que realizan tales operaciones con el empleo de máscaras respiratorias. La eficacia de las medidas técnicas de control debe comprobarse mediante el control de la concentración de polvo en el aire. En el caso de polvo fibrógeno, será necesario adaptar el programa de control de modo que permita el registro de la exposición de los trabajadores individualmente. Los datos de exposición individual, junto con los datos de salud de cada trabajador, son necesarios para la valoración del riesgo de neumoconiosis en unas condiciones de trabajo determinadas, así como para la evaluación de la eficacia de las medidas de control a largo plazo. En último lugar, en particular, el registro individual de las exposiciones es necesario para evaluar la aptitud de los trabajadores individuales para continuar en sus puestos de trabajo.

Dada la naturaleza de los trabajos subterráneos, la protección contra el ruido depende mayormente de las protecciones auditivas personales. Una protección eficaz contra las vibraciones, por otra parte, se puede conseguir solamente eliminando o reduciendo las vibraciones mediante la mecanización de las operaciones que entrañan tal riesgo. El EPI no resulta eficaz. Análogamente, el riesgo de dolencias debidas a una sobrecarga

física de las extremidades superiores sólo puede aminorarse con la mecanización.

Es posible influir en la exposición a sustancias químicas mediante la elección de una tecnología apropiada (eliminando la utilización de resinas de formaldehídos y de la formamida) por medio de un buen mantenimiento (p. ej., de los motores de gasóleo) y con una ventilación adecuada. A veces resultan muy eficaz la organización y la adopción precauciones en el régimen de trabajo, especialmente para la prevención de dermatosis.

El trabajo en lugares subterráneos cuya composición del aire se desconoce exige una estricta observancia de las normas de seguridad. No se permitirá la entrada en tales recintos sin portar equipos respiratorios autónomos. El trabajo debe ejecutarse por grupos de al menos tres personas —un trabajador se introducirá en el espacio subterráneo, con aparato de respiración y cinturón de seguridad, y los otros permanecerán en el exterior sujetando una cuerda amarrada al trabajador que está en el interior—. En caso de accidente es necesario actuar con rapidez. Se han perdido muchas vidas tratando de salvar a la víctima de un accidente, cuando no se tuvo en cuenta la seguridad del que acudía al rescate.

Los reconocimientos médicos periódicos antes y después de la contratación son una parte necesaria de las precauciones de salud y seguridad de los trabajadores en los túneles. La frecuencia de los reconocimientos periódicos y el tipo y rango de los reconocimientos especiales (rayos X, funciones pulmonares, audiometría, etc.) deben fijarse individualmente para cada obra y para cada tarea de acuerdo con las condiciones de trabajo.

Antes de iniciar los trabajos subterráneos es preciso efectuar una inspección del emplazamiento y tomar muestras para planificar los trabajos de excavación. Una vez que el trabajo está en marcha, hay que inspeccionar el tajo diariamente para evitar la caída del techo o la formación de cuevas. El lugar de trabajo de los trabajadores solitarios debe inspeccionarse al menos dos veces en cada turno. Se instalarán equipos contra incendios, estratégicamente situados a todo lo largo del tramo subterráneo.

## ● SERVICIOS PREVENTIVOS SANITARIOS EN LA CONSTRUCCION

*Pekka Roto*

El sector de la construcción constituye del 5 al 15 % de la economía nacional de la mayoría de los países y generalmente es una de las tres industrias que arroja el mayor índice de riesgos de lesiones laborales. Predominan los riesgos crónicos de salud laboral que se relacionan a continuación (Comisión de las Comunidades Europeas 1993):

- Trastornos musculoesqueléticos, sordera laboral, dermatitis y trastornos pulmonares son las dolencias más comunes producidas por el trabajo.
- Un riesgo acrecentado de carcinomas del tracto respiratorio y mesoteliomas causados por exposición al amianto detectados en todos los países en que existen estadísticas de morbilidad y mortalidad laborales.
- Trastornos causados por una nutrición inadecuada, por el tabaco o por el consumo de alcohol y drogas, que se asocian especialmente con los trabajadores inmigrantes, que representan una proporción considerable de los trabajadores de la construcción en muchos países.

Los servicios de salud preventivos para los trabajadores de la construcción deben planificarse dando prioridad a estos riesgos.

### Tipos de servicios de salud laboral

Los servicios de salud laboral para los operarios de la construcción se agrupan en tres modelos principales:

1. servicios especializados para trabajadores de la construcción
2. asistencia sanitaria laboral para trabajadores de la construcción prestada por servicios sanitarios de ámbito más amplio
3. asistencia sanitaria prestada voluntariamente por la empresa.

Los servicios especializados son los más eficaces, pero también son los más caros en términos de costes directos. La experiencia en Suecia indica que los índices de lesiones más bajos en obras de construcción en todo el mundo, y un riesgo muy bajo de enfermedades laborales entre los trabajadores de la construcción, vienen asociados con un trabajo de prevención exhaustivo realizado por servicios especializados. En el modelo sueco, llamado Bygghälsan, se combinan la prevención médica y técnica. Bygghälsan funciona por medio de centros regionales y unidades móviles. Sin embargo, durante la severa recesión económica de finales del decenio de 1980, Bygghälsan recortó seriamente sus actividades sanitarias.

En los países en que existe una legislación de salud laboral, las empresas de construcción generalmente alquilan los servicios de salud requeridos a compañías que sirven a la industria en general. En estos casos, es importante la formación del personal de salud laboral. Sin un conocimiento específico de las circunstancias que rodean a la construcción, el personal médico no puede proporcionar programas preventivos de salud en el trabajo que sean eficaces para las empresas de construcción.

Algunas grandes compañías multinacionales cuentan con programas de seguridad y salud en el trabajo bien desarrollados que forman parte de la cultura de la empresa. Los cálculos comparados de coste-beneficio han demostrado que tales actividades resultan económicamente beneficiosas. Actualmente, los programas de seguridad laboral son parte integrante de la gestión de calidad de la mayoría de las empresas internacionales.

### Clínicas móviles

Dado que las obras de construcción se encuentran a menudo alejadas de cualquier proveedor de servicios de salud, puede ser necesario recurrir a unidades móviles que presten estos servicios. Prácticamente todos los países que tienen servicios de salud laboral especializados en los trabajadores de la construcción utilizan unidades móviles para prestar estos servicios. La mayor ventaja de la unidad móvil es el ahorro de tiempo para acercar los servicios a las obras. Estos centros de salud móviles están instalados en un autobús o caravana especialmente equipados y están adecuados de un modo especial para todo tipo de controles, como reconocimientos médicos periódicos. Los servicios móviles deberán tener la precaución de establecer de antemano acuerdos de colaboración con los proveedores locales de servicios de salud para asegurar el seguimiento, evaluación y tratamiento de los trabajadores, cuyos exámenes hayan dado resultados que puedan sugerir un problema de salud.

El equipo normal de una unidad móvil incluye un laboratorio básico con un espirómetro y un audiómetro, un cuarto para entrevistas y un equipo de rayos X, cuando sea preciso. Es preferible diseñar unidades modulares como espacios multiuso, de modo que puedan utilizarse en diferentes tipos de obras. La experiencia finlandesa indica que las unidades móviles son también adecuadas para estudios epidemiológicos, que se pueden incorporar a los programas de salud en el trabajo si se planifican de antemano adecuadamente.

### Contenido de los servicios preventivos de salud en el trabajo

La identificación del riesgo en las obras debe orientar la actividad médica, aunque este aspecto sólo sea secundario con respecto a la

prevención por medio de un diseño, labor de ingeniería y organización del trabajo adecuados. La identificación del riesgo requiere un enfoque pluridisciplinario; ello requiere una estrecha colaboración entre el personal especializado en salud en el trabajo y la empresa. Una opción sería una exploración sistematizada de los riesgos en el lugar de trabajo utilizando listas de comprobación normalizadas.

Los reconocimientos médicos previos al empleo y periódicos se realizan, usualmente, de acuerdo con los requisitos establecidos por la legislación o con las orientaciones facilitadas por las autoridades. El contenido del reconocimiento dependerá del historial de exposiciones de cada trabajador. Los contratos de plazo corto y la frecuente rotación de la mano de obra pueden dar lugar a reconocimientos médicos "frustrados" o "inadecuados", a la pérdida del seguimiento de los resultados o una duplicación injustificada de los reconocimientos médicos. Por tanto, se recomienda la práctica de reconocimientos periódicos regulares para todos los trabajadores. Un reconocimiento de salud tipo debe incluir: un historial de exposiciones, un historial de síntomas y enfermedades con especial énfasis en las dolencias musculoesqueléticas y alérgicas, un reconocimiento anatómico básico y pruebas de audiometría, vista, espirometría y presión arterial. Los reconocimientos deben facilitar también consejos sanitarios e información sobre el modo de evitar los riesgos laborales comunes.

### **Vigilancia y prevención de problemas clave en los trabajos de construcción**

#### ***Trastornos musculoesqueléticos y su prevención***

Los trastornos musculoesqueléticos pueden tener múltiples orígenes. El estilo de vida, la propensión hereditaria y el envejecimiento, junto con esfuerzos físicos inadecuados y lesiones de poca gravedad, son los factores de riesgo comúnmente aceptados como causa de estos trastornos. Los tipos de problemas musculoesqueléticos se manifiestan de diferentes maneras en las diversas profesiones de la construcción.

No existe ninguna prueba fiable para predecir el riesgo de un individuo para contraer un trastorno de este tipo. La prevención médica de los trastornos musculoesqueléticos se basa en la orientación sobre el estilo de vida y cuestiones ergonómicas. Los reconocimientos previos al empleo y periódicos pueden utilizarse a este fin. Las pruebas generales de resistencia y las radiografías rutinarias del sistema esquelético no tienen un valor específico para la prevención. En su lugar, la detección temprana de síntomas y un historial detallado de los síntomas musculoesqueléticos pueden utilizarse como base para la terapia. Un programa que realiza periódicamente sondeos de síntomas para identificar los factores laborales que se pueden cambiar ha demostrado su eficacia. A menudo, los trabajadores que han estado expuestos a fuertes cargas o esfuerzo físico creen que el trabajo les mantiene en forma. Varios estudios han demostrado que tal presunción no es cierta. Por tanto, es importante que en el contexto de los reconocimientos médicos, se informe a los sujetos del examen sobre las maneras adecuadas de mantener su aptitud física. El tabaco se ha asociado con la degeneración del disco lumbar y las lumbalgias. Es por ello que en los reconocimientos médicos periódicos es preciso incluir también información y tratamientos antitabaco (Proyecto de educación sobre la práctica de fumar y los riesgos en el trabajo, 1993).

#### ***Pérdida de audición motivada por el ruido en el trabajo***

La prevalencia de la pérdida de audición motivada por el ruido varía entre las profesiones de la construcción, y depende de los

niveles y duración de la exposición. En 1974, menos del 20 % de los trabajadores suecos de la construcción de 41 años de edad tenían una audición normal en ambos oídos. La implantación de un programa exhaustivo de conservación del oído aumentó la proporción de trabajadores con audición normal, dentro del mismo grupo, a casi un 40 % al final del decenio de 1970. Estadísticas efectuadas en la Columbia Británica, Canadá, han mostrado que los trabajadores de la construcción generalmente sufren una pérdida de oído importante después de trabajar más de 15 años en su oficio (Schneider et al. 1995). Se cree que algunos factores pueden aumentar la propensión a la pérdida del oído en el trabajo (neuropatía diabética, hipercolesterolemia y exposición a ciertos disolventes ototóxicos). Las vibraciones en todo el cuerpo y el hábito de fumar también pueden tener un efecto aditivo.

Es aconsejable un programa de conservación del oído a gran escala dentro del sector de la construcción. Este tipo de programa requiere no sólo la colaboración a nivel de obra, sino también una legislación que lo apoye. Los programas de conservación del oído deben estar especificados en los contratos de trabajo.

La pérdida de audición en el trabajo es reversible en los primeros 3 ó 4 años siguientes a la exposición inicial. Una detección temprana de la pérdida de audición facilita las posibilidades de prevención. Se recomiendan pruebas regulares para detectar los cambios lo antes posible y para motivar a los trabajadores en su autoprotección. En el transcurso de las pruebas, a los trabajadores expuestos se les debe instruir en los principios de protección individual, así como en el mantenimiento y el empleo adecuado de los medios de protección.

#### ***Dermatitis profesional***

La dermatitis profesional se puede evitar principalmente con medidas higiénicas. El manejo adecuado del cemento húmedo y la protección de la piel son medidas de higiene eficaces. Durante los reconocimientos médicos es importante recalcar la importancia de evitar el contacto de la piel con el cemento húmedo.

#### ***Enfermedades pulmonares profesionales***

La asbestosis, la silicosis, el asma y la bronquitis profesionales pueden encontrarse entre los trabajadores de la construcción, dependiendo de sus anteriores exposiciones en el trabajo (Instituto finlandés de salud en el trabajo 1987).

No existe ningún método médico para evitar el desarrollo de carcinomas después de la exposición suficiente de una persona al amianto. Las radiografías de pecho regulares, cada tres años, son la recomendación de vigilancia médica más común; hay pruebas de que el reconocimiento por rayos X mejora las perspectivas en el cáncer de pulmón (Strauss, Gleason y Sugarbaker 1995). La espirometría y la información antitabaco se incluyen normalmente en los reconocimientos médicos periódicos. No existen ensayos para hacer un diagnóstico precoz de tumores malignos relacionados con el amianto.

Los tumores malignos y otras enfermedades pulmonares relacionadas con la exposición al amianto son ampliamente infradiagnosticados. Por tanto, muchos trabajadores de la construcción que tendrían derecho a indemnización se quedan sin ellos. Al final del decenio de 1980 y a principios del decenio de 1990, en Finlandia se realizó un chequeo a escala nacional de los trabajadores expuestos al amianto. El chequeo reveló que tan sólo a un tercio de los trabajadores que padecían enfermedades relacionadas con el amianto y con acceso a los servicios de salud en el trabajo se les habían diagnosticado con anterioridad (Instituto finlandés de salud en el trabajo 1994).

#### ***Necesidades especiales de los trabajadores inmigrantes***

En función del emplazamiento de la obra, el contexto social, las condiciones sanitarias y el clima pueden representar riesgos

importantes para los trabajadores de la construcción. Los trabajadores inmigrantes a menudo sufren problemas psicosociales. Entre ellos se da un mayor riesgo de lesiones en el trabajo que entre los trabajadores nativos. Hay que tener en cuenta su riesgo de ser portadores de enfermedades infecciosas, como el sida, la tuberculosis y otras enfermedades parasitarias. La malaria y otras enfermedades tropicales pueden crear un problema a los trabajadores en aquellos lugares en que son endémicas.

En muchos proyectos de construcción de envergadura se emplea mano de obra extranjera. Es preciso realizar un reconocimiento médico previo en el país de origen. Además, debe evitarse la propagación de enfermedades contagiosas mediante programas de vacunación adecuados. En los países de recepción es necesario impartir formación profesional, educación en materia de seguridad y salud y proporcionar alojamiento. Los trabajadores inmigrantes deben tener el mismo acceso a la asistencia sanitaria y a la seguridad social que los trabajadores nativos (El Batawi 1992).

Además de evitar las dolencias relacionadas con la construcción, el profesional sanitario debe trabajar para promover cambios positivos en el estilo de vida, que puedan contribuir a mejorar la salud general de un trabajador. Los temas más importantes y fructíferos para la promoción de la salud entre los trabajadores de la construcción son la abstención del alcohol y el tabaco. Se ha estimado que un trabajador que fuma le cuesta a su empresa del 20 al 30 % más que uno que no fuma. Las inversiones en campañas antitabaco no sólo son rentables a corto plazo, con menores riesgos de accidentes y ausencias por enfermedad más cortas, sino también a largo plazo, con menores riesgos de contraer enfermedades pulmonares cardiovasculares y cáncer. Adicionalmente, el humo del tabaco tiene efectos nocivos multiplicadores en presencia de la mayoría de polvos, en especial el de amianto.

### **Beneficios económicos**

Resulta difícil demostrar algún beneficio económico directo de los servicios de salud laboral para una empresa de construcción individual, especialmente si se trata de una pequeña. Sin embargo, los cálculos indirectos de rentabilidad demuestran que la prevención de accidentes y la promoción de la salud son económicamente beneficiosas. Existen cálculos comparativos de coste-beneficio de las inversiones en programas preventivos disponibles para uso interno de las empresas. (Véase Oxenburgh 1991, que describe un modelo aplicado ampliamente en Escandinavia).

## ● **NORMAS DE SEGURIDAD Y SALUD: LA EXPERIENCIA DE LOS PAISES BAJOS**

*Leen Akkers*

La puesta en práctica de la Directiva CE de Normas Mínimas de Salud y Seguridad en las Obras de Construcción Móviles y Provisionales tipifica las normas legales promulgadas por los Países Bajos y la Comunidad Europea. Su objetivo es mejorar las condiciones de trabajo, combatir las incapacidades y reducir el absentismo por enfermedad. En los Países Bajos estas normas para el sector de la construcción están expresadas en la Arbouw Resolusion, Capítulo 2, Sección 5.

Como sucede a menudo, la legislación parece ir por detrás de los cambios sociales que se iniciaron en 1986, año en que las organizaciones patronales y sindicales se reunieron para establecer la Fundación Arbouw con miras a prestar servicios a las

empresas de construcción de obras civiles y construcción de infraestructuras, movimiento de tierras, construcción de carreteras y construcciones hidráulicas y los ramos complementarios del sector. De este modo, las nuevas normas apenas constituyen un problema para las empresas responsables que ya se han comprometido a poner en práctica las consideraciones de salud y seguridad. Sin embargo, el hecho de que resulta muy difícil, a menudo, poner en práctica estos principios, ha conducido a su no observancia y a una competencia desleal y, en consecuencia, a la necesidad de una normativa legal.

### **Normativa legal**

La normativa legal se centra en las medidas preventivas previas al comienzo del proyecto de construcción y durante la ejecución del mismo. A largo plazo, este enfoque proporcionará resultados óptimos.

La Ley de Salud y Seguridad estipula que las evaluaciones de los riesgos deben abarcar no sólo las que se originan a causa de los materiales, preparaciones, herramientas, equipo, etc., sino también las que implican a grupos especiales de trabajadores (p. ej., mujeres embarazadas, trabajadores jóvenes y de edad avanzada, y los que sufren discapacidades).

Las empresas están obligadas a tener por escrito evaluaciones e inventarios de riesgos preparados por expertos habilitados, que pueden ser empleados suyos o contratistas externos. Esta documentación debe incluir recomendaciones para eliminar o limitar los riesgos y debe estipular también las fases del trabajo en que se requerirán especialistas cualificados. Algunas empresas de construcción han desarrollado su propio enfoque de la evaluación, con el nombre de Investigación General Empresarial e Inventario y Evaluación de Riesgos (ABRIE), que ha pasado a ser el prototipo para el sector.

La Ley de Salud y Seguridad obliga a las empresas a ofrecer un reconocimiento de salud periódico a sus empleados. El objeto es identificar los problemas de salud que puedan crear ciertos trabajos especialmente peligrosos para algunos trabajadores a menos que se tomen ciertas precauciones. Este requisito se hace eco de diversos convenios colectivos dentro del sector de la construcción, que durante años vienen exigiendo a las empresas que proporcionen a sus empleados atención médica laboral completa, inclusive reconocimientos médicos periódicos. La Fundación Arbouw ha establecido un contrato con la Federación de centros de atención de seguridad y salud en el trabajo para la prestación de tales servicios. A lo largo de los años se ha acumulado un acervo de valiosas informaciones que ha contribuido a la mejora de las evaluaciones e inventarios de riesgos.

### **Política en materia de absentismo**

La Ley de Salud y Seguridad también exige a los patronos que tengan una política en materia de absentismo que incluya la estipulación de que cuenten con expertos en este campo para el seguimiento y asesoramiento a los empleados discapacitados.

### **Responsabilidad conjunta**

Muchos riesgos de salud y seguridad pueden tener su origen en deficiencias del edificio o decisiones inadecuadas de la organización o en una mala organización del trabajo al iniciarse el proyecto. Para soslayar esto, las empresas, los trabajadores y el gobierno llegaron en 1989 a un pacto de condiciones de trabajo. Entre otros aspectos, especificaba la colaboración entre clientes y contratistas y entre estos y los subcontratistas. Esto ha dado lugar a un código de conducta que sirve de modelo para la puesta en práctica de la Directiva Europea sobre obras de construcción móviles y provisionales.

Como parte del pacto, Arbouw ha formulado límites de exposición a materias y sustancias peligrosas, junto con orientaciones

para su aplicación en diversas operaciones constructivas. Bajo la dirección de Arbouw, el Sindicato de trabajadores de la construcción y de la madera, el Sindicato de la industria FNV y la Asociación de lanas minerales, del Benelux, acordaron un contrato que exigía el desarrollo de productos de lana mineral y lana de vidrio con menor emisión de partículas de polvo, el desarrollo de los métodos de producción con la mayor seguridad posible de estos productos; la formulación y promoción de métodos de trabajo para el uso de los anteriores productos dentro de la mayor seguridad y la ejecución de la investigación necesaria para establecer los límites de seguridad de exposición a los mismos.

Se fijó un límite de exposición a las fibras inspirables de 2/cm<sup>3</sup>, aunque se consideró que un límite de 1/cm<sup>3</sup> era posible. También se acordó la eliminación del uso de materias primas y secundarias que pudieran representar riesgos para la salud, usando como criterio los límites de exposición formulados por Arbouw. Se hará un seguimiento de los resultados siguiendo este acuerdo hasta su fecha de expiración el 1 de enero de 1999.

### Calidad del proceso de construcción

La puesta en práctica de la directiva CE no es una actuación aislada, sino que es parte integral de las políticas de salud y seguridad de las empresas, junto con la política de calidad y medio ambiente. La política de salud y seguridad es un componente crítico de la política de calidad de las empresas. Las leyes y normas sólo se cumplirán si las empresas y los trabajadores de la construcción han tomado parte en su desarrollo. El gobierno ha decidido desarrollar un plan modelo de salud y seguridad que es factible y que se puede hacer cumplir para evitar la competencia desleal de las empresas que pretendan ignorarlo o subvertirlo.

## ● FACTORES DE ORGANIZACION QUE AFECTAN A LA SALUD Y LA SEGURIDAD

*Doug J. McVittie*

### Diversidad de proyectos y actividades laborales

Muchas personas ajenas al sector de la construcción ignoran la diversidad y grado de especialización de los trabajos acometidos por esta industria, aunque a diario contemplan parte de los mismos. Además de las demoras de tráfico causadas por la invasión de las calzadas y las excavaciones en calles, el público puede observar a menudo la construcción de edificios, de parcelaciones y, a veces, el derribo de estructuras. Lo que se esconde a la vista, en la mayoría de los casos, es el ingente volumen de trabajo especializado que se realiza, bien como parte de un proyecto de nueva planta, bien como parte de los trabajos de mantenimiento que se llevan a cabo y que están asociados con casi todas las construcciones del pasado.

La lista de actividades es muy variada, abarcando desde trabajos de electricidad, fontanería, calefacción y ventilación, pintura, trabajos de techado y pavimentación hasta trabajos muy especializados como instalación o reparación de grúas de pórtico, colocación de maquinaria pesada, ignifugación, trabajos de refrigeración e instalación y pruebas de sistemas de comunicaciones.

El valor de la construcción puede medirse en parte según el importe de las licencias de construcción. La Tabla 93.4 muestra el valor de la construcción en Canadá en 1993.

Los aspectos de seguridad y salud en el trabajo dependen en gran medida de la naturaleza del proyecto. Cada tipo de

proyecto y cada actividad laboral presentan diferentes riesgos y soluciones. A menudo, la gravedad, alcance o tamaño del problema están relacionados a su vez con la dimensión del proyecto.

### Relaciones cliente-contratista

Los clientes son aquellos individuos, asociaciones, corporaciones o autoridades públicas por encargo de los cuales se ejecuta una construcción. La gran mayoría de las obras se realizan con arreglo a contratos entre clientes y contratistas. Un cliente puede elegir a un contratista en base a una prestación anterior, o a través de un agente que puede ser un arquitecto o un ingeniero. En otros casos, puede optar por pedir ofertas mediante anuncios y licitaciones. El método que se use y la propia actitud del cliente en relación con la salud y la seguridad pueden ejercer un profundo efecto en la práctica de salud y seguridad del proyecto.

Por ejemplo, si un cliente opta por precalificar a los contratistas para asegurarse de que cumplirán ciertos criterios, el proceso elimina a los contratistas sin experiencia, a los que no han acreditado una ejecutoria satisfactoria y a aquellos que no cuentan con el personal cualificado requerido por el proyecto. Si bien, con anterioridad, la ejecutoria en materia de salud y seguridad no había sido una de las cualificaciones comúnmente solicitadas o tenidas en cuenta por los clientes, en la actualidad está ganando adeptos, primordialmente entre los clientes industriales importantes y entre los organismos públicos que encargan servicios de construcción.

Algunos clientes potencian la seguridad mucho más que otros. En algunos casos, ello es debido al riesgo de daños a sus instalaciones existentes cuando los contratistas tienen que entrar en

Tabla 93.4 • Importe de los proyectos de construcción en Canadá, en 1993 (basado en el importe de las licencias de construcción expedidas en el mismo año).

Tipo de proyecto,	Importe (\$ Can)	% del total
Edificios residenciales (casas, apartamentos)	38.432.467.000	40,7
Edificios industriales (fábricas, instalaciones mineras)	2.594.152.000	2,8
Edificios comerciales (oficinas, almacenes, tiendas, etc.)	11.146.469.000	11,8
Edificios institucionales (escuelas, hospitales)	6.205.352.000	6,6
Otros edificios (terminales de aeropuertos, estaciones de autobuses, granjas, etc.)	2.936.757.000	3,1
Instalaciones marítimas (muelles, dragados)	575.865.000	0,6
Carreteras y autopistas	6.799.688.000	7,2
Redes de agua y alcantarillado	3.025.810.000	3,2
Presas y regadíos	333.736.000	0,3
Energía eléctrica (térmica/nuclear/hidráulica)	7.644.985.000	8,1
Ferrocarriles, teléfonos y telégrafos	3.069.782.000	3,2
Gas y petróleo (refinerías, oleoductos, gasoductos)	8.080.664.000	8,6
Otras obras civiles (puentes, túneles, etc.)	3.565.534.000	3,8
Total	94.411.261.000	100

Fuente: Statistics Canada 1993.

ellas para realizar trabajos de mantenimiento o para la ampliación de las mismas. Las compañías petroquímicas, en particular, dejan bien claro que la ejecutoria de seguridad del contratista es una condición clave del contrato.

A la inversa, aquellas firmas que optan por adjudicar el proyecto por medio de una licitación abierta, sin calificación previa, para lograr el precio más bajo, a menudo se topan con contratistas posiblemente no cualificados para ejecutar la obra o que toman atajos para ahorrar tiempo y materiales. Este procedimiento puede tener un efecto adverso en el desarrollo de la salud y la seguridad.

### Relaciones contratista-contratista

Mucha gente que no está familiarizada con la naturaleza de los acuerdos contractuales corrientes en la construcción supone que un contratista ejecuta la totalidad o, al menos, la mayor parte de la construcción de la mayoría de edificios. Por ejemplo, si se trata de la construcción de un nuevo edificio de oficinas, un complejo polideportivo u otro proyecto de gran impacto, el contratista general suele poner carteles y, a menudo, emblemas de la compañía, para indicar su presencia y crear la impresión de que es "su" proyecto. Años atrás, esta impresión podía haber sido exacta hasta cierto punto, ya que algunos contratistas generales realmente realizaban partes sustanciales del proyecto con personal propio. Sin embargo, desde mediados del decenio de 1970, muchos contratistas generales, por no decir la mayoría, han asumido más el papel de dirección del proyecto en los grandes proyectos y han contratado la casi totalidad del trabajo a una red de subcontratistas, cada uno de los cuales es especialista en una faceta particular del proyecto. (Véase la Tabla 93.5.)

De resultas de ello, el contratista general puede tener realmente en la obra menos personal que algunos de los subcontratistas. Incluso se da el caso de que el contratista principal no tenga ningún personal implicado directamente en las actividades constructivas, sino que se limita a dirigir el trabajo de los subcontratistas. En la mayor parte de los proyectos importantes del sector industrial, comercial e institucional (ICI), existen diferentes niveles de subcontratistas. Típicamente, los subcontratistas del nivel primario tienen contratos con el contratista general. Sin embargo, estos subcontratistas, a su vez, subcontratan parte de sus trabajos a otros subcontratistas de menor dimensión o mayor especialización.

La influencia que este tejido de contratistas puede ejercer en la salud y la seguridad es obvia si se compara con un lugar concreto como una fábrica. En un centro de trabajo típico de una industria concentrada, sólo hay una entidad dirigente, la empresa. Esta tiene la responsabilidad única sobre el centro, las

líneas de mando y comunicación son sencillas y directas, y se aplica una misma filosofía corporativa. En un proyecto de construcción puede haber diez o más entidades empresariales (el contratista general y los subcontratistas habituales), y las comunicaciones y la autoridad se transmiten por cauces más complejos, indirectos y a menudo confusos.

La atención prestada a la salud y seguridad por la persona o empresa a cargo del proyecto, puede influir en el comportamiento de los demás respecto a estos temas. Lo contrario también es cierto.

Además, la salud y seguridad de la obra en su conjunto, puede resultar afectada adversamente por la actuación de un subcontratista (p. ej., si un/a subcontratista es descuidado/a, y deja todo en desorden tras de sí al paso de su personal por la obra, su actuación causará problemas al resto de subcontratistas en la misma).

Generalmente, en estos centros de trabajo con multitud de empresas, es más difícil la introducción y gestión de esfuerzos normativos referentes a salud y seguridad. Puede resultar difícil determinar la empresa responsable de ciertos riesgos o de tomar ciertas soluciones, y cualquier control administrativo que puede parecer eminentemente factible en un centro de trabajo con un sólo patrono, necesitará una modificación considerable para funcionar bien en este tipo de proyectos. Por ejemplo, la información relativa a materiales peligrosos utilizados en un proyecto debe impartirse a los que trabajan con ellos o en su proximidad, y los trabajadores deben recibir la instrucción adecuada. En un centro de trabajo fijo, con un sólo patrón, todo el material y la información que le acompaña se obtiene, controla y comunica mucho más fácilmente, mientras que en un proyecto de construcción, cualquiera de los subcontratistas puede introducir materiales peligrosos sin que el contratista general tenga la menor noticia. Adicionalmente, los trabajadores empleados por un subcontratista y que utilizan cierto material pueden haber sido instruidos al respecto, mientras que los equipos que trabajan para otro subcontratista en la misma zona pero haciendo un trabajo totalmente diferente pueden tener una ignorancia total del material y, sin embargo, estar expuestos al mismo riesgo que los que lo emplean directamente.

Otro factor que surge en lo que concierne a las relaciones contratista-contratista atañe al proceso de licitación. Un subcontratista que presenta una oferta demasiado baja puede ejercer recortes que afectarán a la salud y seguridad. En estos casos, el contratista general debe asegurarse de que los subcontratistas prestan su conformidad a las normas, especificaciones y leyes en lo tocante a salud y seguridad. No es raro, en proyectos en los que todos los implicados han presentado ofertas muy bajas, observar la aparición de continuos problemas de salud y seguridad aparejados con un traspaso excesivo de las responsabilidades, hasta que las autoridades legales tienen que intervenir para imponer una solución.

Un problema adicional está relacionado con la programación de la obra y el impacto que la misma puede tener en la salud y seguridad. Al haber varios subcontratistas en la obra a la vez, el conflicto de intereses puede crear problemas. Cada contratista quiere terminar su trabajo lo antes posible. Si dos o más contratistas quieren ocupar el mismo sitio, o si uno tiene que trabajar por encima del otro, pueden surgir problemas. Este problema es más característico de la construcción que de una industria fija, en la que los principales conflictos de intereses suelen darse entre producción y mantenimiento.

### Relaciones empresa-trabajador

Las distintas empresas en un proyecto determinado pueden tener con sus empleados unas relaciones algo distintas de la que es común en los centros de trabajo industriales fijos. Por ejemplo, los

Tabla 93.5 • Contratistas/subcontratistas en proyectos industriales/comerciales/institucionales típicos.

Director del proyecto/contratista general	Contratista de pintura
Contratista de movimiento de tierras	Contratista de vidriería
Contratista de encofrados	Contratista de albañilería
Contratista de ferralla	Contratista de ebanistería y armarios
Contratista de estructuras metálicas	Contratista de pavimentos
Contratista de instalaciones eléctricas	Contratista de calefacción/ventilación y aire acondicionado
Contratista de fontanería	Contratista de cubiertas
Contratista de tabiquería en seco	Contratista de paisajismo

trabajadores sindicados en una fábrica tienden a pertenecer a un sólo sindicato. Si la empresa necesita más operarios, les entrevista y contrata, los nuevos empleados se hacen miembros de este sindicato. Si hay antiguos trabajadores sindicados en paro, vuelven a ser readmitidos de acuerdo con su antigüedad.

En la parte sindicada del sector de la construcción se aplica un sistema totalmente diferente. Las empresas constituyen asociaciones colectivas que luego negocian convenios con los sindicatos de edificación y obras civiles. La mayoría de los empleados no asalariados del sector contratados directamente trabajan a través del sindicato. Si, por ejemplo, un contratista necesita cinco carpinteros más en un proyecto, el contratista se dirige al sindicato local de carpinteros y solicita que cinco carpinteros se presenten a trabajar en el proyecto en un día determinado. El sindicato notifica a los cinco miembros que encabezan la lista de empleo, que deben presentarse a trabajar en el proyecto con una empresa determinada. Según lo previsto en el convenio colectivo entre la patronal y el sindicato, el contratista puede dar los nombres de los que quiere contratar o puede seleccionar a algunos de la lista. Si no hay miembros afiliados disponibles para cumplimentar la solicitud, el patrono puede contratar trabajadores temporeros que se afiliarán al sindicato, o éste puede buscar trabajadores expertos de otros locales sindicales para poder responder a la petición.

En caso de que no haya sindicatos, las empresas utilizan distintos procedimientos para reforzar su plantilla. Entre ellos, los más comúnmente utilizados consisten en ofertas de empleo previas, oficinas de trabajo locales, transmisión oral y por medio de anuncios en la prensa local.

No es raro que los trabajadores sean contratados por varias empresas diferentes en el curso de un año. La duración del empleo varía con la naturaleza del proyecto y el volumen del trabajo a desarrollar. Esto representa una carga administrativa importante para los contratistas de la construcción, en comparación con sus homólogos en la industria fija (conservación de archivos para liquidaciones del impuesto de la renta, indemnizaciones laborales, seguro de desempleo, cuotas sindicales, pensiones, permisos y otros aspectos legales o contractuales).

Esta situación presenta unos retos singulares frente al típico centro de trabajo de una industria fija. La formación y las cualificaciones no sólo han de ser normalizadas, sino también transferibles de una obra a otra, de un sector a otro. Estas importantes cuestiones afectan a la industria de la construcción de un modo más profundo que a las industrias fijas. Las empresas de la construcción esperan que los trabajadores se incorporen al proyecto con ciertas capacitaciones y habilidades. En la mayoría de los oficios, esto se logra mediante un exhaustivo programa de aprendizaje. Si un contratista solicita cinco carpinteros, espera que el día que los necesita se encontrará en la obra con cinco especialistas cualificados. Si las normas de salud y seguridad requieren una formación especial, la empresa necesita poder acceder a una bolsa de trabajadores con esta preparación, ya que no es fácil impartirla en el momento en que el trabajo ha de comenzar. Un ejemplo de ello es el Programa de Trabajador Certificado que se requiere en los mayores proyectos de construcción en Ontario, Canadá, que implica la existencia de comités conjuntos de salud y seguridad. Puesto que esta formación generalmente no forma parte del programa de aprendizaje, tuvieron que desarrollarse programas de formación alternativos para crear un fondo de trabajadores preparados.

A medida que se dé mayor importancia a la formación especializada o, al menos, a la confirmación del nivel de cualificación, los programas de formación realizados conjuntamente con los sindicatos de la construcción probablemente crecerán en alcance, número y variedad.

### Relaciones intersindicales

La estructura sindical es reflejo de las especializaciones de los contratistas dentro del sector. En un proyecto típico de construcción, en un momento dado, cinco o más oficios pueden coincidir en la obra. Ello implica muchos problemas análogos a los creados por la existencia de varios patronos. No sólo hay que atender a intereses encontrados, sino que los canales de autoridad y comunicación se complican y, a veces, se rarifican en comparación con un centro de trabajo con una sola empresa y un solo sindicato. Ello influye en muchos aspectos de la salud y la seguridad. Por ejemplo, ¿Qué trabajador o sindicato representará a todos los trabajadores del proyecto si la norma exige el nombramiento de un representante de salud y seguridad? ¿Quién ha de recibir formación, quién la impartirá y sobre qué materia?

En el caso de rehabilitación y reincorporación de los trabajadores lesionados, las opciones son mucho más limitadas para los trabajadores cualificados de la construcción que para sus homólogos de las industrias fijas. Por ejemplo, un obrero lesionado en una fábrica puede incorporarse a cualquier otro trabajo, sin necesidad de traspasar importantes barreras jurisdiccionales entre dos sindicatos, porque lo habitual es que en la fábrica haya un solo sindicato. En la construcción, cada sindicato tiene una jurisdicción claramente definida sobre el tipo de trabajo que sus miembros pueden efectuar. Esto limita en gran manera las opciones de los trabajadores lesionados que no están capacitados para los cometidos que realizaban antes de sus lesiones, pero que, a pesar de ello, podrían realizar otros trabajos en el mismo centro de trabajo.

De vez en cuando se suscitan disputas jurisdiccionales acerca de qué sindicato debe realizar ciertos tipos de tareas que tienen connotaciones de salud y seguridad. Entre éstas cabe incluir el montaje de andamios, el manejo de grúas con pluma sobre camión, la retirada de amianto y el estibado. Es preciso que las normas en estos sectores tengan en cuenta las incumbencias jurisdiccionales, en especial en lo relativo a autorizaciones y formación.

### Carácter dinámico de la construcción

Los centros de trabajo de la construcción son, en muchos aspectos, totalmente distintos de los de las industrias fijas. No sólo son diferentes, sino que cambian constantemente. Al contrario que una fábrica que funciona en un sitio determinado día tras día, con la misma maquinaria, los mismos trabajadores, los mismos procesos y, generalmente, las mismas condiciones, los proyectos de construcción se desarrollan y cambian de un día para otro. Se levantan paredes, llegan nuevos trabajadores de distintos oficios, las empresas cambian cuando se terminan los trabajos asignados, y casi todos los proyectos se ven afectados, en algún grado, por los cambios climáticos.

Cuando se termina un proyecto, los trabajadores y las empresas se marchan a otras obras para empezar de nuevo. Esto nos indica el carácter dinámico del sector. Algunos patronos trabajan en varias ciudades, provincias, regiones o incluso países diferentes. Del mismo modo, muchos trabajadores especializados se trasladan con el trabajo. Estos factores influyen en muchos aspectos de la salud y seguridad, incluyendo las indemnizaciones a los trabajadores, las normas de salud y seguridad, la cuantificación del rendimiento y la formación.

### Resumen

El sector de la construcción se enfrenta a unas condiciones muy distintas de las de una industria fija. Estas condiciones deben tenerse en cuenta al considerar las estrategias de control y pueden ayudar a explicar la razón de que las cosas se hagan de un modo diferente en este sector. Las soluciones desarrolladas con los datos suministrados tanto por los trabajadores como por la dirección,



que conocen las condiciones y la manera de tratarlas con efectividad, ofrecen la mejor oportunidad para mejorar la salud y seguridad.

## ● GESTION DE CALIDAD Y PREVENCIÓN INTEGRADAS

*Rudolf Scholbeck*

### Mejora de la salud y seguridad en el trabajo

Las empresas de construcción adoptan cada vez más los sistemas de gestión de calidad estipulados por la Organización Internacional de Normalización (ISO), como las series ISO 9000 y las normas subsiguientes basadas en ellas. Aunque en este conjunto de normas no se especifican recomendaciones referentes a la salud y seguridad en el trabajo, existen razones convincentes para la inclusión de medidas preventivas, al poner en práctica un sistema de gestión como el requerido por la ISO 9000.

Las normas de salud y seguridad en el trabajo se redactan, se ponen en práctica y se adaptan continuamente al progreso tecnológico, así como a las nuevas técnicas de seguridad y a los avances de la medicina del trabajo. Sin embargo, con demasiada frecuencia, se soslayan, bien deliberadamente, bien por ignorancia. Cuando esto sucede, los modelos de gestión de seguridad, tales como las series ISO 9000, ayudan a integrar en la gestión la estructura y el contenido de las medidas de prevención. Las ventajas de este enfoque integral son obvias.

