

Director del capítulo
LaMont Byrd

Sumario

Perfil general <i>LaMont Byrd</i>	102.2
Retos para la salud y la seguridad de los trabajadores en la industria del transporte y del almacenamiento <i>Leon J. Warsaw</i>	102.4
TRANSPORTE AEREO	
Operaciones aeroportuarias y de control del tráfico aéreo <i>Christine Proctor, Edward A. Olmsted y E. Eward</i>	102.6
Estudios de caso de controladores del tráfico aéreo en Estados Unidos e Italia <i>Paul A. Landsbergis</i>	102.9
Operaciones de mantenimiento de aeronaves <i>Buck Cameron</i>	102.12
Operaciones de vuelo de aeronaves <i>Nancy Garcia y H. Gartmann</i>	102.14
Medicina aeroespacial: efectos de la gravedad, la aceleración y la microgravedad en el entorno aeroespacial <i>Relford Patterson y Russell B. Rayman</i>	102.18
Helicópteros <i>David L. Huntzinger</i>	102.22
TRANSPORTE POR CARRETERA	
Conducción de camiones y autobuses <i>Bruce A. Millies</i>	102.24
Ergonomía de la conducción de autobuses <i>Alfons Grösbrink y Andreas Mahr</i>	102.26
Operaciones de suministro de combustible y mantenimiento de vehículos de motor <i>Richard S. Kraus</i>	102.29
Violencia en las gasolineras <i>Leon J. Warsaw</i>	102.35

TRANSPORTE FERROVIARIO

Explotaciones ferroviarias <i>Neil McManus</i>	102.37
Metros <i>George J. McDonald</i>	102.38

TRANSPORTE FLUVIAL Y MARITIMO

Transporte fluvial y marítimo e industrias marítimas <i>Timothy J. Ungs y Michael Adess</i>	102.45
--	--------

ALMACENAMIENTO

Almacenamiento y transporte de petróleo crudo, gas natural, productos de petróleo licuados y otras sustancias químicas <i>Richard S. Kraus</i>	102.51
Almacenamiento <i>John Lund</i>	102.71

● PERFIL GENERAL

LaMont Byrd

Forman parte de este sector las industrias que intervienen en el transporte de mercancías y pasajeros en todo el mundo. Su estructura es compleja y tiene una importancia vital para las economías a escala local, nacional y mundial.

Importancia económica

El sector del transporte es esencial para la viabilidad económica de los estados. Afecta de forma decisiva a factores de importancia económica como el empleo, la utilización de materias primas y bienes manufacturados, la inversión de capital público y privado y la generación de ingresos fiscales.

En la mayoría de los países industrializados, el transporte representa entre el 2 y el 12 % del empleo remunerado (OIT 1992). Sólo en Estados Unidos, el Departamento de Transporte significó que en 1993 unos 7,8 millones de trabajadores prestaban sus servicios en empresas de transporte por carretera (DOT 1995). La participación de este sector en el producto interior bruto (PIB) y en el empleo total tiende a reducirse a medida que aumenta la renta de cada país.

Asimismo, el transporte es un consumidor fundamental de materias primas y productos acabados en la mayor parte de los países industrializados. Por ejemplo, en Estados Unidos, el sector del transporte utiliza el 71 % del total del caucho producido, un

66 % de todo el petróleo refinado, un 24 % de todo el zinc, un 23 % de todo el cemento, y un 23 % del total del acero, un 11 % del total de cobre y el 16 % del total de aluminio (Sampson, Farris y Shrock 1990).

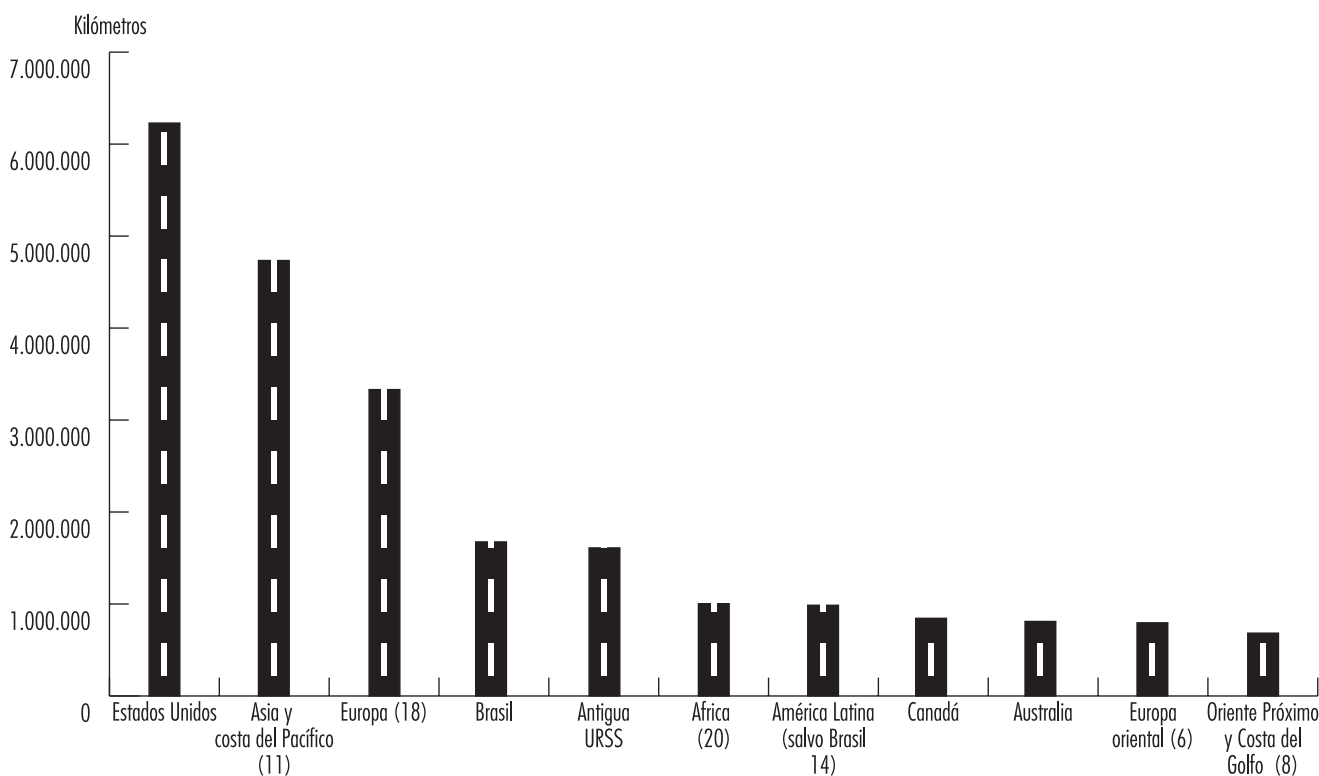
La inversión de capital con fondos públicos y privados en camiones, buques, aeronaves, aeropuertos y otros equipos e instalaciones sobrepasa ampliamente los centenares de miles de millones de dólares en los países industrializados.