La gestión integrada significa que la normativa de salud y seguridad ya no se considerará de un modo aislado, sino que adquieren importancia en los capítulos correspondientes del manual de gestión de la calidad, así como en las instrucciones del proceso y del trabajo, creando de este modo un sistema totalmente integrado. Este enfoque integral puede aumentar las posibilidades de que las medidas de prevención de accidentes reciban una mayor atención en la práctica diaria y, por tanto, reducir el número de accidentes y lesiones en el centro de trabajo. La difusión de un manual que integre los procedimientos de salud y seguridad en el trabajo en los procesos que describe es crucial a estos efectos.

Los nuevos métodos de gestión están encaminados a acercar al personal al centro de los procesos. Los trabajadores que colaboran en ellos se implican de un modo más activo. La información, la comunicación y la cooperación se promueven traspasando las barreras jerárquicas. La reducción de las bajas por enfermedad o por accidentes en el centro de trabajo favorece la puesta en práctica de los principios de gestión de la calidad en la construcción.

Con el desarrollo de nuevos métodos y equipos de construcción, las exigencias de seguridad aumentan de modo continuo. La creciente preocupación por la protección del medio ambiente hace que el problema sea aún más complejo. Es difícil hacer frente a las exigencias de la prevención moderna sin unas normas adecuadas y una articulación centralizada del proceso y de las instrucciones de trabajo. De ahí que en el sistema de gestión de calidad figure por escrito una clara definición de las responsabilidades y una coordinación efectiva del plan de prevención.

### Mejora de la competitividad

Crece la exigencia de que cuando los contratistas presenten sus ofertas para un trabajo, éstas vengán acompañadas de la documentación que acredite la existencia de un sistema de gestión de la seguridad en el trabajo, y su efectividad se ha convertido en uno de los criterios para la adjudicación de un contrato.

La presión de la competencia internacional podría ser mayor en el futuro. Parece prudente, por tanto, integrar de entrada medidas preventivas dentro del sistema de gestión de calidad, mejor que esperar y hacerlo más adelante, obligados por la creciente presión competitiva, cuando la presión del tiempo y los costes de personal y financiación serán mayores. Además, una ventaja no insignificante de un sistema de gestión de calidad y de prevención integrados es que la existencia de tal programa bien documentado probablemente reducirá los costes de cobertura, no sólo para las indemnizaciones a los trabajadores, sino de la responsabilidad civil del constructor.

### Dirección de la empresa

La dirección de la empresa debe comprometerse con la integración de la salud y la seguridad en el trabajo dentro del sistema de dirección. Deberán definirse los objetivos especificando el contenido y el marco temporal de este esfuerzo, e incluirlos en la declaración básica de la política de la empresa. Se dispondrán los recursos necesarios y se asignará el personal adecuado para el cumplimiento de los objetivos establecidos. Generalmente, en las empresas de construcción de medianas y grandes se requiere personal especializado en seguridad. En empresas de menor tamaño, el patrón deberá asumir la responsabilidad de los aspectos preventivos del sistema de gestión de calidad.

El círculo se cierra mediante una revisión periódica de la gestión de la empresa. Deben analizarse y evaluarse las experiencias colectivas de la utilización del sistema integrado de gestión de calidad/prevenición, y la dirección de la empresa deberá formular planes para su revisión y crítica posterior.

### Evaluación de los resultados

La evaluación de los resultados del sistema de gestión de seguridad en el trabajo que se ha instituido es el segundo paso en la integración de las medidas preventivas y de la gestión de calidad.

Las fechas, clases, frecuencia y costes de los accidentes deben recopilarse, analizar y compartirse con las personas de la empresa a quienes compitan estas responsabilidades. Tal análisis facilita a la empresa la fijación de prioridades al formular o modificar el proceso y las instrucciones de trabajo. También indica hasta qué punto la experiencia de salud y seguridad en el trabajo afecta a todas las divisiones y a todos los procesos de la empresa de construcción. Por esta razón, la definición de la interfase entre los procesos empresariales y los aspectos preventivos adquiere gran importancia.

En la fase de elaboración de la oferta pueden calcularse con precisión los recursos de tiempo y económicos necesarios para unas medidas de prevención exhaustivas, como por ejemplo las de limpieza de escombros.

Cuando se realiza la compra de los materiales de construcción, debe prestarse atención a la posibilidad de sustitución de materiales potencialmente peligrosos. Desde el comienzo de un proyecto deben asignarse las responsabilidades sobre la salud y seguridad laboral para aspectos específicos y para cada fase del proyecto de construcción. La necesidad y la disponibilidad de formación especial en salud y seguridad en el trabajo, así como los riesgos relativos de lesión y enfermedad deben ser factores determinantes de la adopción de unos procesos de construcción determinados. Estas condiciones deben ponerse de manifiesto con prontitud, de modo que se pueda hacer una selección de trabajadores idóneos y que se puedan organizar los cursos de formación de un modo oportuno.

Las responsabilidades y la autoridad del personal asignado a la seguridad y la manera en que éstas encajen en el trabajo diario deben documentarse por escrito y adjuntarse a la descripción de tareas en la obra. El personal encargado de la

seguridad en el trabajo de una empresa de construcción debe figurar en su organigrama, que junto con una matriz clara de responsabilidades y los esquemas del proceso debe estar incluido en el manual de gestión de calidad.

### Un ejemplo de Alemania

En la práctica, en Alemania, para integrar el sistema de gestión de calidad se han puesto en práctica cuatro procedimientos formales y sus combinaciones:

1. *Se preparan, por separado, un manual de gestión de calidad y un manual de gestión de seguridad en el trabajo. Cada uno contiene sus propios procedimientos e instrucciones de trabajo.* En casos extremos, este método da lugar a soluciones ineficaces, organizadas aisladamente, que duplican el trabajo y en la práctica no proporcionan los resultados apetecidos.
2. *En el manual de gestión de calidad se inserta un capítulo adicional bajo el título “Seguridad y salud en el trabajo”.* En este capítulo se incluyen todas las declaraciones relativas a salud y seguridad en el trabajo. Algunas empresas constructoras eligen este camino. La inserción de un problema de salud y seguridad en un capítulo separado puede resaltar la importancia de la prevención, pero conlleva el riesgo de ser ignorado como “la rueda de repuesto”, y sirve más de prueba de un intento que de orden para adoptar las medidas adecuadas.
3. *Todos los aspectos de seguridad y salud en el trabajo se incorporan directamente en el sistema de gestión de calidad.* Esta es la realización más sistemática de la idea básica de la integración. La estructura integrada y flexible de los modelos de presentación de las normas alemanas DIN EN ISO 9001-9003 permite tal inclusión.
4. *La Asociación Sectorial de la Construcción Subterránea (Berufsgenossenschaft) favorece una integración modular.* Este concepto se explica más adelante.

### Integración en la gestión de calidad

A más tardar cuando se completa la evaluación, las personas responsables del proyecto de construcción deben reunirse con los responsables de gestión de calidad y decidir los pasos a dar para integrar, de un modo efectivo, la seguridad en el trabajo dentro del sistema de gestión. Un trabajo de preparación exhaustivo deberá facilitar la fijación de prioridades comunes durante el trabajo que prometan dar resultados preventivos óptimos.

Las exigencias de prevención que se derivan de la evaluación se dividen, en primer lugar, entre las que se pueden catalogar de acuerdo con los procesos específicos de la empresa y las que deben considerarse separadamente por ser más generales, más globales o tienen un carácter tan especial que deben considerarse por separado. Para esta clasificación pueden servir de ayuda las siguientes preguntas: ¿Dónde sería más probable que el lector interesado del manual (el “cliente” o el trabajador) buscara la política preventiva pertinente? ¿En la sección de un capítulo destinado a un proceso específico de la empresa, o en una sección especial de salud y seguridad en el trabajo? Parece más sensato, de acuerdo con ello, que la instrucción de un procedimiento especial para el transporte de materiales peligrosos, en casi todas las empresas de construcción, se incluyera en la sección dedicada a manipulación, almacenaje, embalaje, conservación y transporte.

### Coordinación y puesta en práctica

Después de esta clasificación formal debe venir la coordinación lingüística para garantizar que sea fácilmente legible (esto significa su presentación en el/los idioma/s apropiado/s y en términos fácilmente comprensibles por individuos con niveles educativos característicos de la mano de obra específica). Finalmente, los documentos finales deben ser respaldados de manera formal por la alta dirección de la empresa. En este momento, será útil dar publicidad a la importancia de los procedimientos que han cambiado o de nueva implantación y de las instrucciones de trabajo, por medio de boletines de la empresa, círculos de seguridad, memorándums y otros medios disponibles, y promover su aplicación.

### Auditorías generales

Para evaluar la efectividad de las instrucciones se pueden formular preguntas adecuadas que se incluirán en las auditorías generales. De este modo, el trabajador percibe de una manera inconfundible la coherencia de los procesos de trabajo y las consideraciones de salud y seguridad en el trabajo. La experiencia ha demostrado que, al principio, los trabajadores pueden sorprenderse cuando un equipo auditor, en la obra, en su división específica, les hace preguntas rutinarias sobre prevención de accidentes, sin darle importancia. El aumento posterior de la atención prestada a la salud y seguridad por los trabajadores confirma lo valioso de la integración de la prevención en el programa de gestión de calidad.

## PRINCIPALES SECTORES Y SUS RIESGOS

### ● PRINCIPALES SECTORES

*Jeffrey Hinksman*

El término *industria de la construcción* se usa en todo el mundo para englobar un colectivo de empresas con prácticas muy diferentes, que se reúnen por un tiempo limitado en el lugar en que se ha de ejecutar una obra de edificación o de ingeniería civil. La escala de trabajos abarca desde un trabajador único que ejecuta un trabajo que dura sólo unos minutos (p. ej., reparar una teja, con un equipo consistente en martillo y clavos y, tal vez, una escalera) hasta vastos proyectos de edificación o de ingeniería civil que duran varios años y que implican a cientos de contratistas diferentes, cada uno de ellos con su propia cualificación, su maquinaria y su equipo. Sin embargo, a pesar de la enorme variedad de escalas y de la complejidad de los trabajos, los sectores principales

de la industria de la construcción tienen mucho en común. Siempre hay un cliente (denominado a veces la propiedad) y un contratista; —excepto en los trabajos de muy poca importancia, siempre habrá un proyectista, un arquitecto o un ingeniero— y, si el proyecto requiere una gama de especialidades, se requerirán inevitablemente contratistas adicionales que actuarán como subcontratistas del contratista principal (véase también el Apartado “Factores organizativos que afectan a la salud y seguridad” en este Capítulo). Mientras que edificios agrícolas o residenciales pequeños pueden construirse sobre la base de un acuerdo informal entre el cliente y el constructor, la gran mayoría de trabajos de construcción y obras civiles se ejecutan amparados por las cláusulas de un contrato formal entre el cliente y el contratista. Este contrato expone los detalles de la estructura o de otros trabajos que el contratista ha de ejecutar, el plazo de construcción y el precio. Los contratos pueden contener muchos otros

detalles aparte de la descripción del trabajo, el plazo y el precio, pero estos tres son los esenciales.

Los proyectos de construcción se dividen en dos grandes categorías: *edificación* y *obras civiles*. El término edificación se aplica a los proyectos de casas, oficinas, tiendas, fábricas, escuelas, hospitales, centrales eléctricas y estaciones de ferrocarril, iglesias, etc., es decir, todos los tipos de estructuras que en el lenguaje común se denominan "edificios". El término *obras civiles* se aplica al resto de estructuras construidas en nuestro entorno, incluyendo carreteras, túneles, puentes, vías férreas, presas, canales y muelles. Hay estructuras que parecen pertenecer a ambas categorías; un aeropuerto implica la construcción de grandes edificios, así como la obra civil necesaria para la creación del aeropuerto propiamente dicho; un muelle conlleva la construcción de edificios de almacén además de la excavación de la dársena y de la elevación de sus muros.

Cualquiera que sea el tipo de estructura, tanto la edificación como las obras civiles implican ciertos procesos, como la construcción o montaje de la estructura, su puesta en funcionamiento, conservación, reparaciones, reformas y, por último, su demolición. Este ciclo de operaciones se repite una y otra vez, independientemente del tipo de estructura.

### Pequeños contratistas y autónomos

Aunque existen variaciones de un país a otro, la construcción es típicamente una industria de pequeñas empresas. Entre un 70 y un 80 % de los contratistas tienen menos de 20 trabajadores propios. Ello es debido a que muchos contratistas empiezan como industriales individuales en trabajos pequeños, probablemente residenciales. A medida que su negocio se amplía, estos industriales empiezan a dar trabajo a un número reducido de trabajadores. La carga de trabajo en construcción es raramente predecible o constante, pues unos trabajos terminan y otros empiezan sin coincidir en el tiempo. Existe la necesidad en la industria de poder desplazar a grupos de trabajadores con ciertas especialidades de obra en obra según lo requiera el trabajo. Los pequeños contratistas cumplen este cometido.

Junto a los pequeños contratistas se mueve una multitud de trabajadores autónomos. Al igual que la agricultura, la construcción tiene un porcentaje muy alto de trabajadores por cuenta propia. Estos también suelen ser industriales, como carpinteros, pintores, electricistas, fontaneros y albañiles. Pueden encontrar un puesto en pequeñas obras residenciales o formar parte de la mano de obra en proyectos de más envergadura. Durante el período de gran auge de la construcción de finales del decenio de 1980, hubo un aumento de trabajadores que alegaban ser autónomos. Ello fue debido en parte a los incentivos fiscales para los individuos afectados y a la utilización por los contratistas de estos autónomos, que resultaban más baratos que los empleados propios. Además, los contratistas tenían menores costes de seguridad social, no tenían obligación de dar formación a los autónomos y se podían desprender de ellos con más facilidad al acabarse el trabajo.

La presencia en la construcción de tantos pequeños contratistas y trabajadores autónomos suele dificultar una gestión efectiva de la salud y la seguridad en la obra en su conjunto, y con una mano de obra tan móvil, ciertamente resulta más difícil impartir una formación de seguridad adecuada. Un análisis de accidentes mortales en el Reino Unido durante un período de 3 años mostró que aproximadamente la mitad de los accidentes mortales sucedió entre los trabajadores que llevaban en la obra una semana o menos. Los primeros días en cualquier obra son singularmente peligrosos para los trabajadores de la construcción pues, aunque sean industriales experimentados, cada obra es una experiencia única.

### Sectores público y privado

Los contratistas pueden formar parte del sector público (p. ej., el departamento de obras de un ayuntamiento o de un consejo comarcal). Estos departamentos de obras públicas solían llevar a cabo un volumen considerable de trabajos de conservación, especialmente en viviendas, escuelas y carreteras. Recientemente se ha producido un movimiento a favor de alentar una mayor competencia en estos trabajos, en parte a raíz de las presiones ejercidas con miras a mejorar la administración de los fondos. Ello ha conducido, en primer lugar, a la reducción del tamaño de los departamentos de obras públicas, incluso a su total desaparición en algunos lugares, y a la obligación de adjudicar las obras mediante licitaciones competitivas. Los trabajos anteriormente ejecutados por los departamentos de obras públicas se realizan ahora por contratistas del sector privado en estrictas condiciones de "adjudicación a la oferta más barata". Ante la necesidad de reducir costes, los contratistas pueden sufrir la tentación de reducir partidas que ellos consideran gastos generales, como los de seguridad y formación.

La diferencia entre los sectores público y privado también puede hacerse extensiva a los clientes. El gobierno central y local (junto con los servicios públicos y de transporte, si es que están bajo el control de los anteriores) pueden ser clientes de las empresas de construcción. Como tales, generalmente debería considerarse que pertenecen al sector público. El transporte y los servicios públicos regidos por empresas deberían considerarse normalmente como pertenecientes al sector privado. El hecho de que un cliente pertenezca o no al sector público a veces influye en la decisión de incluir ciertas partidas de seguridad o formación en el coste de los trabajos de construcción. Recientemente, clientes tanto del sector público como del privado se han encontrado con parecidas exigencias en esta modalidad de ofertas competitivas.

### Trabajos allende las fronteras nacionales

Un aspecto de los contratos del sector público, cuya importancia va en aumento, es la de recibir invitaciones para licitar obras fuera de las fronteras nacionales. En la Comunidad Europea, por ejemplo, los contratos de gran envergadura que sobrepasen un importe fijado en las Directivas, deben ser anunciados dentro de la Comunidad, de modo que puedan licitar contratistas de todos los países miembros. El efecto buscado es animar a los contratistas a trabajar fuera de las fronteras de sus países. En estos casos, están obligados a trabajar de acuerdo con la legislación nacional de seguridad y salud del país en cuestión. Uno de los objetivos de la Comunidad Europea es la armonización de las normas de seguridad y salud. Los contratistas importantes que trabajan en varias partes del mundo bajo regímenes diferentes deberán, por tanto, familiarizarse con los reglamentos de salud y seguridad de aquellos países en que operan.

### Proyectistas

Tratándose de edificios, el proyectista es habitualmente un arquitecto, aunque en viviendas domésticas de pequeña escala, los propios contratistas pueden poseer la competencia necesaria para el diseño. Si se trata de un edificio grande o complejo, intervienen arquitectos que se encargan del proyecto general, así como ingenieros de estructuras que se ocupan del proyecto de estructura, e ingenieros especialistas que se encargan de proyectar las instalaciones. El arquitecto garantizará las necesidades de espacio para la instalación de la maquinaria y los servicios en los emplazamientos adecuados del edificio. Los ingenieros especialistas se preocuparán de garantizar que la planta y las instalaciones proyectadas funcionen en los niveles de calidad requeridos, cuando se instalen en los lugares previstos por el arquitecto.

En obras civiles, es más probable que la dirección del proyecto recaiga en un ingeniero de caminos o de estructuras, aunque en ciertos trabajos en los que el impacto visual pueda ser un factor influyente, un arquitecto puede asumir un papel destacado dentro del equipo del proyecto. En la construcción de túneles, ferrocarriles y carreteras, lo probable es que la dirección del proyecto sea asumida por ingenieros de caminos o de estructuras.

El papel del promotor consiste en tratar de mejorar el uso del terreno o de los edificios y sacar un beneficio de tales mejoras. Algunos promotores se limitan a vender el terreno o los edificios mejorados y no tienen un interés posterior; otros conservan la propiedad del terreno o incluso de los edificios y cosechan un interés continuado en forma de alquileres más elevados tras las mejoras.

La habilidad del promotor reside en identificar terrenos vacíos o infrautilizados o edificios obsoletos cuyo valor se incrementa aplicando las artes de la construcción. El promotor puede utilizar sus recursos financieros, pero quizás más frecuentemente emplea su habilidad para buscar y atraer otras fuentes de financiación. Los promotores no son un fenómeno moderno; la expansión de las ciudades durante los últimos 200 años se debe en gran parte a ellos. Los promotores pueden ser, a su vez, los clientes de la obra, o simplemente actuar como representantes de otros grupos que facilitan la financiación.

### Tipos de contratos

En contrato tradicional, el cliente acuerda con un proyectista la elaboración de un proyecto y unas especificaciones completas. A partir de aquí, el cliente invita a los contratistas a que presenten ofertas o pujen para ejecutar el trabajo de acuerdo con el proyecto. El papel del contratista se reduce mayormente a la construcción propiamente dicha. La participación del contratista en el diseño o la elaboración de especificaciones consiste principalmente en buscar los cambios que hagan la construcción más fácil o más eficiente: mejorar la "edificabilidad".

Otro acuerdo corriente en la construcción es el *contrato de proyecto y obra*. El cliente requiere un edificio (tal vez un bloque de oficinas o un centro comercial), pero las únicas ideas definidas que tiene en cuanto a los aspectos de detalle del proyecto son las dimensiones del emplazamiento, el número de personas que habrán de acomodarse o la escala de actividades que en él se desarrollará. En tal caso, el cliente solicita ofertas de proyectistas o contratistas para que cursen propuestas de proyecto y obra. Los contratistas que se dedican a proyectar y construir cuentan con su propia organización de proyectos o mantienen lazos estrechos con un proyectista ajeno a su organización que está dispuesto a trabajar para ellos en el encargo. La modalidad de proyecto y obra puede incorporar dos fases: una fase inicial en la que un proyectista prepara un proyecto preliminar que sirve para la petición de ofertas; y, a continuación, una segunda fase en la que el contratista de proyecto y obra que resulte adjudicatario, realizará el proyecto de ejecución de la obra.

Los contratos de *mantenimiento y emergencias* cubren una gran variedad de acuerdos entre clientes y contratistas y representan una proporción significativa del trabajo de la industria de la construcción. Generalmente tienen vigencia por un período fijo, requieren que el contratista haga ciertos tipos de trabajos con carácter inmediato (p. ej., trabajos en los que el cliente llama al contratista para que los ejecute al momento). Los contratos de emergencia son utilizados ampliamente por las autoridades públicas que tienen la responsabilidad de suministrar un servicio público que no se puede interrumpir; los organismos públicos, las compañías de servicios públicos y los servicios de transporte hacen amplio uso de los mismos. Las empresas industriales, en especial aquellas con procesos continuos tales como las

petroquímicas, también hacen extenso uso de estos contratos para resolver los problemas en sus instalaciones. Habiendo acordado un contrato de tal índole, el contratista se compromete a tener disponibles personal y equipo adecuados para la ejecución de los trabajos, a menudo avisado con muy poca antelación (p. ej., en el caso de contratos de emergencia). La ventaja para el/la cliente es que no necesita tener obreros en su nómina ni conservar maquinaria o equipos para emplear sólo de manera esporádica en trabajos de mantenimiento y casos de emergencia.

La valoración de este tipo de contratos puede basarse en un tanto fijo por año o en el tiempo empleado en la ejecución del trabajo o en una combinación de ambos.

Quizás el ejemplo más comúnmente conocido por el público sea el de mantenimiento de carreteras y reparaciones de urgencia de tendidos eléctricos o tuberías de gas cortadas o dañadas accidentalmente.

Cualquiera que sea la forma de contrato, las posibilidades de que clientes y proyectistas influyan en la seguridad y la salud de los contratistas por efecto de decisiones tomadas en una fase temprana del trabajo son las mismas. La modalidad del proyecto y obra quizás permite una más estrecha cooperación entre proyectista y constructor en materia de salud y seguridad.

### Precio

El precio es siempre un elemento del contrato. Puede ser simplemente una suma estipulada por el coste de realizar el trabajo, tal como la construcción de una casa. Incluso si se trata de un simple tanto alzado, el cliente puede tener que satisfacer parte del precio por adelantado antes de iniciar la obra, para facilitar al contratista la compra de materiales. Sin embargo, el precio puede establecerse en base al coste más un porcentaje, de acuerdo con el cual el/la contratista se resarce de sus costes más una cantidad acordada o un porcentaje en concepto de beneficio. Este acuerdo suele perjudicar al cliente, ya que el contratista no tiene aliciente para reducir los costes. El precio también puede conllevar bonificaciones o penalizaciones, de modo que el contratista reciba un mayor importe, si por ejemplo el trabajo se acaba antes del plazo acordado. Sea cual sea la forma de liquidación de los trabajos, es habitual que los pagos se efectúen en fases a medida que los trabajos avanzan, bien al completarse ciertas partes de la obra en las fechas acordadas, bien sobre la base de algún método convenido para medir la obra realizada. Al final de la construcción propiamente dicha, es habitual que el cliente efectúe una retención acordada del precio total hasta que las deficiencias hayan sido rectificadas o la estructura se haya puesto en servicio.

En el transcurso de la obra, el contratista puede encontrarse con problemas que no habían sido previstos cuando se firmó el contrato con el cliente. Estos pueden motivar cambios del proyecto, del método de construcción o de los materiales. Generalmente tales cambios originan costes adicionales al contratista, que trata de reclamarlos al cliente, basándose en que tales trabajos son "desviaciones" del contrato original. A veces la recuperación del coste de los cambios puede representar la diferencia para el contratista entre ganar o perder dinero en la obra.

El precio de los contratos puede afectar a la salud y seguridad si en la oferta del contratista se incluye una previsión inadecuada para cubrir los costes de accesos seguros, maquinaria de elevación, etc. Esto se hace más difícil en los casos en que, llevados por la intención de asegurarse de que los contratistas no den un precio abusivo, los clientes siguen estrictamente una política de licitación competitiva. Los gobiernos y las autoridades locales aplican políticas de licitación competitiva a sus contratos, y de hecho puede ser obligatoria por ley la adjudicación de los contratos exclusivamente por este método. En esta situación siempre existe el riesgo de que se vea afectada la salud y la seguridad de los operarios de la construcción. Al reducir costes, los

clientes pueden resistirse a la tentación de reducir el nivel de calidad de los materiales o los métodos de construcción, pero al mismo tiempo ignorar totalmente que, al aceptar la oferta más baja, han aceptado métodos de trabajo que ofrecen una mayor probabilidad de poner en peligro a los obreros de la construcción. Incluso en una situación de ofertas a la baja, los contratistas en sus ofertas deberán especificar claramente al cliente que ésta cubre adecuadamente el coste de la salud y seguridad que sus propuestas conllevan.

Los promotores pueden influir en la salud y seguridad de la construcción de un modo similar a los clientes; en primer lugar, recurriendo a contratistas que sean competentes en salud y seguridad y arquitectos que consideren la salud y seguridad en sus proyectos y, en segundo lugar, desechando automáticamente las ofertas más bajas. Los promotores generalmente desean que sus promociones tengan éxito, y una medida del éxito de un proyecto debería ser que durante el proceso constructivo no se produzcan problemas importantes de salud y seguridad.

### Planificación y normas de edificación

En el caso de los edificios, ya sean destinados a vivienda, ya sean comerciales o industriales, los proyectos están sujetos a normas de planificación que ordenan las zonas en las que se pueden desarrollar cierto tipo de usos (p. ej., no se puede construir una fábrica en medio de viviendas). Las leyes de planificación pueden ser muy específicas en cuanto al aspecto exterior, los materiales y el volumen de los edificios. Normalmente sólo es posible la construcción de fábricas en las zonas calificadas de industriales.

A menudo también existen ordenanzas de edificación o normas similares que definen con exactitud y detalle muchos aspectos del proyecto y de las especificaciones de los edificios: por ejemplo, el espesor de los muros y maderas, la profundidad de los cimientos, las características del aislamiento, las dimensiones de las ventanas y habitaciones, la distribución del cableado eléctrico y la puesta a tierra, la distribución de la fontanería y las tuberías y muchos más. Los clientes, proyectistas, redactores de especificaciones y contratistas han de seguir estas normas. Las mismas coartan la libertad de elección, pero al mismo tiempo garantizan que los edificios se construyan con una calidad aceptable. En este sentido, las leyes de planificación y las normas de edificación condicionan el proyecto de los edificios y su coste.

### Viviendas

Los proyectos de construcción de viviendas pueden consistir en una sola casa o en grandes grupos de viviendas unifamiliares o apartamentos. El cliente puede ser el dueño/a de cada casa, quien normalmente será el responsable del mantenimiento de la misma. El contratista, habitualmente, seguirá responsabilizándose de la reparación de los defectos de construcción durante un período de algunos meses después de la terminación del edificio. Sin embargo, si el proyecto es de un número elevado de casas, el cliente puede ser un organismo público, local o gubernamental, que tiene la responsabilidad de proporcionar alojamientos. Existen también grandes organismos privados, tales como asociaciones inmobiliarias, por encargo de las cuales es posible la construcción de grupos de casas. Los organismos públicos o privados responsables de facilitar vivienda, generalmente alquilan las casas terminadas a los que las ocuparán, conservando también para sí un mayor o menor grado de responsabilidad en el mantenimiento. Los proyectos de edificación relativos a bloques de apartamentos, generalmente tienen un sólo cliente para la totalidad del bloque, el cual, a continuación, alquila los apartamentos individuales de acuerdo con un contrato de arrendamiento. En este caso, el cliente tiene la responsabilidad de encargarse del mantenimiento, pero traspasa su coste a los inquilinos. En algunos

países, la propiedad de cada apartamento individual del bloque puede corresponder a los ocupantes de cada uno de los apartamentos. Existen ciertos acuerdos, a veces por medio de un contratista administrador del conjunto, según los cuales se lleva a cabo el mantenimiento, recaudándose los costes necesarios entre los ocupantes.

A menudo se construyen casas con fines especulativos por parte de un promotor. Los clientes u ocupantes específicos de tales casas pueden ser desconocidos al iniciarse el proceso, pero aparecen en escena después de que la construcción ha comenzado y adquieren o alquilan la propiedad como cualquier otra mercancía. Las casas suelen estar equipadas con instalaciones de electricidad, fontanería y alcantarillado y de calefacción; también pueden contar con una acometida de gas. A veces, con la intención de reducir costes, las casas se entregan sólo parcialmente acabadas, dejando en manos del comprador la instalación de los accesorios y la pintura y decoración del edificio.

### Edificios comerciales

Entre los edificios comerciales se incluyen las oficinas, fábricas, escuelas, hospitales, tiendas: una lista casi interminable de tipos diferentes de edificios. En la mayoría de los casos estos edificios se construyen para un cliente particular. Sin embargo, las oficinas y tiendas se construyen a menudo con fines especulativos, al igual que las viviendas, con la esperanza de atraer compradores o inquilinos. Algunos clientes requieren una oficina o tienda que esté completamente equipada de acuerdo con sus necesidades, pero muy a menudo, el contrato sólo incluye la estructura y los servicios principales, siendo el cliente el que se encarga de la terminación del local mediante acuerdos con contratistas especializados en el equipamiento de oficinas y tiendas.

Los hospitales y las escuelas se construyen para clientes que tienen una idea claramente definida de sus necesidades, y los mismos clientes ofrecen a menudo datos de diseño que se incorporan al proyecto. La instalación y el equipamiento de los hospitales pueden tener un valor superior al de la estructura y llevan aparejado un importante trabajo para que el proyecto satisfaga estrictas normas médicas. El gobierno local o nacional también puede desempeñar un papel en proyectos de escuelas, estableciendo exigencias muy detalladas sobre las necesidades de espacio y equipamiento como parte de su más amplio papel en materia de enseñanza. Los gobiernos nacionales, de costumbre, tienen una normativa muy precisa con respecto a los edificios e instalaciones de hospitales. El equipamiento de los hospitales y edificios de una complejidad análoga es una clase de trabajo de construcción que suele ser ejecutada por subcontratistas especializados. Estos contratistas no sólo han de tener conocimientos de salud y seguridad en la construcción en general, sino también los conocimientos necesarios para garantizar que sus trabajos no puedan afectar negativamente a las actividades propias del hospital.

### Construcción industrial

La edificación o construcción industrial incorpora la utilización de técnicas de producción masiva de la industria manufacturera para producir partes de edificios. El ejemplo por excelencia es el ladrillo, pero normalmente la expresión se aplica a construcciones que utilizan elementos de hormigón que se montan in situ. La construcción industrial se extendió rápidamente después de la segunda guerra mundial para satisfacer la demanda de viviendas baratas, y se encuentra comúnmente en promociones masivas de viviendas. Es posible producir, en las condiciones de trabajo de una fábrica, elementos prefabricados de una precisión uniforme de un modo que sería prácticamente imposible de lograr en las condiciones normales de una obra.

A veces los elementos de la construcción industrial se fabrican fuera del emplazamiento de la obra, en fábricas que pueden servir a una amplia zona; en algunos casos, cuando la promoción alcanza por sí sola un número elevado de unidades, se instala una factoría a pie de obra para servir a este grupo de modo exclusivo.

Los elementos proyectados para la construcción industrial deben ser estructuralmente bastante resistentes para soportar los esfuerzos al ser transportados, izados colocados en su sitio; deben llevar incorporados puntos de anclaje o ranuras para permitir la fijación de bridas de elevación, y también deberán incluir pestañas o rebajes adecuados para permitir un acoplamiento fácil y sólido de las piezas. La construcción industrial requiere maquinaria de transporte y elevación de las unidades, y espacio y medios para almacenar las piezas con seguridad cuando se entregan en obra, de modo que las piezas no resulten dañadas ni produzcan lesiones a los obreros. Esta técnica de construcción suele producir edificios de escaso atractivo visual, pero, a gran escala, es barata; mediante el montaje de seis piezas se puede construir una habitación con las aberturas de puerta y ventana en su ubicación definitiva.

Se emplean técnicas similares para fabricar elementos de hormigón para estructuras de ingeniería civil, tales como autovías elevadas y revestimientos de túneles.

### Proyectos llave en mano

Algunos clientes de edificios industriales o comerciales, con plantas e instalaciones extensas y complejas, desean simplemente trasladarse a una instalación que se encuentre a punto y funcionando desde el primer día de su ocupación. Los laboratorios se construyen y se equipan, a veces, siguiendo esta modalidad. Tal tipo de acuerdos recibe el nombre de proyectos "llave en mano", y de acuerdo con ellos el contratista debe asegurar que todos los aspectos de la instalación y servicios funcionan perfectamente antes de la entrega del proyecto. El trabajo puede haberse ejecutado amparado por un contrato de proyecto y obra, de modo que, en efecto, el contratista de trabajos llave en mano se ocupa de todo, desde el proyecto hasta la puesta en funcionamiento.

### Obras civiles y construcción pesada

Las obras civiles más conocidas por el público son los trabajos en carreteras. Algunos trabajos de esta índole consisten en la apertura de nuevas carreteras en terreno virgen, pero una gran parte de los mismos abarcan la ampliación y reparación de carreteras existentes. Los contratos de trabajo en carreteras son, generalmente, encargados por organismos municipales o estatales, pero a veces las carreteras permanecen bajo el control de los contratistas durante varios años después de su terminación, tiempo durante el cual están autorizados a cobrar peajes. Si las estructuras de ingeniería civil son financiadas por el gobierno, tanto el proyecto como la construcción real estarán sujetos a una estricta supervisión por funcionarios en nombre del gobierno. Los contratos de construcción de carreteras suelen adjudicarse a los contratistas sobre la base de que un contratista se responsabilice de un tramo de varios kilómetros de la carretera. Existirá un contratista principal para cada tramo, pero la construcción de carreteras involucra una variedad de técnicas, y ciertos aspectos del trabajo tales como los trabajos de ferralla, hormigón, encofrados y pavimentación serán subcontratados por el contratista principal a firmas especializadas. Algunas veces, la construcción de carreteras se ejecuta en la modalidad de contratos de dirección de obra, en cuyo caso una firma consultora de ingeniería se encargará de la dirección de la obra y todos los trabajos serán ejecutados por subcontratistas. Un contratista de dirección de este tipo puede también haber participado en la elaboración proyecto de carretera.

La construcción de carreteras requiere la creación de una superficie cuyas pendientes sean adecuadas para la clase de tráfico que pasará por ella. En un terreno generalmente llano, la formación de la plataforma de la carretera puede incluir el movimiento de tierras: esto es, excavar desmontes y usar los productos de la excavación para hacer terraplenes, construir puentes para cruzar los ríos y perforar túneles en las laderas de las montañas cuando no es posible rodear la obstrucción. En aquellos lugares en que los costes de la mano de obra son más elevados, estos trabajos se realizan empleando maquinaria como excavadoras, traillas, cargadoras y camiones. Si los costes de mano de obra son bajos, estos trabajos se pueden ejecutar manualmente por gran número de obreros equipados con herramientas de mano. Cualquiera que sea el método adoptado, la construcción de carreteras requiere una minuciosa planificación de los trabajos.

A menudo, el mantenimiento de carreteras requiere la continuidad del servicio mientras se efectúan las reparaciones o mejoras en un sector de la misma. De este modo se origina un cruce peligroso entre el tráfico en movimiento y los trabajos de la construcción que hace aún más importante una buena planificación y organización de la obra. Existen, a menudo, normativas nacionales para la señalización y demarcación con conos de las zonas de trabajo y fijando la distancia de separación que deberá mediar entre construcción y tráfico, lo cual puede ser difícil de conseguir en una zona confinada. El control del tráfico que circula en la proximidad de las carreteras en obras, es habitualmente responsabilidad de la policía local, pero requiere una cuidadosa cooperación entre ésta y los contratistas. La conservación de carreteras origina retenciones de tráfico, y, en consecuencia, los contratistas son presionados para acabar las obras rápidamente; a veces existen premios por adelantar el plazo y penalizaciones por los retrasos. La presión económica no deberá socavar la seguridad de lo que de por sí es un trabajo muy peligroso.

La pavimentación de las carreteras puede implicar el uso de hormigón, piedra u macadam asfáltico. Esto requiere un apoyo logístico importante que garantice que las cantidades necesarias de materiales para la pavimentación lleguen a su destino en condiciones adecuadas para asegurar que la pavimentación proceda sin interrupción. El macadam asfáltico requiere una máquina extendidora especial que mantiene el material en estado plástico durante su extendido. Cuando el trabajo consiste en rehacer una pavimentación, se precisarán equipos adicionales incluyendo picos y martillos rompedores, para demoler y retirar la pavimentación existente. Pesadas apisonadoras se encargan de dar el acabado final al pavimento.

La apertura de túneles y los desmontes pueden requerir el uso de explosivos y, ulteriormente, hay que retirar los escombros producidos por las voladuras. Los costados de los desmontes pueden requerir apuntalamientos permanentes para prevenir los deslizamientos o las caídas de tierras sobre la carretera terminada.

Las carreteras elevadas requieren a menudo estructuras similares a los puentes, especialmente si el tramo elevado cruza una zona urbana en la que el espacio es limitado. Las carreteras elevadas se construyen a menudo con elementos de hormigón armado que puede ser vertido *in situ* o prefabricados en una fábrica y, a continuación, llevados al lugar de colocación en obra. El trabajo requiere una maquinaria de elevación de gran potencia para izar los elementos prefabricados, los encofrados y las armaduras de hierro.

Es necesario proyectar apoyos provisionales o cimbras para soportar las secciones de las carreteras elevadas o los puentes durante su hormigonado. Estas construcciones provisionales tienen que resistir las cargas producidas por el hormigón

durante su vertido. El proyecto de estas cimbras es tan importante como el de la misma estructura.

### Puentes

En zonas remotas, los puentes pueden ser simples construcciones hechas de madera. Hoy es más corriente que los puentes se construyan de hormigón armado o acero. También pueden estar revestidos de ladrillo o piedra. Si el puente tiene que salvar una depresión considerable, sobre agua o sobre un cauce seco, su proyecto requiere la labor de proyectistas especializados. Con el empleo de los materiales actuales, la resistencia de un arco o vano de puente no se consigue con una gran masa, que simplemente lo haría demasiado pesado, sino por medio de un proyecto experto. El contratista principal para la construcción de un puente es generalmente un contratista importante de ingeniería civil con una maquinaria adecuada y una dirección capacitada. Sin embargo, subcontratistas especializados pueden encargarse de aspectos importantes del trabajo, como el montaje de la estructura metálica para formar el vano o la prefabricación o colocación de las secciones prefabricadas del vano en su ubicación definitiva. Si el puente cruza sobre el agua, es posible que uno o varios de los estribos que soportan sus extremos tengan que ser construidos dentro del agua, lo que implica pilotajes, ataguías, hormigón en masa o mampostería. Un puente nuevo puede formar parte de un nuevo sistema de carreteras, en cuyo caso es posible que haya que construir carreteras de acceso, posiblemente también elevadas. Un buen proyecto es particularmente importante en la construcción de puentes, de modo que la estructura sea lo bastante resistente para soportar las cargas que circularán por él y para asegurar que no requerirá una conservación o reparación demasiado frecuentes. El aspecto de un puente es a menudo un factor muy importante, y aquí nuevamente, un buen proyecto puede establecer un equilibrio en el conflicto entre las demandas de la estética y de la buena ingeniería. Es necesario durante la fase de proyecto prever medios de acceso seguros para el mantenimiento de los puentes.

### Túneles

Los túneles son obras civiles de carácter muy especializado. Varían en dimensiones desde el túnel del Canal de la Mancha, con más de 100 km de galerías por 6 a 8 m de diámetro, a mini-túneles cuya perforación es de dimensiones demasiado reducidas para que puedan entrar los obreros a trabajar y que se abren con máquinas lanzadas desde pozos de acceso y controladas desde la superficie. En zonas urbanas, los túneles pueden constituir la única manera de trazar o mejorar vías de transporte o para dar paso a servicios de agua y alcantarillado. El trazado previsto de un túnel requiere una prospección detallada para confirmar la clase de terreno en el que han de desarrollarse los trabajos y la posible aparición de aguas freáticas. La naturaleza del terreno, la presencia de agua subterránea y el uso final del túnel condicionan la elección del método de construcción del mismo.

Si el terreno es consistente, como la arcilla margosa bajo el Canal de la Mancha, es posible realizar la excavación mecánicamente. Si no se encuentran altas presiones de agua freática durante el reconocimiento preliminar a la construcción, normalmente no es necesario presurizar las zonas de trabajo para mantenerlas libres de agua. Si es obligado trabajar con aire comprimido, ello incrementará los costes notablemente, pues se han de establecer esclusas de aire, los trabajadores necesitarán tiempos de parada para la descompresión, y el acceso a las zonas de trabajo de la maquinaria y los materiales puede ser más dificultoso. Un túnel de grandes dimensiones, para una carretera o ferrocarril, en terreno de roca no dura pero consistente, puede ser excavado empleando un escudo (TBM), máquina que perfora

la totalidad del frente. Se trata, en realidad, de un tren de diferentes máquinas unidas que avanzan sobre carriles movidas por sus propios motores. En el extremo frontal lleva una cabeza circular cortante que gira y lanza los productos de la excavación hacia atrás a través del escudo. Detrás de la cabeza cortante van varias secciones del escudo que colocan las dovelas de los anillos de revestimiento del túnel en posición en toda la superficie del mismo, rellenan la lechada entre los anillos y, en un espacio muy reducido, aportan toda la maquinaria para la manipulación y colocación de las dovelas (cada una pesa varias toneladas), retiran los productos excavados, transportan hacia delante la lechada y las dovelas adicionales necesarias y alojan los motores eléctricos y las bombas hidráulicas que accionan la cabeza cortante y los mecanismos de colocación de dovelas.

Un túnel en terreno de roca no dura pero sin la suficiente consistencia para emplear un escudo, puede excavarse usando máquinas como las *rozadoras* que ejecutan cortes en el frente. Los escombros que produce la rozadora y que caen al suelo del túnel son recogidos por excavadoras y retirados en camión. Esta técnica permite la excavación de túneles que no son de sección circular. El terreno a través del cual se perfora un túnel, en estos casos, no suele ofrecer la suficiente resistencia para mantenerse sin revestir; sin alguna clase de revestimiento pueden producirse desprendimientos de techo y paredes. El túnel puede ser revestido por medio de hormigón de consistencia líquida lanzado sobre un mallazo metálico sujetado en posición mediante pernos de anclaje (el nuevo método "austríaco") o con elementos prefabricados de hormigón.

Si el túnel se practica en roca dura, el frente tendrá que abrirse por medio de voladuras, usando explosivos alojados en barrenos taladrados en el frente rocoso. La habilidad, en este caso, consiste en emplear el mínimo de voladuras para lograr que la roca caiga en el lugar y con el tamaño requeridos, para de este modo facilitar la retirada de escombros. En trabajos de más envergadura se emplearán perforadoras múltiples montadas sobre carriles junto con excavadoras y cargadoras para el desescombro. Los túneles en roca dura no se revisten, simplemente se recortan para que ofrezcan una superficie regular. Si la superficie de la roca se desmenuza con facilidad, con peligro de caída de fragmentos, deberá aplicarse un revestimiento, usualmente algún tipo de hormigón proyectado o prefabricado.

Cualquiera que sea el método de construcción adoptado para el túnel, la eficacia en el suministro de los materiales del túnel y en la retirada del escombro son vitales para el avance del trabajo con éxito. Los trabajos en túneles de gran envergadura pueden requerir la instalación de extensos sistemas de carriles de vía estrecha para prestar apoyo logístico.

### Presas

Las presas pueden estar formadas por ingentes volúmenes de tierra o de roca para crear una masa que resista la presión del agua contenida por ellas; algunas presas están también revestidas de piedra y otras de hormigón armado. En función de la longitud de la presa, su construcción suele requerir un movimiento de tierras de grandes proporciones. Las presas acostumbra a construirse en emplazamientos remotos impuestos por la necesidad de asegurar que el agua afluirá a un lugar en el que sea técnicamente posible restringir el caudal del río. Por ello, antes de comenzar la construcción de la presa habrá que abrir caminos provisionales para llevar la maquinaria, los materiales y el personal al emplazamiento. Los trabajadores en los proyectos de presas pueden hallarse tan lejos de sus hogares que es necesario facilitarles alojamiento a gran escala junto a las instalaciones de construcción usuales. Es necesario desviar el río del emplazamiento de los trabajos, para lo cual se tiene que construir una ataguía y un cauce provisional.

Una presa construida simplemente de tierra o roca desplazada requiere una maquinaria importante de excavación, perforación y escariado, además de camiones. Si el muro de la presa se recubre de mampostería o de hormigón, será necesario emplear grúas elevadas y de largo alcance capaces de colocar los mampuestos, los encofrados y el hormigón en el sitio requerido. Será necesario un suministro continuo de hormigón de buena calidad, lo cual exigirá instalar una planta de fabricación de hormigón junto al lugar de los trabajos, cuyo hormigón se colocará por medio de una grúa o se bombeará hasta el lugar de colocación.

### **Canales y dársenas**

La construcción y reparación de canales y muelles incluye algunos aspectos de otros tipos de trabajos que ya se han descrito, como carreteras, túneles y puentes. Es particularmente importante en la construcción de canales que el reconocimiento del terreno sea muy minucioso antes del comienzo de la obra, en especial en relación con los niveles y para cerciorarse de que el material de la excavación puede usarse en otras partes de la obra. Es grande la deuda de los primeros ingenieros de ferrocarriles con la experiencia de los constructores de canales de un siglo antes. El canal requiere una alimentación de agua que ha de recoger de una fuente natural, como un río o un lago, o se ha de crear una artificial en forma de embalse. La excavación de canales comienza en terreno seco, pero antes o después ha de conectar con un río, un canal, el mar u otra dársena.

La construcción de canales y dársenas requiere el uso de excavadoras y cargadoras que abran el terreno. Los productos de la excavación pueden ser retirados en camiones, o bien se puede transportar por vía acuática. Las dársenas, a veces, se desarrollan en terrenos con un largo historial de uso industrial. Desechos industriales se pueden haber introducido en el terreno a lo largo de muchos años, y los productos retirados durante la excavación o ampliación de las dársenas pueden estar altamente contaminados. El trabajo de reparación de un canal o una dársena es probable que se haya de ejecutar mientras que zonas adyacentes al mismo permanezcan en servicio. Los trabajos pueden tener que necesitar ataguías de protección. El fallo de una ataguía durante la ampliación de los Newport Docks en Gales en los primeros años de este siglo produjo cerca de cien víctimas mortales.

Los clientes en el caso de canales y dársenas suelen ser las autoridades públicas. Sin embargo, a veces se construyen muelles para empresas junto a sus plantas de producción importantes o para clientes que mueven un tipo de mercancías particular (p. ej., automóviles). La reparación y renovación de canales se hace hoy en día frecuentemente para la industria del ocio. Al igual que las presas, también la construcción de canales y muelles puede tener que ejecutarse en lugares muy remotos, habiendo necesidad de proveer unas instalaciones para los obreros más alejadas que las de una obra normal.

### **Obras ferroviarias**

La construcción de ferrocarriles sucedió históricamente a los canales y precedió a las carreteras importantes. Los clientes de los contratos de construcción ferroviaria pueden ser compañías ferroviarias u organismos públicos, si los ferrocarriles son financiados por el gobierno. Como en el caso de las carreteras, el proyecto de un ferrocarril que resulte económico y seguro de construir y operar depende de un buen reconocimiento previo del terreno. En general, las locomotoras no funcionan bien en pendientes escarpadas, y, por tanto, los proyectistas del trazado de las vías han de evitar los cambios de nivel, rodeando o atravesando los obstáculos mejor que pasando por encima de los mismos. Los proyectistas de ferrocarriles están sujetos a dos

limitaciones particulares en primer lugar, las curvas del trazado de la vía deben tener un radio muy largo (de otro modo los trenes no pueden tomarlas); en segundo lugar, todas las estructuras relacionadas con el ferrocarril —sus puentes, túneles y estaciones— deben estar capacitados para acomodar el *gálibo* de las mayores locomotoras y material ferroviario que utilice la vía. El *gálibo* es la silueta del material ferroviario más una separación para facilitar el paso seguro a través de puentes, túneles, etc.

Los contratistas que realizan trabajos de construcción y reparación de ferrocarriles requieren la maquinaria de construcción habitual y un apoyo logístico eficaz para asegurar que las vías, el balasto y el resto de los materiales siempre estén disponibles, incluso en los sitios alejados. Los contratistas pueden usar la vía que acaban de tender para los trenes de suministro de sus obras. Los contratistas que efectúan el mantenimiento de ferrocarriles en funcionamiento tienen que adoptar precauciones para que sus trabajos no interfieran con los movimientos de trenes y para no poner en peligro a los obreros o al público.

### **Aeropuertos**

La rápida expansión del transporte aéreo desde mediados del siglo XX ha desembocado en una de las formas de construcción más complejas y de mayor importancia: la construcción y ampliación de aeropuertos.

Los clientes de la construcción de aeropuertos suelen ser los gobiernos nacionales o locales u organismos públicos. Algunos aeropuertos se construyen para ciudades importantes. Los aeropuertos raramente se destinan a clientes privados tales como empresas de negocios.

La planificación de la obra a veces se ve dificultada por las limitaciones medioambientales relativas a ruidos y contaminación que se imponen al proyecto. Los aeropuertos requieren un espacio considerable, y si se hallan situados en zonas densamente pobladas, la creación de las pistas y el espacio necesario para los edificios terminales y para los aparcamientos de vehículos pueden requerir la rehabilitación de terrenos abandonados o difíciles por otros motivos. La construcción de un aeropuerto presupone la nivelación de una extensa superficie, lo cual puede requerir el movimiento de tierras e incluso ganar terrenos al mar, y, a continuación, la construcción de numerosos edificios de grandes dimensiones, incluyendo hangares, talleres de mantenimiento, torres de control e instalaciones de abastecimiento de combustibles, además de los edificios terminales y el aparcamiento.

Si el aeropuerto se construye en un terreno poco resistente, los edificios necesitarán cimentarse sobre pilotes. Las pistas requieren buenos cimientos; las capas de grava que apoyan a los pavimentos de hormigón u macadam asfáltico deben ser fuertemente compactadas. La maquinaria que se utiliza para la construcción de aeropuertos es similar en tamaño y tipo a la utilizada en los proyectos importantes de autovías, con la salvedad de que se encuentra concentrada en una zona limitada en vez de extenderse a lo largo de muchos kilómetros en una carretera.

El mantenimiento de aeropuertos es un trabajo singularmente difícil si la renovación del pavimento de las pistas de vuelo ha de efectuarse sin interrumpir las operaciones del aeropuerto. Generalmente al contratista se le asignan un número de horas nocturnas convenido de modo que pueda trabajar en una pista que esté temporalmente sin utilizar. Toda la planta, materiales y trabajadores del contratista han de ser escoltados fuera de las pistas, y estar preparados para regresar al punto de trabajo inmediatamente a la hora de comienzo acordada. El contratista debe acabar su trabajo y abandonar las pistas de nuevo a la hora convenida, en que se reanudan los vuelos. Mientras realiza su trabajo en la pista, el contratista no deberá impedir o poner en peligro el movimiento de aviones en otras pistas adyacentes.



## ● TIPOS DE PROYECTOS Y SUS RIESGOS ASOCIADOS

*Jeffrey Hinksman*

Todas las estructuras de edificios y de obras civiles recorren el mismo ciclo de concepción o diseño, trabajos preliminares, edificación (incluyendo la cubierta de un edificio), acabados y prestación de servicios y puesta en marcha final antes de su entrada en servicio. A lo largo de los años, los edificios y estructuras que un día fueron nuevos necesitan mantenimiento, inclusive nueva pintura y limpieza; es probable que sean rehabilitados, reformados o reparados para corregir los daños ocasionados por el tiempo o por un accidente; y, finalmente, tendrán que ser demolidos para dar lugar a una instalación más moderna o porque su uso se ha hecho ya innecesario. Esto sucede con las casas; sucede igualmente con estructuras grandes y complejas como centrales eléctricas y puentes. Cada fase en la vida de la estructura de un edificio o una obra civil presenta riesgos generales (como el riesgo de caídas) o peculiares de ese tipo de proyectos (como el riesgo de derrumbamiento de las excavaciones durante la preparación de los cimientos en un edificio o en una obra civil).

Para cada tipo de proyecto (y, desde luego; para cada fase del proyecto) es posible predecir cuáles van a ser los principales riesgos para la seguridad de los operarios de la construcción. El riesgo de caídas es común a todos los proyectos de construcción, incluso los que se realizan a nivel del terreno. Esto viene avalado por la estadística de accidentes que muestra que la mitad de los accidentes mortales entre los operarios de la construcción implican caídas.

### Nuevos locales

#### *Concepción (proyecto)*

Los riesgos físicos para las personas involucradas en el diseño de nuevos locales surgen normalmente en las visitas del personal profesional para realizar los reconocimientos previos. Las visitas de personal sin compañía alguna a emplazamientos desconocidos o abandonados pueden exponerle a riesgos a causa de accesos peligrosos, huecos sin protección y excavaciones y, en un edificio, a causa de cables eléctricos o maquinaria en estado peligroso. Si la inspección requiere la entrada en habitaciones o excavaciones que han permanecido cerradas durante cierto tiempo, existe el riesgo de encontrarse con dióxido de carbono o con niveles escasos de oxígeno. Todos los riesgos se ven incrementados si se efectúan las visitas a un sitio sin iluminación después de oscurecer o si el visitante solitario no tiene medios de comunicarse con otras personas para reclamar ayuda. Por regla general, el personal profesional no debería ser requerido a visitar emplazamientos si tiene que hacerlo solo. No deberá hacer visitas después del ocaso a menos que el sitio esté bien iluminado. No deberá entrar en lugares cerrados a menos que antes se haya comprobado fehacientemente que el sitio es seguro. Por último, deberá permanecer en comunicación con su base o tener un medio efectivo de conseguir ayuda.

La concepción o el proyecto propiamente dicho deberán influir de modo importante en la seguridad de los contratistas cuando éstos realicen los trabajos en la obra. De los proyectistas, bien sean arquitectos o ingenieros civiles, cabe esperar más que la simple confección de planos. Al crear su proyecto, deberán, en virtud de su preparación y experiencia, tener una cierta idea del modo en que será probable que se desarrolle el trabajo de los contratistas para hacerlo realidad. Su competencia deberá ser tal que sean capaces de indicar a los contratistas los riesgos que se derivarán de sus métodos de trabajo. Los proyectistas deberán

eliminar en su diseño los riesgos que pueden surgir del mismo, haciendo la estructura más "edificable" en lo tocante a salud y seguridad y, siempre que ello sea posible, cambiando los materiales por otros más seguros en sus especificaciones. Deberán mejorar los accesos para el mantenimiento en la fase de proyecto, y reducir la necesidad de que los operarios de mantenimiento corran peligro, incorporando aspectos o materiales que requieran una atención menos frecuente durante la vida del edificio.

En general, los proyectistas sólo pueden eliminar los riesgos en el proyecto hasta cierto punto; normalmente habrá riesgos residuales significativos que los contratistas habrán de tener en cuenta cuando conciben sus propios sistemas de trabajo seguros. Los proyectistas deberán suministrar a los contratistas la información sobre esos riesgos de modo que éstos puedan considerar tanto los riesgos como las medidas de seguridad necesarias, primero cuando oferten la obra y, después, cuando desarrollen sus sistemas para hacer el trabajo con seguridad.

La importancia de incluir en las especificaciones materiales con mejores propiedades para la salud y la seguridad suele ser menospreciada cuando se aborda la seguridad desde el proyecto. Los proyectistas y los redactores de especificaciones deben considerar si se pueden obtener materiales con mejores propiedades tóxicas o estructurales o que se puedan utilizar y mantener con más seguridad. Esto requiere que los proyectistas mediten sobre los materiales que se van a usar y decidan si, de acuerdo con la práctica anterior, protegerán adecuadamente a los obreros de la construcción. A menudo, el factor decisivo en la elección de los materiales es el coste. Sin embargo, los clientes y los proyectistas deberían darse cuenta de que, mientras materiales con mejores propiedades tóxicas o estructurales pueden tener un coste inicial superior, a menudo resultan más rentables durante la vida del edificio, porque los operarios de la construcción y de mantenimiento requieren unos accesos o un equipo de protección menos costosos.

#### *Excavación*

Normalmente, el primer trabajo que se realiza en la obra después del reconocimiento del terreno y del replanteo, una vez que se ha adjudicado el contrato, (suponiendo que no haya necesidad de demoliciones o de despeje del emplazamiento), son los trabajos preliminares para la cimentación. En el caso de pequeñas casas de uso residencial, los cimientos probablemente no necesitarán excavaciones más profundas de medio metro y se excavarán a mano. Para bloques de apartamentos, edificios comerciales e industriales y algunas estructuras de ingeniería civil, los cimientos pueden necesitar bajar varios metros por debajo del nivel del terreno. Esto requerirá la excavación de zanjas en las que se tendrá que trabajar para rellenar los cimientos. Las zanjas de una profundidad superior a 1 metro probablemente se excavarán por medio de máquinas tales como las excavadoras. También se efectúan excavaciones para permitir el tendido de cables y tuberías. Los contratistas utilizan a menudo excavadoras especiales capaces de practicar excavaciones profundas y estrechas. Si los trabajadores tienen que penetrar en estos recintos excavados, los riesgos son esencialmente los mismos que se encuentran en las zanjas de cimentación. Sin embargo, en excavaciones o zanjas para cables y tuberías suele haber mayores posibilidades de adoptar métodos de trabajo que no fueren a los operarios a introducirse en la excavación.

El trabajo en excavaciones de profundidad superior a 1 m requiere una cuidadosa planificación y supervisión. El terreno es altamente impredecible; la lluvia, las heladas o la vibración producida por otras actividades constructivas en su proximidad pueden causar el deslizamiento de un terreno aparentemente firme. Lo que parece una arcilla firme y rígida, cuando está

expuesta al aire se seca y se agrieta; con la lluvia, se ablanda y se desliza. Un metro cúbico de tierra pesa más de 1 tonelada; un trabajador que se vea alcanzado tan sólo por un pequeño desprendimiento de tierras corre el riesgo de resultar con roturas en las extremidades, sufrir aplastamiento de órganos y sofocación. A causa de la importancia vital para la seguridad de elegir un método adecuado de sostenimiento de los costeros de la excavación, antes del comienzo de los trabajos deberá hacerse un reconocimiento del terreno por personal con experiencia en excavaciones seguras, para determinar el tipo y las condiciones del terreno, en particular la presencia de agua.

### **Apuntalamiento de los costados de la trinchera**

*Apuntalamiento de ambos lados.* No resulta seguro confiar en el desmonte o "achaflanado" de los lados de la excavación hasta un ángulo seguro. Si se trata de un terreno formado por arena o limos, el ángulo que ofrece seguridad puede llegar a ser de 5 a 10° sobre la horizontal, y, generalmente, no hay tanto espacio en la obra para una excavación tan ancha. El método más común de dotar de seguridad al trabajo de excavaciones es sostener ambos lados de la zanja mediante una *entibación*. Con el sostenimiento de ambos lados, las cargas que transmite el terreno por un lado son contrarrestadas por cargas similares que actúan a través de codales contra los costados opuestos. Es preciso usar madera de buena calidad para fabricar elementos verticales para el sistema de contención, conocidas como *tableros de avance*. Los tableros de avance se hincan en el terreno en cuanto empieza la excavación; los tableros se colocan borde contra borde, de modo que constituyen una pared de madera. La misma operación se efectúa a ambos lados de la excavación. A medida que ésta se hace más profunda, los tableros de avance se siguen hincando en el terreno antes de seguir bajando. Cuando la excavación llega a 1 metro de profundidad, se introduce una fila de elementos horizontales (denominados *carreras* o *largueros*) que se colocan contra los tableros de avance y se mantienen en posición por codales de madera o metálicos, acunados contra los largueros opuestos con un espaciamiento regular. A medida que la excavación continúa, los tableros son hincados más profundamente en el terreno, juntamente con los largueros y codales; si la excavación es más profunda de 1,2 m será necesario crear una nueva fila de largueros y codales. Lógicamente, una excavación de 6 m de profundidad requerirá cuatro filas de codales.

Los métodos normales de apuntalamiento con madera no se pueden aplicar si la profundidad es superior a 6 m, o si aparece agua en el terreno. En estas situaciones se requieren otros tipos de apuntalamiento de los laterales de las excavaciones, tales como planchas de acero verticales, separadas firmemente por largueros de madera horizontales y codales metálicos ajustables, o bien una protección total con tablestacas de acero. Ambos métodos ofrecen la ventaja de que las planchas de acero o las tablestacas se pueden hincar mecánicamente antes del comienzo de la excavación propiamente dicha. Además, tanto las planchas como las tablestacas pueden ser retiradas al final del trabajo y usadas de nuevo. Los sistemas de apuntalamiento para excavaciones de una profundidad superior a 6 m o en terrenos con aguas infiltradas deberán ser proyectados ex profeso; en estos casos las soluciones normales no sirven.

*Apuntalamiento de un solo costado.* Una excavación que tenga forma rectangular y unas dimensiones demasiado grandes para que se puedan aplicar los métodos descritos anteriormente, puede tener uno o más de sus lados sostenidos por una fila de tableros de avance o planchas de acero. Estos, a su vez, son soportados, en primer lugar, por una o más filas de largueros horizontales que luego se mantienen en su sitio por puntales inclinados firmemente anclados o sujetos a puntos de apoyo.

*Otros sistemas.* Es posible utilizar cajones prefabricados de acero de ancho regulable que se pueden hacer descender dentro de las excavaciones y dentro de los cuales se puede trabajar con seguridad. También es posible el uso de sistemas de marcos patentados, en los que un marco horizontal se hace descender en la excavación entre los tableros de avance o las planchas de acero; el marco se despliega a la fuerza y aplica la presión para mantener los tableros de avance derechos por la acción de gatos hidráulicos, presión que se puede transmitir mediante una bomba manejada desde un sitio seguro fuera de la excavación.

*Formación y supervisión.* Cualquiera que sea el método de sostenimiento que se adopte, el trabajo deberá ser ejecutado por obreros cualificados bajo la supervisión de una persona con experiencia. La excavación y sus elementos de sustentación deberán inspeccionarse cada día y después de cada ocasión en que hayan sido dañados o desplazados (p. ej., después de una fuerte lluvia). Lo único que cabe presumir respecto a la seguridad y el trabajo en las excavaciones es que todo tipo de terreno es susceptible de fallar y, por tanto, no se deberá ejecutar ningún trabajo con operarios dentro de una excavación de más de 1 m de profundidad sin apuntalar. Véase también el apartado "Zanjas" en este Capítulo.

### **Superestructura**

La erección de la parte principal de una estructura de edificación o de ingeniería civil (*la superestructura*) tiene lugar después de la culminación de los cimientos. Esta parte del proyecto generalmente exige trabajar en altura por encima del terreno. Las caídas de altura o en el mismo nivel constituyen la causa más importante de accidentes mortales o de lesiones importantes.

### **Trabajos con escaleras**

Incluso si el trabajo consiste simplemente en la construcción de una casa, el número de obreros que intervienen, la cantidad de materiales que se han de manipular y, en las fases finales, las alturas a las que se tiene que realizar el trabajo, hacen que sea necesario el uso de algo más que simples escaleras para acceder con seguridad a los puestos de trabajo.

Existen limitaciones en el tipo de trabajo que se puede realizar con seguridad desde escaleras. El trabajo a una altura superior a 10 m sobre el terreno generalmente no puede realizarse con seguridad desde una escalera; las escaleras largas son en sí mismas de peligroso manejo. Los obreros subidos en escaleras tienen un alcance limitado y no pueden llevar con seguridad cualquier tipo de equipos y materiales; el esfuerzo físico para permanecer sobre los peldaños de la escalera limita el tiempo que pueden invertir en tales trabajos. Las escaleras son útiles para ejecutar trabajos de corta duración y con pesos ligeros a una distancia segura, como por ejemplo la inspección, reparación y pintura de pequeñas zonas de la fachada del edificio. Las escaleras también sirven para acceder a los andamios, a las excavaciones y a las estructuras a las que no se ha dotado de un acceso más permanente.

Será necesario el uso de plataformas de trabajo provisionales, la más común de las cuales es el andamio. En bloques de apartamentos de varias plantas, edificios de oficinas o la estructura de un puente resulta necesario el empleo de andamios de diversa complejidad, en función de las características del trabajo.

### **Andamios**

Los andamios consisten en armazones de acero o madera fácilmente ensamblables sobre los cuales se pueden colocar plataformas de trabajo. Los andamios pueden ser fijos o móviles. Los andamios fijos, es decir, los que se levantan a lo largo de un edificio o estructura, pueden ser independientes o de parales.

El tipo de andamio independiente lleva pies derechos o zancos a lo largo de ambos lados de las plataformas y es capaz de permanecer en posición vertical sin apoyarse en el edificio. El andamio de parales tiene zancos a lo largo del borde exterior de sus plataformas de trabajo, pero el lado interior se apoya en el propio edificio, y una parte del armazón del andamio, los parales o almojayas, tienen extremos aplanados que se colocan entre las hiladas de la fábrica de ladrillo para lograr su apoyo. Incluso el tipo de andamio independiente necesita ser rígidamente arriestrado o asegurado a la estructura en intervalos regulares si existen plataformas de trabajo por encima de 6 m o si el andamio está provisto de lonas de protección de las inclemencias del tiempo, lo cual incrementa los esfuerzos debidos al viento.

Las plataformas de trabajo sobre andamios consisten en tableros de madera de buena calidad colocados a nivel y con ambos extremos firmemente apoyados; si la madera es propensa a combarse debido a la carga de personal o materiales, será necesario disponer apoyos intermedios. Las plataformas nunca serán de un ancho menor de 600 mm si se usan para acceder y para trabajar en ellas, o menor de 800 mm si también se usan para soportar materiales. Si existe riesgo de caídas de más de 2 m deberá protegerse el borde exterior con una barandilla rígida, sujeta firmemente a los pies derechos, a una altura comprendida entre 0,91 y 1,15 m sobre la plataforma. Para evitar la caída de materiales desde la plataforma se colocará un zócalo de una altura mínima de 150 mm sobre la plataforma en todo el borde exterior, también sujeto a los pies derechos. Si se tuvieran que quitar las barandillas y los zócalos para permitir el paso de materiales, deberán reemplazarse lo antes posible.

Los zancos de los andamios deberán mantenerse en posición vertical y firmemente apoyados en su base sobre placas, y si es necesario sobre durmientes de madera. El paso, dentro de los andamios fijos, de un nivel de trabajo a otro se hace generalmente a través de escaleras. Estas deberán estar sujetas debidamente por la parte superior e inferior y prolongarse al menos 1,05 m por encima de la plataforma.

Los principales riesgos del empleo de andamios —caídas de personas o materiales— generalmente se producen por deficiencias tanto en el montaje inicial (omisión de la colocación de una barandilla), por un uso indebido (una carga excesiva) o por una adaptación hecha de modo inadecuado en el curso de los trabajos (p. ej., se añaden lonas para la protección atmosférica sin amarrarlas convenientemente al edificio). Otros ejemplos: tableros de madera de las plataformas de los andamios que se desplazan o se rompen; escaleras que no se amarran en su parte superior e inferior. La lista de acciones que pueden fallar si los andamios no se montan por personal experimentado bajo una supervisión adecuada, es casi interminable. Los mismos montadores de los andamios están, particularmente, expuestos al riesgo de caídas durante el montaje y desmontaje de los mismos, porque a menudo se ven obligados a trabajar en altura, en lugares expuestos sin plataformas de trabajo adecuadas (véase la Figura 93.4).

**Andamios torre.** Los andamios torre pueden ser fijos o móviles, con una plataforma de trabajo en la parte superior y una escalera de acceso dentro del armazón de la torre. El andamio torre móvil se desplaza sobre ruedas. Tales torres pierden su estabilidad fácilmente y su altura deberá ser limitada; para un andamio torre fijo, la altura no superará más de 3,5 veces la dimensión más corta de la base; para los móviles, la proporción se reduce a 3 veces. La estabilidad de los andamios torre deberá incrementarse mediante el uso de contravientos. No se permitirá que los operarios permanezcan en lo alto de los andamios torre móviles mientras éstos se desplazan o si las ruedas no están bloqueadas.

Figura 93.4 • Montaje de andamios en una obra en Ginebra, Suiza, sin las protecciones adecuadas.



El riesgo principal de estos andamios es el de vuelco, lanzando al personal fuera de su plataforma; ello puede deberse a que la torre es demasiado alta con relación a la base, a la ausencia de contravientos o de ruedas de bloqueo, o a un uso indebido del andamio, tal vez sobrecargándolo.

**Andamios colgantes.** La otra categoría principal de andamios está formada por los que andamios colgantes. El andamio colgante es, en esencia, una plataforma de trabajo colgada por medio de cables o tubos de una estructura superior como un puente. El andamio suspendido es también una plataforma o una cesta suspendida por cables, pero en este caso se puede subir y bajar. A menudo se coloca para los trabajos de mantenimiento y pintura, a veces como parte del edificio terminado. En ambos casos, el edificio o la estructura deberá ser capaz de soportar la plataforma suspendida, y los dispositivos de suspensión deben ser lo suficientemente robustos para soportar la carga prevista de personal y materiales, incluyendo las barandillas para evitar caídas. En el caso de plataformas colgantes, al menos, deberá haber tres espiras de cuerda en el tambor del cabrestante cuando la plataforma se halle en su posición más baja. Si no hay dispositivos para evitar la caída de la plataforma suspendida en caso de fallo de un cable, los operarios que están en la plataforma deberán usar un cinturón de seguridad y una cuerda amarrada a un punto de anclaje seguro en el edificio. El personal que utilice estas plataformas deberá ser instruido y tener experiencia en su uso.

El principal riesgo que concierne a los andamios colgantes es el fallo de los dispositivos de soporte, bien de la estructura en sí misma, bien de los cables o tubos de los que cuelga la plataforma. Esto puede deberse a un montaje o instalación incorrecta del andamio colgante o suspendido, a una sobrecarga o a cualquier otro tipo de uso indebido. El fallo de los andamios colgantes ha causado múltiples accidentes mortales y puede poner en peligro a los viandantes.

Todos los andamios y las escaleras deberán ser inspeccionados por una persona competente, al menos semanalmente, y antes de volver a usarlos después de haber estado expuestos a condiciones meteorológicas que los puedan haber dañado. No deberán emplearse escaleras con largueros agrietados ni peldaños rotos. Los operarios que monten y desmonten los andamios deberán recibir una formación específica y deberán tener experiencia para asegurar su propia seguridad y la de otros que puedan usar los andamios. A menudo los andamios son suministrados por un contratista, quizás el principal, para uso por el resto de contratistas. En este caso, los operarios de algún oficio pueden modificar o desplazar partes de los andamios para facilitar su trabajo, sin restaurar el andamio a continuación, o sin percatarse del riesgo que han creado. Es importante que las disposiciones en materia de coordinación de salud y seguridad en el ámbito de la obra traten eficazmente del efecto de la acción de un oficio en la seguridad de los demás.

#### Equipo de acceso motorizado

En algunos trabajos, tanto de construcción como de mantenimiento, puede resultar más práctico utilizar equipos de acceso motorizados que andamios de cualquier tipo. El poder acceder a la parte inferior del tejado de una fábrica en la que se efectúa una renovación del revestimiento o a unas pocas ventanas de un edificio puede ser más barato y seguro que envolver toda la estructura con un andamio. El equipo de acceso motorizado es ofrecido por los fabricantes en diversas formas; por ejemplo: plataformas que se pueden elevar y bajar verticalmente por acción hidráulica o abriendo y cerrando unos gatos de tijera y brazos articulados accionados hidráulicamente, con una plataforma de trabajo o una cesta al final del brazo, denominados comúnmente *recogecerezas*. Tal equipo suele ser móvil y se puede desplazar al lugar requerido y entrar en servicio en pocos momentos. La utilización segura de este equipo requiere que el trabajo sea compatible con las especificaciones de la máquina descritas por su fabricante (p. ej., el equipo no debe ser sobrecargado ni trabajar a distancias mayores de las señaladas).

El equipo de acceso motorizado precisa un suelo firme y horizontal sobre el cual trabajar; puede ser necesario instalar contravientos para asegurarse de que la máquina no vuelque. Los operarios deben tener acceso a los mandos desde la plataforma de trabajo. También deben estar entrenados en el uso del equipo. Adecuadamente mantenido y manejado, este tipo de equipo puede facilitar un acceso seguro cuando sea prácticamente imposible instalar un andamio; por ejemplo, durante las fases iniciales de montaje de una estructura metálica o para facilitar el acercamiento de los montadores a los puntos de conexión de vigas y pilares.

#### Montaje de estructuras metálicas

La superestructura, tanto de edificios como de obras civiles, a menudo implica la erección de importantes estructuras metálicas, a veces de gran altura. Si bien la responsabilidad de garantizar un acceso seguro a los montadores que ensamblan estas estructuras compete principalmente a la dirección de los contratistas de estos montajes, su trabajo puede verse simplificado por los proyectistas de la estructura metálica. Los proyectistas deben asegurarse de que el diseño y la disposición de los taladros para los pernos sean sencillos y de que facilitan una sencilla introducción de los pernos; la disposición de juntas y taladros para pernos debe ser lo más uniforme posible en toda la estructura; conviene prever silletas en los pilares en las conexiones con las vigas, de modo que estas se puedan apoyar mientras los montadores proceden a la inserción de los pernos. En la medida de lo posible, el proyecto debe garantizar que las escaleras formen parte de la estructura inicial para que los montadores tengan que depender

menos de las vigas y escaleras para su acceso. Del mismo modo, el diseño debe prever que los taladros se tengan que efectuar en lugares adecuados de los pilares durante la fabricación y antes de la entrega de la estructura en obra, lo que permitirá el amarre de cables tensos a los que los montadores provistos de cinturones de seguridad puedan asegurar maromas corredizas. Se intentará colocar las placas de forjados lo antes posible en estas estructuras, para reducir el tiempo que los montadores han de confiar en los cinturones y maromas de seguridad o en las escaleras. Si la estructura metálica debe permanecer abierta y sin forjados mientras que prosigue el montaje, deberán tenderse redes de seguridad debajo de los niveles de trabajo. En la medida de lo posible, el proyecto de la estructura metálica y las prácticas de trabajo de los montadores de la misma deberán minimizar el ámbito en que los montadores tengan que caminar por la estructura.

#### Trabajos en cubiertas

Si la elevación de los muros es una tarea ardua e importante de la construcción de un edificio, la ejecución de la cubierta es igualmente importante y presenta riesgos singulares. Las cubiertas pueden ser planas o inclinadas. En las cubiertas planas el riesgo principal lo constituye la caída de personas y materiales, bien por el borde, bien por aberturas practicadas en la cubierta. Las cubiertas planas suelen construirse de madera, hormigón in situ o losas. Las cubiertas planas deben ser impermeabilizadas para impedir el paso del agua, para lo cual se usan diversos materiales, entre los que se incluyen betunes y fieltros. Todos los materiales precisos para la cubierta han de ser izados hasta el nivel requerido, lo cual puede hacer necesaria la utilización de montacargas o grúas si el edificio es elevado o las cantidades de material de cubrición y de impermeabilizantes son importantes. Puede ser necesario calentar el betún para facilitar su extendido y sellado, lo cual puede implicar la necesidad de subir a la cubierta botellas de gas y recipientes para fundirlo. Los operarios de la cubierta y las personas que se encuentren debajo pueden sufrir quemaduras por el betún caliente y se pueden originar incendios que afecten a la estructura del edificio.

El riesgo proveniente de caídas desde las cubiertas planas se puede evitar rodeando su perímetro con una protección provisional en forma de barandilla de dimensiones análogas a las que se instalan en los andamios. Si el edificio se encuentra aún rodeado por el andamio exterior, éste se puede prolongar hasta el nivel de la cubierta, para ofrecer una protección perimetral a los que trabajan en ella. Las caídas por agujeros en las cubiertas planas se pueden evitar mediante su cubrición o, si han de permanecer abiertos, colocando barandillas en su perímetro.

Los tejados inclinados se encuentran más comúnmente en casas unifamiliares y en edificios de menor volumen. La inclinación del tejado se consigue construyendo un armazón de madera al que se adosará el recubrimiento exterior del mismo, generalmente formado por tejas de hormigón o cerámica. La inclinación del tejado puede ser superior a 45° sobre la horizontal, pero incluso una pendiente menos pronunciada ofrece riesgos cuando está mojada. Para evitar la caída de los operarios durante la fijación de barros, fieltro y tejas, deberán utilizarse escaleras apropiadas. Si estas escaleras no se pueden asegurar o apoyar firmemente por su extremo inferior, deberán llevar un enganche de acero diseñado especialmente para anclarlo sobre las tejas del caballete. Si no existe certeza acerca de la resistencia de estas tejas, la escalera deberá amarrarse firmemente con una cuerda de su peldaño superior, pasándola por encima de las tejas del caballete y llevándola hasta un sólido punto de anclaje.

Tanto en los tejados inclinados como en los curvos o abovedados se usan materiales de cubrición frágiles. Algunas claraboyas se construyen también con materiales frágiles. Los materiales típicos incluyen planchas de fibrocemento, plástico,

tableros aglomerados tratados y lana de madera. Como los operarios de cubiertas frecuentemente pasan por encima de las planchas que acaban de colocar, se precisa un acceso seguro al lugar de colocación de las planchas y una posición segura desde la cual realizar su trabajo. Esto se logra habitualmente empleando de una serie de escaleras de tejado. Los materiales de cubrición frágiles representan un mayor riesgo para los obreros de mantenimiento, que pueden desconocer su fragilidad. Los proyectistas y los arquitectos pueden mejorar la seguridad de los operarios de cubiertas, en primer lugar, no especificando materiales frágiles.

La colocación de cubiertas, incluso las que son planas, puede resultar peligrosa en condiciones de fuerte viento o bajo una intensa lluvia. Materiales como las planchas, normalmente seguros de manipular, pueden llegar a ser peligrosos en estas condiciones atmosféricas. Los trabajos inseguros en cubiertas no solo ponen en peligro a los operarios que trabajan en ellas, sino que representan un riesgo para las personas situadas debajo. La construcción de cubiertas nuevas es un trabajo peligroso, pero el mantenimiento de las mismas es aún más peligroso, si cabe.

### Renovación

La renovación incluye el mantenimiento de la estructura y los cambios que en ella se realizan a lo largo de su período de vida. El mantenimiento (incluida la limpieza y la reparación del maderamen u otras superficies exteriores, rejuntado del cemento y reparaciones en paredes y cubierta) presenta riesgos de caídas análogos a los de la erección de la estructura, a causa de la necesidad de tener que acceder a partes elevadas de aquella. De hecho, los riesgos pueden ser mayores, ya que durante los trabajos de mantenimiento de menor importancia y de corta duración existe la tentación de ahorrar en la aportación de equipos de acceso seguros: por ejemplo, pretender hacer desde una escalera el trabajo que sólo se puede hacer con seguridad desde un andamio. Esto es particularmente cierto en los trabajos en cubierta, en los que la sustitución de una teja puede llevar unos minutos, pero existe la posibilidad de caída de un trabajador con resultados mortales.

### Mantenimiento y limpieza

Los proyectistas, y de modo especial los arquitectos, pueden mejorar la seguridad de los operarios de mantenimiento y limpieza teniendo en cuenta en sus proyectos y especificaciones la necesidad de un acceso seguro a las cubiertas, a las salas de máquinas, a las ventanas y a otras ubicaciones en el exterior de la estructura. La mejor solución sería evitar completamente el acceso, seguida de la inclusión de un acceso seguro permanente que forme parte de la estructura, quizás una escalera, una pasarela con barandillas o una plataforma de acceso motorizada colgada permanentemente de la cubierta. La solución menos satisfactoria para el personal de mantenimiento es aquella en que el único acceso posible pasa por un andamio similar al usado para la construcción del edificio. Este problema es menos probable que surja en los trabajos de restauración importantes, de mayor duración, pero en las obras de plazo corto, el coste de un andamio total es tal, que existe una mayor tentación de hacer recortes y utilizar equipos de acceso móviles motorizados o andamios torre en trabajos para los que no son propios ni adecuados.

Si la renovación incluye un cambio sustancial del revestimiento del edificio o una limpieza total con chorros de agua a presión o sustancias químicas, la única respuesta que no sólo ofrecerá protección a los obreros sino que también permitirá la colocación de lonas para proteger a los viandantes puede ser el andamiaje de toda la fachada. Las protecciones de los operarios de limpieza con chorro de agua a presión incluyen ropa

impermeable, botas y guantes, y una mascarilla facial o gafas para la protección ocular. La limpieza con sustancias químicas tales como ácidos requiere una ropa análoga, pero resistente a los ácidos. Si se usan abrasivos para la limpieza de la estructura, es preciso emplear una sustancia libre de sílice. Dado que el empleo de abrasivos origina un polvo que puede ser nocivo, los operarios tendrán que usar un equipo respiratorio homologado. El repintado de ventanas en un edificio de oficinas alto o en un bloque de apartamentos no se puede hacer con seguridad desde escaleras, aunque habitualmente ello es posible en viviendas unifamiliares. En el primer caso se precisará montar un andamio o colgar andamios suspendidos de la cubierta, tales como cestas, asegurándose de que los puntos de suspensión sean adecuados.