Asimismo, el sector del transporte desempeña un papel esencial en la generación de ingresos en forma de los impuestos. En países industrializados, el transporte de pasajeros y de mercancías es objeto de fiscalización exhaustiva (Sampson, Farris y Shrock 1990; Gentry, Semeijn y Vellenga 1995). Habitualmente, estos impuestos gravan los carburantes, como la gasolina y el gasóleo, así como los fletes y los billetes para el transporte de pasajeros, y su cuantía anual es superior a centenares de miles de millones de dólares.

Evolución del sector

En las etapas primitivas del sector de transporte, la geografía condicionaba en gran medida la forma de transporte. A medida que se perfeccionó la tecnología de la construcción, pudieron superarse muchas de las barreras geográficas que limitaban el desarrollo de este sector. En consecuencia, las formas de transporte predominantes han evolucionado de acuerdo con la tecnología disponible.

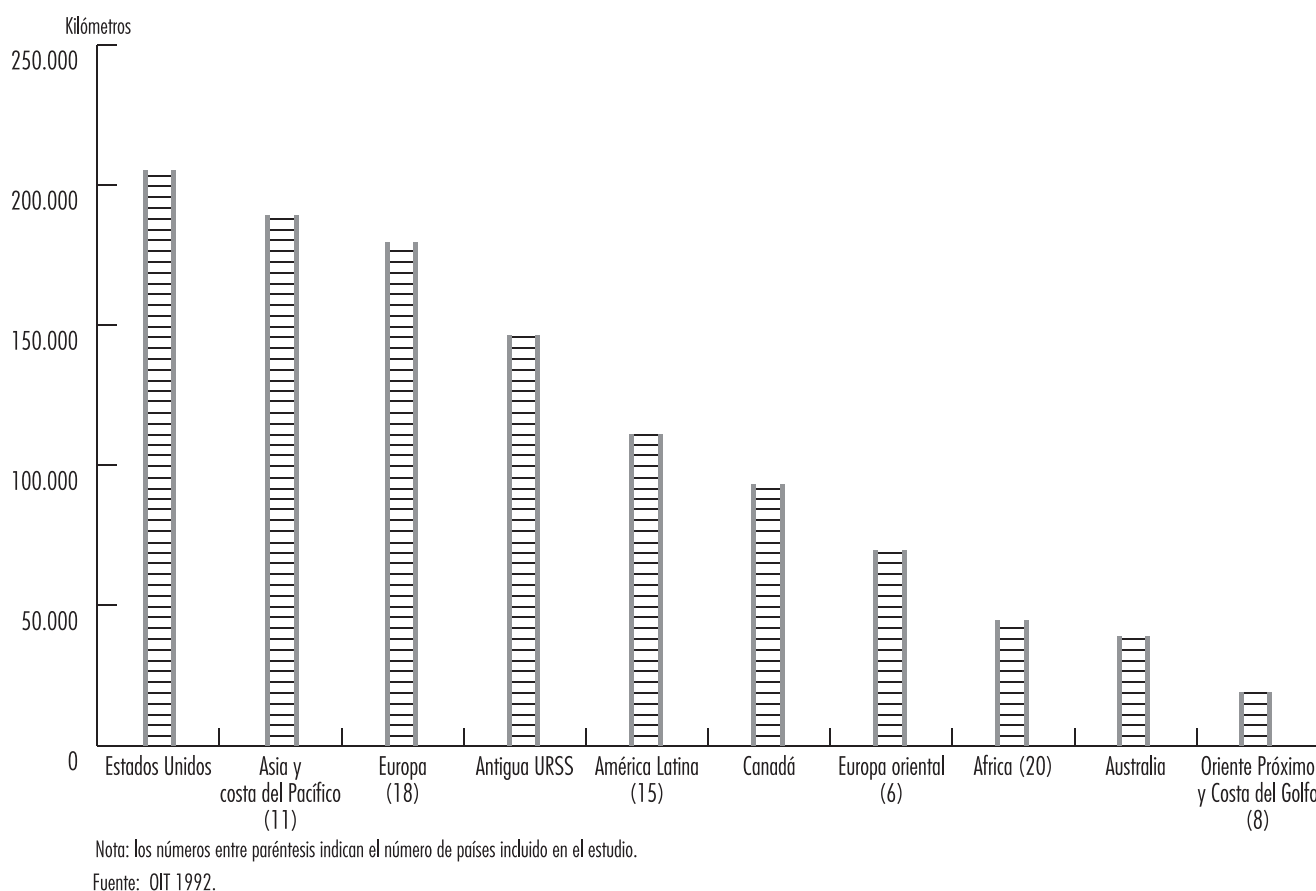
Figura 102.1 • Distribución de la red viaria mundial 1988–1989, en kilómetros.



Nota: los números entre paréntesis indican el número de países incluido en el estudio.

Fuente: OIT 1992.

Figura 102.2 • Distribución de la red ferroviaria mundial, 1988–1989, en kilómetros.



Antiguamente, el transporte marítimo constituía el medio fundamental para el transporte de mercancías y pasajeros. La navegación por los grandes ríos y la construcción de canales elevó sustancialmente el volumen de transporte interno a lo largo de estas vías. A finales del siglo XIX, el ferrocarril comenzó a imponerse como medio de transporte más utilizado. Debido a su capacidad intrínseca para superar barreras naturales como montañas y valles mediante el empleo de túneles y puentes, ofrecía la flexibilidad de la que carecían las vías fluviales. Además, a diferencia del transporte por estas vías, el ferrocarril apenas se ve afectado por las condiciones invernales.

Numerosos gobiernos nacionales se concienciaron de las ventajas estratégicas y económicas del transporte por ferrocarril. Así, se concedieron a las empresas de este subsector subvenciones públicas para facilitar la expansión de las redes ferroviarias.

A principios del siglo XX, el desarrollo del motor de combustión interna, combinado con la generalización del uso de vehículos motorizados popularizó el transporte por carretera como sistema de desplazamiento. Con el perfeccionamiento de las carreteras y autopistas, el transporte basado en la utilización de estas vías hizo posible la entrega de mercancías a domicilio. Esta flexibilidad es muy superior a la que pueden ofrecer el ferrocarril y las vías fluviales. Con el tiempo, debido a las mejoras en la

construcción de carreteras y en el motor de combustión original, el transporte por carretera evolucionó como un medio más rápido que el ferrocarril en muchas regiones del mundo. En consecuencia, esta forma de desplazamiento se ha convertido en la más utilizada para el transporte de mercancías y pasajeros.