El mantenimiento y la limpieza de las estructuras de obras civiles, como puentes, chimeneas altas o mástiles, puede obligar a trabajar a unas alturas o en unas ubicaciones tales (p. ej., sobre el agua) que imposibiliten el montaje de un andamio normal. Siempre que sea posible deberá realizarse el trabajo desde un andamio fijo suspendido de la estructura. En caso contrario, el trabajo deberá ejecutarse desde una cesta firmemente suspendida. Los puentes modernos incorporan sus propias cestas como parte de la estructura permanente; éstas deben comprobarse perfectamente antes de usarlas para un trabajo de mantenimiento. Las estructuras de ingeniería civil se encuentran frecuentemente expuestas a los agentes atmosféricos; no se permitirá el trabajo en ellas en condiciones de fuerte viento o lluvia intensa.

### Limpieza de ventanas

La limpieza de ventanas presenta sus propios riesgos, especialmente si se realiza desde escaleras colocadas sobre el suelo, o con disposiciones improvisadas para acceder a edificios de mayor altura. La limpieza de ventanas no se suele considerar una parte del proceso constructivo y, sin embargo, es una operación muy generalizada que puede poner en peligro a los limpiadores de ventanas y al público. No obstante, la seguridad de la limpieza de ventanas viene influenciada en parte por el proyecto. Si los arquitectos no tienen en cuenta la necesidad de un acceso seguro o, en lugar de ello, no especifican ventanas que se puedan limpiar desde el interior, entonces la labor del contratista de la limpieza de ventanas será mucho más peligrosa. Si en el proyecto inicial se prevé suprimir la limpieza de ventanas desde el exterior o la instalación de un equipo de acceso adecuado a tal fin, ello puede representar un coste inicial superior, pero a lo largo de la vida del edificio representará un ahorro considerable de gastos de mantenimiento y la reducción del riesgo.

### Rehabilitación

La rehabilitación es una vertiente importante y peligrosa de la renovación. Tiene lugar cuando, por ejemplo, se mantiene la estructura esencial del edificio o del puente, pero una parte ha de ser reparada o sustituida. En las viviendas, la rehabilitación suele implicar el arrancado de ventanas, posiblemente de suelos y las escaleras, junto con la instalación eléctrica y de fontanería, y su sustitución por materiales nuevos y generalmente de mejor calidad. En un edificio comercial de oficinas, la rehabilitación afecta a las ventanas y posiblemente a los suelos, pero también es posible que se haya de arrancar y sustituir el revestimiento de un edificio, instalar un nuevo sistema de ventilación y calefacción y ascensores o renovar la instalación eléctrica.

En las estructuras de obra civil tales como puentes, la rehabilitación puede representar dejar desnuda la estructura básica, reforzándola, revestiendo partes y reemplazando la vía de rodadura y algún revestimiento.

La rehabilitación presenta los riesgos comunes a todos los obreros de la construcción: caídas de personas y materiales. El

riesgo se acrecienta cuando los locales permanecen ocupados durante la rehabilitación, como sucede a menudo en locales domésticos tales como bloques de apartamentos, cuando no se dispone de alojamientos alternativos para los moradores. En estas situaciones, éstos últimos y en especial los niños corren los mismos riesgos que los operarios de la construcción. Durante la rehabilitación puede haber riesgos ocasionados por los cables eléctricos de las herramientas portátiles que se necesitan, tales como sierras y taladros. Es importante que el trabajo se planifique minuciosamente para eliminar los riesgos tanto de los operarios como de los inquilinos; éstos necesitan ser informados de lo que se está haciendo y el momento en que se hará. Se impedirá el acceso a las habitaciones, escaleras o balcones donde se ejecuten los trabajos. Las entradas a los bloques de apartamentos pueden necesitar una cubierta para proteger a las personas de la caída de materiales. Al terminar la jornada de trabajo, se retirarán las escaleras y andamios o se condenarán de tal manera que los niños no puedan acceder a ellas y correr peligro. Del mismo modo, deberán retirarse y almacenarse en un lugar seguro las pinturas, las botellas de gas y las herramientas eléctricas.

En los edificios comerciales ocupados donde se rehabiliten los servicios, se imposibilitará la apertura de las puertas de los ascensores. Si la rehabilitación interfiere con el equipo contra incendios y de emergencia, habrá que adoptar disposiciones especiales para avisar a los inquilinos y a los obreros en caso de producirse un incendio. La rehabilitación de locales comerciales y domésticos puede requerir la retirada de materiales que contengan amianto. Esto presenta importantes riesgos de salud para los operarios y los ocupantes cuando regresan al edificio. La retirada de amianto sólo debe ser efectuada por contratistas especialmente preparados y equipados. La zona de la que se retira el amianto necesita ser aislada de otras partes del edificio en el transcurso de los trabajos. Antes del regreso de los ocupantes a las zonas de las que se ha arrancado el amianto, deberá controlarse la atmósfera de las habitaciones y evaluarse los resultados para asegurarse de que los niveles de fibras de amianto contenidos en el aire se hallan por debajo de los permisibles.

La manera más segura de ejecutar una rehabilitación consiste en desalojar totalmente a los ocupantes y personas ajenas; sin embargo, esto a veces es simplemente imposible de llevar a cabo.

### **Suministros**

La instalación de servicios de suministro en los edificios, como electricidad, gas, agua y telecomunicaciones, suele ser ejecutada por subcontratistas especializados. Los principales riesgos son las caídas debidas a un acceso descuidado, el polvo y los humos producidos por los taladros y las cortadoras y la electrocución o incendio producido por el suministro eléctrico y de gas. Los riesgos son análogos en las viviendas unifamiliares, aunque en menor escala. El trabajo de los contratistas resulta más fácil si al proyectar la estructura, el arquitecto prevé espacio suficiente para colocar las acometidas. Se precisa espacio para los conductos y las rozas en paredes y suelos más el espacio adicional para que los instaladores trabajen con eficacia y seguridad. Las mismas consideraciones se aplican al mantenimiento de las instalaciones después de la entrada en servicio del edificio. Una adecuada atención al detalle en relación con los conductos, rozas y aperturas durante el proyecto inicial de la estructura debería dar como resultado que todos fueran construidos o empotrados dentro de la misma. En tal caso necesario no sería que los obreros hicieran rozas para canales o conductos ni que tuvieran que abrir agujeros usando herramientas eléctricas que originan grandes cantidades de polvo. Si se habilita un espacio adecuado para la maquinaria y los conductos de aire acondicionado y de calefacción, el trabajo

de los instaladores resulta más fácil y seguro porque es posible trabajar desde sitios seguros en vez de, por ejemplo, trabajar sobre tableros acuñaos en el interior de los conductos verticales. Si el alumbrado y el cableado tienen que instalarse por el techo en habitaciones de mucha altura, los contratistas pueden necesitar andamios torre o de otro tipo, además de escaleras.

La instalación de los servicios deberá hacerse de acuerdo con las normas locales en vigor. Estas, por ejemplo, deberán cubrir todos los aspectos de seguridad de las instalaciones de gas y eléctricas, de modo que los contratistas eléctricos no tengan duda alguna acerca de las normas exigidas para la instalación de cables, aislamiento, puesta a tierra, fusibles, aisladores, y las de instalación de gas, acerca de la protección de tuberías, aislamiento, ventilación adecuada y acoplamiento de dispositivos de seguridad ante fallos de la llama y pérdida de presión. La omisión por parte de los contratistas de ocuparse adecuadamente de estos asuntos de detalle en la instalación o en el mantenimiento de los servicios originará riesgos, tanto para sus propios operarios como para los ocupantes del edificio.

### **Acabados interiores**

Si la estructura es de ladrillo o de hormigón, el acabado interior puede requerir un revoque de yeso inicial para obtener una superficie que pueda pintarse. El de yesero es un oficio tradicional. Los riesgos principales son la severa fatiga en los brazos y la espalda a causa del acarreo de los sacos de material y de las placas de yeso y, luego, el proceso real de aplicar el revoque, especialmente cuando el operario trabaja en el techo. Después del revoque, los paramentos pueden pintarse. En este caso, el riesgo proviene de los vapores despedidos por los disolventes y a veces por las mismas pinturas. Si es posible deberán usarse pinturas al agua. Si se usan pinturas de base disolvente, las habitaciones deberán estar bien ventiladas, si es necesario por medio de ventiladores. Si se usan materiales tóxicos y no se puede establecer una ventilación, los operarios deberán usar protección individual y respiratoria.

A veces el acabado interior puede precisar la fijación de revestimientos a las paredes. Si ello implica la utilización de pistolas para fijar los paneles al entarimado, el riesgo puede surgir principalmente del modo de manejar la pistola. Los clavos lanzados por un cartucho al ser disparados pueden atravesar paredes y tabiques o pueden rebotar al golpear contra un objeto duro. Los contratistas deben planificar su trabajo con sumo cuidado, incluso, en su caso, impidiendo la presencia de personal en su proximidad.

El acabado puede requerir la fijación de baldosas y losas de diversas clases de material a las paredes y suelos. El corte de grandes cantidades de baldosas cerámicas o losas de piedra por medio de cortadoras con motor eléctrico ocasiona ingentes cantidades de polvo y deberá hacerse en mojado o en un recinto cerrado. El principal riesgo al trabajar con baldosas, incluso las baldosas de moqueta, se deriva de la necesidad de colocarlas mediante colas y pegamentos. Los adhesivos que se usan se basan en disolventes y desprenden vapores que son nocivos y que en un espacio cerrado pueden ser inflamables. Es más, los colocadores de baldosas tienen que estar arrodillados sobre el punto en que se desprenden los vapores. Deberán usarse pegamentos de base acuosa. Si se utilizan pegamentos con base disolvente, las habitaciones deberán estar bien ventiladas (con ayuda de ventiladores), la cantidad de pegamento introducido en la habitación debe ser la mínima y los bidones deberán ser trasvasados a latas más pequeñas usadas por los soladores y almacenados fuera del local de trabajo.

Si el acabado requiere la instalación de materiales de instalación térmica o acústica, como suele ocurrir en los bloques de apartamentos y edificios comerciales, estos pueden venir en

forma de planchas o baldosas que se cortan, bloques que se unen, entre sí o a una superficie con cemento, o líquidos que se proyectan. Los riesgos incluyen la exposición al polvo, que puede ser irritante y dañino. No se usarán materiales que contengan amianto. Si se usan fibras minerales artificiales, los operarios deberán usar protección respiratoria y ropas protectoras para evitar irritaciones cutáneas.

#### Riesgos de incendio en acabados interiores

Muchos de los trabajos de acabado en un edificio conllevan el uso de materiales que incrementan en gran medida el riesgo de incendio. La estructura base puede estar formada por acero relativamente no inflamable, hormigón y ladrillo. Sin embargo las empresas de acabado introducen la madera, tal vez el papel, pinturas y disolventes.

Al mismo tiempo que se realizan los acabados interiores, se pueden estar ejecutando trabajos con herramientas de motor eléctrico, o tal vez la instalación eléctrica. Casi siempre existe una fuente de ignición por vapor o materiales inflamables usados en los acabados. Muchos incendios muy costosos han estallado durante la ejecución de los acabados, poniendo a los obreros en peligro y generalmente dañando no sólo los acabados del edificio, sino incluso la estructura. Un edificio en fase de acabado es un núcleo cerrado en el cual, posiblemente, centenares de obreros estén usando materiales inflamables. El contratista principal debe asegurar que se establecen las disposiciones adecuadas para facilitar y proteger las vías de escape, para mantener las rutas de acceso libres de obstrucciones, para reducir la cantidad de materiales inflamables almacenados y en uso dentro del edificio, para alertar a los contratistas en caso de incendio y, cuando sea necesario, evacuar el edificio.

#### Acabados exteriores

Algunos de los materiales usados para los acabados interiores pueden también ser utilizados en el exterior, pero los acabados exteriores generalmente están relacionados con revestimientos, sellado y pintura. Las llagas de mortero en las fábricas de ladrillo y bloques son generalmente rejuntadas o acabadas a medida que se colocan los bloques o los ladrillos, y no requieren más atención. El exterior de los muros puede estar acabado con un revestido de mortero que luego va pintado, o mediante la aplicación de una capa de árido fino, como el estuco o un guarnecido basto. El acabado exterior, como en general, el trabajo de la construcción, se hace en el exterior y está sometido a los efectos del tiempo. El mayor riesgo, con diferencia, es el riesgo de caídas, a menudo agravado por dificultades para manipular los materiales y los componentes. El uso de pinturas, sellantes y adhesivos que contienen disolventes causa menos problemas que en los acabados interiores, porque la ventilación natural impide la formación de concentraciones de vapor inflamables.

También aquí, los proyectistas pueden influir en la seguridad de los acabados exteriores especificando paneles de revestimiento que se puedan manejar con seguridad (p. ej., ni demasiado pesados, ni demasiado grandes) y estableciendo disposiciones de modo que el trabajo se pueda hacer desde un lugar seguro. La estructura o los forjados del edificio deberán diseñarse de modo que incorporen elementos como pestañas o entranques que permitan una fácil descarga de los paneles de revestimiento, especialmente cuando su colocación se hace con grúa o montacargas. La especificación de materiales como plásticos para marcos de ventana e impostas elimina la necesidad de pintar y repintar y reduce el mantenimiento ulterior. Esto beneficia a la seguridad de los operarios de la construcción y la de los ocupantes de la casa o apartamento.

#### Paisajismo

El paisajismo a gran escala puede incorporar un movimiento de tierras análogo al que se realiza en las obras de carreteras y canales. Puede requerir excavaciones profundas para instalar drenajes; extensas zonas tendrán que pavimentarse con losas u hormigón; es posible que haya que mover rocas. Finalmente, es posible que el cliente desee crear la impresión de una urbanización madura, bien establecida, para lo cual se tendrán que plantar árboles de buena edad. Todo ello requiere excavaciones, zanjas y retirada de tierras. A menudo también requiere una capacidad considerable para izar cargas.

Los contratistas de paisajismo son generalmente especialistas que no dedican gran parte de su tiempo trabajando para contratos de construcción. El contratista principal debe asegurar su incorporación a los trabajos en el momento adecuado (no necesariamente al final del contrato). Las excavaciones importantes y el tendido de tuberías deben ejecutarse, de preferencia, al principio del proyecto, cuando se están realizando los trabajos de cimentación del edificio. Estos trabajos no deben socavar ni poner en peligro el edificio ni sus edificaciones exteriores sobrecargando la estructura de un modo peligroso mediante montones de tierra colocados encima o contra los edificios. Si es preciso arrancar la capa de tierra vegetal y más adelante volver a colocarla, se deberá habilitar suficiente espacio para su acopio en condiciones de seguridad.

El paisajismo también puede ser requerido en instalaciones industriales y en servicios públicos por motivos de seguridad y medioambientales. Alrededor de una planta petroquímica puede ser necesario nivelar el terreno o practicar una pendiente en cierta dirección, posiblemente cubriendo el terreno con gravilla u hormigón para evitar el crecimiento de vegetación. Por otro lado, si la urbanización del contorno de una instalación industrial se hace con la intención de mejorar el aspecto o por razones medioambientales (p. ej., reducir el ruido u ocultar una instalación antiestética), es posible que tengan que ejecutarse terraplenes, montarse pantallas o plantarse árboles. Hoy en día las carreteras y las vías férreas tienen que incluir elementos insonorizadores si pasan cerca de zonas urbanas, u ocultar sus movimientos si atraviesan zonas ecológicamente muy sensibles. El paisajismo no debe ser una idea de último momento, porque además de mejorar el aspecto de una planta o un edificio puede, en función de la naturaleza de la urbanización, conservar el entorno y mejorar la seguridad en general. Por lo tanto, necesita ser proyectado y planificado como parte integrante del proyecto.

#### Demolición

La demolición es quizás la operación más peligrosa de la construcción.

Reúne todos los riesgos del trabajo en altura y de la caída de materiales, pero además se lleva a cabo en una estructura que ha sido debilitada bien a causa de la propia demolición, bien a resultas de tormentas, daños producidos por inundaciones, incendios, explosiones o del uso y deterioro natural. Los riesgos que se producen durante la demolición son caídas, golpes o el soterramiento por el material derribado o por el derrumbamiento espontáneo de la estructura, el ruido y el polvo. Uno de los problemas prácticos para asegurar la salud y la seguridad durante la demolición es que se pueda ejecutar muy rápidamente; con los equipos actuales se puede realizar una demolición importante en un par de días.

Existen tres métodos principales para demoler una estructura: derribarla de un modo sistemático; tirarla abajo o volarla mediante el uso de explosivos. El método a elegir viene condicionado por el estado de la estructura, sus alrededores, los motivos de la demolición y su costo. Generalmente el uso de explosivos no será posible si hay edificios próximos. La demolición necesita

ser planificada con tanto cuidado como cualquier otra fase de la construcción. La estructura a demoler debe ser examinada a fondo estudiando los planos disponibles, de modo que el contratista de la demolición pueda disponer de la mayor información posible sobre su naturaleza, su método de construcción y sus materiales. Comúnmente en los edificios y otras estructuras que se van a demoler se puede encontrar amianto, lo cual exige recurrir a contratistas especializados en su manipulación.

La planificación del proceso de demolición debe garantizar que la estructura no se sobrecargará o se cargará desigualmente con escombros y que se dejen huecos adecuados para la caída de escombros y su retirada segura. Si la estructura resulta debilitada al cortar partes de la misma (especialmente si se trata de hormigón armado u otros tipos de estructura sometidos a esfuerzos importantes) o por el derribo de partes de un edificio tales como forjados o muros interiores, ello no debe debilitar la estructura de modo que se pueda producir un derrumbamiento inesperado. La caída de los materiales de escombros y chatarra deberá planificarse de modo que se puedan retirar o guardar con seguridad y adecuadamente; a veces el coste de un trabajo de demolición depende de la recuperación de la chatarra o de los componentes de valor.

Si la estructura se tiene que demoler sistemáticamente (p. ej., bajando paso a paso), sin usar piquetas mecánicas controladas a distancia, los obreros tendrán que realizar el trabajo necesariamente con herramientas de mano o herramientas mecánicas manuales. Ello supone que deben trabajar en altura en sitios al descubierto o por encima de los huecos practicados para la caída de los escombros. De acuerdo con ello, será preciso usar andamios de trabajo provisionales. La estabilidad de tales andamios no deberá ser puesta en peligro por la retirada de partes de la estructura o por la caída de los escombros. Si las escaleras ya no están disponibles para el uso por los obreros, porque la caja de las mismas se usa para dejar caer los escombros, y se tendrán que habilitar escaleras o andamios exteriores.

La retirada de puntas, agujas u otros elementos elevados situados en lo alto de los edificios resulta a veces más seguro si los operarios trabajan desde cubos debidamente diseñados y colgados del gancho de seguridad de una grúa.

En la demolición sistemática, el método más seguro de proceder es derribar el edificio en un orden opuesto a aquel en que fue construido. La retirada de escombros se debe hacer de manera regular de modo que los accesos y zonas de trabajo no resulten obstruidos.

Si la estructura se ha de derribar por empuje o por tirón o echada abajo, normalmente ha de debilitarse con anterioridad, con los riesgos que ello conlleva. El derribo por tirón se suele hacer eliminando forjados y muros, fijando cables a puntos fuertes en las partes superiores del edificio y usando una excavadora u otra máquina pesada para tirar del cable. Existe un peligro evidente de que los cables salgan volando al romperse a causa de una sobrecarga o por el fallo del punto de anclaje en el edificio. Esta técnica no es viable para edificios muy altos. Para derribar por empuje, igualmente después de debilitar la estructura, se requiere el uso de maquinaria pesada, como empujadoras o palas montadas sobre orugas. Las cabinas de estas máquinas deben ser protegidas con defensas para evitar que los conductores sean lesionados por los escombros al caer. No se permitirá que el emplazamiento resulte obstruido por los escombros caídos, de modo que pueda poner en peligro la estabilidad de la máquina usada para el derribo, por tirón o por empuje.

### **Demolición con bola**

La forma más común de demolición (y, si se hace adecuadamente, en muchos aspectos la más segura) es derribar a bolazos, usando una bola de acero u hormigón suspendida del gancho de

una grúa con un brazo bastante fuerte para resistir los esfuerzos especiales impuestos por el golpe de la bola. El brazo se mueve hacia los lados y la bola se lanza contra el muro a demoler. El riesgo más importante consiste en que la bola se quede atrapada en la estructura o en los escombros, y luego tratar de liberarla tirando con el gancho de la grúa. Ello produce una gran sobrecarga en la grúa y, o bien el brazo de la grúa o el cable se pueden romper. Puede ser necesario que un obrero trepe hasta donde se ha quedado acunada la bola para liberarla. Sin embargo, esto no se puede hacer si hay peligro de que esa parte del edificio caiga sobre el obrero. Otro riesgo asociado con operadores de grúa menos expertos es dar golpes demasiado fuertes con la bola, los cuales pueden originar la caída accidental de partes del edificio que no estaban programadas.

### **Explosivos**

La demolición mediante el empleo de explosivos se puede hacer con seguridad, pero se ha de planificar cuidadosamente y ha de ser ejecutada tan sólo por obreros experimentados, bajo una supervisión competente. A diferencia de las demoliciones militares con explosivos, el objetivo de las voladuras no consiste en reducir totalmente el edificio a un montón de escombros. El modo seguro de ejecutarlo, después del debilitamiento de la estructura, consiste en no emplear más explosivo que el necesario para derribar la estructura con certeza, de modo que los escombros puedan ser retirados con seguridad y recuperada la chatarra. Los contratistas que ejecutan la voladura deberán efectuar un reconocimiento de la estructura, y estudiar los planos y toda la información posible sobre el método y los materiales con que fue construida. Sólo con esta información es posible determinar, en primer lugar, si la voladura es idónea; dónde se han de colocar las cargas, cuánto explosivo se tiene que usar, qué pasos pueden ser necesarios para evitar la expulsión de los escombros y qué clase de zonas de separación será necesario establecer alrededor del lugar de la voladura, para proteger a los trabajadores y a los videntes. Si se tiene que practicar un número de cargas, el disparo eléctrico con detonadores será normalmente más práctico, pero los sistemas eléctricos pueden tener fallos, por lo que en obras más sencillas puede ser más práctico y seguro el uso de un cordón detonador. Los aspectos de las voladuras que requieren una cuidadosa planificación previa son: saber lo que hay que hacer en caso de que falle una detonación o si la estructura no cae como estaba previsto y se queda colgando en un estado de inestabilidad peligroso. Si el trabajo se encuentra próximo a viviendas, carreteras o polígonos industriales, deberá alertarse a los moradores de la zona; la policía local se suele encargar de despejar la zona y cortar el tráfico de peatones y vehículos.

Las estructuras altas, como torres de televisión o de refrigeración, pueden ser demolidas mediante explosivos, con tal de que hayan sido debilitadas de antemano para que caigan con seguridad.

Los trabajadores de las demoliciones están expuestos a altos niveles de ruido a causa de la maquinaria ruidosa y las herramientas, de la caída de escombros y de las explosiones. Normalmente se precisará la utilización de protección acústica. Durante la demolición de edificios se generan grandes cantidades de polvo. Un reconocimiento preliminar deberá determinar dónde y cuándo aparecen plomo o amianto; si ello es posible se deben sacar antes de empezar la demolición. Incluso en ausencia de tan notables riesgos, el polvo de las demoliciones a menudo provoca irritación, aunque no es realmente nocivo, pero se deberá usar una mascarilla antipolvo aprobada si la zona de trabajo no se puede mantener regada para controlar el polvo.

La demolición es a la vez sucia y ardua, y es necesario habilitar un alto nivel de servicios higiénicos, incluyendo aseos,



duchas, armarios para la ropa normal y para las ropas de trabajo y un local que sirva para descanso y comedor.

### **Desmontaje**

El desmontaje se diferencia de la demolición en que parte de la estructura o, más comúnmente, una gran pieza de maquinaria, se desmonta y se retira de su emplazamiento. Por ejemplo, la retirada parcial o total de una caldera para su sustitución, o la sustitución de las vigas metálicas del vano de un puente constituyen un desmontaje más bien que una demolición. Los operarios que se encargan del desmontaje suelen realizar muchos trabajos de corte de acero por medio de gas o de oxiacetileno para eliminar partes de la estructura o para debilitarla. Es posible que empleen explosivos para derribar alguna pieza de la maquinaria. Para la retirada de grandes jácenas o piezas de maquinaria emplean maquinaria de elevación pesada. Generalmente, los operarios que realizan estas actividades se enfrentan con los mismos riesgos: caídas, caída de objetos sobre ellos, ruido, polvo y sustancias dañinas que se dan en la demolición propiamente dicha. Los contratistas que llevan a cabo el desmontaje necesitan tener un sólido conocimiento de estructuras para asegurarse de que la remoción se efectúe en un orden que no cause un repentino e inesperado hundimiento de la estructura principal.

### **Trabajos junto al agua o dentro del agua**

Los trabajos junto al agua o dentro del agua, tal como el mantenimiento y construcción de puentes, el trabajo en dársenas y los trabajos de defensa de orillas marítimas y fluviales presentan riesgos singulares. El riesgo se puede ver incrementado si el agua está en movimiento o es afectada por las mareas, en oposición a las aguas quietas; el rápido movimiento del agua dificulta el rescate de los que se caen en ella. Las caídas en el agua presentan el riesgo de ahogamiento (incluso en aguas poco profundas, si la persona se lesiona al caer, además de hipotermia si el agua está fría, e infección si el agua se encuentra contaminada).

La primera precaución para evitar que los trabajadores caigan es asegurarse de la existencia de pasarelas adecuadas y zonas de trabajo con barandillas. No se permitirá que estas estén húmedas y resbaladizas. Si no es posible el uso de pasarelas, como tal vez en las primeras fases de montaje de la estructura metálica, los obreros deberán llevar cinturón de seguridad y cuerdas amarradas a puntos de anclaje seguros. Estos deberán ser complementados con redes de seguridad tendidas bajo el lugar de trabajo. Se deberán habilitar escaleras y sogas de amarre para ayudar a los obreros que caigan a salir del agua, como por ejemplo en los bordes de las dársenas y de diques de defensa marítima. Mientras los obreros estén en una plataforma desprotegida de barandillas adecuadas o se desplacen para ir o regresar del lugar de trabajo, deben llevar chalecos salvavidas. Las boyas de salvamento y las amarras de rescate deberán colocarse en intervalos regulares a lo largo de la orilla.

La construcción de muelles y el mantenimiento de ríos y diques marítimos implica a menudo el uso de barcasas para transportar los aparejos de pilotar y las excavadoras que retiran los productos del dragado. Tales barcasas equivalen a plataformas de trabajo y deberán llevar unas barandillas adecuadas, salvavidas y sogas de amarre y salvamento. Se deberá habilitar un acceso seguro desde la playa, muelle u orilla del río en forma de pasarelas con barandillas. Estas se dispondrán de modo que se acoplen con seguridad a los niveles cambiantes de las mareas.

También habrá disponibles botes salvavidas, equipados a bordo con amarras y boyas y sogas de rescate. Si el agua está fría o en movimiento, los botes deberán tener una tripulación permanente, y deberán tener motor y estar prestos para efectuar una misión de rescate inmediatamente. Si el agua está contaminada por efluentes o alcantarillado industrial, deberán

establecerse mecanismos para transportar a los que caigan a un centro médico o a un hospital para su inmediato tratamiento. El agua en las zonas urbanas se puede encontrar contaminada por la orina de las ratas que pueden infectar excoriaciones abiertas de la piel, causando el mal de Weil.

Los trabajos sobre el agua se ejecutan a menudo en lugares que suelen estar sujetos a fuertes vientos, lluvia penetrante o heladas. Estas circunstancias aumentan el riesgo de caídas y la pérdida de calor. El tiempo severo puede causar la parada del trabajo, incluso en medio de un turno; para evitar una excesiva pérdida de calor puede ser necesario complementar las ropas de protección al frío o las normales impermeables con ropa interior térmica.

### **Trabajos submarinos**

#### **Inmersiones**

Las inmersiones constituyen una forma especializada de trabajo submarino. Los riesgos a que se enfrentan los que las realizan son: ahogamiento, mal de descompresión (mal de los buzos), hipotermia a causa del frío y atrapamiento debajo del agua. Las inmersiones pueden ser precisas durante la construcción o mantenimiento de muelles, de diques de defensa del mar y de ríos, de espigones y de estribos de puentes. Frecuentemente han de efectuarse en aguas de escasa visibilidad o en lugares en que existe el riesgo de que el buzo y su equipo queden enredados. La inmersión se puede efectuar desde tierra firme o desde un barco. Si el trabajo precisa de un solo buzo, se necesitará un equipo mínimo de tres personas por razones de seguridad. El equipo constará del buzo que se sumerge, de otro buzo de reserva totalmente equipado, presto a entrar en el agua inmediatamente en caso de emergencia y de un supervisor a cargo de la inmersión. El supervisor de la inmersión deberá encontrarse en un puesto seguro en tierra o en el barco desde el que se va a efectuar la inmersión. Las inmersiones a profundidades menores de 50 m se llevan a cabo normalmente por hombres rana equipados de trajes húmedos (es decir, trajes que no repelen el agua) y con equipos de respiración submarina independientes con máscara facial abierta (p. ej., equipo de submarinismo). A profundidades superiores a 50 m o en aguas muy frías, será necesario que los submarinistas lleven trajes que se calientan con alimentación de agua caliente bombeada y máscaras de respiración cerradas, y un equipo para respirar aire no comprimido, sino mezclado con ciertos gases (p. ej., inmersión con gas mixto). Los submarinistas deben llevar una cuerda de seguridad adecuada y tienen que poder comunicarse con la superficie y, en particular, con el supervisor de la inmersión. Cuando se realiza una inmersión los servicios de emergencia locales deberán ser informados de ello por el contratista de los trabajos.

Tanto el equipo de inmersión como los submarinistas han de pasar exámenes y pruebas. Los submarinistas deberán recibir instrucción hasta un nivel reconocido nacional o internacional, en primer lugar y en todo caso para inmersiones con aire normal y, en segundo lugar, para inmersiones con aire mezclado con gas, si se tiene que emplear este método. Deberán acreditar por escrito que han completado satisfactoriamente un curso de instrucción en inmersión. Los que practican inmersiones deben pasar anualmente un reconocimiento médico a cargo de un doctor con experiencia en medicina hiperbárica. Cada uno tendrá un cuaderno personal en el que se lleve un registro de sus reconocimientos físicos y de las inmersiones realizadas. Si el submarinista ha sido suspendido para hacer inmersiones a causa de un reconocimiento médico, ello también se registrará en el cuaderno de su historial. Un submarinista que se encuentra suspendido no podrá ser autorizado para sumergirse ni para actuar como persona de reserva para la inmersión. Los buzos

deberán ser consultados por su supervisor si se encuentran en buena condición, en especial si padecen alguna dolencia respiratoria, antes de permitir su inmersión. El equipo de inmersión (trajes, cinturones, cuerdas, máscaras y botellas con sus válvulas) deberá comprobarse cada día antes de su uso.

Los buzos deberán demostrar que saben manejar satisfactoriamente las botellas y válvulas de demanda en presencia de su supervisor.

En caso de accidente u otros motivos para el súbito ascenso de un buzo a la superficie, puede experimentar o sentirse en peligro de experimentar la enfermedad del buzo y requerir una recompresión. Por tal razón es deseable que, antes de comenzar la inmersión, se sepa dónde encontrar una cámara de descompresión médica o en todo caso adecuada para submarinistas. El personal a cargo de la cámara deberá ser alertado de que se está realizando una inmersión. Deberán estar disponibles los medios para el rápido transporte de los submarinistas con necesidad de descompresión.

A causa de su instrucción y del equipo necesario, además del apoyo que precisan por razones de seguridad, el empleo de buzos es muy caro, a pesar de que el tiempo de trabajo real sumergido sea breve. Por estas razones existe la tentación entre los contratistas de trabajos submarinos de utilizar buzos poco instruidos o aficionados o equipos de inmersión faltos de efectivos o equipamiento. Sólo debe recurrirse para este tipo de trabajos a contratistas de confianza y se ha de prestar atención especial para la selección de buzos que afirman haber recibido entrenamiento en otros países con unos niveles menos exigentes.

### Cajones

Los cajones son muy semejantes a cazos invertidos cuyos bordes se asientan en el lecho del puerto o del río. A veces se usan cajones abiertos que, como su nombre indica, están abiertos por su parte superior. Se utilizan en tierra firme para perforar un pozo mediante hincas en terreno blando. El borde inferior del cajón es afilado, los trabajadores excavan en el interior del cajón, y éste se va hincando en el terreno a medida que se retira la excavación, formándose de esta manera el pozo. Cajones abiertos similares se usan en aguas poco profundas, pero su profundidad se puede hacer mayor, añadiendo secciones por arriba, a medida que el cajón se hunde en el fondo del río o del puerto. Los cajones abiertos confían al bombeo el control de la entrada del agua y tierra en la base del cajón. Para trabajos a mayores profundidades tendrá que utilizarse un cajón cerrado. Para desplazar el agua se bombea aire comprimido, y los trabajadores pueden entrar en él a través de una esclusa de aire, generalmente situada en su parte superior, y bajar al lugar de trabajo en la atmósfera de esa cámara. Los obreros pueden trabajar debajo del agua, pero están libres de las limitaciones de llevar un equipo de buceo, y su visibilidad es mucho mejor. Los riesgos en el trabajo en cajones neumáticos son la enfermedad del buzo y —como en todos los tipos de cajón, incluso el cajón abierto más sencillo— el ahogamiento si el agua penetra en el cajón por algún fallo estructural o por pérdida de la presión del aire. Debido al riesgo de entrada de agua, en todo momento deberán estar disponibles medios de escape, tales como escaleras hasta el punto de entrada, tanto en cajones abiertos como neumáticos.

Los cajones deben inspeccionarse diariamente antes de su utilización, por alguien competente y experimentado en este tipo de trabajos. Los cajones serán izados y bajados por unidades individuales con maquinaria pesada de elevación, o pueden montarse a base de sus componentes dentro del agua. El montaje de cajones debe ser supervisado por una persona igualmente competente.

### Túneles subacuáticos

Los túneles, si se perforan en terreno poroso debajo del agua, pueden tener que ejecutarse en atmósfera de aire comprimido. Es una práctica extendida perforar túneles para el transporte público en el centro de las ciudades pasando por debajo de los ríos, debido a la falta de espacio aéreo y a consideraciones medioambientales. Los trabajos con aire comprimido se limitarán al mínimo posible debido a su peligro e ineficacia.

Los túneles subacuáticos en terreno poroso tendrán que revestirse con anillos de hormigón o hierro fundido que se juntan con mortero. Pero en el frente de excavación del túnel y dada la corta longitud del anillado del túnel, no habrá un espacio suficientemente hermético para proseguir el trabajo sin algún medio de agotamiento del agua. Puede ser necesario ejecutar en atmósfera de aire comprimido el trabajo en el frente del túnel y la colocación de anillos y dovelas, que forma parte del proceso de perforación y revestimiento del mismo. Los operarios que conducen el avance (p. ej., en un escudo, manejando el frente cortante rotatorio) o que usan herramientas manuales, y los que manejan la maquinaria de colocación de anillos y dovelas, tendrán que introducirse por una esclusa de aire. El resto del túnel ya revestido no precisará aire comprimido, y, de este modo, será más fácil el tránsito de personal y materiales.

Los trabajadores en túneles que tienen que trabajar en una atmósfera de aire comprimido están expuestos al mismo riesgo de enfermedad de los buzos que los trabajadores en cajones y los submarinistas. La esclusa de aire que da acceso a la cámara de trabajo con aire a presión, deberá ser complementada con una segunda esclusa, por la cual pasarán los trabajadores para efectuar la descompresión al acabar su turno. Si sólo existe una esclusa, ello puede crear embotellamientos y ser peligroso. Los riesgos surgen cuando los obreros no hacen la descompresión con la lentitud suficiente al final del turno, o si la falta de capacidad de la esclusa retrasa la entrada de equipo vital para los trabajos bajo presión. Las esclusas de aire y las cámaras de descompresión deberán estar bajo la supervisión de una persona competente y experimentada en trabajos de túnel bajo aire comprimido y su adecuada descompresión.

## ZANJAS

*Jack L. Mickle*

Las zanjas son recintos confinados que se excavan, generalmente, para enterrar conducciones de servicios o para ubicar cimientos. Las zanjas, normalmente, tienen mayor profundidad que anchura, considerando el ancho del fondo, y suelen tener una profundidad inferior a 6 metros; se denominan también excavaciones superficiales (poco profundas). Un recinto confinado se define como un espacio que tiene unas dimensiones suficientes para que un obrero se introduzca en él y pueda realizar un trabajo; tiene unos medios limitados para entrar en el mismo y salir de él y no está proyectado para una ocupación continuada. Deberán disponerse varias escaleras para que los obreros puedan evacuar la zanja.

Lo normal es que las zanjas permanezcan abiertas por espacio de unos minutos o unas horas. Las paredes de cualquier zanja acabarán desmoronándose; es simplemente una cuestión de tiempo. La estabilidad aparente a corto plazo constituye una tentación para que el contratista haga entrar a los obreros en una zanja peligrosa, con la esperanza de obtener un rápido avance y una mejora económica. De resultados de ello pueden sobrevenir muertes o lesiones serias y mutilaciones.

Además de estar expuestos a la posibilidad de derrumbamiento de las paredes de las zanjas, los que trabajan dentro de

las mismas pueden sufrir lesiones o morir a consecuencia de inundaciones por agua o por residuos sanitarios, por la presencia de gases peligrosos o por falta de oxígeno, por caídas, caídas de materiales o herramientas, por entrar en contacto con cables eléctricos cortados o por un salvamento inadecuado.

Como ejemplo, al menos un 2,5 % de las muertes por accidentes laborales que se producen anualmente en EE.UU. son achacables a desprendimientos de tierras. La edad media de los trabajadores muertos en zanjas en EE.UU. es de 53 años. A menudo, una persona joven resulta atrapada por un desprendimiento de tierras y otros trabajadores intentan rescatarle. En los intentos de rescate fallidos, la mayoría de los muertos corresponden a los potenciales salvadores. En caso de derrumbe es preciso llamar inmediatamente a equipos de urgencia adiestrados en este tipo de rescates.

Es esencial la inspección rutinaria de las paredes de la zanja y el uso de los sistemas de protección de los trabajadores. Las inspecciones deben efectuarse diariamente antes de empezar los trabajos y después de cualquier incidencia —tal como tormentas, vibraciones o rotura de tuberías— que pueda incrementar los riesgos. A continuación se incluyen descripciones de las situaciones peligrosas y la manera de evitarlas.

### Derrumbamiento de las paredes de la zanja

La causa más importante de las muertes relacionadas con los trabajos en zanjas es el derrumbamiento de las paredes de las mismas, que puede ocasionar el aplastamiento o la asfixia de los trabajadores.

Las paredes de la zanja pueden resultar debilitadas a consecuencia de actividades realizadas en el exterior, pero en las inmediaciones de la misma. No deben colocarse cargas pesadas en el borde de la zanja. No deben excavar zanjas en la proximidad de estructuras como edificios o líneas férreas, ya que la excavación puede socavarlas y debilitar sus cimientos, causando de este modo el hundimiento de las estructuras y de las paredes de la zanja. En las fases de planificación conviene solicitar el asesoramiento de un ingeniero o técnico competente. No se debe permitir que los vehículos se aproximen demasiado a los bordes de la zanja; a tal efecto, es aconsejable colocar topes horizontales o banquetas de tierra.

### Tipos de terreno y entorno

La elección adecuada de un sistema de protección de los trabajadores depende del terreno y de las condiciones del entorno. La resistencia del terreno, la presencia de agua y las vibraciones originadas por la maquinaria o por otras causas próximas, son factores que afectan a la estabilidad de las zanjas. Los terrenos en los que se ha practicado una excavación con anterioridad, nunca recuperan su resistencia. La acumulación de agua en una zanja, independientemente de su profundidad, es indicativa de la situación más peligrosa.

Antes de la elección de un sistema adecuado para la protección de los trabajadores, es preciso tener en cuenta la clase del terreno y evaluar el escenario de la construcción. Un plan de seguridad y salud adecuado de un proyecto debe dar respuesta a las condiciones y riesgos singulares del mismo.

Los terrenos se pueden clasificar en dos grandes grupos: cohesivos y granulosos. Los terrenos cohesivos contienen un mínimo del 35 % de arcilla; si se amasan en forma de cilindros de 50 mm de longitud y 5 mm de diámetro y se suspenden de un extremo, no se rompen. Las paredes de las zanjas practicadas en terrenos cohesivos se mantienen verticales durante cortos períodos de tiempo. Estos terrenos son responsables de tantas muertes por derrumbamiento como cualquier otro tipo de terreno, ya que el terreno aparentemente es estable y, a menudo, no se toman precauciones.

Los terrenos granulosos consisten en limos, arena, grava o material de mayor tamaño. Estos tipos de terreno, cuando están húmedos, ofrecen una cohesión aparente (a semejanza de los castillos de arena); cuanto más finas son las partículas, mayor es la cohesión aparente. Sin embargo, cuando se encuentran sumergidos o están secos, los terrenos granulosos de tamaño más grueso se desmoronan inmediatamente, hasta alcanzar un ángulo de estabilidad, comprendido entre 30 y 45°, según la forma redondeada o angular de sus partículas.

### Protección de los trabajadores

El *ataluzado* evita el desplome de las zanjas, al eliminar el peso (del terreno) que puede dar origen a la falta de estabilidad de la zanja. El ataluzado, incluyendo el banqueo (ataluzado hecho en varios escalones) requiere que la zanja tenga una mayor anchura en su parte superior. El ángulo del talud depende del terreno y de las condiciones en que se encuentra, pero los taludes varían desde 0,75 horizontal: 1 vertical a 1,5 horizontal: 1 vertical. El talud de 1,5 de base por 1 de altura requiere un ensanchamiento de 1,5 m por cada metro de profundidad, a ambos lados de su parte superior. Incluso la menor inclinación de un talud resulta beneficiosa. Sin embargo, los anchos que requieren los taludes impiden a menudo su aplicación en las obras de construcción.

La *entibación* se puede usar en todos los casos. Una entibación consiste en un montante a cada lado de la zanja con codales entre ambos (véase la Figura 93.5). Las entibaciones contribuyen a evitar el hundimiento de las paredes de la zanja, al empujar hacia fuera contra las paredes de la misma. Las *entibaciones clareadas* consisten en montantes y arriostramientos transversales, con el terreno formando arco entre ellos; se usan en terrenos arcillosos, que son los que presentan una mayor cohesión. Los montantes no deben distar más de 2 m entre sí. Se pueden alcanzar mayores separaciones entre los arriostramientos mediante el empleo de largueros horizontales que mantengan los montantes en su sitio (véase la Figura 93.6). La *entibación tupida* se emplea en terrenos granulosos y de escasa cohesión; las paredes de la zanja se protegen totalmente con

Figura 93.5 • Las entibaciones consisten en montantes a ambos lados de la zanja, sujetos por codales.

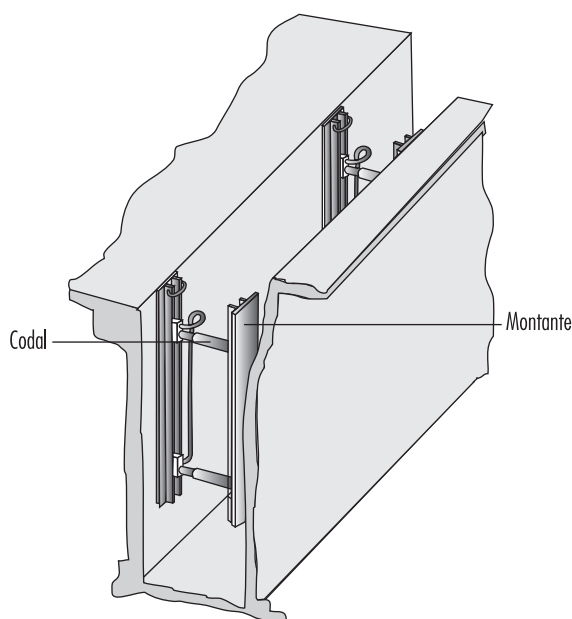


Figura 93.6 • Los largueros mantienen verticales los montantes, permitiendo un mayor espaciamiento de los codales.

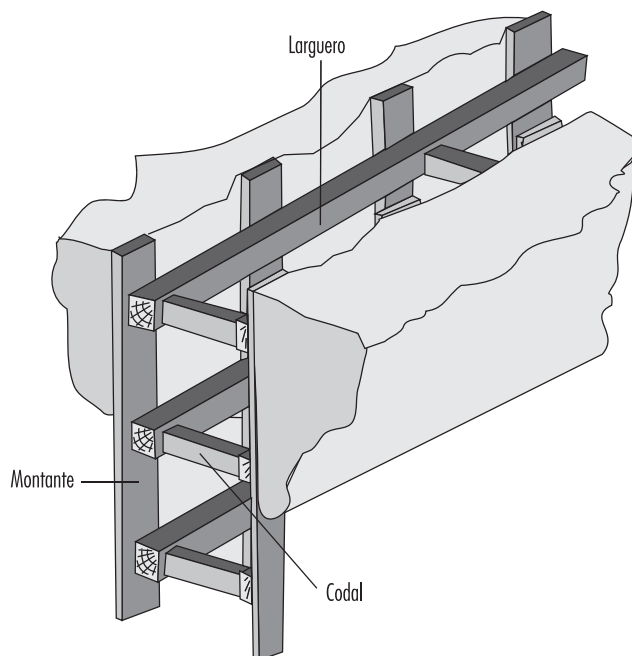
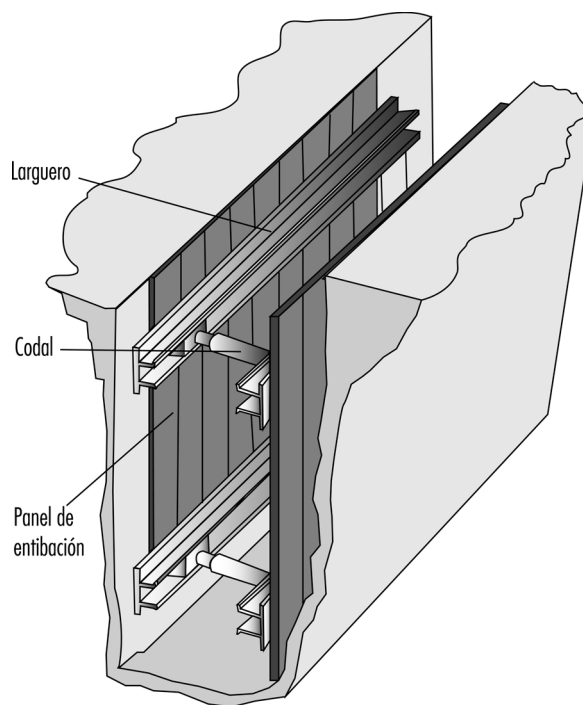


Figura 93.7 • Entibación con tablonos y codales en terreno granuloso.



tableros (véase la Figura 93.7). Los tableros pueden ser de madera, metálicos o de fibra de vidrio; son corrientes los paneles de acero. La *entibación estanca* se emplea cuando se encuentran minas o filtraciones de agua. El empanelado estanco impide que el agua erosione y arrastre las partículas del terreno al interior de la zanja. Un sistema de entibación siempre ha de mantenerse bien apretado contra el terreno para evitar los derrumbamientos. Los codales pueden ser de madera o roscados; pueden ser gatos hidráulicos o neumáticos. Los largueros pueden ser de madera o metálicos.

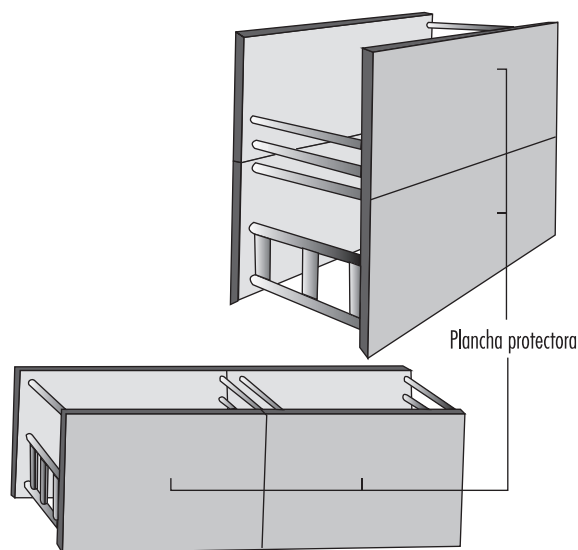
Los *escudos* o cajas de excavación de zanjas son elementos de protección individual de gran tamaño; no impiden el derrumbamiento de las paredes de la zanja, pero protegen a los trabajadores que se encuentran en su interior. Los escudos suelen fabricarse de acero o aluminio y su tamaño oscila comúnmente entre 1 a 3 m de altura y 2 a 7 m de longitud; existen muchos otros tamaños. Los escudos deben superponerse (véase la Figura 93.8). Deben existir sistemas de protección in situ para contrarrestar los movimientos peligrosos de los escudos en caso de que una pared de la zanja se derrumbe. Uno de estos sistemas consiste en efectuar el relleno a ambos lados del escudo.

Existen en el mercado nuevos productos que combinan las propiedades de una entibación y un escudo; algunos de ellos se utilizan en terrenos de alta peligrosidad. Estas unidades mixtas de entibación-escudo se pueden usar como escudos estáticos o a modo de entibación, transmitiendo empujes contra las paredes de la zanja por vía mecánica o hidráulica. Las unidades de menor tamaño son especialmente útiles cuando se reparan roturas de tuberías de servicios en las calles de una ciudad. Las más voluminosas, formadas por escudos y paneles, se pueden hincar en el terreno por medios mecánicos o hidráulicos. A continuación se excava el terreno en el interior del escudo.

### Anegamientos

Para evitar la inundación de una zanja por aguas corrientes o del alcantarillado se recomiendan varias medidas. En primer lugar, ponerse en contacto con las compañías de servicios para saber dónde se encuentran las tuberías de agua (o de cualquier otro fluido). En segundo lugar, hay que cerrar las válvulas de alimentación de agua a las tuberías que discurren por la zanja. Hay que evitar hundimientos que puedan causar la rotura de tuberías

Figura 93.8 • Las planchas protegen a los trabajadores del derrumbamiento de las paredes de la zanja.



maestras de agua o canalización. Todas las tuberías, así como el resto de equipos deben sustentarse firmemente.

### Gases y humos letales y falta de oxígeno

Las atmósferas dañinas pueden causar la muerte o lesiones de los trabajadores a causa de: falta de oxígeno, incendio, explosión o exposición a gases tóxicos. Siempre que existan o que se sospeche que puedan existir condiciones anormales, es preciso realizar pruebas de la atmósfera de las zanjas. Esto es especialmente válido en las inmediaciones de basuras enterradas, en cámaras subterráneas, en depósitos de combustibles, pozos de registro, ciénagas, plantas de procesos químicos y otras instalaciones que puedan despedir humos o gases tóxicos o que consuman el oxígeno del aire. Deben separarse unos de otros los tubos de escape de la maquinaria de construcción.

La calidad del aire se puede determinar mediante instrumentos desde el exterior de la zanja. Ello se puede lograr haciendo descender un contador o su sonda dentro de la zanja. Los ensayos para determinar la calidad del aire en las zanjas deben efectuarse en el siguiente orden: En primer lugar, el oxígeno debe estar comprendido entre el 19,5 y el 23,5 %. En segundo lugar, la inflamabilidad o explosividad no debe superar el 10 % de los límites inferiores inflamables o explosivos (LFL o LEL). En tercer lugar, los niveles de las sustancias potencialmente tóxicas, como el ácido sulfhídrico, deben compararse con la información publicada al respecto. (En Estados Unidos, el Manual de bolsillo de riesgos químicos, del National Institute for Occupational Safety and Health, es una fuente de información que ilustra los límites de exposición permisibles (PEL). Si la atmósfera es normal, los trabajadores pueden entrar en el recinto. Una atmósfera anormal puede ser corregida mediante ventilación, pero no se puede interrumpir su seguimiento y control. Para acceder a colectores de desagüe y recintos similares en los que el aire cambia constantemente se requiere (o debería requerirse) un permiso. Los procedimientos de esta índole exigen un equipamiento completo y un conjunto de 3 personas: un supervisor, un ayudante y una persona que entre.

### Caídas y otros riesgos

Las caídas en las zanjas desde el exterior y en su interior pueden evitarse dotándolas de medios seguros y profusos para entrar y salir de ellas; pasarelas o puentes seguros, por las que los trabajadores y el equipo puedan o deban cruzar por encima de las zanjas; vallas adecuadas para evitar que otros trabajadores, los mirones o la maquinaria se aproximen a la zanja.

Las caídas de materiales o herramientas pueden causar la muerte o lesiones por golpes en la cabeza y en el cuerpo, por aplastamiento o por asfixia. Los productos de la excavación deben apilarse al menos a 0,6 m del borde de una zanja; se debe colocar una barrera que impida que el terreno y las piedras puedan rodar dentro de la zanja. Hay que evitar que los demás materiales, como tuberías, caigan o rueden dentro de la zanja. No se debe permitir que haya personas trabajando bajo cargas suspendidas o manipuladas por la maquinaria de excavación.

Antes de comenzar la excavación hay que señalar la situación de todos los conductos, para evitar electrocuciones o graves quemaduras producidas por el contacto con líneas eléctricas. No se puede permitir que las plumas de la maquinaria trabajen cerca de tendidos eléctricos; si es necesario, estas líneas deben ser enterradas o retiradas.

A menudo, una muerte o una lesión grave en una zanja puede ser el corolario de un intento de rescate mal concebido. La víctima y los que tratan de rescatarla pueden encontrarse atrapados o resultar abatidos por gases o humos letales o verse faltos de oxígeno; resultar ahogados; también pueden sufrir mutilaciones por la maquinaria o cuerdas empleadas en el rescate. Estas tragedias añadidas pueden evitarse siguiendo un plan de seguridad e higiene. El equipo, como los contadores de comprobación de la calidad del aire, bombas de agotamiento y ventiladores, debe estar en buen estado de mantenimiento, montado adecuadamente y disponible en el lugar de trabajo. La dirección debe instruir a los trabajadores en torno a las prácticas de seguridad en el trabajo, a la par que exigirles que las respeten y que utilicen todo el equipo de protección individual necesario.

## HERRAMIENTAS, MAQUINAS Y MATERIALES

### ● HERRAMIENTAS

*Scott P. Schneider*

Las herramientas son particularmente importantes en los trabajos de construcción. Se usan fundamentalmente para unir elementos (p. ej., martillos o pistolas de clavar) o para separarlos (martillos perforadores y sierras). Las herramientas se clasifican frecuentemente en *herramientas de mano* y *herramientas mecánicas*. Las herramientas de mano incluyen todas las herramientas sin motor, tales como martillos y alicates. Las herramientas mecánicas se dividen en varias clases, según de la fuente de energía que utilicen: herramientas eléctricas (movidas por electricidad); herramientas neumáticas (movidas por aire comprimido); herramientas de combustible líquido (generalmente movidas por gasolina), herramientas activadas por pólvora (generalmente accionadas por un explosivo y que funcionan como una pistola) y herramientas hidráulicas (movidas por la presión de un líquido). Cada tipo presenta problemas de seguridad particulares.

Las *herramientas manuales* incluyen una gran variedad de herramientas, desde hachas a llaves de tuerca. El riesgo fundamental

con este tipo de herramientas es recibir golpes propinados por la herramienta o por la pieza con que se está trabajando. Las lesiones oculares son muy corrientes al usar las herramientas manuales: por ejemplo, un trozo de madera o de metal puede salir volando e introducirse en un ojo. Algunos de los problemas más importantes se suscitan por el uso de una herramienta inadecuada para un trabajo o de una herramienta carente de un mantenimiento adecuado. El tamaño de la herramienta es importante: hombres y mujeres con manos relativamente pequeñas tienen dificultad para el manejo de herramientas de gran tamaño. Las herramientas embotadas pueden dificultar el trabajo, exigir un esfuerzo mayor y producir más lesiones. Un cincel con la punta roma puede estallar con el impacto y lanzar trozos por el aire. Es también importante que la superficie de trabajo sea adecuada. El corte de material con un ángulo inadecuado puede producir pérdida de equilibrio y lesiones. Además, las herramientas manuales pueden producir chispas que pueden ocasionar explosiones si se está trabajando junto a líquidos o vapores inflamables. En tales casos se necesitan herramientas antichispa, como las fabricadas con latón o aluminio.

Las *herramientas mecánicas*, en general, son más peligrosas que las manuales, porque la potencia es mayor. Los principales peligros originados por las herramientas mecánicas se deben a un arranque accidental y a resbalones o pérdida de equilibrio durante su manejo. La fuente de energía también puede causar lesiones o muerte, por ejemplo, por electrocución al trabajar con herramientas eléctricas o por explosión de gasolina causada por herramientas de combustible líquido. La mayoría de las herramientas mecánicas están dotadas de una protección de sus partes móviles cuando la herramienta no está funcionando. Estas protecciones necesitan estar en perfectas condiciones de trabajo y no ser invalidadas. Una sierra circular portátil, por ejemplo, deberá tener una protección superior que cubra la mitad superior de su hoja y una protección inferior retráctil que cubra los dientes cuando la máquina no funciona. La protección retráctil deberá volver automáticamente a cubrir la mitad inferior de la hoja cuando la herramienta deje de funcionar. Las herramientas mecánicas suelen tener interruptores de seguridad que desconectan la herramienta tan pronto como se acciona el interruptor. Otras herramientas están provistas de retenes que deben accionarse antes de que la máquina pueda funcionar. Un ejemplo es una máquina de fijación que tiene que ser presionada contra una superficie antes de poder dispararse.

Uno de los riesgos principales de las *herramientas eléctricas* es el peligro de electrocución. Un cable pelado o una herramienta sin toma de tierra (que cerrará el circuito eléctrico con tierra en caso de emergencia) puede hacer que la electricidad pase por el cuerpo y produzca la muerte por electrocución. Ello se puede evitar usando herramientas con doble aislamiento (cables aislados en una carcasa aislada), herramientas conectadas a tierra e interruptores para el caso de fallo de la puesta a tierra (que detectan la ausencia de electricidad en un cable y desconectan la herramienta automáticamente); no usando nunca herramientas eléctricas en sitios húmedos o con agua; y usando guantes aislantes y calzado de seguridad. Los cables de conexión tienen que protegerse de posibles daños y abusos.

Otros tipos de herramientas mecánicas incluyen las de disco abrasivo motorizadas, como muelas, cortadoras o pulidoras, que acarrear el riesgo de desprendimiento de trozos despedidos por el disco. Deberá comprobarse el disco para asegurarse de que no tenga grietas y de que no se partirá y volará en pedazos durante su uso. Deberá girar libremente sobre su eje. La persona que lo maneje no se situará nunca delante del disco cuando éste se ponga en marcha, por precaución ante su posible rotura. Es esencial el uso de protecciones oculares cuando se manejen estas herramientas.

Entre las *herramientas neumáticas* se incluyen cinceladoras, taldros, martillos y lijadoras. Algunas herramientas neumáticas disparan elementos de fijación a alta velocidad y presión contra las superficies y, de resultas de ello, encierran el riesgo de disparar estos elementos contra el usuario u otras personas. Si el objeto a fijar es delgado, la fijación puede atravesarlo y golpear a alguien a una cierta distancia. Estas herramientas pueden ser ruidosas y causar sordera. Las mangueras de aire deberán estar firmemente conectadas antes de su uso para evitar que se desconecten y den latigazos. Asimismo deberán protegerse de posibles daños y abusos. Nunca se apuntará a nadie, ni siquiera a uno mismo, con las pistolas de aire comprimido. Se usarán las protecciones de ojos, cara y auditivas. Quienes manejen los martillos picadores deberán usar calzado de protección por si estas pesadas herramientas les caen encima.

Las *herramientas accionadas por gas* presentan riesgos de explosión del combustible, en particular durante su llenado. Deberán llenarse sólo después de su parada y enfriamiento. Si se llenan en un espacio cerrado debe habilitarse una buena ventilación. El

empleo de estas herramientas dentro de un recinto cerrado también puede causar problemas por exposición al monóxido de carbono.

Las *herramientas activadas por pólvora* actúan como pistolas cargadas y deberán ser manejadas exclusivamente por personal experimentado en su uso. Nunca se deberán cargar hasta inmediatamente antes de su uso y nunca se dejarán cargadas y abandonadas. El disparo implica dos movimientos: posicionar la herramienta y apretar el gatillo. Las herramientas activadas por pólvora requerirán al menos 5 libras (2,3 kg) de presión contra la superficie antes de poder dispararse. Estas herramientas no se usarán en atmósferas explosivas. Nunca se apuntará a nadie con ellas deberán inspeccionarse antes de usarlas. Estas herramientas deberán llevar un dispositivo protector de seguridad a la salida del cañón para evitar que despidan fragmentos voladores en el momento del disparo. Las herramientas defectuosas deberán ser retiradas del servicio inmediatamente y etiquetadas o condenadas para asegurarse de que nadie las use hasta que estén reparadas. Las herramientas activadas por pólvora para aplicaciones de fijación no se dispararán contra materiales que el clavo pueda atravesar y dar a alguien, ni deberán aplicarse cerca de un borde, en cuyo caso el material podría astillarse y romperse.

Las *herramientas hidráulicas* deberán funcionar con un fluido resistente al fuego y su manejo se hará a presiones de seguridad. Un gato deberá tener un mecanismo de seguridad que evite que se le haga actuar a demasiada altura y deberá llevar indicados de un modo visible sus límites de carga. Los gatos tienen que apoyarse sobre una superficie nivelada, centrados, actuar sobre otra superficie nivelada y, para un manejo seguro, la fuerza debe aplicarse uniformemente.

En general, las herramientas se inspeccionarán antes de usarlas, debiendo estar en buen estado de mantenimiento, se manejarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante y estarán dotadas de sistemas de seguridad (p. ej., protecciones). Los operarios que las manejen deben utilizar el equipo de protección adecuado (EPI), como gafas de seguridad.

Las herramientas pueden encerrar otros tres riesgos que, a menudo, son ignorados: vibraciones, sobreesfuerzos y torceduras. Las herramientas mecánicas originan un riesgo considerable de vibración en los operarios. El ejemplo más conocido es la vibración producida por las motosierras, que pueden causar la dolencia de "dedos blancos", por la que los nervios y los vasos sanguíneos de las manos resultan dañados. Otras herramientas mecánicas pueden representar una peligrosa exposición a vibraciones de los trabajadores de la construcción. Siempre que sea posible, los trabajadores y los contratistas deberán adquirir herramientas en las que la vibración se ha reducido o eliminado; no se ha demostrado que los guantes antivibraciones hayan resuelto el problema.

Las herramientas de diseño defectuoso pueden contribuir asimismo a la fatiga debido a posturas o empuñaduras inconvenientes que, a su vez, también pueden originar accidentes. Muchas herramientas no están diseñadas para el manejo por operarios zurdos o por individuos con manos pequeñas. El uso de guantes puede dificultar el agarre adecuado de una herramienta, y requiere apretar más para manejar las herramientas mecánicas, lo cual puede causar una fatiga excesiva. El uso de herramientas por los operarios de la construcción para trabajos repetitivos, puede ser también la causa de trastornos traumáticos acumulativos, como síndrome del túnel carpal o tendinitis. El uso de la herramienta idónea para el trabajo, y la elección de herramientas con características óptimas de diseño que se sientan más cómodas en la mano mientras se realiza el trabajo, pueden ayudar a evitar estos problemas.

## ● EQUIPOS, MAQUINAS Y MATERIALES

*Hans Göran Linder*

Los trabajos de la construcción han experimentado cambios importantes. El sector, que antaño dependía de la destreza artesanal con sencillas ayudas mecánicas, hoy en día se basa en gran medida en máquinas y equipos.

Los nuevos equipos, máquinas, materiales y métodos han contribuido al desarrollo del sector. Hacia mediados del siglo XX aparecieron las grúas de edificación, así como materiales nuevos, como el hormigón ligero. Con el transcurso del tiempo, el sector comenzó a usar elementos de construcción prefabricados junto con nuevas técnicas para la construcción de edificios. Los proyectistas empezaron a usar los ordenadores. Gracias a equipos como los elevadores, algunos de los trabajos se han simplificado en términos de esfuerzo físico, pero también se han hecho más complejos.

En lugar de materiales básicos, de tamaño reducido, como ladrillos, tejas, tablonos y hormigón ligero, hoy en día se usan corrientemente elementos de construcción prefabricados. El equipo se ha ampliado desde sencillas herramientas manuales y facilidades de transporte hasta una compleja maquinaria. Del mismo modo, los métodos de trabajo han cambiado: por ejemplo, desde llevar el hormigón en carretillas hasta bombearlo y desde la elevación de materiales a mano al izado de elementos integrados con ayuda de grúas.

Cabe esperar que sigan apareciendo innovaciones en equipos, máquinas y materiales.

### **Directivas de la Comunidad Europea relativas a la salud y seguridad de los trabajadores**

En 1985, la Comunidad Europea (CE) decidió un “Nuevo enfoque de la armonización y normas técnicas” a fin de facilitar el libre movimiento de mercancías. Las directivas de este “nuevo enfoque” son leyes comunitarias que establecen exigencias esenciales para la salud y la seguridad que se deben cumplimentar antes de que los productos puedan suministrarse entre los países miembros o importados a la Comunidad. Un ejemplo de directiva con un nivel fijo de exigencias es la Directiva de maquinaria (Consejo de las Comunidades Europeas 1989). Los productos que cumplen las exigencias de esta directiva llevan un distintivo y pueden ser suministrados en cualquier territorio de la CE. Existen sistemas análogos para los productos cubiertos por la Directiva de productos de construcción (Consejo de las Comunidades Europeas 1988).

Además de las directivas con este nivel de exigencias fijo, existen directivas que establecen los criterios mínimos de las condiciones de los lugares de trabajo. Los Estados miembros de la Comunidad deben cumplir estos criterios o, en su caso, cumplir un nivel de seguridad más estricto estipulado en su normativa nacional. De relevancia específica para el trabajo en la construcción son la Directiva sobre las condiciones mínimas de salud y seguridad en el trabajo para el uso de maquinaria por los trabajadores (89/655/CEE) y la Directiva sobre las condiciones mínimas de salud y seguridad en obras de construcción móviles y provisionales (92/57/CEE).

### **Andamios**

Uno de los tipos de equipo de construcción que afectan a menudo a la seguridad de los trabajadores son los andamios, medio fundamental para habilitar una superficie de trabajo en altura. Los andamios se usan en conexión con la construcción, reconstrucción, restauración, mantenimiento y trabajos de revisión de los edificios y otras estructuras. Los componentes de los

andamios pueden ser usados para otras construcciones, como torres de apuntalamiento (que no se consideran andamios), o para el montaje de estructuras provisionales, como graderíos (es decir, asientos para espectadores) y escenarios para conciertos y otras representaciones públicas. Muchas lesiones laborales están relacionadas con su uso, en particular las causadas por caídas de altura (véase también el apartado “Ascensores, escaleras mecánicas y montacargas” en este capítulo).

### **Tipos de andamios**

Los andamios de apuntalamiento se pueden montar usando tubos verticales y horizontales conectados por piezas especiales. Los andamios prefabricados se montan con piezas fabricadas de acuerdo con procedimientos normalizados y que van unidas permanentemente a los dispositivos de fijación. Existen varios tipos: el tipo tradicional o modular para la construcción de fachadas, las torres de acceso móviles (TAM), los andamios para artesanos y andamios colgantes.

### **Ajuste vertical del andamio**

Las plataformas de trabajo de un andamio generalmente permanecen estacionarias. Sin embargo, algunos andamios tienen plataformas de trabajo que se pueden desplazar verticalmente a diferentes posiciones; pueden ir suspendidas de cables que las suben y bajan, o pueden apoyarse sobre el terreno y ser desplazadas por medio de elevadores o cabrestantes hidráulicos.

### **Montaje de andamios de fachada prefabricados**

El montaje de andamios de fachada prefabricados deberá hacerse de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

- El fabricante deberá facilitar instrucciones detalladas para el montaje, las cuales se conservarán en el lugar de trabajo y el montaje deberá ser supervisado por personal competente. Se tomarán precauciones para proteger a las personas que pasen por debajo del andamio, acordonando la zona, erigiendo un andamio adicional que sirva de paso cubierto de peatones, o creando un voladizo de protección.
- La base del andamio se colocará sobre una superficie firme y nivelada. Se colocará una placa de base metálica regulable sobre los tablonos o los tableros, a fin de crear una superficie suficiente para la distribución de la carga.
- Un andamio que esté a más de 2 a 3,5 m sobre el suelo deberá estar equipado con protecciones de caídas, comprendiendo una barandilla a una altura mínima de 1 m sobre la plataforma, una barandilla intermedia y un rodapié. Para trasladar herramientas y materiales dentro y fuera de la plataforma, se puede practicar el hueco menor posible en la barandilla, con un tope inferior y barandillas a ambos lados del mismo.
- Se deberá habilitar un acceso al andamio para que se efectúe normalmente a través de escaleras fijas y no portátiles.
- El andamio deberá estar firmemente sujeto a la fábrica del edificio, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- La estabilidad del andamio deberá reforzarse mediante elementos diagonales u horizontales (arriostamientos), de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- El andamio deberá estar lo más próximo posible a la fachada del edificio; si la separación es superior a 300 mm, puede ser necesaria una segunda barandilla por la parte interior de la plataforma.
- Si se emplean tablonos para formar la plataforma, éstos deben estar sujetos firmemente a la estructura del andamio. Una norma europea de próxima aparición estipula que la flecha (comba) no será superior a 25 mm.

Figura 93.9 • Excavación mecánica en una obra en Francia.



#### **Maquinaria de movimiento de tierras**

La maquinaria para el movimiento de tierras está diseñada fundamentalmente para aflojar, recoger, mover, transportar y distribuir o nivelar la roca o la tierra, y reviste gran importancia en la construcción, las obras públicas y los trabajos agrícolas e industriales (véase la Figura 93.9). Usadas adecuadamente, estas máquinas son versátiles y pueden eliminar gran parte de los riesgos relacionados con la manipulación manual de materiales. Este tipo de maquinaria es altamente eficiente y se usa en el mundo entero.

Las máquinas de movimiento de tierras empleadas en los trabajos de construcción y obras públicas incluyen tractores con topadora (bulldozers), cargadoras, retrocargadoras (véase la Figura 93.10), excavadoras hidráulicas, volquetes, traíllas, niveladoras, tendedoras de tuberías, zanjadoras, compactadoras de terraplenes y excavadoras de cable.

La maquinaria de movimiento de tierras puede poner en peligro al maquinista y al personal que se halle trabajando en su proximidad. El siguiente resumen de los riesgos asociados con estas máquinas está basado en la Norma EN 474-1 de la Comunidad Europea (Comité Europeo de Normalización 1994). Señala los factores relacionados con la seguridad, que se deben considerar cuando se adquieren y emplean estas máquinas.

#### **Acceso**

La máquina debe estar dotada de un acceso seguro al puesto del maquinista y a las zonas de mantenimiento.

#### **Puesto del maquinista**

El mínimo espacio habilitado para el maquinista deberá permitir todas las maniobras necesarias para el manejo seguro de la maquinaria sin fatiga excesiva. No debe existir la posibilidad de que el maquinista tenga un contacto accidental con las ruedas o las orugas o con el equipo de trabajo. El sistema de escape del motor deberá expulsar el gas lejos del puesto del maquinista.

Una máquina con un motor de rendimiento superior a 30 kW deberá estar equipada con una cabina para el maquinista. Las máquinas cuyo motor sea de una potencia inferior a 30 kW deberán equiparse con una cabina, en el caso de que se destinen

a un trabajo en que la calidad del aire es insalubre. Se efectuará la medición del nivel de ruido transmitido por el aire, producido por excavadoras, tractores, cargadoras y retroexcavadoras, de acuerdo con la norma internacional de ruidos exteriores aero-transportados emitidos por maquinaria de movimiento de tierras (ISO 1985b).

La cabina deberá proteger al maquinista de las condiciones atmosféricas predecibles. El interior de la cabina no deberá presentar bordes cortantes o ángulos agudos que puedan lesionar al maquinista si se cae o resulta lanzado contra los bordes o ángulos. Los tubos y las mangueras situados dentro de la cabina y que contengan fluidos peligrosos, a causa de su presión o temperatura, deberán estar reforzados y protegidos. La cabina deberá tener una salida de emergencia independiente de la entrada habitual. La altura mínima del techo sobre el asiento (es decir, el punto índice del asiento) depende del tamaño del motor de la máquina; para motores entre 30 y 150 kW deberá ser 1.000 mm. El vidrio deberá ser inastillable. El nivel de ruido en el puesto del maquinista no excederá de 85 dBA (ISO 1985c).

El diseño del puesto del maquinista permitirá que éste divise las zonas de trabajo y desplazamiento de la máquina, preferentemente sin necesidad de inclinarse hacia delante. Si la visibilidad del maquinista resulta clara, espejos o cámaras a distancia con un monitor visible para el maquinista, le permitirán ver la zona de trabajo.

La ventana anterior y, si es necesario, la posterior, deberán estar equipadas con limpia y lavaparabrisas motorizados. Deberán estar provistas de dispositivos para eliminar el vaho y el hielo de, como mínimo, la ventana anterior de la cabina.

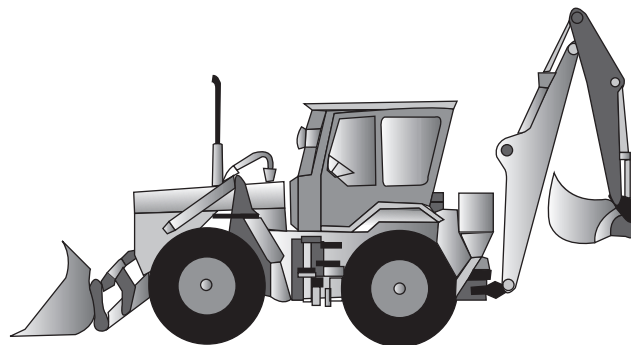
#### **Protección de vuelco y de caída de objetos**

Las cargadoras, topadoras, traíllas, niveladoras, volquetes articulados y cargadoras con retroexcavadora de una potencia superior a 15 kW deberán tener una estructura que las proteja contra el vuelco. Las máquinas que se vayan a usar en lugares en los que existe el riesgo de caída de objetos deberán ser diseñadas para ello y equipadas con una estructura que proteja al maquinista de las caídas de material.

#### **Asiento del maquinista**

La maquinaria prevista para un maquinista sentado deberá estar equipada con un asiento ajustable que le mantenga en una posición estable y que le permita controlar la máquina en todas las condiciones de trabajo previstas. Los ajustes necesarios para

Figura 93.10 • Modelo de retroexcavadora con pala cargadora y dirección articulada.



La máquina es versátil. Se puede emplear para excavar, cargar y elevar cargas. La articulación de la máquina permite utilizarla en espacios reducidos.



acoplarlo a la talla y peso del maquinista deberán poder efectuarse fácilmente sin ayuda de herramientas.

Las vibraciones transmitidas por el asiento del maquinista cumplirán la normativa internacional aplicable en materia de vibraciones (ISO 1982) para tractores-topadora, cargadoras y tractores-trailla.

### **Mandos e indicadores**

Los mandos principales, indicadores, palancas, pedales, interruptores y demás, deberán estar seleccionados, diseñados y dispuestos de modo que su definición sea clara, con rótulos legibles y dentro del alcance del maquinista. Los mandos de los componentes de la máquina deberán estar diseñados de modo que no se puedan poner en marcha o mover accidentalmente, incluso si están expuestos a interferencias de equipos de radio o telecomunicaciones.

Los pedales deberán ser de un tamaño y forma adecuados; deberán estar forrados con material antideslizante y estar adecuadamente distanciados. Para evitar confusiones, la máquina deberá ser diseñada de modo que pueda manejarse como si fuera un vehículo a motor, con los pedales situados en la misma disposición (esto es, el embrague a la izquierda, el freno en el centro y el acelerador a la derecha).

La maquinaria de movimiento de tierras con mando a distancia deberá diseñarse de modo que se pare automáticamente y quede inmovilizada si se desactivan los mandos o se interrumpe su alimentación de energía.

La maquinaria de movimiento de tierras deberá estar equipada con:

- luces de parada e indicadores de dirección en las máquinas diseñadas para una velocidad de desplazamiento superior a 30 km/h
- un dispositivo acústico de alarma, controlado desde el puesto del maquinista y cuyo nivel acústico sea, al menos, de 93 dBA a una distancia de 7 m desde el extremo anterior de la máquina, y
- un dispositivo que permita la instalación de una luz parpadeante.

### **Movimiento incontrolado**

El reptado (derrape) desde la posición de paro, por cualesquiera razones (p. ej., fugas internas) que no sean las de sus mandos, no podrá constituir un riesgo para los que circulen a su lado.

### **Sistemas de dirección y frenado**

El sistema de dirección será tal que el control de la dirección se mueva en la misma dirección que se pretende que tome la máquina. El sistema de dirección de las máquinas con neumáticos de goma, con una velocidad de desplazamiento superior a 20 km/h, deberá cumplir la norma internacional para sistemas de dirección (ISO 1992).

La maquinaria deberá estar equipada con sistemas de frenado de servicio, secundario y de estacionamiento que actúen con eficacia en todas las condiciones previsibles de servicio, carga, velocidad, características y pendiente del terreno. El maquinista podrá reducir la velocidad y parar la máquina por medio del freno de servicio. Para el caso de que éste último falle, se dispondrá de un freno secundario. También se dispondrá un dispositivo mecánico de estacionamiento, a fin de evitar que la máquina se mueva cuando se encuentra parada, y que sea capaz de permanecer en la posición que se adopte. El sistema de frenado también cumplirá la normativa internacional de sistemas de frenado (ISO 1985a).

### **Alumbrado**

Para posibilitar el trabajo nocturno o en condiciones polvorientas, las máquinas de movimiento de tierras estarán equipadas con luces de tamaño y brillo suficientes para iluminar adecuadamente las zonas de trabajo y maniobra.

### **Estabilidad**

La maquinaria de movimiento de tierras, incluidos sus componentes y aditamentos, se proyectará y construirá de modo que permanezca estable en las condiciones de funcionamiento previstas.

Los dispositivos cuyo objeto es aumentar la estabilidad de la maquinaria de movimiento de tierras en el modo de trabajo, como estabilizadores y bloqueos de eje oscilantes, deberán estar equipados con dispositivos de enclavamiento que los mantengan en posición, incluso en el caso de fallo de la manguera hidráulica.

### **Protecciones y cubiertas**

Las protecciones y cubiertas se diseñarán de modo que se mantengan fijas en su ubicación. Cuando el acceso sólo sea necesario en raras ocasiones, las protecciones se fijarán y acoplarán de modo que solamente se puedan desmontar con ayuda de herramientas o llaves. Siempre que sea posible, las protecciones permanecerán sujetas con bisagras a la máquina cuando se abran. Las cubiertas y protecciones deberán estar equipadas con un sistema de apoyo (muelles o cilindros de gas) para asegurarlas en su posición abierta con viento de hasta 8 m/s de velocidad.

### **Componentes eléctricos**

Los componentes y conductores eléctricos se instalarán de modo que se evite la abrasión de los cables y otros posibles deterioros por el uso, así como su exposición al polvo y condiciones ambientales que puedan causar su deterioro.

Las baterías de alimentación estarán provistas de asas y firmemente sujetas en una posición adecuada, de modo que su desconexión y desmontaje se pueda realizar también con facilidad. Como alternativa, un interruptor de fácil acceso situado entre la batería y la tierra permitirá el aislamiento de la primera del resto de la instalación eléctrica.

### **Depósitos de combustible y fluidos hidráulicos**

Los depósitos para combustibles, fluidos hidráulicos y de otros tipos deberán estar provistos de dispositivos para mitigar cualquier presión interna en caso de apertura y reparación. Deberán tener un fácil acceso para su llenado y estar provistos de tapones de cierre con llave.

### **Protección contra el fuego**

El suelo y el interior del puesto del maquinista se fabricarán con materiales ignífugos. Las máquinas cuyos motores tengan una potencia superior a 30 kW estarán dotadas de un sistema de extinción de incendios integrado o dispondrán de un alojamiento para un extintor de incendios de fácil acceso para el maquinista.

### **Mantenimiento**

Las máquinas se proyectarán y construirán de modo que las operaciones de engrase y mantenimiento se puedan realizar con seguridad; siempre que ello sea posible, con el motor parado. Si el mantenimiento solamente se puede realizar con la máquina en posición levantada, ésta se asegurará mecánicamente. Se tomarán precauciones especiales, como instalar una protección o, al menos, señales de advertencia, si se ha de realizar el mantenimiento con el motor en marcha.