El sector del transporte siguió evolucionando con la aparición de las aeronaves. La utilización de estos vehículos como medio de transporte de mercancías y pasajeros comenzó en la Segunda Guerra Mundial. Inicialmente, los aviones se empleaban fundamentalmente para transportar correo y soldados. No obstante, a medida que se perfeccionaron los métodos de construcción y aumentó el número de pilotos formados, el transporte aéreo se generalizó. En la actualidad, éste modo constituye un sistema rápido y seguro. No obstante, en términos de tonelaje total, el porcentaje de bienes transportados por vía aérea es muy reducido.

Estructura del sector

En general, la información sobre la estructura de los sistemas ferroviarios en los países industrializados es fiable y comparable (OIT 1992). Los datos correspondientes sobre redes de carreteras ofrecen menos garantías. En cuanto a la información relativa a la estructura de las vías fluviales, puede confiarse en su veracidad, ya que no se ha modificado sustancialmente en los últimos

Retos para la salud y la seguridad de los trabajadores en la industria del transporte y del almacenamiento

La industria del transporte y el almacenamiento se enfrenta a diversos retos en lo que respecta a la salud y la seguridad de los trabajadores. El personal dedicado a la carga y la descarga de mercancías, así como al almacenamiento, la colocación y la recuperación de materiales corren el riesgo de padecer de lesiones musculoesqueléticas, resbalones y caídas debidos a la existencia de superficies de trabajo inconsistentes, irregulares o resbaladizas, así como de ser golpeados por caída de objetos. Véase la Figura 102.3. Las personas encargadas del funcionamiento y el mantenimiento de vehículos y otro tipo de maquinaria no sólo son vulnerables a dichas lesiones, sino también a los efectos tóxicos de combustibles, lubricantes y humos de escape. Si no se tienen en cuenta los principios ergonómicos en el diseño de asientos, pedales y tableros de instrumentos, los conductores de trenes, aviones y vehículos de motor (los utilizados en almacenes y carreteras) no sólo podrán ser objeto de trastornos musculoesqueléticos y fatiga indebida, sino que también serán propensos a sufrir contratiempos que pueden dar lugar a accidentes.

Todos los trabajadores (así como la población en general) puede entrar en contacto con sustancias tóxicas en el caso de fugas, vertidos e incendios. Puesto que gran parte de las actividades se llevan a cabo en el exterior, el personal que presta sus servicios en los sectores del transporte y el almacenamiento se ve expuesto a condiciones meteorológicas extremas de calor, frío, lluvia, nieve y hielo, que hacen el trabajo más arduo y también más peligroso. Las tripulaciones aéreas deben adaptarse a los cambios de la presión barométrica. El ruido es un problema constante para los que conducen ciertos vehículos y los que trabajan cerca de éstos y otros equipos.

Estrés

Posiblemente, el riesgo más extendido en este sector es el estrés profesional. Sus causas son numerosas:

Adaptación a los horarios de trabajo. Muchos trabajadores del sector soportan la carga de tener que adaptarse al cambio de turnos, y las tripulaciones aéreas, que recorren grandes distancias de este a oeste y en dirección contraria, deben ajustarse a la modificación de los ritmos circadianos de su organismo. Estos dos factores pueden causar somnolencia y fatiga. El peligro de deficiencia funcional debido al cansancio ha llevado a estipular en leyes y reglamentos el número de horas y los turnos que pueden realizarse sin un período de descanso. En general, estas disposiciones son aplicables a las tripulaciones de aviación, las dotaciones de trenes y, en la mayoría de los países, a los conductores de camiones y autobuses. Muchos de los miembros de este último grupo son contratistas autónomos o empleados de pequeñas empresas y, con frecuencia, los motivos económicos les obligan a desobedecer estas normativas. Siempre se producen situaciones de emergencia a causa de problemas de tráfico, condiciones meteorológicas o accidentes que exigen la superación de los límites relativos a los horarios de trabajo. Actualmente, siguiendo una tendencia iniciada por las líneas aéreas, las grandes empresas de transporte utilizan ordenadores para controlar las jornadas de trabajo de su personal, con el fin de comprobar el cumplimiento de las disposiciones y reducir al mínimo los períodos de inactividad forzada de los trabajadores y de los equipos.

Horarios. El transporte de viajeros en su mayor parte, y el de mercancías en una gran proporción, se rigen por programas en los que se establecen las horas de salida y llegada. La necesidad de cumplir horarios que suelen caracterizarse por su escasa flexibilidad constituye a menudo un importante factor de estrés para conductores y tripulaciones.

Trato con el público. Hacer frente a las exigencias del público, en ocasiones poco razonables y con frecuencia expresadas de forma apremiante, representa una fuente considerable de estrés para las personas que deben tratar con los pasajeros en las

estaciones, los despachos de billetes y en ruta. Los conductores de vehículos para el transporte por carretera deben convivir con otros vehículos, las normativas de tráfico y los agentes encargados de velar por su cumplimiento.

Accidentes. Los accidentes, ya se deban a averías de los equipos, errores humanos o condiciones ambientales, colocan al sector del transporte en los primeros puestos de las listas de fallecimientos acaecidos en el trabajo en la mayoría de los países. Incluso cuando una lesión en concreto no reviste gravedad, el trastorno por estrés postraumático (TEPT) puede provocar una discapacidad considerable y prolongada y, en ciertos casos, obliga a cambiar de trabajo.

Aislamiento. Muchos de los trabajadores del sector del transporte prestan su servicio en solitario y su contacto con otras personas es escaso o nulo (p. ej., conductores de camión, operarios de salas de control, centros de vigilancia de cambio de vías y torres de señales). Si surge un problema, la consecución de ayuda puede plantear dificultades y demorarse. Además, si el personal no se mantiene ocupado, el aburrimiento puede provocar pérdidas de atención que favorecen los accidentes. El trabajo en solitario, sobre todo para los que conducen taxis, limusinas y camiones de reparto, constituye un factor de riesgo importante en cuanto a la posibilidad de sufrir asaltos con intenciones criminales y otras formas de violencia.

Estancias fuera de casa. Los transportistas suelen verse obligados a permanecer fuera de su domicilio durante períodos de días o semanas (en la industria marítima, de meses). Al estrés derivado de vivir con el equipaje preparado y de tener que adaptarse a comidas y alojamientos desconocidos, hay que añadir el causado por la separación de familiares y amigos.

Problemas de salud

En la mayoría de los países industrializados, se obliga al personal dedicado al transporte en general, y a los conductores y miembros de tripulaciones operativas en particular, a someterse a exploraciones médicas periódicas con el fin de comprobar su capacidad física y psicológica para cumplir con los requisitos establecidos en la legislación. La agudeza visual y auditiva, la visión del color, la fuerza y flexibilidad musculares y la ausencia de factores de propensión al síncope son algunos de los aspectos analizados. No obstante, las adaptaciones permiten a muchas personas con enfermedades o discapacidades crónicas trabajar sin que ello suponga un peligro para sí mismos o para los demás. (En Estados Unidos, por ejemplo, la ley federal de ciudadanos estadounidenses con discapacidades obliga a las empresas a incorporar dichas adaptaciones.)