**Rotulado**

Todas las máquinas llevarán, de un modo legible e indeleble, la siguiente información: el nombre y dirección del fabricante, las placas obligatorias, designación de la serie y del tipo, el número de serie (si lo hay), la potencia del motor (en kW), la masa de su configuración más habitual (en kg) y, si procede, el máximo esfuerzo de tracción al gancho y la carga vertical máxima.

Entre otras indicaciones que pueden ser apropiadas se incluyen: las condiciones de utilización, el distintivo de conformidad (CE) y una referencia a las instrucciones de instalación, uso y mantenimiento. El distintivo CE indica que la máquina cumple los requisitos de las directivas de la Comunidad Europea pertinentes.

**Señalización de alerta**

Si el movimiento de una máquina origina riesgos que no son patentes para un observador ocasional, se adosarán a la máquina señales de alerta para advertir de la aproximación a la misma, cuando ésta se encuentre funcionando.

**Verificación de las condiciones de seguridad**

Es necesario verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad en el diseño y fabricación de una máquina de movimiento de tierras. Esta verificación se asegurará por medio de una combinación de mediciones, inspección visual, pruebas (si existe un método recomendado) y evaluación del contenido de la documentación, que el fabricante deba conservar preceptivamente. La documentación del fabricante acreditará que los componentes adquiridos, como los parabrisas, se han fabricado de acuerdo con las especificaciones.

**Manual de funcionamiento**

Con la máquina se entregará un manual de instrucciones para su empleo y mantenimiento, que se guardará junto a la misma. Estará escrito, al menos, en uno de los idiomas oficiales del país en el que se vaya a utilizar la máquina. Describirá en términos sencillos y fácilmente comprensibles los riesgos para salud y seguridad que puede ocasionar, (p. ej., ruido y vibraciones en brazos y manos y en todo el cuerpo) y especificará cuándo es necesario el empleo de equipo de protección individual (EPI). En el puesto del maquinista habrá un espacio destinado a guardar el manual a buen recaudo.

También se suministrará un manual de montaje, que contendrá la información necesaria para que el personal especializado pueda montar, reparar y desmontar la maquinaria con el mínimo riesgo.

**Condiciones de funcionamiento**

Además de los requisitos antes especificados con respecto al diseño, el manual de instrucciones deberá especificar los límites de aplicación de la máquina (p. ej., la máquina no deberá desplazarse con un ángulo de inclinación mayor que el recomendado por el fabricante). Si el maquinista advierte defectos, daños o un desgaste excesivo que puedan ocasionar un riesgo para la seguridad, deberá informar inmediatamente a su superior y paralizar la máquina hasta que se realicen las reparaciones necesarias.

No se debe intentar levantar con la máquina una carga de peso superior al especificado en la tabla de capacidades del manual de funcionamiento. El maquinista comprobará la sujeción de las eslingas a la carga y al gancho de elevación y si se da cuenta de que la carga no está sujeta con seguridad, o tiene dudas sobre su seguro manejo, desistirá de su elevación.

Cuando una máquina se desplace con una carga suspendida, ésta se mantendrá lo más próxima posible al terreno para minimizar la inestabilidad potencial, y la velocidad de desplazamiento se acomodará a las condiciones del terreno. Se evitará

todo cambio brusco de velocidad y se tomarán precauciones para que la carga no se balancee.

Cuando la máquina se encuentre funcionando, nadie entrará en la zona de trabajo sin advertir al maquinista. Cuando el trabajo requiera que alguna persona permanezca dentro de la zona de trabajo, deberá tener gran cautela y evitará moverse innecesariamente o permanecer debajo de una carga izada o suspendida. Cuando alguien se encuentre dentro de la zona de trabajo de la máquina, el maquinista deberá extremar el cuidado y manejar la máquina solamente cuando tal persona esté a la vista del maquinista o su situación le haya sido notificada. Del mismo modo, en las máquinas que efectúan giros, como las grúas y las retroexcavadoras, se mantendrá despejada la zona detrás de la máquina y dentro de su radio de giro. Si un camión se posiciona para su carga de modo que los escombros puedan caer sobre la cabina del conductor, nadie deberá permanecer en la misma, a menos que tenga una resistencia suficiente para resistir el impacto de los materiales al caer.

Al inicio del turno de trabajo, el maquinista comprobará los frenos, dispositivos de bloqueo, embragues, dirección y el sistema hidráulico, además de realizar una prueba de funcionamiento sin carga. Cuando compruebe los frenos, el maquinista se asegurará de que la máquina se puede frenar rápidamente, parar a continuación y mantener su posición con seguridad.

Antes de abandonar la máquina al final de la jornada, el maquinista dejará todos los mandos en punto muerto, desconectará la alimentación de fuerza y tomará todas las precauciones necesarias para evitar el uso de la máquina sin autorización. El maquinista tendrá en cuenta las condiciones atmosféricas potenciales que puedan sobrevenir a la superficie de apoyo, y que tal vez puedan ocasionar que la máquina se hiele rápidamente, que vuelque o que se hunda, y adoptar las medidas adecuadas para evitar tales contingencias.

Los componentes y repuestos, como por ejemplo los manguitos hidráulicos, cumplirán las especificaciones del manual de funcionamiento. Antes de intentar cualquier trabajo de sustitución o reparación en los sistemas hidráulico o de aire comprimido, se aliviará la presión. Se seguirán las instrucciones y precauciones facilitadas por el fabricante cuando, por ejemplo se instale algún aditamento para el trabajo. Cuando se realicen trabajos de reparación o mantenimiento se usará el equipo de protección individual (EPI), como un casco y gafas de seguridad.

**Posicionamiento de una máquina para el trabajo**

Al situar una máquina en posición, deberán considerarse los riesgos de vuelco, deslizamiento y hundimiento del terreno. En su caso se efectuará un enclavamiento suficientemente sólido y amplio para asegurar la estabilidad.

**Tendido eléctrico**

Al manejar una máquina en la proximidad de líneas de electricidad aéreas, se tomarán precauciones para evitar el contacto con el tendido. A este respecto es recomendable la cooperación con la compañía eléctrica.

**Tuberías, cables y líneas eléctricas enterradas**

Antes de iniciar un proyecto, el contratista o su representante deberá determinar si existen conducciones enterradas de electricidad, gas, agua o tuberías de canalización dentro del emplazamiento y, en tal caso, averiguar y señalar su situación exacta. Al maquinista se le darán instrucciones específicas para evitarlas, por ejemplo, por medio de un programa de "consultar antes de excavar".

### **Trabajos en carreteras con tráfico**

Cuando una máquina trabaje en una carretera o cualquier otro lugar abierto al tráfico público, se instalarán las señales de tráfico, vallas y demás dispositivos de seguridad adecuados al volumen de tráfico, a la velocidad de los vehículos y a los códigos de circulación locales.

Se recomienda que el transporte de una máquina por una carretera pública se haga con camión o remolque. Se tendrá en cuenta el riesgo de vuelco al cargar y descargar la máquina, habiendo de asegurarla para impedir su deslizamiento durante el transporte.

### **Materiales**

Entre los materiales usados en construcción se incluyen el amianto, asfalto, ladrillos y piedra, cemento, hormigón, pavimentos, agentes de sellado de láminas, vidrio, pegamento, lana mineral y fibras minerales sintéticas para fines de aislamiento, pinturas e imprimaciones, plástico y goma, acero y otros metales, paneles para muros, yeso y madera. Muchos de ellos se tratan en otros apartados de este Capítulo o en otras partes de esta Enciclopedia.

### **Amianto**

El uso del amianto en las obras de nueva construcción está prohibido en varios países pero, inevitablemente, se puede encontrar durante la demolición o restauración de edificios viejos. En consecuencia, se requerirán estrictas medidas para proteger a los trabajadores y al público de la exposición al amianto colocado con anterioridad.

### **Ladrillos, hormigón y piedra**

Los ladrillos se fabrican con arcilla cocida y se clasifican en ladrillo visto y ladrillo para revestir. Pueden ser macizos o aligerados con agujeros. Sus propiedades físicas dependen de la arcilla empleada, de los aditivos, del método de fabricación y de la temperatura de cocción. Cuanto mayor sea ésta, menor será la absorción de agua por el ladrillo.

Los ladrillos, el hormigón y la piedra que contienen cuarzo producen polvo de sílice al cortarlos, taladrarlos o chorreados. Las exposiciones sin protección a la sílice cristalina pueden aumentar la susceptibilidad a la tuberculosis y causar silicosis, una enfermedad pulmonar incapacitadora, crónica y potencialmente mortal.

### **Pavimentos**

Entre los materiales comúnmente empleados para pavimentos interiores se incluyen la piedra, ladrillos, paneles de suelo, moqueta textil, linóleo y plástico. La colocación de pavimentos de terrazo, baldosas o entarimado de madera pueden exponer a un operario a polvos que pueden causar alergias o dañar la respiración o los pulmones. Además, las colas o adhesivos empleados para la colocación de baldosas o moquetas contienen a menudo disolventes potencialmente tóxicos.

Los colocadores de moquetas pueden dañarse las rodillas al arrodillarse y al golpearse en una rodilla al estirar la moqueta para ajustarla.

### **Colas y pegamentos**

Los pegamentos se utilizan para unir materiales por adhesión. La cola con base acuosa contiene un agente aglutinante al agua y se endurece cuando el agua se evapora. Los pegamentos con disolventes se endurecen cuando éste se evapora. Puesto que los vapores pueden ser nocivos para la salud, no deberán usarse en locales cerrados o en sitios poco ventilados. Los pegamentos formados por componentes que se endurecen al mezclarse son susceptibles de producir alergias.

### **Lana mineral y otros tipos de aislamiento**

La función a que se destina un aislamiento en un edificio consiste en asegurar el confort térmico y reducir el consumo de energía. Para lograr un aislamiento aceptable se usan materiales porosos, como lana mineral y fibras sintéticas minerales. Se debe tener gran cuidado en evitar la inhalación de las fibras. Las fibras puntiagudas pueden incluso traspasar la piel y originar una molesta dermatitis.

### **Pinturas e imprimaciones**

Las pinturas se emplean para decorar el exterior y el interior de los edificios, para proteger materiales como el hierro y la madera contra su corrosión y deterioro, para facilitar la limpieza de los objetos y para señales de tráfico verticales y horizontales.

Hoy en día se evitan las pinturas a base de plomo, pero estas se pueden encontrar durante la restauración o demolición de estructuras más antiguas, en especial las de construcción metálica, como puentes y viaductos. La inhalación o ingestión de los vapores o polvos pueden causar saturnismo con lesión de los riñones o daño permanente del sistema nervioso; estas inhalaciones son particularmente peligrosas para los niños que pueden estar expuestos a polvos de plomo traídos a casa con la ropa o en el calzado de trabajo. Siempre que se usen o encuentren pinturas a base de plomo se adoptarán medidas de precaución.

En la mayoría de países está prohibido el uso de pinturas a base de cadmio o mercurio. El cadmio puede causar problemas renales y ciertos tipos de cáncer. El mercurio puede causar daños en el sistema nervioso.

Las pinturas e imprimaciones al óleo contienen disolventes que pueden ser potencialmente nocivos. Para minimizar las exposiciones a los disolventes se recomienda el uso de pinturas de base acuosa.

### **Plástico y caucho**

El plástico y el caucho, denominados polímeros, se pueden agrupar en plástico termoplástico o termoestable y goma. Estos materiales se usan en la construcción para ajustes, aislamientos, recubrimientos y para productos como tuberías y accesorios. Las láminas hechas de plástico o goma se usan para forros de ajuste y antihumedad y pueden causar reacciones en los obreros sensibles a estos materiales.

### **Acero, aluminio y cobre**

El acero se usa en la construcción como estructura resistente, en forma de redondos para armaduras, para componentes mecánicos y como material de revestimiento. El acero puede ser al carbono o en diversas aleaciones; el acero inoxidable es un tipo de aleación. Las propiedades más importantes del acero son su dureza y su resistencia. La resistencia a la rotura es importante para evitar roturas frágiles.

Las propiedades del acero dependen de su composición y estructura químicas. El acero es tratado térmicamente para aliviar sus tensiones internas y mejorar su soldabilidad, resistencia y dureza a la fractura.

El hormigón puede tener una resistencia a la compresión considerable, pero para que adquiera una resistencia a la tracción aceptable precisa de la unión con barras y mallazos de refuerzo. Estas barras suelen tener un alto contenido de carbono (0,40 %).

El acero al carbono o acero "suave" contiene manganeso que, cuando se desprende en los humos de la soldadura, puede causar un síndrome parecido al mal de Parkinson, que puede dar lugar a un trastorno nervioso paralizante. En ciertas condiciones, el aluminio y el cobre también pueden ser nocivos para la salud.

Los aceros inoxidables contienen cromo, que aumenta la resistencia a la corrosión, y otros elementos de aleación, como níquel y molibdeno. La soldadura del acero inoxidable puede exponer a los operarios a vapores de cromo o de níquel. Algunas formas de níquel pueden causar asma y cáncer; algunas formas de cromo pueden causar cáncer y problemas de sinusitis y “perforación nasal” (erosión del septo nasal).

Después del acero, el aluminio es el metal más comúnmente usado en la construcción, debido a que tanto el metal como sus aleaciones son ligeros, fuertes y resistentes a la corrosión.

El cobre es uno de los metales más importantes en ingeniería, por su resistencia a la corrosión y su elevada conductividad térmica y eléctrica. Se usa en líneas de transporte de energía, como recubrimientos de paredes y cubiertas y para tuberías. Cuando se usa como revestimiento de cubiertas, las sales de cobre arrastradas por la lluvia pueden ser nocivas para el entorno.

#### **Paneles de revestimiento de paredes y yeso**

Los paneles para paredes, frecuentemente recubiertos de asfalto o plástico, se usan como capa de protección contra el agua y el viento y para evitar que el agua se filtre a través de los elementos de la construcción. El yeso es sulfato cálcico cristalizado. El panel de yeso-cartón es un panel sandwich formado por dos capas de cartón que encierran una de yeso; se usa ampliamente como revestimiento de paredes y es resistente al fuego.

El polvo que se produce al cortar el yeso-cartón puede producir alergias cutáneas o lesiones pulmonares; el levantamiento de paneles de tamaño o peso excesivos o en posturas inconvenientes puede causar problemas musculoesqueléticos.

#### **Madera**

La madera se utiliza ampliamente en la construcción. Es importante que la madera que se use para la construcción esté seca. Para vigas y cerchas de cubierta, de un vano importante, se usan elementos de madera laminada. Es recomendable tomar medidas para evitar el polvo que, según cada especie, puede causar una serie de enfermedades, incluso el cáncer. En ciertas condiciones, el serrín de la madera puede llegar a ser explosivo.

## ● GRUAS

*Francis Hardy*

Una grúa es una máquina con una pluma, diseñada principalmente para subir y bajar cargas pesadas. Hay dos tipos básicos de grúas: móviles y fijas. Las grúas móviles pueden ir montadas sobre vehículos de motor, barcos o vagones de ferrocarril. Las grúas fijas son del tipo torre. Existen también las grúas pórtico, que discurren por carriles elevados. Hoy en día, la mayoría de las grúas son movidas mecánicamente, aunque algunas todavía funcionan manualmente. Su capacidad, en función del tipo y tamaño, oscila desde unos pocos kilogramos a cientos de toneladas. Las grúas se usan también para hincar pilotes, en dragados, excavaciones, demoliciones y como plataformas de trabajo para personas. Generalmente, la capacidad de una grúa es mayor cuando la carga se encuentra más próxima a su mástil (centro de rotación) y es menor cuando la carga se encuentra más alejada de él.

#### **Riesgos de las grúas**

Los accidentes en que se encuentran implicadas las grúas son generalmente costosos y espectaculares. Las lesiones y las muertes

no sólo afectan a los trabajadores, sino frecuentemente a inocentes transeúntes. Existen riesgos en todas las facetas de su funcionamiento, incluyendo el montaje, desmontaje, desplazamiento y mantenimiento. Algunos de los riesgos más comunes relacionados con las grúas son:

- **Riesgos eléctricos.** Se puede producir el contacto con el tendido eléctrico y el arco formado por la corriente eléctrica a través del aire si la máquina o el cable de elevación se encuentran demasiado próximos a la línea. Cuando se produce el contacto con la línea, el peligro no se limita solamente al operador de la máquina, sino que se extiende a todo el personal situado en su proximidad. El veintitrés por ciento del total de las muertes por accidentes de grúa en Estados Unidos, en 1988-1989, fueron ocasionados por contacto con líneas eléctricas. Aparte de las lesiones a las personas, la corriente eléctrica puede causar daños estructurales en la grúa.
- **Fallos de la estructura y sobrecargas.** Los fallos de la estructura se producen cuando una grúa o sus componentes de estiba se someten a esfuerzos estructurales que pueden causar daños irreparables. El balanceo o la descarga súbita de la carga, el uso de componentes defectuosos, la elevación de una carga superior a la capacidad admitida, el arrastre de cargas y la recogida de la carga fuera de la vertical pueden causar sobrecargas.
- **Falta de estabilidad.** La falta de estabilidad es más frecuente en las grúas móviles que en las fijas. Cuando una grúa mueve una carga, balancea su pluma o se mueve fuera de su campo de estabilidad, la grúa tiende a volcar. Las condiciones del terreno también pueden causar fallos de estabilidad. Cuando una grúa no está nivelada, su estabilidad se reduce si la pluma se orienta en ciertas direcciones. Cuando se instala una grúa en un terreno que no puede soportar su peso, el terreno se hundirá, causando el vuelco de la grúa. También se conocen casos en que las grúas han volcado al desplazarse por rampas inadecuadamente compactadas en obras de construcción.
- **Caída o deslizamiento de materiales.** Los materiales pueden caer o resbalar si no están debidamente sujetos. La caída de materiales puede lesionar a los trabajadores situados en su proximidad o causar daños a las cosas. Los movimientos de material no deseados pueden atrapar o aplastar a los obreros involucrados en la maniobra de carga o descarga.
- **Mantenimiento y procedimientos de montaje y desmontaje inadecuados.** Un acceso en malas condiciones, la ausencia de protecciones contra caídas y las prácticas inadecuadas han causado lesiones y a veces la muerte de operarios mientras realizaban el mantenimiento, montaje y desmontaje de grúas. Este problema es más común con las grúas móviles, cuyo mantenimiento se realiza sobre el terreno y carecen de dispositivos de acceso. Muchas grúas, en especial los modelos más antiguos, no están provistas de barandillas o peldaños para facilitar el acceso a diversas partes de la grúa. El mantenimiento alrededor de la pluma y encima de la cabina es peligroso si los trabajadores caminan por la pluma sin equipo de protección contracaídas. En las grúas de pluma en celosía, la carga y descarga incorrectas, además del montaje y desmontaje de la pluma, han causado que trozos de ella cayeran sobre los obreros. O bien los tramos de la pluma no estaban adecuadamente apoyados durante las operaciones, o bien la sujeción de los cables que sujetaban la pluma se había realizado defectuosamente.
- **Riesgos del ayudante o engrasador.** Se produce una situación muy peligrosa cuando la parte superior de la grúa gira más allá de la parte inferior estacionaria durante su funcionamiento normal. Todos los ayudantes que trabajan alrededor de la grúa deberán permanecer fuera de la base de la misma durante su funcionamiento.

- *Riesgos físicos, químicos y de fatiga del gruista.* Si la cabina no está aislada, el gruista puede estar expuesto a un ruido excesivo que le cause sordera. Los asientos diseñados inadecuadamente pueden causarle dolores de espalda. La falta de ajuste de la altura del asiento y de su inclinación pueden ocasionar una mala visibilidad desde el puesto del conductor. Un diseño impropio de la cabina contribuye a una mala visibilidad. Los escapes de los motores de gasóleo o gasolina contienen humos que son peligrosos en zonas confinadas. Existe también la preocupación por el efecto de la vibración en todo el cuerpo transmitida por el motor; en especial en las grúas más antiguas. Las limitaciones de tiempo o la fatiga también intervienen en los accidentes de grúas.

### Medidas de control

La operación segura de una grúa es responsabilidad de todas las partes involucradas. Los fabricantes de grúas son responsables del diseño y fabricación de máquinas que sean estables y tengan una sólida estructura. Las capacidades de las grúas tienen que estar computadas adecuadamente, de modo que haya las suficientes salvaguardas para evitar accidentes causados por exceso de carga e inestabilidad. Instrumentos tales como limitadores de carga e indicadores del ángulo y longitud de la pluma ayudan a los maquinistas en el manejo seguro de una grúa. (Los dispositivos sensores de líneas eléctricas han dado resultados no fiables). Todas las grúas deberán tener un indicador de carga-seguro, automático, eficaz y fiable. Además, los fabricantes de grúas deberán introducir adaptaciones del diseño que faciliten un acceso seguro para un manejo y mantenimiento seguros. Los riesgos pueden reducirse con un diseño claro de los paneles de control, insertando una tarjeta al alcance del maquinista que especifique las configuraciones de carga; incluirá barandillas, ventanas antideslumbrantes, ventanas que se extiendan hasta el suelo de la cabina, asientos confortables y aislamiento térmico y acústico. En algunos climas, las cabinas con calefacción y aire acondicionado contribuyen al confort del operario y reducen su fatiga.

Los propietarios de las grúas son los responsables de mantener las máquinas en buenas condiciones asegurándose de que se efectúen inspecciones regulares y un mantenimiento adecuado y empleando a maquinistas competentes. Los propietarios deberán ser capaces de recomendar la máquina más idónea para cada trabajo. Una grúa asignada a un proyecto deberá poder transportar la carga más pesada que le corresponda. La grúa deberá ser inspeccionada por una persona competente antes de ser asignada a un proyecto y, una vez en él, diaria y periódicamente (de acuerdo con las recomendaciones del fabricante), llevando un registro del mantenimiento. Se practicará una ventilación para eliminar o diluir el escape del motor de las grúas que trabajen en zonas cerradas. Igualmente se suministrará protección auditiva, si procede. Los supervisores de la obra deben establecer planes de antemano. Mediante una planificación adecuada se puede evitar tener que trabajar cerca de tendidos eléctricos. Si se tuviera que trabajar cerca de líneas de alta tensión deberán respetarse las distancias de separación obligatoria (véase la Tabla 93.6). Si no se puede evitar el trabajo cerca de las líneas eléctricas, el cable deberá desconectarse o aislarse.

Para ayudar al maquinista cuando trabaje en los límites de proximidad de líneas eléctricas se deberá recurrir a un señalista. El terreno, incluso el acceso y los alrededores de la zona de trabajo, deben poder soportar el peso de la grúa con la carga en suspensión. Si es posible, la zona de trabajo de la grúa se acondicionará para evitar lesiones durante la operación de izado. Cuando el maquinista no pueda ver la carga claramente, se utilizará a un señalista. Este último y el maquinista deben estar instruidos y entender bien las señales de mano y otros aspectos del trabajo. Se proveerán aparejos adecuados para la sujeción,

Tabla 93.6 • Distancia preceptiva para voltajes normales en trabajos próximos a tendidos eléctricos de alta tensión.

Voltaje normal en kilovoltios (entre fases)	Distancia mínima preceptiva en metros (y pies)*
Hasta 50	3,1 (10)
De 50 a 200	4,6 (15)
De 200 a 350	6,1 (20)
De 350 a 500	7,6 (25)
De 500 a 750	10,7 (35)
De 750 a 1,000	13,7 (45)

\* Los valores en metros se han calculado a partir de los valores recomendados en pies.

Fuente: ASME 1994.

de modo que los estibadores puedan asegurar que no se produzca la caída o deslizamiento de la carga. El equipo de estiba debe estar entrenado en el embragado y desembragado de las cargas. Una buena comunicación es vital para la seguridad en el manejo de grúas. Todos los aditamentos de seguridad y dispositivos de alarma deberán estar en buen estado de funcionamiento y no se desconectarán en ningún caso. La grúa debe estar nivelada y manejarse con arreglo a la tabla de cargas de la misma. Las patas deberán estar totalmente extendidas o dispuestas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para evitar una carga excesiva, el maquinista debe conocer de antemano el peso a levantar, y emplear limitadores de carga y otros indicadores. El maquinista siempre trabajará conforme a las prácticas seguras de manejo de grúas. Todas las cargas deberán estar totalmente aseguradas antes de ser izadas. El movimiento con carga debe ser lento; la pluma nunca debe ser prolongada o acortada de tal modo que pueda comprometer la estabilidad de la grúa. No se manejarán las grúas cuando la visibilidad sea escasa o cuando el viento pueda hacer que el maquinista pierda el control de la carga.

### Normas y legislación

Existen numerosas normas escritas o recomendaciones para la fabricación y el manejo de grúas. Algunas están basadas en los principios de diseño, otras en su funcionamiento. Entre los asuntos contemplados por estas normas se incluyen métodos para realizar pruebas de diversos dispositivos de seguridad; el diseño, construcción y características de las grúas; inspecciones, pruebas, procedimientos de mantenimiento y manejo; equipos recomendados y disposición de los mandos. Estas normas forman la base de la legislación oficial y los reglamentos de las empresas en materia de salud y seguridad y formación de los maquinistas.

## ASCENSORES, ESCALERAS MECANICAS Y ELEVADORES

J. Staal y John Quackenbush\*

### Ascensores

Un ascensor es una instalación permanente de desplazamiento vertical que accede a dos o más niveles, y que comprende un habitáculo cerrado, o cabina, cuyas dimensiones y medios de

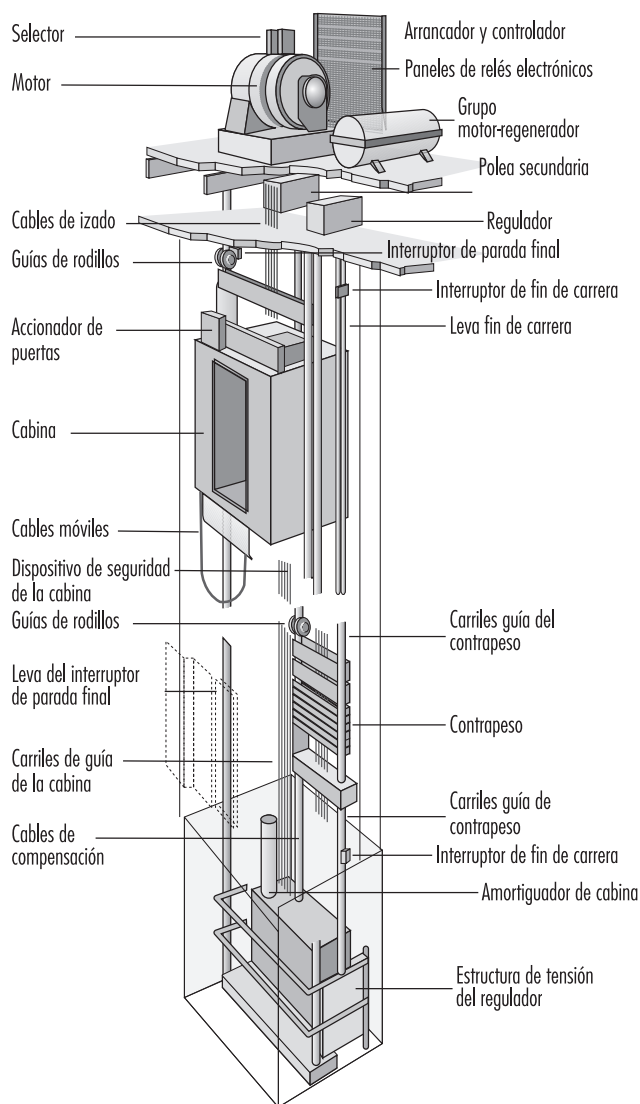
\* Adaptado del artículo de la 3ª edición de la *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Autor: J. Staal.

construcción permiten claramente el acceso de personas, y que se desplaza entre unas guías verticales rígidas. Un ascensor, por lo tanto, es un vehículo para subir y bajar personas de una planta a otra dentro de un edificio, directamente (control simple por botonera) o con paradas intermedias (control colectivo).

Una segunda categoría la constituye el montacargas que acoge en su interior tanto a personas como a objetos y mercancías, poseyendo características similares a los ascensores.

La tercera categoría la constituye el montacargas de servicio (montaplatos), que es una instalación permanente de elevación que accede a unos niveles definidos, pero cuya cabina es demasiado pequeña para transportar personas. Los montacargas de servicio transportan comida y suministros en hoteles y hospitales, libros en las bibliotecas, correo en los edificios de oficinas, etc. Generalmente, la superficie del piso de este tipo de cabina no excede de 1 m<sup>2</sup>, su profundidad de 1 m, y su altura de 1,20 m.

Figura 93.11 • Vista esquemática de una instalación de ascensor con los principales componentes.



Fuente: Adaptado de Otis Elevator Company.

Los ascensores son movidos directamente por un motor eléctrico (ascensores eléctricos; véase la Figura 93.11) o, indirectamente, por medio del movimiento de un líquido bajo presión generada por una bomba movida, a su vez, por un motor eléctrico (ascensores hidráulicos).

Los ascensores eléctricos casi siempre están movidos por máquinas de tracción, con o sin transmisiones, según la velocidad de la cabina. El término "tracción" quiere decir que la fuerza de un motor eléctrico se transmite a la suspensión múltiple de cables de la cabina y de un contrapeso, por fricción entre las muescas de la polea de tracción o de impulsión de la máquina y los cables.

El uso de los ascensores hidráulicos se ha generalizado desde el decenio de 1970 para el transporte de mercancías y pasajeros, habitualmente hasta una altura no superior a seis plantas. Como líquido presurizante se emplea aceite hidráulico. El sistema más sencillo de acción directa es el que utiliza un émbolo que soporta y desplaza la cabina.

### Normalización

El Comité Técnico 178 de la OIT ha redactado normas para cargas y velocidades hasta 2,50 m/s; dimensiones de cabinas y huecos de montacargas para dar cabida a pasajeros y mercancías; ascensores para camas y de servicio para edificios residenciales, oficinas, hoteles, hospitales y residencias de ancianos; mecanismos de control, señales y accesorios adicionales; y selección y planificación de ascensores en edificios residenciales. Todos los edificios deberán estar dotados, como mínimo, de un ascensor que permita el acceso en silla de ruedas de las personas disminuidas. La Asociación francesa de normalización (AFNOR) está a cargo de la Secretaría de este Comité Técnico.

### Condiciones generales de seguridad

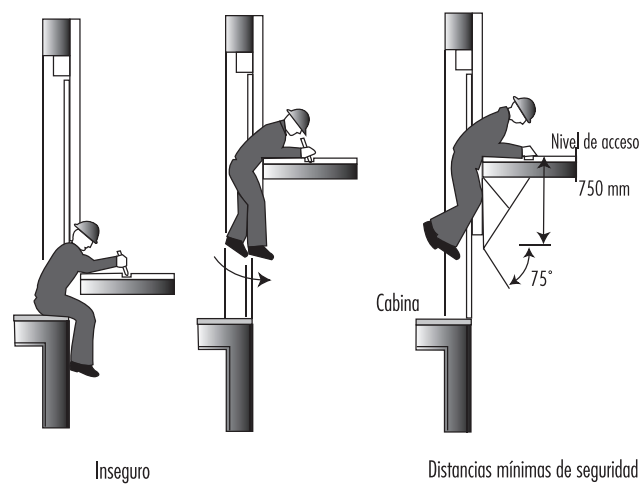
Todos los países industrializados tienen un código de seguridad redactado y actualizado por un comité nacional de normalización. Dado que este trabajo se inició en el decenio de 1920, los diversos códigos, poco a poco, se han hecho más parecidos y, hoy en día, las diferencias generalmente no son fundamentales. Las casas fabricantes de importancia fabrican unidades que cumplen estos códigos.

En el decenio de 1970, la OIT, en estrecha colaboración con el Comité Internacional para la reglamentación de ascensores (CIRA), publicó un código de prácticas para la construcción e instalación de ascensores y montacargas y, pocos años más tarde, para escaleras mecánicas. El objeto de estas directrices es servir de guía a los países que se han propuesto redactar o modificar normas de seguridad. Un conjunto normalizado de reglas de seguridad para ascensores eléctricos e hidráulicos, montacargas, escaleras mecánicas y bandas transportadoras de personas, con el fin de eliminar barreras técnicas al comercio entre los países miembros de la Comunidad Europea, se encuentra también en el punto de mira del Comité Europeo de Normalización (CEN). El American National Standards Institute (ANSI) ha redactado un código de seguridad para ascensores y escaleras mecánicas.

Los reglamentos de seguridad tienen por objeto diferentes tipos de posibles accidentes relacionados con ascensores: cizallamiento, aplastamiento, caída, impacto, atrapamiento, incendio, electrocución, daños al material, accidentes debidos al uso y accidentes debidos a la corrosión. Las personas que tienen que ser protegidas son: los usuarios, el personal de inspección y mantenimiento y los que se encuentren fuera del hueco del ascensor y de la sala de máquinas. Los objetos a proteger son: las cargas transportadas, los componentes de la instalación del ascensor y el edificio.

Los comités que redactan las normas de seguridad tienen que suponer que todos los componentes están diseñados

Figura 93.12 • Disposición de la protección inferior de la cabina para evitar atrapamientos.



correctamente, que su construcción eléctrica y mecánica es sólida, que están fabricados con materiales de resistencia y calidad adecuadas y que están libres de defectos. También deben tenerse en cuenta las posibles acciones imprudentes de los usuarios.

El cizallamiento se evita dejando unas separaciones adecuadas entre los componentes móviles y entre las piezas móviles y fijas. El aplastamiento se evita dejando suficiente espacio en la parte superior del hueco del ascensor entre el techo de la cabina en su posición más elevada y la parte alta del hueco, y un espacio libre en el fondo en el que quepa una persona a buen seguro cuando la cabina esté en su posición más baja. Estos espacios están protegidos por topes o amortiguadores.

La protección contra caídas por el hueco del ascensor se obtiene con puertas de acceso sin perforaciones y con una desconexión automática que evita el movimiento de la cabina hasta que las puertas están totalmente cerradas. Las puertas de acceso de tipo corredera y automáticas son las recomendadas para los ascensores de personas.

El impacto se limita restringiendo la fuerza cinética del cierre de las puertas automáticas; el atrapamiento de personas en una cabina enganchada se evita colocando un mecanismo de desenclavamiento de emergencia en las puertas y un medio para que personal especialmente instruido las abra y saque a los pasajeros.

La sobrecarga en una cabina se evita mediante una proporción muy ajustada entre la carga permitida y la superficie libre del piso de la cabina. En todos los ascensores para personas es preciso instalar puertas en la cabina para evitar que aquellas queden atrapadas en el espacio entre el umbral de la cabina y el hueco del ascensor o las puertas de acceso. Los umbrales de las cabinas deberán equiparse con un guardapié de una altura no inferior a 0,75 m para evitar accidentes, como muestra la Figura 93.12. Las cabinas tienen que estar equipadas con mecanismos de seguridad capaces de detener y aguantar una cabina totalmente cargada en caso de exceso de velocidad o rotura de un cable de suspensión. El mecanismo será activado por un regulador de exceso de velocidad impulsado por la cabina por medio de un cable (véase la Figura 93.11). Cuando los viajeros están de pie y se desplazan en dirección vertical, la deceleración durante el funcionamiento del mecanismo de seguridad debe situarse entre 0,2 y 1,0 g ( $m/s^2$ ) para evitar lesiones ( $g$ = aceleración de la gravedad).

En función de la legislación nacional, los ascensores destinados principalmente al transporte de mercancías, vehículos y automóviles acompañados por usuarios autorizados e instruidos pueden utilizar una o dos entradas a la cabina opuestas y sin puertas de cabina, con la condición de que la velocidad autorizada no sobrepase los 0,63 m/s, que la profundidad de la cabina no sea menor de 1,50 m. y que la pared del hueco enfrente de la entrada, incluso las puertas de desembarque, esté lisa y enrasada. En los ascensores de mercancías de uso industrial (montacargas de mercancías), las puertas de acceso son generalmente puertas automáticas bipartidas en vertical, y habitualmente no cumplen estas condiciones. En tal caso, la puerta de cabina que se requiere es una corredera vertical hecha de mallazo. El ancho de separación entre la cabina del ascensor y las puertas de acceso debe ser el mismo para evitar daños en los paneles del montacargas por carretillas elevadoras u otros vehículos al entrar o salir del montacargas. El diseño de este tipo de montacargas ha de tener en cuenta la carga, el peso del equipo de mantenimiento y los grandes esfuerzos que conlleva la conducción, parada e inversión del movimiento de estos vehículos. Las guías de la cabina requieren un refuerzo especial. Si se permite el transporte de personas, el número admisible se corresponderá con la superficie del piso de la cabina. Por ejemplo, la superficie de un ascensor para una carga de 2.500 kg deberá ser de 5 m<sup>2</sup>, suficiente para 33 personas. La carga y el acompañamiento de la misma se hará con sumo cuidado. La Figura 93.13 muestra una situación deficiente.

**Controles**

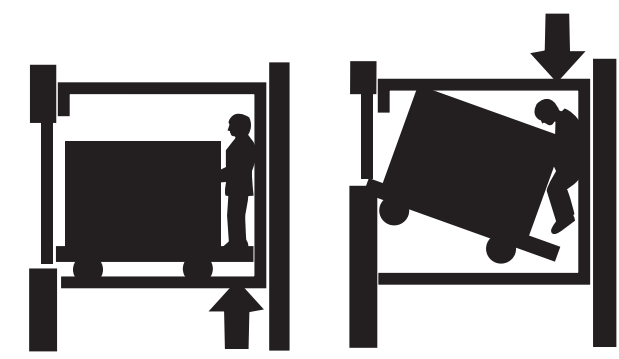
Todos los ascensores modernos están controlados por botonera y ordenador, habiéndose abandonado el sistema de interruptor en la cabina manejado por un ascensorista.

Los ascensores individuales y los integrados en grupos de dos a ocho cabinas suelen estar equipados con mandos colectivos que en el caso de instalaciones múltiples están interconectados. La característica principal de las maniobras colectivas es que las llamadas se pueden hacer en cualquier momento, tanto si la cabina está parada como si está en movimiento, y si las puertas del rellano están abiertas o cerradas. Las llamadas desde el rellano y desde las cabinas se recogen y se almacenan hasta que se les da respuesta. Independientemente de la secuencia en que se reciban, las llamadas se responden por el orden lógico en la dirección del movimiento de la cabina.

**Inspecciones y pruebas**

Antes de poner un ascensor en servicio, debe ser inspeccionado y comprobado por una organización aprobada por la administración para establecer la conformidad del ascensor con las normas

Figura 93.13 • Ejemplo de práctica peligrosa en un montacargas.



de seguridad del país en que se ha instalado. Los fabricantes facilitarán al inspector un expediente técnico. En los reglamentos de seguridad están relacionados los elementos que se tienen que inspeccionar y comprobar y el modo en que han de realizarse estas pruebas. Se exigen ensayos específicos a cargo de un laboratorio aprobado para: mecanismos de cierre, puertas de acceso (tal vez incluyendo ensayos de incendio), mecanismos de seguridad, reguladores de exceso de velocidad y amortiguadores de aceite. Se incluirán en el registro los certificados de los respectivos componentes usados en la instalación. Después de la puesta en servicio de un ascensor, se efectuarán inspecciones periódicas en intervalos que dependerán del volumen de tráfico. El objeto de estas pruebas es asegurar el cumplimiento del reglamento y el correcto funcionamiento de todos los dispositivos de seguridad. Los componentes que no funcionan en servicio normal, como los mecanismos de seguridad y los topes, deberán comprobarse con una cabina vacía y a velocidad reducida para evitar un excesivo desgaste y esfuerzos que puedan poner en peligro la seguridad del ascensor.

### Mantenimiento e inspección

Un ascensor y sus componentes deben inspeccionarse y mantenerse en buen estado y en un buen nivel de seguridad funcional, en intervalos regulares por parte de técnicos competentes que han adquirido la capacitación y un total conocimiento de los detalles mecánicos y eléctricos del ascensor y de las normas de seguridad bajo la dirección de un instructor cualificado. Preferentemente el técnico será empleado del proveedor o instalador del aparato. Normalmente, un técnico es responsable de un número determinado de ascensores. El mantenimiento incluye trabajos rutinarios como el ajuste y limpieza, el engrase de las piezas móviles, mantenimiento preventivo para anticipar posibles problemas, visitas de emergencia en caso de rotura o de una reparación importante, que se hacen normalmente después de consultar con un supervisor. Sin embargo, el riesgo de seguridad primordial es el de incendio. A causa del riesgo de que un cigarrillo encendido u otro objeto ardiendo pueda caer en el espacio entre el umbral de la cabina y el hueco e incendiar la grasa lubricante en el hueco o residuos acumulados en el fondo, el hueco debe limpiarse con regularidad. Antes de que empiecen los trabajos de mantenimiento, todos los sistemas deberán estar totalmente desconectados. En los edificios con ascensores de una unidad, antes de que comience algún trabajo se colocarán avisos en cada puerta de acceso notificando que el ascensor está fuera de servicio.