Drogas y alcohol

Los medicamentos con y sin receta consumidos en el tratamiento de diversos trastornos (p. ej., hipertensión, ansiedad y otros trastornos hipercinéticos, alergias, diabetes, epilepsia, migrañas y resfriado común) pueden provocar somnolencia y perjudicar la capacidad de atención, el tiempo de reacción y la coordinación, sobre todo cuando se combinan con la ingestión de bebidas alcohólicas. La frecuencia de los casos de abuso de alcohol y drogas ilegales entre los transportistas ha dado lugar a la formulación voluntaria o impuesta por la legislación de programas para comprobar la ingestión de estas sustancias.

Resumen

La salud y la seguridad de los trabajadores en la industria del transporte y el almacenamiento son aspectos fundamentales, no sólo para los propios interesados, sino también para las personas que pueden verse afectadas como pasajeros o peatones. Por tanto, su protección es una responsabilidad conjunta de las empresas, los trabajadores y sus sindicatos a todas las escalas.

Leon J. Warshaw

Figura 102.3 • El levantamiento de paquetes por encima de la altura del hombro constituye un riesgo ergonómico.



Tremmers Union

decenios. En cualquier caso, los datos sobre el transporte en los países en desarrollo son escasos y poco fiables.

Los países europeos formaron bloques económicos y políticos que han tenido una influencia sustancial en este sector. En Europa, el transporte por carretera domina el movimiento de mercancías y pasajeros. El desplazamiento en camiones, y en especial la utilización de cargas parciales en los remolques, es gestionado por pequeñas empresas nacionales y regionales. Este subsector es objeto de una regulación exhaustiva y se caracteriza por su elevada fragmentación. Desde principios del decenio de 1970, el volumen total de mercancías transportadas por carretera ha aumentado en un 240 %. En cambio, el transporte ferroviario ha caído en torno al 8 % (Violland 1996). En cualquier caso, varios países europeos han emprendido iniciativas encaminadas a mejorar la eficacia de esta forma de desplazamiento y promueven el transporte intermodal.

En Estados Unidos, el medio de transporte fundamental es la red de carreteras. En 1993, según datos de la Oficina de Transporte Motorizado del Departamento de Transporte, había más de 335.000 empresas en las que prestaban servicio camiones de mediano y gran tonelaje (DOT 1995). En esta lista se incluyen las empresas que transportan sus propios productos, pequeñas empresas privadas y las empresas comunes o que trabajan por contrato dedicadas al alquiler de camiones de carga plena o parcial. En la mayoría de los casos (58 %), estas empresas disponen de seis o menos camiones. Sus flotas están compuestas por un total de 1,7 millones de vehículos tractores con remolque,

4,4 millones de camiones de mediano y gran tamaño y 3,8 millones de remolques. La red viaria de Estados Unidos creció en un 2 % entre 1980 y 1989 (OIT 1992).

El sistema ferroviario de este país se ha reducido, sobre todo porque algunas líneas han perdido su catalogación en primera clase y porque se han abandonado las menos rentables. Canadá ha ampliado su red de ferrocarriles en un 40 %, debido fundamentalmente a un cambio en su sistema de clasificación. La red de carreteras de ese país se ha reducido en un 9 % (OIT 1992).

En los países industrializados de la costa del Pacífico, las redes viarias y ferroviarias varían mucho, debido principalmente a la disparidad de niveles de industrialización. Así, la densidad de estos sistemas en la República de Corea es similar al alcanzado en Europa, mientras que en Malaysia es sustancialmente inferior, aunque registra unas elevadas tasas de crecimiento (más del 53 % en el caso de las carreteras desde 1980) (OIT 1992).

En Japón, el sector está dominado por la red viaria, a través de la cuál se traslada un 90,5 % del volumen total de mercancías. Un 8,2 % se transporta por vías fluviales y un 1,2 % por ferrocarril (Magnier 1996).

Los países en desarrollo de Asia, Africa y América Latina suelen adolecer de sistemas de transporte adecuados. Se han emprendido un número importante de iniciativas para optimizarlos, pero la inestabilidad de las divisas y la escasez de trabajadores cualificados y equipos dificultan el crecimiento. Los sistemas de transporte han crecido considerablemente en Venezuela, México y Brasil.

En general, el sector del transporte en Oriente Medio ha crecido, y países como Kuwait e Irán ocupan una posición destacada en esta forma de desarrollo. Debe señalarse que, debido a la extensión de los estados, la baja densidad de población y la aridez del clima, es necesario superar problemas específicos que limitan el desarrollo de los sistemas de transporte en esa región.

En las Figuras 102.1 y 102.2 se ofrece una visión general de las redes viarias y ferroviarias en ciertos países y regiones del mundo.

Características de los trabajadores del sector

El transporte contribuye significativamente al empleo en la mayoría de los países, tanto en el sector privado, como en el público. No obstante, a medida que aumenta la renta por habitante, la repercusión de esta industria en el empleo total disminuye. El número global de trabajadores que prestan sus servicios en empresas de transporte ha experimentado un descenso regular desde el decenio de 1980. Esta reducción obedece a diversos factores, en especial a los avances tecnológicos que han permitido automatizar muchas de las tareas de construcción, mantenimiento y explotación de los sistemas de transporte. Además, numerosos países han promulgado leyes en las que se desregulan muchas industrias vinculadas a esta actividad, lo que en última instancia ha determinado la pérdida de puestos de trabajo.

Los trabajadores empleados actualmente en empresas relacionadas con el transporte deben caracterizarse por una cualificación y una competencia elevadas. Debido a los rápidos avances de la tecnología aplicada en el sector, estos trabajadores y los que inicien su actividad en el futuro deben recibir una formación continua y someterse a programas de reconversión profesional.