Para el mantenimiento preventivo bastan una inspección minuciosa y comprobaciones de la libertad de movimiento, de la condición de los contactos y del correcto funcionamiento del equipo. El equipamiento del hueco se inspecciona desde encima de la cabina. En el techo de la cabina se habilita un mando de inspección con: un conmutador de puesta en marcha y de neutralización del control normal, incluyendo la maniobra de puertas automáticas. Unos pulsadores de presión constante de subida y bajada permiten mover la cabina a velocidad reducida (como máximo 0,63 m/s). La inspección debe basarse en los mecanismos de seguridad (puertas cerradas y enclavadas, etc.) y no será posible sobrepasar los límites de desplazamiento normal.

Un interruptor de parada en el puesto de control de la inspección evita movimientos inesperados de la cabina. La dirección más segura de desplazamiento es hacia abajo. El técnico debe estar en un puesto seguro para observar el entorno de trabajo cuando se mueve la cabina y poseer los mecanismos de inspección adecuados. El técnico debe estar bien sujeto cuando la cabina se desplaza. Antes de marcharse, el técnico debe informar a la persona encargada del ascensor.

### Escaleras mecánicas

Una escalera mecánica es una escalera inclinada, que se mueve de modo continuo y que transporta personas hacia arriba y hacia abajo. Las escaleras mecánicas se utilizan en edificios comerciales, grandes almacenes y en estaciones de metro y ferrocarril, para conducir un torrente de gente por un camino limitado de uno a otro nivel.

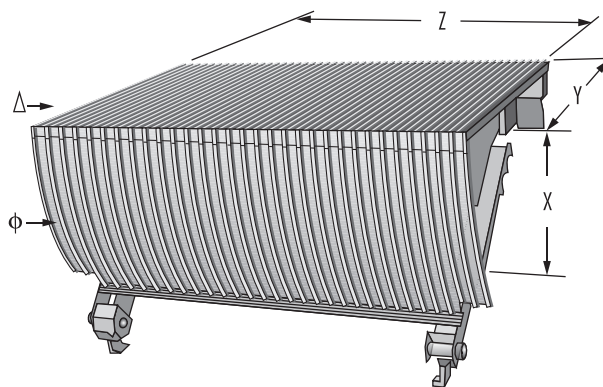
### Condiciones generales de seguridad

Las escaleras mecánicas consisten en una cadena continua de escalones arrastrada por un mecanismo con motor eléctrico por medio de dos cadenas de rodillos, una a cada lado. Los escalones van guiados por rodillos que corren por unas guías que mantienen las huellas de los escalones en posición horizontal en la zona útil. A ambos extremos de la escalera, las guías garantizan que en una distancia de 0,80 a 1,10 m, según la velocidad y la contrahuella de la escalera, algunos escalones formen una superficie horizontal. La construcción y dimensiones de los peldaños se muestran en la Figura 93.14. Encima de cada barandilla deberá colocarse un pasamanos a una altura de 0,85 a 1,10 m del borde del escalón, corriendo paralelamente a los peldaños y prácticamente a la misma velocidad. La barandilla a ambos extremos de la escalera, donde los peldaños se sitúan en posición horizontal, debe prolongarse al menos 0,30 m más allá del descansillo y el poste con la barandilla al menos 0,60 m (véase la Figura 93.15). El pasamanos debe acometer al poste en un punto bajo por encima del suelo, en el que deberá instalarse una protección con un interruptor de seguridad que detenga la escalera en caso de que queden aprisionados en este punto los dedos o las manos. Otro riesgo de lesiones para los usuarios lo constituyen las holguras necesarias entre el lateral de los escalones y las barandillas, entre los escalones y los peines y entre las huellas y contrahuellas de escalones consecutivos, éstos últimos más particularmente durante la subida y en la zona de la curvatura donde se produce un movimiento relativo entre escalones consecutivos. Para prevenir este riesgo los escalones están dotados de una superficie suave y antideslizante.

Las personas pueden desplazarse y sus pies pueden rozar contra la barandilla, lo que puede causar que queden atrapadas cuando los escalones se nivelan. Señales y avisos claramente legibles, preferentemente pictogramas, deberán avisar y educar a los usuarios.

Una señal deberá instruir a los adultos a llevar de la mano a los niños que no puedan alcanzar el pasamanos y los niños deberán circular siempre de pie. Cuando la escalera se halle

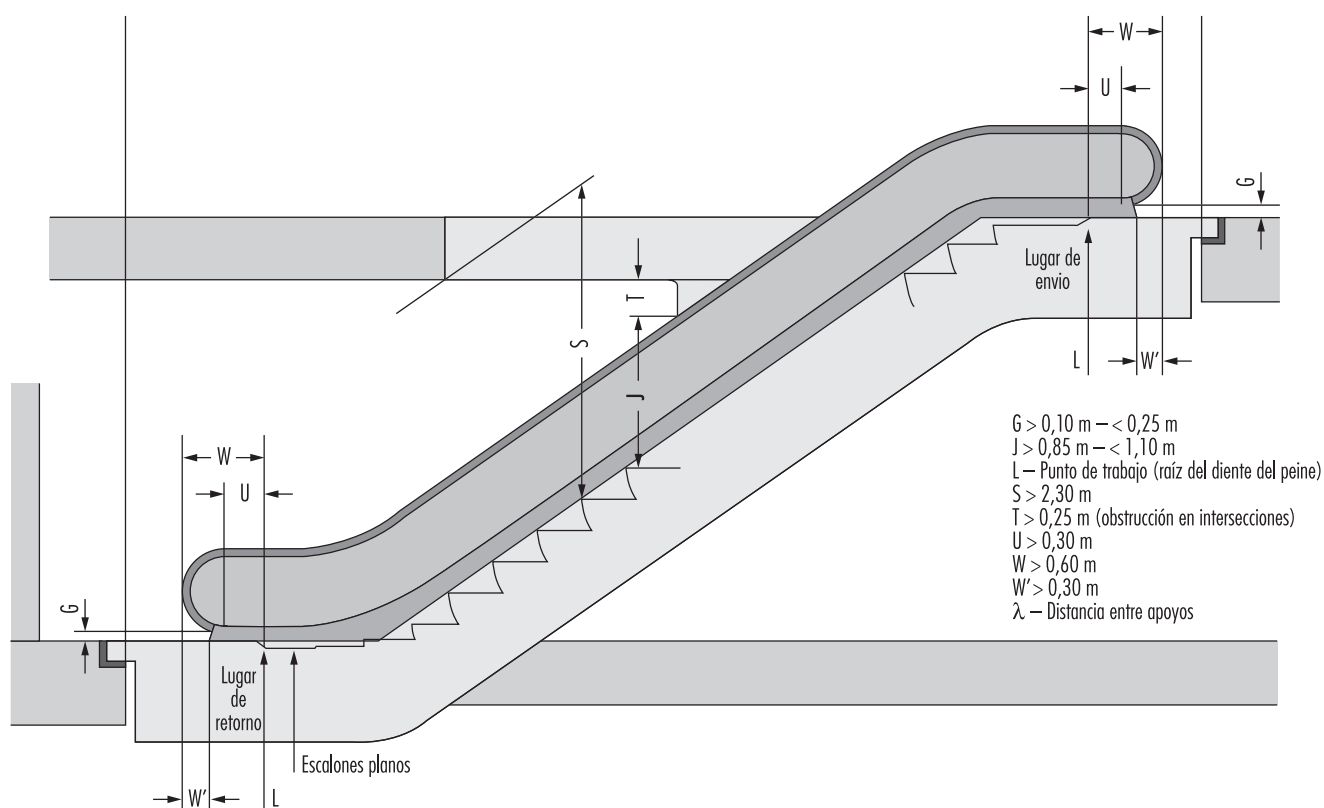
Figura 93.14 • Escalón de una escalera mecánica.



X: Altura entre escalones (no superior a 0,24 m), Y: Profundidad (mínima 0,38 m); Z: Anchura (entre 0,58 y 1,10 m). Δ: Huella del escalón ranurada. Φ: Contrahuella del escalón ranurado.



Figura 93.15 • Escalera mecánica.



fuera de servicio, ambos extremos deberán estar cerrados con vallas.

La inclinación de una escalera no deberá ser mayor de  $30^\circ$ , aunque se podrá incrementar hasta  $35^\circ$ , si la elevación en vertical es de 6 m o menos y la velocidad de subida se limita a 0,50 m/s. Las salas de máquinas y los puestos de impulsión y retorno deberán ser fácilmente accesibles para el personal de mantenimiento y de inspección. Estos espacios pueden hallarse dentro de la caja o estar separados. La altura libre deberá ser de 1,80 m con las tapas, si las hay, abiertas y el espacio deberá ser suficiente para garantizar el trabajo en condiciones de seguridad. La altura libre sobre los escalones en cualquier punto no será inferior a 2,30 m.

La puesta en marcha, parada o inversión del movimiento de una escalera mecánica deberán efectuarse exclusivamente por personal autorizado. Si el código del país permite operar un sistema que arranque automáticamente cuando una persona rebasa un sensor eléctrico, la escalera deberá ponerse en marcha antes de que el usuario llegue al peine. Las escaleras mecánicas deberán estar provistas de un sistema de control que funcione durante el mantenimiento y la inspección.

#### Mantenimiento e inspección

El mantenimiento e inspección con arreglo a la pautas anteriormente descritas para los ascensores, suelen venir exigidos por la administración. Se deberá facilitar un expediente técnico con los datos de cálculo principales de la estructura de soporte, peldaños, componentes de movimiento de los peldaños, datos generales, planos de disposición, diagramas de cableado e instrucciones. Antes de poner en servicio una escalera mecánica, deberá ser

examinada por una persona u organización aprobada por las autoridades públicas; con posterioridad se realizarán inspecciones periódicas en plazos establecidos.

#### Transportadores de personas (aceras móviles)

Un transportador de personas es una pasarela mecánica de movimiento continuo, que se usa para transportar personas entre dos puntos en el mismo nivel o en niveles diferentes. Los transportadores de pasajeros se usan para transportar un gran número de personas en los aeropuertos desde el vestíbulo principal hacia las puertas de embarque, así como en los grandes almacenes y supermercados. Si los transportadores son horizontales, los coches de niños, las carretillas y las sillas de ruedas, así como las carretillas con alimentos y equipajes pueden desplazarse sin riesgo, pero en los transportadores inclinados estos vehículos, algo pesados, solamente se usarán si se pueden enclavar automáticamente. La rampa consta de paletas de metal, similares a las huellas de los escalones de las escaleras mecánicas, pero más largas, o de correas sin fin. Las paletas deberán estar ranuradas en la dirección del desplazamiento, y se colocarán peines en cada extremo. El ángulo de inclinación no deberá ser mayor de  $12^\circ$  o de  $6^\circ$  en los accesos. Las paletas y la correa deberán moverse horizontalmente en una distancia no menor de 0,40 m antes de entrar en el rellano. El transportador se desplaza entre barandillas rematadas en su parte superior con un pasamanos móvil que se mueve aproximadamente a la misma velocidad. La velocidad no será mayor de 0,75 m/s, a menos que el movimiento sea horizontal, en cuyo caso se admite una velocidad de 0,90 m/s, siempre que la anchura no exceda de 1,10 m.

Las condiciones de seguridad para los transportadores de personas en general son análogas a las de las escaleras mecánicas y deberán incluirse en el mismo código.

### Elevadores de obra

Los elevadores de obra son instalaciones provisionales utilizadas en las obras de construcción para el transporte de personas y materiales. Cada elevador consta de una cabina sobre guías y deberá ser manejado por un operario situado dentro de la misma. En años recientes, el diseño de piñón y cremallera ha hecho posible el uso de elevadores de construcción para un transporte eficiente en torres de comunicaciones o para el servicio de chimeneas muy altas. Nadie debe montar en un elevador de materiales, excepto para fines de inspección o mantenimiento.

Las normas de seguridad varían considerablemente. En algunos casos, estos elevadores se instalan respetando la misma normativa de seguridad que para los ascensores de personas y mercancías permanentes de los edificios, excepto que el hueco está rodeado de una fuerte malla metálica en lugar de materiales sólidos, con objeto de reducir su resistencia al empuje del viento. Se necesitan estrictas normas aunque no tanto como para los ascensores de personas; muchos países tienen reglamentos especiales para estos elevadores de obra. Sin embargo, en muchos casos el nivel de seguridad es bajo, la construcción defectuosa, los montacargas son movidos por un cabrestante con motor de gasóleo y la cabina está suspendida de un solo cable de acero. Un elevador de obra deberá ser accionado por un motor eléctrico para asegurar que la velocidad se mantiene dentro de los límites de seguridad. La cabina deberá estar cerrada y provista de protecciones en la entrada a la misma. Las aberturas del hueco en los accesos deberán equiparse con puertas sin perforaciones hasta una altura de 1 m del suelo, siendo la parte superior de malla metálica con huecos máximos de 10 × 10 mm. Los umbrales de las puertas de acceso y de la cabina deberán estar provistos de rodapiés adecuados. Las cabinas estarán equipadas con un mecanismo de seguridad. Un tipo común de accidente se produce cuando los trabajadores se desplazan en un elevador diseñado solamente para el transporte de materiales, que carece de paredes laterales o puertas para proteger a los obreros de posibles golpes con una parte del andamiaje, o para evitar su caída durante el viaje. Un elevador de correa consiste en una serie de peldaños sobre una cinta vertical que se desplaza. Una persona que monte en ella corre el peligro de ser arrastrado hasta el extremo superior, no pudiendo hacer un paro de emergencia, y posibles golpes la cabeza o los hombros en el borde de la abertura entre pisos; saltar dentro o fuera después de que el peldaño ha rebasado el nivel del suelo o no poder alcanzar el rellano a causa de un fallo de corriente o por la detención de la correa. De acuerdo con esto, tal tipo de elevador solo debe ser utilizado por personal especializado empleado por el propietario del edificio o alguien designado para ello.

### Riesgos de incendio

Generalmente, el hueco de cualquier ascensor se extiende a lo largo de toda la altura del edificio y está conectado con todas las plantas. El fuego o el humo de un fuego que se declare en la parte inferior del edificio puede propagarse por el hueco a todas las plantas y, en ciertas circunstancias, el hueco del ascensor o grupo de ascensores puede intensificar el fuego a causa del efecto chimenea. Por tanto, un hueco de ascensores no debe formar parte del sistema de ventilación del edificio. El hueco deberá estar totalmente cerrado por paredes sin perforaciones, de material incombustible que no produzca humos nocivos en caso de incendio. Deberá instalarse una ventilación en lo alto del hueco o en la sala de máquinas encima del anterior para permitir la salida del humo a la atmósfera.

Como el hueco, las puertas de entrada deberán ser resistentes al fuego. Los reglamentos de construcción nacionales suelen estipular los requisitos y varían según los países y condiciones. Las puertas de los accesos no se pueden ser estancas al humo si tienen que funcionar de modo fiable.

A pesar de la altura que pueda tener el edificio, las personas no usarán los ascensores en caso de incendio, a causa de los riesgos de parada del ascensor en una zona incendiada o de que los pasajeros queden atrapados en la cabina, en caso de fallo de la energía eléctrica. En general, hay asignado a los bomberos un ascensor que sirve a todas las plantas y que puede ser puesto en servicio por ellos, por medio de un interruptor o una llave especial en la planta principal. La capacidad, velocidad y dimensiones de la cabina de este ascensor debe cumplir ciertas condiciones. Cuando los bomberos usan los ascensores, los mandos normales quedan invalidados.

La construcción, mantenimiento y renovación del acabado interior de los ascensores, la instalación de moqueta y la limpieza del ascensor pueden conllevar el uso de disolventes orgánicos volátiles, masillas o pegamentos, que pueden representar un riesgo para el sistema nervioso, además de un riesgo de incendio. Aunque estos materiales se usan sobre otras superficies metálicas, incluyendo escaleras y puertas, el riesgo es severo en los ascensores a causa de su espacio reducido, en el cual las concentraciones de vapores pueden resultar excesivas. El uso de disolventes en la parte exterior de un ascensor también puede ser peligroso, nuevamente a causa de la ventilación limitada, sobre todo en un hueco ciego, donde la ventilación no es posible. (Un hueco ciego es uno que no tiene puerta de salida, habitualmente con un recorrido de varias plantas entre dos destinos; en el caso de un grupo de ascensores que sirve a las plantas 20 y superiores, un hueco ciego se extenderá entre las plantas 1 y 20).

### Ascensores y salud

Si bien los ascensores y montacargas representan riesgos, su empleo también puede ayudar a reducir la fatiga o lesiones musculares serias debidas a la manipulación manual, y puede reducir los costes laborales, especialmente en algunos países en vías de desarrollo. En tales lugares, en los que no se usan ascensores en absoluto, los trabajadores han de acarrear pesadas cargas de ladrillos u otros materiales, ascendiendo por rampas, a una altura de varias plantas, en medio de un tiempo húmedo y tórrido.

## CEMENTO Y HORMIGON

L. Prodan y G. Bachofen\*

### Cemento

El cemento es un aglomerante hidráulico empleado en la construcción de edificios y de obras civiles. Es un polvo fino que se obtiene moliendo la escoria de una mezcla de arcilla y piedra caliza calcinada a altas temperaturas. Cuando se añade agua al cemento se forma una pasta que, poco a poco, se va endureciendo hasta alcanzar una consistencia pétreo. Se puede mezclar con arena y grava (árido grueso) para formar mortero y hormigón.

Existen dos tipos de cemento: los naturales y los artificiales. Los cementos naturales se obtienen de materiales naturales que tienen una estructura análoga a la del cemento y sólo requieren su calcinación y molienda para proporcionar cemento

\* Adaptado de los apartados "Cemento" por L. Prodan y "Trabajos de hormigón y hormigón armado" por G. Bachofen de la 3ª edición de la *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*.

hidráulico en polvo. El número de cementos artificiales es grande y se encuentra en aumento. Cada tipo tiene una composición y una estructura mecánica diferentes y tiene unos usos y propiedades específicos. Los cementos artificiales se pueden clasificar en cemento portland (que recibe su nombre de la ciudad de Portland, en el Reino Unido) y cemento aluminoso.

### Producción

El proceso portland, que representa, con gran diferencia, la mayor parte de la producción mundial de cemento, se ilustra en la Figura 93.16. Comprende dos etapas: la fabricación de la escoria y el molido de la misma. Las materias primas utilizadas para la fabricación de la escoria son materiales calcáreos, como la piedra caliza, y arcillosos, como la arcilla. Las materias primas se mezclan y se muelen en seco (proceso seco), o con agua (proceso húmedo). La mezcla pulverizada se calcina en hornos inclinados rotatorios o verticales a una temperatura que va de 1.400 a 1.450 °C. Al salir del horno, la escoria se enfría rápidamente para evitar la conversión del silicato tricálcico, principal ingrediente del cemento portland, en silicato bicálcico y óxido de cal.

Las masas de escoria enfriada se mezclan frecuentemente con yeso y otros varios aditivos que controlan el tiempo de fraguado y otras propiedades de la mezcla utilizada. De este modo es posible obtener una amplia gama de cementos diferentes, como por ejemplo: cemento portland normal, cemento de fraguado rápido, cemento hidráulico, cemento siderúrgico, cemento de tras, cemento hidrófobo, cemento marítimo, cementos para pozos de gas y petróleo, cementos para carreteras o presas, cemento expansivo, cemento magnésico, etc. Finalmente, la escoria se pulveriza en un molino, se criba y almacena en silos, dispuesta para su embalaje y transporte. La composición química del cemento portland es la siguiente:

- óxido de calcio (CaO): 60 al 70 %
- dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) (incluyendo un 5 % de SiO<sub>2</sub> libre): 19 al 24 %
- trióxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 4 al 7 %
- óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 2 al 6 %
- óxido de magnesio (MgO): menos del 5 %

El cemento aluminoso produce mortero u hormigón de alta resistencia inicial. Se fabrica a partir de una mezcla de piedra caliza y arcilla con un alto contenido de óxido de aluminio (sin extensores), la cual se calcina a unos 1.400 °C. La composición química del cemento aluminoso es, aproximadamente, la siguiente:

- óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 50 %
- óxido de calcio (CaO): 40 %
- óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): 6 %
- dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>): 4 %

La escasez de combustibles conduce al aumento de la producción de los cementos naturales, en especial los que utilizan tobas (cenizas volcánicas). Si es necesario, éstas se calcinan a 1.200 °C, en lugar de los 1.400 a 1.450 °C, que se necesitan para la fabricación de portland. La toba debe contener un 70-80 % de sílice libre amorfa y un 5-10 % de cuarzo. Con la calcinación, la sílice amorfa se transforma parcialmente en tridimita y cristobalita.

### Usos

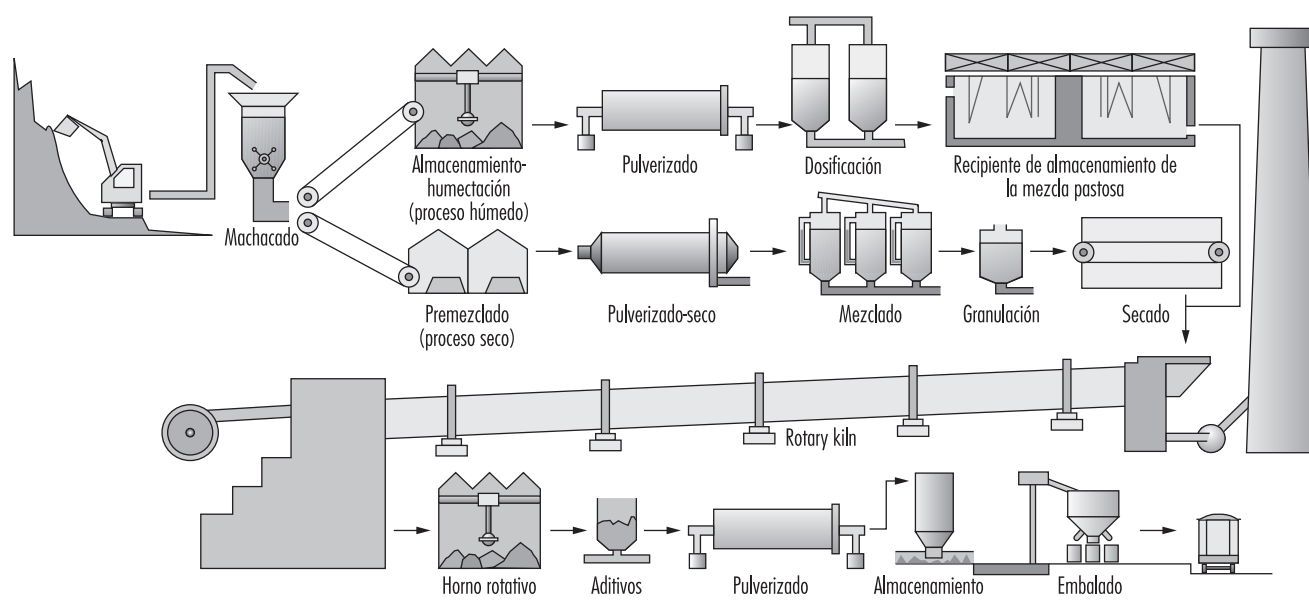
El cemento se usa como un aglomerante en morteros y hormigones —una mezcla de cemento, grava y arena—. Variando el método del proceso o incluyendo aditivos, se pueden obtener diferentes tipos de cemento (p. ej., normal, arcilloso, bituminoso, asfáltico, de fraguado rápido, espumoso, impermeabilizante, microporoso, armado, tensado, centrifugado, etc).

### Riesgos

En las canteras de las que se extrae la arcilla, la piedra caliza y el yeso para el cemento, los trabajadores están expuestos a los riesgos propios de las condiciones climatológicas, al polvo producido durante el barrenado y el machaqueo, a las explosiones y a avalanchas de rocas y tierra. Pueden ocurrir accidentes de carretera durante el transporte a las fábricas de cemento.

Durante el proceso de fabricación del cemento, el riesgo principal lo constituye el polvo: En canteras y fábricas de cemento se han medido niveles que oscilan entre 26 y 114 mg/m<sup>3</sup>. En procesos individuales se han registrado los siguientes niveles de polvo: extracción de arcilla—41,4 mg/m<sup>3</sup>; molienda y machacado

Figura 93.16 • Proceso de fabricación de cemento.



de materia prima—79,8 mg/m<sup>3</sup>; cribado—384 mg/m<sup>3</sup>; pulverización de la escoria—140 mg/m<sup>3</sup>; ensacado del cemento—256,6 mg/m<sup>3</sup>; y carga, etc—179 mg/m<sup>3</sup>. En las fábricas modernas, que emplean el sistema húmedo, ocasionalmente se alcanzan valores máximos durante breves periodos de 15 a 20 mg polvo/m<sup>3</sup> de aire. La contaminación del aire en las inmediaciones de estas fábricas se ha reducido a un 5-10 % de los antiguos valores, gracias en particular al uso extendido de filtros electrostáticos. El contenido de sílice libre del polvo varía entre el nivel de la materia prima (la arcilla puede contener cuarzo en partículas finas, y puede añadirse arena) y el de la escoria o el cemento, de los cuales la sílice libre normalmente habrá sido eliminada en su totalidad.

Otros riesgos que existen en las fábricas de cemento incluyen las altas temperaturas ambiente, especialmente cerca de las puertas de los hornos y en las plataformas de éstos, el calor radiante y los altos niveles de ruido (120 dB) en la proximidad de los molinos de bolas. Se han encontrado concentraciones de monóxido de carbono que oscilan entre cantidades traza y 50 ppm cerca de los hornos de piedra caliza.

Entre los cuadros patológicos observados entre los trabajadores de la industria del cemento se incluyen las enfermedades del aparato respiratorio, los trastornos digestivos, las enfermedades de la piel, las enfermedades reumáticas y nerviosas y trastornos de la vista y del oído.

#### Enfermedades del aparato respiratorio

Los trastornos del aparato respiratorio constituyen el grupo más importante de enfermedades laborales en la industria del cemento y son el resultado de la inhalación del polvo contenido en el aire y los efectos de las condiciones macro y microclimáticas en el entorno de trabajo. La enfermedad respiratoria más frecuente es la bronquitis crónica, a menudo asociada a enfisema.

El cemento portland normal no causa silicosis, debido a la ausencia de sílice libre. Sin embargo, los trabajadores empleados en la producción de cemento pueden estar expuestos a materias primas que contienen sílice libre en distintos grados. Los cementos resistentes al ácido, que se usan para planchas refractarias, ladrillos y polvo, contienen altos porcentajes de sílice libre, y la exposición a ellos representa un evidente riesgo de silicosis.

La neumoconiosis causada por el cemento aparece en forma de neumoconiosis benigna de cabeza de alfiler o reticular, que puede aparecer después de una exposición prolongada, y cuya progresión es muy lenta. Sin embargo, también se ha observado algún caso de neumoconiosis grave, más probable en trabajadores expuestos a otros materiales distintos de la arcilla y el cemento portland.

Algunos cementos también contienen cantidades variadas de tierra diatomea y toba. Se tiene noticia de que al calentarse, la tierra diatomea se vuelve más tóxica debido a la transformación de la sílice amorfa en cristobalita, una sustancia cristalina aún más patógena que el cuarzo. Una tuberculosis concomitante puede agravar el curso de la neumoconiosis del cemento.

#### Trastornos digestivos

Ha llamado la atención la incidencia aparentemente alta de úlceras gastroduodenales en la industria del cemento. Un examen de 269 trabajadores en fábricas de cemento reveló 13 casos de úlcera gastroduodenal (4,8 %). Subsiguientemente, se provocaron úlceras gástricas en conejillos de indias y en un perro alimentado con polvo de cemento. Sin embargo, un estudio realizado en una factoría de cemento mostró un grado de absentismo por enfermedad del 1,48-2,69 % debido a úlceras gastroduodenales. Dado que las úlceras pueden atravesar periodos agudos varias veces al

año, estas cifras no son excesivas cuando se comparan con las de otras profesiones.

#### Enfermedades de la piel

Se informado ampliamente de las enfermedades de la piel y se dice que constituyen un 25 % o más de todas las enfermedades cutáneas laborales. Se han observado varias formas, comprendiendo inclusiones en la piel, erosiones periungulares, lesiones eczematosas difusas e infecciones cutáneas (forúnculos, abscesos y panadizos). Sin embargo, éstas son más frecuentes entre los que usan el cemento (p. ej., albañiles) que entre los trabajadores de las fábricas de cemento.

Ya en 1947 se sugirió que el eczema del cemento podría ser debido a la presencia en el mismo de cromo hexavalente (evidenciado por el ensayo de solución de cromo). Probablemente, las sales de cromo entran en las papilas dérmicas, se combinan con las proteínas y producen una sensibilización de naturaleza alérgica. Puesto que las materias primas empleadas para la fabricación del cemento en general no contienen cromo, se ha indicado como posibles fuentes del cromo en el cemento las siguientes: la roca volcánica, la abrasión del revestimiento refractario del horno, las bolas de acero utilizadas en los molinos de pulverización y las diferentes herramientas empleadas para machacar y moler las materias primas y la escoria. La sensibilización al cromo puede ser la causa que conduce a la sensibilidad al níquel y al cobalto. Se considera que la alta alcalinidad del cemento es un factor importante en las dermatosis del cemento.

#### Trastornos reumáticos y nerviosos

Las amplias variaciones macroclimáticas y microclimáticas que se encuentran en la industria del cemento se cree que son la causa de la aparición de diversos trastornos del sistema locomotor (artritis, reumatismo, espondilitis y diversos dolores musculares) y del sistema nervioso periférico (dolores de espalda, neuralgias y radiculitis de los nervios ciáticos).

#### Trastornos del oído y de la vista

Se ha registrado hipoacusia coclear moderada entre los trabajadores de molinos de cemento. La principal enfermedad de los ojos es la conjuntivitis, que normalmente sólo requiere cuidados médicos en ambulatorio.

#### Accidentes

Los accidentes en las canteras se deben en la mayoría de los casos a desprendimientos de tierra o roca o se producen durante el transporte. En las fábricas de cemento, los principales tipos de lesiones por accidente son contusiones, cortes y rozaduras que se producen durante la manipulación manual.

#### Medidas de salud y seguridad

Un requisito básico en la prevención de los riesgos del polvo en la industria del cemento es el conocimiento preciso de la composición y, especialmente, del contenido de sílice libre en todos los materiales utilizados. Es particularmente importante el conocimiento de la composición exacta de los nuevos tipos de cemento aparecidos.

En las canteras, las excavadoras deben estar equipadas con cabinas cerradas y ventilación para asegurar un suministro de aire puro, y deben implantarse medidas de eliminación del polvo durante el barrenado y machaqueo. La posibilidad de intoxicación debida a monóxido de carbono y gases nitrosos desprendidos durante las voladuras puede evitarse asegurándose de que los trabajadores estén a una distancia adecuada durante dichas voladuras y no vuelvan al punto de la explosión hasta que todos los humos hayan desaparecido. Puede ser necesario el uso de

ropa adecuada para proteger a los trabajadores contra las inclemencias del tiempo.

Todos los procesos que van acompañados de polvo en las fábricas de cemento (pulverizado, cribado, transporte en cintas) deben estar equipados con sistemas de ventilación adecuados, y las cintas transportadoras del cemento o de las demás materias primas deben estar encerradas, tomándose precauciones especiales en los puntos de transferencia. Asimismo, se requiere una buena ventilación en la plataforma de enfriamiento de la escoria, en el lugar de molido de la escoria y en las plantas de ensacado de cemento.

El problema más difícil de control del polvo es el de las chimeneas de los hornos de escoria, que generalmente están dotadas de filtros electrostáticos, precedidos de filtros manga u otro tipo de filtros. Los filtros electrostáticos pueden ser usados también para los procesos de cribado y embalaje, en los que deben combinarse con otros métodos de control de la contaminación del aire. La escoria pulverizada debe transportarse en tornillos sin fin encapsulados.

Los puestos de trabajo con calor excesivo deben equiparse con duchas de aire frío y pantallas térmicas adecuadas. No deben realizarse reparaciones en los hornos de escoria hasta que el horno se haya enfriado adecuadamente y, luego deben hacerlo solamente trabajadores jóvenes y sanos. Estos trabajadores deben mantenerse bajo supervisión médica, para controlar sus funciones cardíaca, respiratoria y sudoral y evitar el shock térmico. Las personas que trabajan en ambientes de calor deben disponer de bebidas saladas, cuando haga falta.

Las medidas de prevención de enfermedades de la piel deben incluir la provisión de duchas y cremas para utilizar después de la ducha. En caso de eczema, puede aplicarse un tratamiento de desensibilización: comenzando por retirar a los trabajadores de la exposición al cemento durante 3-6 meses para permitir su curación, 2 gotas de una solución acuosa de dicromato potásico al 1: 10.000 se aplican a la piel durante 5 minutos, 2 a 3 veces por semana. En ausencia de reacción local o general, el tiempo de contacto se incrementa generalmente a 15 minutos, seguido de un incremento de la concentración de la solución. Este procedimiento de desensibilización puede aplicarse también en el caso de sensibilidad al cobalto, níquel y manganeso. Se ha comprobado que la dermatitis de cromo —e incluso la intoxicación por cromo— se pueden evitar y tratar con ácido ascórbico. El mecanismo de inactivación del cromo hexavalente mediante ácido ascórbico implica la reducción al cromo trivalente, que tiene una menor toxicidad, y la formación compleja subsiguiente de las especies trivalentes.

### Trabajos de hormigón y hormigón armado

Para fabricar el hormigón, se mezclan áridos, como arena y grava, con cemento y agua en hormigoneras horizontales o verticales, movidas a motor, de diversas capacidades, instaladas generalmente a pie de obra, aunque a veces resulta más económico el empleo de hormigón premezclado traído y depositado en un silo en obra. A este fin, las plantas de mezcla de hormigón se instalan en la periferia de las ciudades o cerca de las graveras. Para evitar la disgregación de los componentes de la mezcla, lo cual reduciría la resistencia de las estructuras de hormigón, el transporte se realiza en camiones especiales con tambor giratorio.

Para transportar el hormigón premezclado desde el camión hormigonera o desde el silo hasta la estructura, se emplean grúas torre o elevadores. El tamaño y altura de ciertas estructuras puede requerir también, para el transporte y vertido del hormigón premezclado, la utilización de bombas de hormigón. Hay bombas que elevan el hormigón hasta alturas de 100 metros. Dado que la capacidad de las bombas es mucho mayor que la de las grúas o elevadores, estas bombas se utilizan

en especial para la construcción de pilares altos, torres y silos con ayuda de encofrados deslizantes. Las bombas de hormigón suelen ir montadas sobre un camión, y los camiones de tambor giratorio empleados para el transporte del hormigón premezclado van frecuentemente equipados con bombas de hormigón, lo que permite suministrar el hormigón directamente desde la instalación de mezcla sin pasar por un silo.

### Encofrados

Los encofrados han seguido un desarrollo técnico que ha sido posible gracias a la disponibilidad de grúas torre mayores, dotadas de plumas más largas y de mayor capacidad, no siendo ya necesario construir los encofrados "in situ".

Existen encofrados prefabricados de hasta 25 m<sup>2</sup>, especialmente para la construcción de estructuras verticales, tales como fachadas y paredes divisorias de grandes edificios residenciales e industriales. Estos elementos de encofrado tienen una armadura de acero, están prefabricados en un taller a pie de obra o en una industria especializada, y están forrados de chapa metálica o paneles de madera. Estos elementos se manejan por medio de una grúa y se retiran después de que el hormigón haya fraguado. Según el método de construcción que se siga, los paneles de encofrado prefabricado se bajan al suelo para limpiarlos o se llevan a la siguiente sección de muro preparada para el hormigonado.

Las denominadas mesas de encofrado se emplean para construir estructuras horizontales (p. ej., forjados de suelo para grandes edificios). Estas mesas están formadas por varios elementos estructurales de acero y se pueden ensamblar para formar suelos de distinta superficies. La parte superior de la mesa (es decir, el encofrado del forjado propiamente dicho), se hace descender, una vez fraguado el hormigón, por medio de gatos mecánicos o hidráulicos. Para colocar las mesas, llevarlas al piso siguiente y situarlas en posición se han ideado útiles especiales en forma de pico de ave.

Los encofrados deslizantes o trepantes se emplean para construir torres, silos, pilares de puente y estructuras altas similares. En estos casos se prepara "in situ" un único elemento de encofrado; su sección transversal es igual a la de la estructura a construir y su altura puede variar entre 2 y 4 metros. Las superficies del encofrado en contacto con el hormigón están revestidas de chapas de acero y el conjunto del elemento va unido a unos dispositivos de izado mediante gatos. Como guías de izado se utilizan barras de acero verticales ancladas en el hormigón. El encofrado deslizante es empujado hacia arriba por los gatos, a medida que el hormigón va fraguando, y la colocación de la armadura y el hormigonado prosiguen sin interrupción. Esto significa que el trabajo debe proseguir, día y noche, sin interrupción.

Los encofrados trepantes se diferencian de los deslizantes en que van anclados al hormigón por medio de pasadores roscados. Tan pronto como el hormigón vertido fragua hasta alcanzar la resistencia requerida, se retiran los anclajes roscados, se sube el encofrado a la siguiente altura a hormigonar, se ancla y se prepara para el vertido de hormigón.

Los llamados carros de encofrado se emplean frecuentemente en obra civil, en particular para construir tableros de puentes. El carro de encofrado sustituye a las muy complicadas cimbras, especialmente al construir puentes o viaductos de una longitud considerable. Los encofrados del tablero del puente correspondientes a la longitud de un tramo se montan sobre una armadura de acero, de forma que los distintos elementos del encofrado se pueden colocar en posición por medio de gatos y desmontarse lateralmente o hacia abajo cuando el hormigón haya fraguado. Una vez terminado el tramo se hace avanzar la estructura de soporte una longitud igual a la de un tramo, se

vuelven a fijar los elementos de encofrado en posición y se hormigona el siguiente tramo.

Cuando se construye un puente utilizando la técnica llamada en voladizo, la estructura de soporte del encofrado es mucho más corta que la que se acaba de mencionar. Esta no se apoya sobre el pilar siguiente del puente, sino que debe anclarse en voladizo. Esta técnica, que se emplea generalmente para puentes muy altos, a menudo utiliza dos estructuras de este tipo, las cuales avanzan por etapas desde los pilares situados a ambos lados del vano.

El hormigón pretensado se emplea principalmente en la construcción de puentes, pero también en la construcción de estructuras de edificios de diseño especial. Los cordones formados por cables de acero en vainas de chapa de acero o de plástico se dejan embebidos en el hormigón al mismo tiempo que las armaduras de refuerzo. Los extremos de los cordones o tendones están provistos de placas de tesado, de modo que los elementos de hormigón pretensado puedan ser tensados con la ayuda de gatos hidráulicos antes de aplicar las cargas sobre ellos.

### **Elementos prefabricados**

Las técnicas de construcción de los grandes edificios residenciales, puentes y túneles se han racionalizado aún más a base de prefabricar elementos tales como losas para suelos, muros, vigas de puente, etc., en una factoría especial de elementos de hormigón o a pie de obra. Los elementos prefabricados, que después se montan en la obra, eliminan el montaje, traslado y desmontaje de encofrados y andamios muy complicados, y se evita una gran cantidad de trabajo peligroso en altura.

### **Armaduras de refuerzo**

Generalmente las armaduras de refuerzo se entregan en obra cortadas y dobladas de acuerdo con los planos y listas de despiece. Las armaduras de refuerzo se unen unas con otras mediante atado o soldadura, formando jaulas o enrejados, que se colocan en los encofrados antes de verter el hormigón, en caso de prefabricar los elementos de hormigón en obra o en la factoría.

## **Estudios de casos: Prevención de las dermatosis profesionales entre los trabajadores expuestos al polvo de cemento.**

La forma más corriente de dermatosis profesional que se da entre los trabajadores de la construcción está causada por la exposición al cemento. Según el país, del 5 al 15 % de los trabajadores de la construcción —la mayoría de ellos, albañiles— contraen algún tipo de dermatosis a lo largo de su vida laboral. La exposición al cemento origina dos tipos de dermatosis: (1) dermatitis crónica por contacto, que consiste en una irritación local de la piel expuesta al cemento húmedo; y (2) dermatitis alérgica por contacto, que es una reacción cutánea alérgica generalizada producida por la exposición a la adición de cromo hidrosoluble que se encuentra en la mayoría de los cementos. Un kilogramo de polvo normal de cemento contiene de 5 a 10 mg de cromo hidrosoluble. El cromo tiene su origen en la materia prima y en el proceso de producción (principalmente de las estructuras de acero empleadas en el proceso).