● OPERACIONES AEROPORTUARIAS Y DE CONTROL DEL TRAFICO AEREO

*Christine Proctor, Edward A. Olmsted y E. Evrard**

El transporte aéreo comercial exige la interacción de varios grupos, entre los que se cuentan las administraciones, los operadores aeroportuarios, los operadores de aeronaves y los fabricantes de aeronaves. En general, las primeras intervienen en la regulación global de este tipo de transporte, la supervisión de los operadores de aeronaves (incluidos el mantenimiento y el funcionamiento), la certificación y la inspección de la fabricación, el control del tráfico aéreo, la gestión de las instalaciones aeroportuarias y la seguridad. Los operadores aeroportuarios pueden ser instituciones de la administración local o entidades comerciales. Suelen responsabilizarse del funcionamiento general del aeropuerto. En cuanto a los operadores de aeronaves, puede tratarse de líneas aéreas generales y empresas de transporte comercial (de titularidad pública o privada), empresas dedicadas al transporte de mercancías, corporaciones y propietarios privados de estos vehículos. Habitualmente, se encargan del funcionamiento y el mantenimiento de las aeronaves, de la formación del personal y de la gestión del billeteaje y las operaciones de embarque. La responsabilidad respecto a la seguridad varía según los casos; en algunos países, recae en los operadores de aeronaves, en otros, en la administración o los operadores aeroportuarios. Los fabricantes son responsables del diseño, la fabricación y la comprobación, así como de la prestación de servicios auxiliares y la mejora de las aeronaves. Asimismo, existen acuerdos internacionales relativos a los vuelos realizados entre distintos países.

En el presente artículo se examina la situación de los trabajadores que participan en todos los aspectos del control de vuelos (es decir, aquéllos que controlan las aeronaves comerciales desde el despegue al aterrizaje y mantienen las torres de radar y otras instalaciones de control de vuelos) y al personal aeroportuario que lleva a cabo el mantenimiento, carga los aviones, se ocupa del equipaje y las mercancías transportadas y presta servicios a los pasajeros. El personal se clasifica en las categorías siguientes:

- controladores del tráfico aéreo;
- personal de mantenimiento de las instalaciones de servicios aéreos y de las torres de radar;
- personal de tierra;
- manipuladores de equipaje, y
- agentes del servicio a pasajeros.

Operaciones de control de vuelos

Las autoridades de la Administración competentes en materia de aviación, como la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos, controlan el vuelo de las aeronaves comerciales desde el despegue al aterrizaje. Su misión fundamental consiste en la orientación de las aeronaves mediante el radar y otros equipos de seguimiento que evitan colisiones y mantienen las rutas establecidas. El personal dedicado a estas tareas trabaja en aeropuertos, instalaciones de control de aproximación a aeropuertos dotadas de radar (Tracons) y centros regionales de radar (GNAS). Su función básica es evitar colisiones y velar por el cumplimiento de las rutas previstas. Cuando un avión pasa de una jurisdicción a otra, la responsabilidad sobre el mismo se traslada de un tipo de controlador a otro.

* Parte del texto se ha adaptado del artículo "Aviación, personal de tierra" de E. Evrard, incluido en la 3ª edición de la presente *Enciclopedia*.

regionales de control del tráfico aéreo, radiofaros y torres y equipos de radar y constan de técnicos en electrónica, ingenieros, electricistas y operarios de mantenimiento. La orientación de los aviones mediante instrumentos se realiza con arreglo a las normas de vuelo asistido (IFR). Los controladores del tráfico aéreo, que trabajan en torres de control, Tracons y centros regionales, llevan a cabo el seguimiento de las aeronaves con la ayuda del Sistema Nacional General de Control del Espacio Aéreo (GNAS). Su función básica es evitar colisiones y velar por el cumplimiento de las rutas previstas. Cuando un avión pasa de una jurisdicción a otra, la responsabilidad sobre el mismo se traslada de un tipo de controlador a otro.

Centros regionales, torres de control de aproximación dotadas de radar y torres de control aeroportuarias

Los centros regionales dirigen los aviones a partir del momento en que han alcanzado una altitud considerable. Se trata de las mayores instalaciones de los organismos de aviación. Los controladores de estos centros traspasan aeronaves a los Tracons u otros centros similares y reciben las que éstos les traspasan, y utilizan la radio y el radar para mantener la comunicación con los aviones. Un avión que sobrevuela un país es objeto en todo momento de un seguimiento efectuado por un centro regional y pasa de uno a otro a medida que se va desplazando. Las áreas de vigilancia de los distintos centros se solapan, y éstos reciben información suministrada por las instalaciones de radar de largo alcance. Esta información se envía por duplicado a través de enlaces radiofónicos y líneas telefónicas, con el fin de disponer en todo momento de al menos una de las formas de comunicación. El tráfico aéreo transoceánico, que no puede ser observado mediante el radar, es gestionado por los centros regionales a través de la radio. Los técnicos e ingenieros mantienen los equipos de seguimiento electrónico y los sistemas de producción ininterrumpida de energía, que incluyen generadores de emergencia y gran número de baterías de reserva.

Figura 102.4 • Un controlador de tráfico aéreo frente a una pantalla de radar de un centro de control local manual.



Los controladores de tráfico aéreo que operan en los Tracons se ocupan de los aviones que vuelan a baja altitud y en un radio de 80 km alrededor del aeropuerto, y utilizan la radio y el radar para mantener la comunicación con las aeronaves. Los Tracons reciben información de seguimiento de los radares de vigilancia aeroportuaria (ASR). Estos sistemas de seguimiento se encargan de la detección en el aire, consultan con el radiofaro e identifican el avión y su información de vuelo. El personal de los Tracons y las tareas efectuadas por éstos son similares a los habituales en los centros regionales.

Hay dos tipos de sistemas de control regionales y de aproximación: no automatizados o manuales y automatizados.

En los *sistemas manuales de control del tráfico aéreo* las comunicaciones por radio entre controlador y piloto se complementan con información procedente de los equipos de radar primarios o secundarios. El rastro del avión puede seguirse como un eco móvil en las pantallas de tubos de rayos catódicos (véase la Figura 102.4). Los sistemas manuales han sido sustituidos por los automáticos en la mayoría de países.

En los *sistemas automatizados de control del tráfico aéreo* la información relativa al avión sigue basándose en el plan de vuelo y en los radares primario y secundario, pero los ordenadores hacen posible la presentación alfanumérica en pantalla de todos los datos referentes a cada aeronave y el seguimiento de su ruta. Asimismo, los equipos informáticos se utilizan para anticipar la posibilidad de conflicto entre dos o más aviones en rutas idénticas o convergentes sobre la base de los planes de vuelo y las separaciones normalizadas. La automatización exime al controlador de muchas de las actividades que debe efectuar en un sistema manual, y amplía el tiempo disponible para tomar decisiones.

Las condiciones de trabajo son diferentes en los sistemas manuales y automatizados de los centros de control. En los primeros, la pantalla es horizontal u oblicua y el operario debe inclinarse en una posición incómoda, con la cara a una distancia que oscila entre los 30 y los 50 cm de aquella. La percepción de ecos móviles en forma de puntos depende de su brillo y su contraste con la pantalla. Puesto que la intensidad lumínica de algunos de estos ecos es muy escasa, la iluminación del entorno de trabajo debe ser muy débil para asegurar la mayor sensibilidad visual posible.