La dermatitis alérgica por contacto es crónica e induce fatiga. Si no se trata adecuadamente, puede llegar a reducir la productividad del trabajador y, en muchos casos, puede ser la causa de su jubilación prematura. En los decenios de 1960 y 1970, la dermatitis causada por el cemento fue la causa más comúnmente reseñada de jubilación prematura entre los trabajadores de la construcción en los países escandinavos. Por esta razón, se acometieron procedimientos técnicos e higiénicos para evitar la dermatitis por el cemento. En 1979, científicos daneses sugirieron que la reducción del cromo hexavalente hidrosoluble a cromo trivalente insoluble mediante la adición de sulfato ferroso durante la fabricación podría evitar la dermatosis producida por el cromo (Fregert, Gruvberger y Sandahl 1979).

En 1983, Dinamarca aprobó una legislación que exigía el uso de cemento con menores niveles de cromo hexavalente. A principios de 1987, le siguió Finlandia con una medida legislativa similar y, en 1989 y 1993, respectivamente, Suecia y Alemania adoptaron decisiones administrativas análogas. En estos cuatro países se determinó que el contenido aceptado de cromo hidrosoluble en agua fuera inferior a 2 mg/kg.

Antes de la decisión finlandesa en 1987, el Consejo de Protección de los Trabajadores quiso evaluar la frecuencia de la

dermatitis crónica en Finlandia. El Consejo solicitó del Instituto Finlandés de Salud en el Trabajo el control de la incidencia de dermatosis profesional entre los trabajadores de la construcción, para evaluar la efectividad de la adición de sulfato ferroso al cemento para evitar la dermatitis producida por el cromo. El Instituto se basó para ello en los datos del Registro finlandés de enfermedades laborales desde 1978 hasta finales de 1992. Los resultados indicaron que la dermatitis en las manos inducida por el cromo había desaparecido prácticamente entre los trabajadores de la construcción, mientras que la incidencia de dermatitis por contacto tóxico había permanecido invariable durante el período estudiado (Roto y otros 1996).

En Dinamarca sólo se detectó un caso de sensibilización a los cromatos a causa del cemento en un total de 4.511 pruebas realizadas entre 1989 y 1994 con los pacientes de un hospital dermatológico; de ellos, 34 eran trabajadores de la construcción. El número de casos positivos de exposición al cromato entre los trabajadores de la construcción esperado era de 10 entre cada 34 sujetos (Zachariae, Agner y Menn J1996).

Cada vez parece más claro que la adición de sulfato ferroso al cemento evita la sensibilización al cromato entre los trabajadores de la construcción. Además, nada indica que la adición de sulfato ferroso al cemento comporte efectos negativos para la salud de los trabajadores expuestos. El proceso es viable desde el punto de vista económico y las propiedades del cemento no se alteran. Se ha calculado que la adición de sulfato ferroso al cemento encarece los costes de producción a razón de 1 dólar estadounidense por tonelada. El efecto reductor del sulfato ferroso dura 6 meses; el producto debe mantenerse seco porque la humedad neutraliza su efecto.

La adición de sulfato ferroso al cemento no cambia su alcalinidad. Por tanto, los trabajadores deben usar una protección adecuada para la piel. En cualquier circunstancia, los trabajadores de la construcción deben evitar el contacto del cemento húmedo con la piel desnuda. Esta precaución es particularmente importante al iniciarse la producción del cemento, cuando los pequeños ajustes de los elementos moldeados se hacen manualmente.

**Pekka Roto**

### Prevención de accidentes

La mecanización y racionalización han eliminado muchos de los riesgos tradicionales en las obras de construcción, pero también han creado nuevos peligros. Así, las muertes debidas a caídas de altura han disminuido considerablemente gracias al uso de carros de encofrado, estructuras de soporte de encofrados para la construcción de puentes y otras técnicas. Esto es debido al hecho de que las plataformas de trabajo y las pasarelas con sus barandillas se montan una sola vez y se trasladan junto con el carro de encofrado mientras que en el sistema tradicional de encofrados a menudo se da poca importancia a las barandillas de protección. Por otra parte, los riesgos mecánicos aumentan y los eléctricos son particularmente graves en ambientes húmedos. Los riesgos de salud son debidos al propio cemento, a los aditivos para su fraguado o impermeabilización y a los lubricantes empleados para los encofrados.

A continuación se comentan algunas medidas de prevención importantes que se han de tomar en distintas operaciones.

### Mezcla del hormigón

Dado que el hormigón se mezcla casi siempre a máquina, deberá prestarse atención especial al diseño y disposición de los mandos eléctricos y de las tolvas de carga de las hormigoneras. En particular, al limpiar las hormigoneras puede ocurrir que se accione inadvertidamente un interruptor, poniendo en marcha el tambor o la tolva y causando lesiones al trabajador correspondiente. Por tanto, los interruptores deberán estar protegidos y dispuestos de tal manera que no exista posibilidad de error. Si fuera necesario, deberán estar enclavados o dispondrán de cerradura. Las cucharas de carga deberán estar exentas de zonas peligrosas para el operario de la hormigonera y para los trabajadores que se muevan por zonas de paso próximas. También habrá que asegurarse de que los operarios que limpien los fosos bajo la cuchara de la tolva de carga no se lesionen debido a un descenso accidental de la cuchara.

Los silos para áridos, en especial los de arena, encierran peligros de accidentes mortales. Por ejemplo, los trabajadores que entran en un silo sin una persona que les ayude y sin cinturón de seguridad y cuerda salvavidas pueden caer y quedarse enterrados en el material suelto. Por tanto, los silos deberán estar equipados con vibradores y plataformas desde las cuales se pueda empujar la arena adherida, y deberán colocarse los correspondientes avisos de precaución. No deberá permitirse la entrada de nadie dentro del silo sin estar acompañado de otra persona que le ayude.

### Manipulación y colocación del hormigón

La adecuada distribución de los puntos de trasvase de hormigón y el equipamiento de éstos con espejos y jaulas para recibir los cubos, evitan el peligro de lesionar a un obrero que, en caso contrario, debe extender el brazo para coger el cubo y guiarlo a su posición adecuada.

Los silos de trasvase con elevación hidráulica deberán asegurarse de modo que no se pueda producir su caída súbita por rotura de una tubería.

Cuando se tenga que colocar el hormigón en los encofrados por medio de cubos suspendidos del gancho de la grúa o por bombeo, se instalarán plataformas de trabajo equipadas con barandillas. Las personas que manejen las grúas deberán ser instruidas para este tipo de trabajo y deberán tener una visión normal. Cuando se trate de distancias largas, se tendrá que utilizar una comunicación telefónica bidireccional o a base de walkie-talkies.

Cuando se empleen bombas de hormigón con tuberías y mástiles, deberá prestarse especial atención a la estabilidad de la instalación. Los camiones (mezcladores) con bombas de

hormigón incorporadas deberán estar equipados con interruptores enclavados que impidan la puesta en marcha de dos operaciones simultáneamente. Los agitadores deberán estar protegidos de forma que el personal que los maneja no pueda entrar en contacto con las partes móviles. Las cestas para recoger la bola de goma que se lanza a presión por la tubería para su limpieza después del vertido de hormigón, se sustituyen hoy en día por dos codos dispuestos en direcciones opuestas. Estos codos absorben casi toda la presión que se necesita para empujar la bola a través de la tubería, y no sólo eliminan el efecto de latigazo en el extremo de la tubería, sino que además evitan que la bola salga disparada por el extremo de la misma.

Al utilizar camiones agitadores en combinación con máquinas de hormigonado y equipos de elevación, deberá prestarse especial atención al tendido eléctrico. Las líneas eléctricas deberán aislarse o protegerse con armaduras en toda la zona de trabajo para excluir cualquier contacto accidental, a menos que puedan ser desplazadas. Es importante ponerse en contacto con la compañía eléctrica.

### Encofrados

Son comunes las caídas durante el montaje de los encofrados tradicionales formados por maderas escuadradas y tableros, debido a que, a menudo, se desprecian las necesarias barandillas y rodapiés para las plataformas de trabajo que se han de utilizar sólo durante cortos períodos de tiempo. Actualmente, para acelerar el montaje de los encofrados se utilizan estructuras de soporte de acero, pero en estos casos tampoco se instalan las barandillas y rodapiés de que están provistos, con el pretexto de que sólo se necesitan durante un tiempo muy corto.

Los paneles para encofrados en madera contrachapada, cuyo empleo se extiende cada vez más, ofrecen la ventaja de montarse fácil y rápidamente. Sin embargo, después de varios usos, con frecuencia se utilizan de manera inadecuada como plataformas para andamios improvisados a toda prisa, y generalmente se olvida que las distancias entre los travesaños de apoyo deberían reducirse considerablemente en comparación con los tableros normales. Los accidentes producidos por rotura de paneles de encofrado utilizados de forma inadecuada como plataformas de andamio, siguen siendo bastante frecuentes.

Cuando se utilicen elementos de encofrado prefabricados, deberán tenerse en mente dos riesgos fundamentales. Estos elementos se deben almacenar de modo que no puedan volcarse. Además, como no siempre es posible almacenar horizontalmente los elementos de encofrado, éstos deberán asegurarse por medio de puntales. Los elementos de encofrado equipados permanentemente con plataformas, barandillas y rodapiés facilitan su sujeción por eslingas al gancho de la grúa, además de su montaje y desmontaje sobre la estructura que se está construyendo. Estas plataformas constituyen un lugar de trabajo seguro para el personal y eliminan la necesidad de disponer de plataformas de trabajo para el vertido de hormigón. Para que el acceso a las plataformas sea más seguro podrán añadirse escaleras fijas. En particular, en caso de encofrados deslizantes o trepantes, deberán usarse andamios y plataformas de trabajo con barandillas y rodapiés permanentemente fijados a los elementos de encofrado.

La experiencia muestra que prácticamente no se producen accidentes debidos a caídas cuando no se tienen que improvisar o montar rápidamente las plataformas de trabajo.

Desgraciadamente, los elementos de encofrado equipados con barandilla no se pueden emplear en todas partes, y, en particular, en la construcción de edificios pequeños de tipo residencial.

Al trasladar los elementos del encofrado desde el lugar de almacenamiento a la estructura, deberán utilizarse aparejos de

izado, como eslingas y separadores, de tamaño y resistencia adecuados. Cuando el ángulo de las ramas de la eslinga sea demasiado grande, las piezas de encofrado deberán manejarse con ayuda de separadores.

Los trabajadores que limpian los encofrados están expuestos a un riesgo para la salud que generalmente no se tiene en cuenta: el empleo de muelas portátiles para quitar los residuos de hormigón adheridos a la superficie del encofrado. Los análisis del polvo que se desprende durante este esmerilado han mostrado que contiene un alto porcentaje de partículas respirables y de sílice. Por tanto, deberán tomarse medidas para controlar el polvo (p. ej., muelas portátiles con dispositivos extractores acoplados a una unidad filtrante o un taller cerrado para la limpieza de tableros de encofrado con ventilación a base de extractores).

#### Montaje de elementos prefabricados

En la propia factoría deberá utilizarse un equipo especial de elevación, de forma que los elementos puedan moverse y manipularse con seguridad y sin producir ningún tipo de lesión a los trabajadores. Los pernos de anclaje embutidos en el hormigón facilitan el trabajo no sólo en la factoría, sino también en el lugar de montaje. Los elementos grandes deberán levantarse con ayuda de separadores y eslingas de cable cortas, para evitar que se doblen los pernos de anclaje a causa de cargas oblicuas. Si se aplica a los pernos una carga oblicua, el hormigón podrá desconcharse y los pernos se soltarán. La utilización de un aparejo de elevación inadecuado ha sido causa de graves accidentes como consecuencia de la caída de elementos de hormigón.

Para el transporte por carretera de elementos prefabricados tendrán que utilizarse vehículos adecuados. Las piezas prefabricadas tendrán que asegurarse mediante soportes adecuados para que no se pueda producir su vuelco o deslizamiento; por ejemplo, en caso de que el conductor tenga que hacer un frenazo brusco. Las indicaciones del peso expuestas de modo bien visible sobre los elementos facilitarán la tarea al operario de la grúa durante su carga, descarga y montaje en obra.

El equipo de elevación en obra deberá elegirse y manejarse de forma adecuada. Todas las vías de circulación deberán mantenerse en buenas condiciones para evitar el vuelco de los vehículos cargados en sus desplazamientos.

Para el montaje de las piezas deberán erigirse plataformas de trabajo que protejan al personal de caídas desde las alturas. Antes de recurrir a los equipos de protección individual (EPI) deberán considerarse todos los medios posibles de protección colectiva, tales como andamios, redes de seguridad y grúas de pórtico móviles instaladas antes de la terminación del edificio. Por supuesto, es posible equipar a los trabajadores con cinturones de seguridad y cuerdas salvavidas, pero la experiencia ha demostrado que hay trabajadores que sólo utilizan este equipo cuando se les obliga a ello bajo una constante vigilancia. Las cuerdas salvavidas resultan, sin duda, un estorbo al efectuar ciertos trabajos, y algunos trabajadores se precian de ser capaces de trabajar a grandes alturas sin ninguna protección.

Antes de comenzar el proyecto de una construcción prefabricada, el arquitecto, el fabricante de los elementos prefabricados y el contratista deberán reunirse para discutir y estudiar la ejecución y la seguridad de todas las operaciones. Si se conocen de antemano las modalidades de manipulación y elevación que habrá disponibles en la obra, los elementos de hormigón podrán ir provistos, desde la propia fábrica, de elementos de sujeción para barandillas y rodapiés.

Los elementos de forjado, por ejemplo, podrán venir equipados con barandillas y rodapiés prefabricados, fácilmente fijados en fábrica en sus bordes de fachada, antes de ser izados hasta su emplazamiento. Los elementos de pared

correspondientes a esa losa de forjado podrán montarse con seguridad, porque los trabajadores estarán protegidos por las barandillas.

Para el montaje de ciertas estructuras industriales altas, las plataformas de trabajo móviles se elevan hasta su sitio por medio de grúas y se cuelgan de pernos de suspensión empotrados en la propia estructura. En tales casos puede ser más seguro trasladar a los trabajadores hasta la plataforma por medio de una grúa (que deberá tener unas características de alta seguridad y que deberá ser manejada por un operario cualificado), que utilizar andamios o escaleras improvisados.

Durante el postensado de los elementos de hormigón deberá prestarse atención al diseño de los cuellos para el postensado, los cuales deberán permitir aplicar, hacer funcionar y quitar los gatos de tesado, sin ningún riesgo para el personal. Para los trabajos de postensado, bajo los tableros de puentes o dentro de los elementos tipo cajón, deberán disponerse ganchos de suspensión para los gatos tensores o aberturas para el paso del cable de la grúa. Este tipo de trabajo requiere también disponer de plataformas de trabajo con barandillas, etc. El suelo de la plataforma deberá ser suficientemente bajo, para poder dejar un amplio espacio de trabajo y permitir un manejo seguro del gato. No deberá permitirse el paso de personas por detrás del gato tensor debido a los graves accidentes que se podrían producir por la gran cantidad de energía liberada en caso de rotura de un elemento de anclaje o de un tendón de acero. Los trabajadores también deberán evitar situarse delante de las placas de anclaje hasta que la lechada inyectada a presión dentro de las vainas de los tendones no haya fraguado. Dado que la bomba de lechada está conectada al gato por medio de tubos hidráulicos, durante el tensado, no se permitirá la permanencia de personas en la zona comprendida entre la bomba y el gato. También es muy importante una perfecta comunicación entre los operarios y de éstos con el supervisor.

#### Formación

A la vista de la creciente mecanización y del empleo de gran utilidad de tipos de máquinas, instalaciones y sustancias, adquiere cada vez mayor importancia la formación a fondo de quienes manejan el equipo en particular y de todo el personal de obra en general. Si se quiere disminuir el número de accidentes en las obras de construcción, los trabajadores o ayudantes inexpertos sólo deberán utilizarse en casos excepcionales.

## ASFALTO

*John Finklea*

Los asfaltos generalmente pueden definirse como complejas mezclas de componentes químicos de alto peso molecular, predominantemente asfaltenos, hidrocarburos cíclicos (aromáticos o nafténicos) y una cantidad menor de componentes saturados de baja reactividad química. La composición química de los asfaltos depende tanto del petróleo crudo original como del proceso utilizado durante el refinado. Los asfaltos derivan predominantemente de los petróleos crudos, especialmente del petróleo crudo de residuo más pesado. El asfalto también se puede encontrar en depósitos naturales, donde es habitualmente el residuo resultante de la evaporación y oxidación del petróleo líquido. Tales depósitos se encuentran en California, China, la Federación Rusa, Suiza, Trinidad y Tobago y Venezuela. A temperatura ambiente, los asfaltos no son volátiles y cuando se calientan se ablandan gradualmente. El asfalto no debe confundirse con el alquitrán, que es física y químicamente diferente.



Los asfaltos tienen una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo la pavimentación de calles, carreteras y aeropuertos, materiales para cubiertas, impermeabilización y aislamiento, revestimiento de canales y depósitos de riego; y también el revestimiento de presas y diques. El asfalto constituye también un valioso ingrediente de algunas pinturas y barnices. Se estima que la producción anual de asfalto supera actualmente en todo el mundo los 60 millones de toneladas, de las que más del 80 % se emplean para las necesidades de construcción y mantenimiento y más del 15 % para material de cubiertas.

Las mezclas asfálticas para la construcción de carreteras se preparan calentando y secando mezclas de árido machacado clasificado (calizo o granítico), arena y material de relleno en primer lugar y, a continuación, mezclándolas con un betún de penetración, denominado en Estados Unidos asfalto de destilación directa. Este proceso se ejecuta en caliente. El asfalto también se calienta mediante llama de propano para su aplicación a una calzada.

### Exposiciones y riesgos

Se han efectuado mediciones de la exposición a las partículas de hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH) en diferentes ambientes. La mayoría de los PAH detectados estaban compuestos de derivados de naftaleno, que no se encuentran entre los compuestos de cuatro a seis anillos, que son los que ofrecen una mayor probabilidad de riesgo carcinógeno significativo. En las unidades de procesamiento de asfalto de las refinerías, los niveles PAH respirables variaron desde cantidades no detectables hasta 40 mg/m<sup>3</sup>. En el proceso de llenado de bidones, las muestras tomadas en la zona al cabo de 4 horas de inspiración variaron desde 1,0 mg/m<sup>3</sup> con viento contrario hasta 5,3 mg/m<sup>3</sup> con viento favorable. En las plantas de hormigón asfáltico, las exposiciones a compuestos orgánicos solubles en benceno oscilaron entre 0,2 y 5,4 mg/m<sup>3</sup>. Durante los trabajos de pavimentación, las exposiciones a PAH inhalable variaron desde menos de 0,1 mg/m<sup>3</sup> a 2,7 mg/m<sup>3</sup>. También se pueden producir exposiciones dignas de consideración entre los trabajadores, durante la fabricación y colocación de los materiales asfálticos para cubiertas. Existe escasa información referente a exposiciones a los humos de asfalto en otras situaciones industriales o durante la aplicación o utilización de los productos asfálticos.

El manejo del asfalto caliente puede causar graves quemaduras, debido a que es pegajoso y no se quita fácilmente de la piel. La principal preocupación, desde el punto de vista toxicológico industrial, es la irritación de la piel y de los ojos por los humos del asfalto caliente. Estos humos pueden causar dermatitis y lesiones parecidas al acné, así como queratosis ligera en caso de exposiciones repetidas y prolongadas. Los humos amarillo-verdosos desprendidos por el asfalto al hervir también pueden causar fotosensibilización y melanosis.

Aunque todos los materiales asfálticos son aptos para la combustión si se calientan suficientemente, los cementos asfálticos y los asfaltos oxidados no arderán normalmente, a menos que su temperatura se eleve unos 260 °C. La inflamabilidad de los asfaltos líquidos depende de la volatilidad y cantidad de petróleo disolvente añadido al material de base. Por ello, los asfaltos líquidos de curado rápido presentan el mayor riesgo de incendio, que disminuye progresivamente con los tipos de curado medio y bajo.

A causa de su insolubilidad en medios acuosos y del alto peso molecular de sus componentes, el asfalto tiene un nivel de toxicidad bajo.

Los efectos sobre el árbol traqueobronquial y los pulmones de los ratones al inhalar un aerosol de asfalto y, en otro grupo que inhaló humo de asfalto calentado, dieron lugar a congestión,

### Clases de betunes/asfaltos

Clase 1: Los betunes de penetración se clasifican por su grado de penetración. Son, generalmente, el producto residual de la destilación atmosférica del petróleo crudo aplicando una posterior destilación al vacío, una oxidación parcial (rectificación al aire), una precipitación por disolventes o una combinación de dichos procesos. En Australia y Estados Unidos, los betunes de unas características aproximadas a las antes descritas reciben el nombre de cementos asfálticos o asfaltos de viscosidad graduada, y se especifican sobre la base de la medición de su viscosidad a 60 °C.

Clase 2: Los betunes oxidados se clasifican por su punto de reblandecimiento y grado de penetración. Se producen haciendo pasar aire a través del betún blando y caliente en condiciones de temperatura controladas. Este proceso altera las características del betún, al reducir su susceptibilidad a la temperatura y aumentar su resistencia a diferentes esfuerzos aplicados. En Estados Unidos, los betunes producidos con aire soplado se conocen como asfaltos soplados por aire o asfaltos de trabajo, y son similares a los betunes oxidados.

Clase 3: Los betunes fluidificados (cutback) se producen mezclando betunes de penetración y betunes oxidados con disolventes volátiles adecuados procedentes del petróleo crudo, tales como el éter etílico, queroseno o gasóleo, para reducir su viscosidad y hacerlos más fluidos y fáciles de manejar. Cuando el disolvente se evapora, se recuperan las propiedades iniciales del betún. En los Estados Unidos estos asfaltos se denominan a veces asfaltos de carretera.

Clase 4: Los betunes duros se clasifican normalmente por su punto de reblandecimiento. Se fabrican de manera similar a los betunes de penetración, pero su grado de penetración es inferior y su punto de reblandecimiento es más elevado (es decir, son más frágiles).

Clase 5: Las emulsiones bituminosas son finas dispersiones de gotas de betún (de las clases 1, 3 o 6) en agua. Se fabrican usando batidoras de alta velocidad, como los molinos coloidales. El contenido de betún puede oscilar entre el 30 y el 70 % en peso. Las emulsiones pueden ser aniónicas, catiónicas o neutras. En Estados Unidos se denominan asfaltos emulsionados.

Clase 6: Los betunes mezclados o fluxados pueden fabricarse mezclando betunes (principalmente, de penetración) con extractos de disolventes (subproductos aromáticos del refinado del petróleo crudo), con residuos termofisurados del petróleo pesado, o con ciertos productos destilados del petróleo pesado con un punto de ebullición final superior a 350 °C.

Clase 7: Los betunes modificados contienen cantidades apreciables (normalmente del 3 al 15 % en peso) de aditivos especiales, como polímeros, elastómeros, sulfuros y otros productos usados para modificar sus propiedades; se emplean para aplicaciones especiales.

Clase 8: Los betunes térmicos se fabricaban por destilación prolongada a altas temperaturas de residuos del petróleo. Actualmente ya no se fabrican ni en Europa ni en Estados Unidos.

Fuente: IARC1985.

bronquitis, neumonía, dilatación bronquial, cierta infiltración en las células redondas peribronquiales, formación de abscesos, pérdida ciliar, atrofia epitelial y necrosis. Los cambios patológicos fueron diferentes y algunos animales se mostraron relativamente refractarios al tratamiento. Se llegó a la conclusión de que estos cambios constituían un fenómeno general causado por respirar aire contaminado con hidrocarburos aromáticos, y que el grado de cambio depende de la dosis respirada. Los cobayas y

las ratas que respiraron humos de asfalto calentado mostraron efectos como neumonías crónicas fibrosas con adenomatosis peribronquial, y las ratas desarrollaron una metaplasia celular escamosa, pero ninguno de los animales presentó lesiones malignas.

Se han realizado pruebas sobre los efectos de la aplicación de asfaltos refinados al vapor a la piel de los ratones. Los asfaltos no disueltos, las disoluciones en benceno y una fracción de asfalto refinado al vapor produjeron tumores de la piel. En la aplicación de los asfaltos refinados al aire (oxidados) a la piel de los ratones, con el material sin diluir no se produjeron tumores cutáneos, pero en un experimento, un asfalto refinado al aire en un disolvente (tolueno) produjo tumores cutáneos tópicos. Dos asfaltos craqueados produjeron tumores cutáneos al aplicarlos a la piel de ratones. Una mezcla de asfaltos destilados al aire y al vapor en benceno produjo tumores en los puntos de aplicación de la piel de ratones. Una muestra de asfaltos refinados al aire calentado, inyectada subcutáneamente en los ratones, produjo algunos sarcomas en los puntos de inyección. Una mezcla de asfaltos destilados al aire y al vapor produjo sarcomas en los puntos de inyección subcutánea en los ratones. Asfaltos destilados al vapor inyectados intramuscularmente produjeron sarcomas locales en un experimento efectuado con ratas. Un extracto de asfalto del pavimento de una carretera y sus emisiones tuvieron efectos mutágenos en la *Salmonella typhimurium*.

No existen pruebas concluyentes de su carcinogénesis en las personas. Un grupo numeroso de trabajadores de cubiertas expuestos a betunes tanto asfálticos como de alquitrán mostró un riesgo superior de cáncer respiratorio. Asimismo, dos estudios daneses revelan un riesgo superior de cáncer de pulmón, pero algunos de los trabajadores habían estado expuestos también al alquitrán y, probablemente, eran más adictos al tabaco que el resto del grupo. Entre los trabajadores en carreteras en Minnesota (pero no en California) se apreciaron incrementos de cánceres urológicos y leucemia. Aunque los datos epidemiológicos de que se dispone hasta la fecha no bastan para demostrar con un grado razonable de certeza científica que el asfalto represente un riesgo de cáncer para las personas, existe un consenso generalizado de que, a la luz de estudios experimentales, tal riesgo es posible.

### Medidas de salud y seguridad

Ya que el asfalto calentado puede causar serias quemaduras en la piel, los que trabajan con él deben llevar ropas amplias, en buen estado, con el cuello cerrado y las mangas bien bajadas. Han de llevar protecciones en las manos y brazos. Los zapatos deben tener 15 cm de altura e ir abrochados de manera que no queden resquicios por los que el asfalto caliente pueda entrar en contacto con la piel. También es recomendable el uso de protecciones de cara y ojos cuando se maneja asfalto caliente. Es conveniente disponer de vestuarios para cambiarse la ropa, lavabos y duchas. En las plantas de trituración, donde se produce polvo, y en las calderas de cocción del asfalto de donde se escapan humos, ha de establecerse una ventilación por medio de extractores.

Las calderas de asfalto deben instalarse en un sitio seguro y bien nivelado, para evitar que puedan volcar. Los trabajadores han de situarse al lado de barlovento de las calderas. La temperatura del asfalto calentado debe comprobarse con frecuencia, para evitar un recalentamiento excesivo y un posible incendio. Si se acerca al punto de inflamación, se debe apagar inmediatamente el fuego de las calderas y alejar cualquier llama u otra fuente posible de ignición. Cuando se esté calentando el asfalto debe tenerse a mano un equipo de extinción. Para la extinción de los fuegos producidos por asfaltos, los extintores más

adecuados son los de dióxido de carbono y agentes químicos secos. Los extendedores de asfalto y el conductor de una máquina extendidora deben llevar máscaras de respiración de media cara con cartuchos para vapores orgánicos. Además, para evitar la ingestión involuntaria de materiales tóxicos, los trabajadores no deben comer, beber o fumar junto a una caldera.

Si el asfalto fundido toca la piel, debe enfriarse rápidamente con agua fría o con cualquier otro método recomendado por los médicos. Si la quemadura es extensa debe cubrirse con gasas estériles y llevar el paciente al hospital; las quemaduras menores deben ser examinadas por un médico. No deben usarse disolventes para quitar el asfalto de la carne quemada. Tampoco se debe intentar quitar las partículas de asfalto de los ojos; pero la víctima debe acudir inmediatamente al médico.

## GRAVA

*James L. Weeks*

La grava es un conglomerado suelto de piedra que ha sido extraída de un depósito superficial, del fondo de un río o se ha arrancado de una cantera y se ha machacado al tamaño requerido. La grava tiene multitud de empleos, entre ellos: balasto para vías férreas, carreteras, aceras y cubiertas; como material de relleno en el hormigón (a menudo para cimientos); en urbanización y jardinería; y como material filtrante.

Los principales riesgos de salud y seguridad para quienes trabajan con grava son la sílice portada por el aire, los problemas musculosqueléticos y el ruido. Muchos tipos de roca usados para la producción de grava desprenden, de modo natural, dióxido de silíce en forma de cristales libres. El contenido de sílice de los distintos tipos de roca sin machacar es variable y no es un indicador fiable del porcentaje de polvo de sílice contenido en una muestra de polvo. El granito contiene aproximadamente un 30 % en peso de sílice. El contenido de sílice libre en la caliza y el mármol es menor.

La sílice puede ser llevada por el aire durante las operaciones de cantera, serrado, machaqueo, clasificación y, en menor cuantía, al extender la grava. La generación de sílice en el aire puede evitarse, generalmente, mediante regado y rociado con agua, y, a veces, con sistemas de extracción local (SEL). Además de los trabajadores de la construcción, entre los trabajadores expuestos al polvo de sílice se incluyen los trabajadores de las canteras, los que construyen vías férreas y los que realizan trabajos de urbanización. La silicosis es más frecuente entre los trabajadores de canteras o de plantas de machaqueo que entre aquellos que trabajan con la grava como producto acabado. Se ha observado un elevado riesgo de mortalidad por neumocoinosis y otras enfermedades respiratorias no malignas entre una población de trabajadores en plantas de machaqueo de áridos en Estados Unidos.

Los problemas musculosqueléticos se pueden producir a causa de la carga, descarga o extendido manuales de la grava. Cuanto mayor sea el tamaño del árido y el de la herramienta que se utilice, más arduo se hace el manejo del material con las herramientas de mano. Se puede aminorar el riesgo de roturas y torceduras, haciendo que las tareas pesadas sean compartidas por dos o más trabajadores o mediante el uso de máquinas de tracción animal o mecánica. Las palas o rastrillos de un tamaño menor acarrear o mueven pesos menores que las de mayor tamaño y pueden reducir el riesgo de sufrir problemas musculosqueléticos.

El procesado y manipulación mecánicos de la piedra o la grava producen ruido. El machaqueo de la piedra mediante el

uso de molinos de bolas, genera ruidos y vibraciones considerables de baja frecuencia. El transporte de grava con tolvas metálicas inclinadas y su mezcla en tambores son dos operaciones ruidosas. Se puede amortiguar el ruido empleando materiales

fonoabsorbentes o fonorreflectantes para rodear el molino de bolas, utilizando tolvas forradas con madera u otro material fonoabsorbente (y duradero) o mediante el uso de tambores de mezcla con aislamiento acústico.

## Referencias

- Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). 1985. Polynuclear aromatic compounds, Part 4: Bitumens, coal tars and derived products, shale oils and soots. En *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans*. Vol. 35. Lyon: IARC.
- American Society of Mechanical Engineers (ASME). 1994. *Mobile and Locomotive Cranes: An American National Standard*. ASME B30.5-1994. Nueva York: ASME.
- Arbetsarkyddsstyrelsen (Junta Nacional Sueca de Seguridad y Salud en el Trabajo). 1996. Comunicación personal.
- Burkhart, G, PA Schulte, C Robinson, WK Sieber, P Vossen, K Ringen. 1993. Job tasks, potential exposures, and health risks of laborers employed in the construction industry. *Am J Ind Med* 24:413-425.
- California Department of Health Services. 1987. *California Occupational Mortality, 1979-81*. Sacramento, California: California Department of Health Services.
- Comisión de la Comunidad Europea. 1993. *Safety and Health in the Construction Sector*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Unión Europea.
- Comité Europeo de Normalización (CEN). 1994. EN 474-1. *Earth-moving Machinery—Safety—Part 1: General Requirements*. Bruselas: CEN.
- Commission on the Future of Worker-Management Relations. 1994. *Fact Finding Report*. Washington, DC: US Department of Labor.
- Consejo de la Comunidad Europea. 1988. *Directiva del Consejo de 21 diciembre 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre los productos de construcción (89/106/CEE)*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidad Europea.
- Consejo de la Comunidad Europea. 1989. *Directiva del Consejo de 14 de junio 1989 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas (89/392/CEE)*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidad Europea.
- Construction Safety Association of Ontario. 1992. *Construction Safety and Health Manual*. Toronto: Construction Safety Association of Canada.
- El Batawi, MA. 1992. Migrant workers. En *Occupational Health in Developing Countries*, dirigido por J Jeyaratnam. Oxford: Oxford University Press.
- Engholm, G, A Englund. 1995. Morbidity and mortality patterns in Sweden. *Occup Med: State Art Rev* 10:261-268.
- Fregert, S, B Gruvberger, E Sandahl. 1979. Reduction of chromate in cement by iron sulphate. *Contact Dermat* 5:39-42.
- Hinze, J. 1991. *Indirect Costs of Construction Accidents*. Austin, Texas: Construction Industry Institute.
- Hoffman, B, M Butz, W Coenen, D Waldeck. 1996. *Health and Safety at Work: System and Statistics*. Saint Augustin, Alemania: Hauptverband der gewerblichen berufsgeosensenschaften.
- Instituto Finés de Medicina del Trabajo. 1987. *Systematic Workplace Survey: Health and Safety in the Construction Industry*. Helsinki: Instituto Finés de Medicina del Trabajo.
- . 1994. *Asbestos Program, 1987-1992*. Helsinki: Instituto Finés de Medicina del Trabajo.
- Jack, TA, MJ Zak. 1993. *Results from the First National Census of Fatal Occupational Injuries, 1992*. Washington, DC: Bureau of Labor Statistics.
- Japan Construction Safety and Health Association. 1996. Comunicación personal.
- Kisner, SM, DE Fosbroke. 1994. Injury hazards in the construction industry. *J Occup Med* 36:137-143.
- Levitt, RE, NM Samelson. 1993. *Construction Safety Management*. Nueva York: Wiley & Sons.
- Markowitz, S, S Fisher, M Fahs, J Shapiro, PJ Landrigan. 1989. Occupational disease in New York State: A comprehensive reexamination. *Am J Ind Med* 16:417-436.
- Marsh, B. 1994. Chance of getting hurt is generally far higher at smaller companies. *Wall Street J*.
- McVittie, DJ. 1995. Fatalities and serious injuries. *Occup Med: State Art Rev* 10:285-293.
- Meridian Research. 1994. *Worker Protection Programs in Construction*. Silver Spring, Maryland: Meridian Research.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). 1982. ISO 7096. *Earth-moving Machinery—Operator Seat—Transmitted Vibration*. Ginebra: ISO.
- . 1985a. ISO 3450. *Earth-moving Machinery—Wheeled Machines—Performance Requirements and Test Procedures for Braking Systems*. Ginebra: ISO.
- . 1985b. ISO 6393. *Acoustics—Measurement of Airborne Noise Emitted by Earth-moving Machinery—Operator's Position—Stationary Test Condition*. Ginebra: ISO.
- . 1985c. ISO 6394. *Acoustics—Measurement of Airborne Noise Emitted by Earth-moving Machinery—Method for Determining Compliance with Limits for Exterior Noise—Stationary Test Condition*. Ginebra: ISO.
- . 1992. ISO 5010. *Earth-moving Machinery—Rubber-tired Machinery—Steering Capability*. Ginebra: ISO.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1995. *Safety, Health and Welfare on Construction Sites: A Training Manual*. Ginebra: OIT.
- Oxenburg, M. 1991. *Increasing Productivity and Profit through Health and Safety*. Sydney: CCH International.
- Pollack, ES, M Griffin, K Ringen, JL Weeks. 1996. Fatalities in the construction industry in the United States, 1992 and 1993. *Am J Ind Med* 30:325-330.
- Powers, MB. 1994. Cost fever breaks. *Engineering News-Record* 233:40-41.
- Ringen, K, A Englund, J Seegal. 1995. Construction workers. En *Occupational Health: Recognizing and Preventing Work-related Disease*, dirigido por BS Levy y DH Wegman. Boston, Massachusetts: Little, Brown and Co.
- Ringen, K, A Englund, L Welch, JL Weeks, JL Seegal. 1995. Construction safety and health. *Occup Med: State Art Rev* 10:363-384.
- Roto, P, H Saimio, T Reunala, P Laippala. 1996. Addition of ferrous sulfate to cement and risk of chromium dermatitis among construction workers. *Contact Dermat* 34:43-50.
- Saari, J, M Nasanen. 1989. The effect of positive feedback on industrial housekeeping and accidents. *Int J Ind Erg* 4:201-211.
- Schneider, S, E Johanning, J-L Bjlard, G Enghjalm. 1995. Noise, vibration, and heat and cold. *Occup Med: State Art Rev* 10:363-383.
- Schneider, S, P Susi. 1994. Ergonomics and construction: A review of potential in new construction. *Am Ind Hyg Assoc J* 55:635-649.
- Statistics Canada. 1993. *Construction in Canada, 1991-1993*. Report No. 64-201. Ottawa: Statistics Canada.
- Strauss, M, R Gleason, J Sugarbaker. 1995. Chest X-ray screening improves outcome in lung cancer: A reappraisal of randomized trials on lung cancer screening. *Chest* 107:270-279.
- Toscano, G, J Windau. 1994. The changing character of fatal work injuries. *Monthly Labor Review* 117: 17-28.
- Workplace Hazard and Tobacco Education Project. 1993. *Construction Workers' Guide to Toxics on the Job*. Berkeley, California: California Health Foundation.
- Zachariae, C, T Agner, JT Menn. 1996. Chromium allergy in consecutive patients in a country where ferrous sulfate has been added to cement since 1991. *Contact Dermat* 35:83-85.

## Otras lecturas recomendadas

- American National Standards Institute (ANSI). 1993a. *American Standard Safety Code for Elevators and Escalators*. Nueva York: ANSI.
- . 1993b. *Inspectors Manual for Electric Elevators*. Nueva York: ANSI.
- . 1994a. *Inspectors Manual for Elevators and Moving Walks*. Nueva York: ANSI.
- . 1994b. *Inspectors Manual for Hydraulic Elevators*. Nueva York: ANSI.
- Arbouw Foundation. 1994. *Atlas of Health and Work Perception in the Construction Industry*. Amsterdam: Arbouw Foundation.
- Bureau of Labor Statistics (BLS) 1993. *Fatal Workplace Injuries in 1991: A Collection of Data and Analysis*. Washington, DC: BLS.
- Canadian Standards Association (CSA). 1974. *CSA Standard Z150-1974: Safety Code for Mobile Cranes*. Ontario: CSA.
- Chiazze, L, DK Watkins, J Amsel. 1991. Asphalt and risk of cancer in man. *Br J Ind Med* 48:538-542.
- Construction Safety Association of Canada. 1985. *Hearing Protection for the Construction Industry*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario.
- Construction Safety Association of Ontario. 1989. *Workplace Hazardous Materials Information System (WHMIS) in Construction*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario.
- . 1992. *Construction Safety and Health Manual*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario.
- Dickie, DE and P Eng. 1975a. *Crane Handbook*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario.
- . 1975b. *Rigging Manual*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario.
- . 1982. *Mobile Crane Manual*. Toronto: Construction Safety Association of Ontario.
- Klein Tools. 1987. *Proper Use and Care of Hand Tools, Pliers, Screwdrivers, Wrenches, Striking and Struck Tools*. Chicago, Illinois: Klein Tools.
- MacCollum, DV. 1993. *Crane Hazards and Their Prevention*. Des Plaines, Illinois: American Society of Safety Engineers.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1977. *Criteria for a Recommended Standard—Occupational Exposure to Asphalt Fumes*. Cincinnati, Ohio: NIOSH.

- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 1988. *Hand and Power Tools*. Washington, DC: OSHA.
- Ontario Ministry of Labour. Undated. *Investigation Reports on Fatal Accidents in Ontario's Construction Industry*. Ottawa: Ontario Ministry of Labour. Unpublished.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1972. *Repertorio de Recomendaciones prácticas para Safe Construction and Installation of Electric Passenger, Goods and Service Lifts*. Ginebra: OIT.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 1995. *Guidelines on Medical Surveillance of Workers Exposed to Mineral Dusts*. Ginebra: OMS.
- Society of Automotive Engineers (SAE). 1995. *SAE Handbook: On-highway Vehicles and Off-highway Machinery*. Vol. 3. Warrendale, Pensilvania: SAE.
- Syracuse Research Corporation. 1985. *Monograph on Human Exposure to Chemicals in the Workplace: Asphalt*. Technical Report 85-188. Syracuse, Nueva York: Syracuse Research Corporation.