En los sistemas automatizados, las pantallas electrónicas de presentación de datos son verticales o casi verticales, y el operario puede trabajar sentado normalmente a una distancia de lectura mayor. Tiene a su alcance teclados dispuestos en posición horizontal para regular la presentación de los caracteres y símbolos que transmiten los diversos tipos de información y puede alterar su forma y brillo. La iluminación de las salas de trabajo puede aproximarse a la intensidad de la luz diurna, ya que el contraste sigue siendo muy satisfactorio con 160 lux. Estas características del sistema automatizado colocan al operario en una posición mucho mejor para aumentar su eficacia y reducir la fatiga visual y mental.

El trabajo se realiza en una inmensa sala con iluminación artificial, sin ventanas y repleta de pantallas. Este entorno cerrado, a menudo alejado de los aeropuertos, permite un escaso contacto social durante el desarrollo de la actividad, que exige mucha concentración y capacidad de decisión. El aislamiento relativo es mental y físico, y apenas hay oportunidad de distraerse. Se considera que todos estos factores contribuyen al estrés.

Todos los aeropuertos disponen de una torre de control. Los controladores que trabajan en estos emplazamientos dirigen los aviones durante la entrada y la salida y utilizan el radar, la radio y los prismáticos para mantener la comunicación con las tripulaciones, tanto en las operaciones realizadas en las pistas de

rodadura como en las de despegue y aterrizaje. Estos profesionales reciben los aviones de los Tracons o los trasladan a éstos. La mayoría de los sistemas de radar y otros dispositivos de seguimiento se sitúan en los aeropuertos. Su mantenimiento corre a cargo de técnicos e ingenieros.

Las paredes de la sala de control de la torre son transparentes, ya que la visibilidad ha de ser perfecta. Por tanto, el entorno de trabajo es completamente distinto al del control regional de aproximación. Los controladores de tráfico aéreo ven directamente los movimientos de las aeronaves y otras actividades. Tienen contacto con algunos de los pilotos y participan en la vida del aeropuerto. El entorno no es cerrado y ofrece muchos puntos de interés.

Personal de mantenimiento de las instalaciones de navegación aérea

El personal de mantenimiento de las instalaciones de navegación aérea está formado por técnicos especialistas en sistemas de radar, navegación y comunicación y en medio ambiente.

Los técnicos en sistemas de radar mantienen y manejan los sistemas de radar aeroportuarios y de largo alcance. Su actividad comprende tareas de mantenimiento, calibración y localización de averías de equipos electrónicos.

Los técnicos en sistemas de navegación y comunicación mantienen y operan los equipos de comunicación por radio y otros sistemas de navegación afines empleados en el control del tráfico aéreo. Su trabajo les exige, como en el caso anterior, el mantenimiento, la calibración y la localización de averías de equipos electrónicos.

Los técnicos de medio ambiente mantienen y ponen en funcionamiento los equipos y los edificios (centros regionales, Tracons e instalaciones aeroportuarias, incluidas las torres de control) del organismo de aviación. Entre las tareas que deben realizar figuran la puesta a punto de los equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado y el mantenimiento de los generadores de emergencia, los sistemas de iluminación del aeropuerto, los bancos de baterías de los equipos de suministro de energía ininterrumpido (SEI) y otros equipos eléctricos afines.

Los riesgos profesionales de estos tres grupos de trabajadores comprenden la exposición al ruido; el trabajo encima o cerca de componentes eléctricos activos, incluido el contacto con fuentes de alta tensión; la exposición a los rayos X generados por klitrones y magnetrones; la posibilidad de caída desde torres de radar elevadas o durante el uso de trepadores de subida y escaleras para acceder a torres y antenas de radio; y, posiblemente, la exposición a PCB al manipular condensadores antiguos y trabajar en transformadores eléctricos. Asimismo, estos profesionales pueden entrar en contacto con microondas y fuentes de radiofrecuencia. Según un estudio de un grupo de trabajadores que manejaban equipos de radar en Australia (Joyner y Bangay 1986), el personal no suelen estar expuestos a niveles de radiación de microondas superiores a los 10 W/m², salvo que trabajen con guías de onda abiertas (cables de microondas) y componentes con ranuras de guía de ondas o en el interior de cabinas de transmisión con formación de arcos eléctricos de alta tensión. Los técnicos de medio ambiente también trabajan con sustancias químicas utilizadas en el mantenimiento de edificios, como las que se utilizan en el tratamiento del agua de calderas y otras aplicaciones, el amianto, las pinturas, el combustible diesel y los ácidos de batería. Muchos de los cables eléctricos y otro tipo de conducciones utilizados en los aeropuertos son subterráneos. Las labores de inspección y reparación de estos sistemas suelen exigir el acceso a espacios confinados y la exposición a los riesgos que éstos comportan, como presencia de atmósferas tóxicas o asfixiantes, caídas, electrocución o la posibilidad de quedar atrapado.

Los trabajadores de mantenimiento de las instalaciones de navegación y el personal de tierra que trabaja en la zona operativa de los aeropuertos está expuesto a los gases de escape de los reactores. En varios estudios realizados en aeropuertos en los que se tomaron muestras de estas emisiones se obtuvieron resultados similares (Eisenhardt y Olmsted 1996; Miyamoto 1986; Decker 1994) que señalan la presencia de aldehídos, como butilaldehído, acetaldehído, acroleína, metacroleína, isobutilaldehído, propionaldehído, crotonaldehído y formaldehído. Esta última sustancia se registró en concentraciones significativamente superiores a las del resto, seguida del acetaldehído. Los autores de estos estudios indicaron que, probablemente, el formaldehído presente en las emisiones de escape constituye la causa principal de las irritaciones oculares y respiratorias detectadas en las personas expuestas. Dependiendo de cada estudio, no se detectaron óxidos de nitrógeno o se detectaron en concentraciones inferiores a 1 parte por millón (ppm) en los gases de escape. La conclusión es que ni los óxidos de nitrógeno ni de otro tipo influyen en gran medida en la irritación. Asimismo, se observó que los gases de escape de los reactores contiene 70 tipos distintos de hidrocarburos, y que hasta 13 de ellos consisten esencialmente en olefinas (alquenos). Se ha comprobado que la exposición a los metales pesados presentes en los gases de escape de los reactores no representa un peligro para la salud en las áreas que rodean a los aeropuertos.

Las torres de radar deben equiparse con vallas normalizadas alrededor de las escaleras y las plataformas para evitar caídas, y con dispositivos de bloqueo para evitar el acceso al reflector parabólico cuando éste se encuentra en funcionamiento. Los trabajadores que acceden a las torres y a las antenas de radio deben utilizar los accesorios normalizados para subir escaleras y equipos de protección individual contra caídas.

El personal maneja equipos y sistemas eléctricos activados y desactivados. La protección frente a los riesgos de origen eléctrico debe incluir la formación sobre prácticas de trabajo seguras, procedimientos de bloqueo e identificación y uso de equipos de protección individual (EPI).

La emisión de microondas del radar se genera con equipos de alta tensión que utilizan un tubo de klistrón. Este emite rayos X y puede constituir una fuente de exposición cuando los trabajadores desmontan la carcasa para trabajar cerca del tubo. Esta carcasa debe permanecer montada en todo momento, salvo cuando se efectúen tareas de conservación del tubo de klistrón, que deben realizarse en un tiempo mínimo.

El personal debe utilizar la protección auditiva apropiada (tapones y auriculares, por ejemplo) al trabajar cerca de fuentes de ruido, como aviones a reacción y generadores de emergencia.

Otros controles exigen la oferta de formación sobre manipulación de materiales, seguridad de vehículos, equipos de intervención en caso de emergencia y procedimientos de evacuación, así como equipos empleados para acceder a espacios confinados (incluidos los detectores de radiactividad en el aire de lectura directa, ventiladores y sistemas de recuperación mecánica).

Controladores del tráfico aéreo y personal de los servicios de vuelo

Los controladores del tráfico aéreo desarrollan su labor en centros de control regionales, Tracons y torres de control de aeropuertos. La mayor parte de su actividad se centra en el trabajo en consolas de control desde las que realizan el seguimiento de los aviones en pantallas de radar y en la comunicación por radio con los pilotos. El personal de los servicios de vuelo ofrece a éstos información sobre las condiciones meteorológicas.

Los riesgos con que se enfrentan los controladores del tráfico aéreo incluyen posibles trastornos visuales, ruido, estrés y

dificultades ergonómicas. En su momento se consideraron con preocupación las emisiones de rayos X de las pantallas de radar. No obstante, se ha observado que éstas no constituyen un peligro con las tensiones de trabajo utilizadas.

La Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) ha recomendado normas generales de ergonomía para los controladores de tráfico aéreo y los reglamentos nacionales civiles y militares proponen otras más detalladas, siendo especialmente precisas las que afectan a la vista y el oído.

Trastornos visuales

En ocasiones, las superficies amplias y transparentes de las torres de control de los aeropuertos provocan deslumbramiento por la acción del sol, y el reflejo de la arena o el hormigón de las construcciones próximas incrementa la luminosidad. Esta tensión para los ojos es causa de migrañas, por lo general pasajeras. Se evitan rodeando la torre de control de hierba, prescindiendo de materiales como hormigón, asfalto o grava y construyendo los paneles transparentes de la sala con un material teñido de verde. Si el color no es demasiado fuerte, la agudeza visual y la percepción de los colores siguen siendo suficientes, pero se absorbe el exceso de radiación que provoca el deslumbramiento.

Hasta aproximadamente el año 1960, los estudios de frecuencia de fatiga ocular de los controladores imputable a la observación de las pantallas de radar arrojaron resultados desiguales, pero parece haber sido elevada. Desde entonces, la atención prestada a los errores de refracción visual en la selección de los controladores de radar, su corrección en los controladores en ejercicio y la mejora constante de las condiciones de trabajo ante la pantalla han contribuido a reducir considerablemente este tipo de dolencia. No obstante, en ocasiones, la fatiga ocular afecta a controladores con una vista excelente. Este hecho puede atribuirse a la iluminación excesivamente tenue de las salas, a la iluminación irregular de la pantalla, al brillo de los propios ecos y, en especial, a la oscilación de la imagen. La mejora de las condiciones de visión y la insistencia en optimizar las especificaciones técnicas de los nuevos equipos han reducido mucho esta fuente de fatiga ocular y en ocasiones han logrado eliminarla. Asimismo, la tensión postural se ha considerado hasta fecha reciente causa posible de fatiga ocular para los operadores que trabajan muy cerca de la pantalla durante una hora sin interrupciones. Los trastornos visuales son cada vez menos frecuentes, y es probable que desaparezcan o que se produzcan sólo en contadas ocasiones en el sistema de radar automatizado (por ejemplo, cuando hay algún defecto de proyección o cuando el ritmo de las imágenes está mal ajustado).

Básicamente, se entiende por disposición racional de las instalaciones la que facilita la adaptación de los lectores de las pantallas a la intensidad de la iluminación ambiental. En una estación de radar no automatizada, la adaptación a una situación de semioscuridad en la sala de operación se logra pasando de 15 a 20 minutos en otra sala con luz tenue. La iluminación de la primera, la intensidad lumínica de las pantallas y el brillo de los puntos de luz deben estudiarse con detalle. En el sistema automatizado, los signos y los símbolos se leen con una iluminación ambiental que oscila entre 160 y 200 lux, y se evitan las desventajas del entorno oscuro del método no automatizado. En cuanto al ruido, a pesar de las modernas técnicas de aislamiento, el problema sigue siendo grave en las torres de control instaladas junto a las pistas.

Los lectores de pantallas de radar y de monitores electrónicos de datos son sensibles a los cambios en la iluminación ambiente. En el sistema no automatizado, los controladores deben utilizar gafas que absorban el 80 % de la luz entre 20 y 30 minutos antes de entrar en el lugar de trabajo. En el automatizado, estas gafas

Estudios de caso de controladores del tráfico aéreo en Estados Unidos e Italia

Estados Unidos

El elevado nivel de estrés de los controladores del tráfico aéreo (CTA) se apuntó por primera vez en Estados Unidos en el Informe Corson de 1970 (US Senate, 1970), en el que se analizaban condiciones de trabajo como las horas extraordinarias, la escasez de descansos periódicos, el aumento del tráfico aéreo, la insuficiencia de los períodos de vacaciones, las deficiencias del entorno físico de trabajo y el "resentimiento y antagonismo mutuos" entre la patronal y los trabajadores. Esta situación contribuyó a las movilizaciones laborales de los ATC de 1968 y 1969. Además, las primeras investigaciones médicas en la materia, incluido un estudio de gran alcance de la Universidad de Boston correspondiente al período 1975-1978 (Rose, Jenkins y Hurst 1978), plantearon la posibilidad de que estos profesionales puedan correr un riesgo superior al normal de sufrir enfermedades vinculadas al estrés, como la hipertensión.

Tras la huelga de CTA de 1981 en Estados Unidos, en la que el estrés en el trabajo fue una de las cuestiones principales, el Departamento de Transporte volvió a designar un grupo de trabajo para analizar los factores de estrés y el estado de ánimo de estos trabajadores. En el Informe Jones de 1982, resultado de esta iniciativa, se recoge que el personal de FAA, asignado en una amplia gama de puestos, expresó su opinión desfavorable respecto al diseño de los puestos de trabajo, la organización laboral, los sistemas de comunicación, la supervisión, el apoyo social y la satisfacción con el trabajo. La forma habitual de estrés de los CTA consistía en un incidente episódico agudo (como un cuasiaccidente aéreo), combinado con las tensiones interpersonales derivadas del estilo de gestión. El grupo de trabajo señaló que un 6 % de los CTA encuestados se encontraba "agotado" (había experimentado una pérdida amplia y debilitante de la confianza en su capacidad para desempeñar su trabajo). La proporción de individuos en esta situación alcanzaba el 21 % en el colectivo de trabajadores de 41 o más años de edad, y el 69 % entre los que habían prestado servicio durante 19 o más años.

El grupo de trabajo Jones, en una revisión de sus recomendaciones efectuada en 1984, concluía que "las condiciones son tan desfavorables como en 1981, o quizá algo peores". Los principales motivos de preocupación consistían en el aumento del volumen de tráfico, la inadecuada dotación de personal, el bajo estado de ánimo y el aumento del índice de agotamiento. Esta situación dio lugar a la resindicalización de los CTA de Estados Unidos en 1987, con la elección de la National Air Traffic Controllers Organization (NATCA) como representante en las negociaciones colectivas.

En un estudio de 1994, los CTA del área de la ciudad de Nueva York señalaron la continuación de las deficiencias de personal y su inquietud respecto al estrés profesional, el trabajo por turnos y la calidad del aire en el interior. Las recomendaciones para la mejora del estado de ánimo y de la salud se referían a las oportunidades de traslado, la jubilación anticipada, la flexibilización de los horarios, la disposición de instalaciones para practicar ejercicio en el trabajo y el aumento de la dotación de personal. En 1994, el porcentaje de CTA del nivel 3 y 5 que declaraban sentirse "muy agotados" era superior a la proporción correspondiente registrada en los estudios

nacionales de 1981 y 1984 (excepto en el caso de los CTA que prestaban servicio en centros en 1984). Las instalaciones de nivel 5 deben hacer frente a los mayores niveles de tráfico aéreo, y las de nivel 1 a los menores (Landsbergis y cols. 1994). La sensación de agotamiento se vinculaba con la experiencia de un "cuasiaccidente" en los 3 años anteriores, la edad, los años de servicio como CTA, el trabajo en instalaciones de nivel 5, las deficiencias en la organización del trabajo y la escasez del apoyo prestado por jefes y compañeros.

Sigue estudiándose la programación de turnos adecuada para los CTA, incluida la posibilidad de establecer jornadas de 10 horas en semanas laborales de 4 días. Se ignoran los efectos para la salud a largo plazo de la combinación de turnos rotatorios y semanas de trabajo comprimidas.

Un programa de reducción del estrés profesional de los CTA en Italia sometido a negociación colectiva

En el organismo responsable del tráfico aéreo civil en Italia (AAAV) trabajan 1.536 CTA. Los representantes del AAAV y los sindicatos establecieron varios acuerdos entre 1982 y 1991 encaminados a mejorar las condiciones de trabajo. Son los siguientes:

1. *Modernización de los sistemas de radio y automatización de la información aeronáutica, los procesos de datos de vuelo y la gestión del tráfico aéreo.* De esta forma, se dispone de información más fiable y de más tiempo para adoptar decisiones, eliminando numerosas congestiones de tráfico peligrosas y estableciendo una carga de trabajo más equilibrada.
2. *Reducción de las horas de trabajo.* Actualmente, la semana de trabajo oscila entre 28 y 30 horas.
3. *Cambio de la programación de turnos:*
 - rotación de turnos rápida: un día en cada turno;
 - un turno de noche seguido de dos días de descanso;
 - ajuste de la duración del turno a la carga de trabajo: de 5 a 6 horas por la mañana, 7 horas por la tarde, de 11 a 12 horas por la noche;
 - períodos de sueño breves en el turno de noche;
 - mantenimiento de la rotación de turnos tan regular como sea posible para permitir una mejor organización de la vida personal, familiar y social; e
 - instauración de una pausa amplia (de 45 a 60 minutos) para la comida en cada turno de trabajo.
4. *Reducción de los factores de estrés ambiental.* Se han emprendido iniciativas para lograr la reducción del nivel de ruido y la mejora de la iluminación.
5. *Mejora en la ergonomía de los nuevos cuadros de control, pantallas y sillas.*
6. *Mejora de la forma física.* En las grandes instalaciones se dispone de gimnasios.

Los estudios efectuados durante este período indican que el programa ha resultado beneficioso. El turno de noche no ha resultado excesivamente estresante; el rendimiento de los CTA no ha empeorado de manera significativa al final de los tres turnos, sólo 28 CTA han sido despedidos por razones de salud en 7 años, y se ha registrado un gran descenso de los "cuasifallos" a pesar del gran aumento del tráfico aéreo.

Paul A. Landsbergis

especiales no son imprescindibles, aunque las personas con sensibilidad acusada al contraste entre la iluminación de los símbolos en la pantalla y la del entorno de trabajo consideran que unas gafas de capacidad de absorción intermedia contribuyen a la comodidad de sus ojos. También reducen la fatiga ocular. Se recomienda a los controladores de pista que empleen gafas que absorban el 80 % de la luz cuando se expongan a una iluminación solar intensa.

Estrés

El riesgo profesional más grave para los controladores del tráfico aéreo es el estrés. Su tarea principal es adoptar decisiones sobre los movimientos de las aeronaves en el sector del que son responsables: niveles de vuelo, rutas, cambios de dirección cuando hay conflicto con la que sigue otro aparato o si la congestión en un sector da lugar a retrasos, tráfico aéreo, etc. Asimismo, en los sistemas no automatizados, el controlador debe preparar, clasificar y organizar la información en la que fundamenta su decisión. Los datos que recibe se encuentran en estado bruto y es preciso elaborarlos. En sistemas muy automatizados, los instrumentos ayudan al controlador a tomar decisiones, de modo que su tarea se limita a analizar los datos generados por el trabajo en equipo y presentados de forma racional por dichos instrumentos. Aunque la actividad se simplifica mucho, el responsable de autorizar la decisión propuesta al controlador sigue siendo el propio controlador, y esta actividad continúa provocando estrés. Las responsabilidades del puesto, la presión del trabajo en ciertos momentos de tráfico denso o complejo, la congestión cada vez mayor del espacio aéreo, la concentración constante, los turnos de trabajo rotativos y la conciencia de la catástrofe que puede derivarse de un error crean una situación de tensión continua que da lugar a reacciones de estrés. La fatiga del controlador se presenta en tres formas clásicas: aguda, crónica o sobretensión y agotamiento nervioso. (Véase asimismo el recuadro sobre los estudios - caso de los controladores de tráfico aéreo de Estados Unidos e Italia.)

El control del tráfico aéreo exige la prestación de un servicio ininterrumpido de 24 horas diarias todos los días del año. Las condiciones de trabajo de los controladores incluyen turnos, un ritmo de actividad y descanso irregular y la prestación de servicio cuando la mayoría de las personas disfrutan de vacaciones. Los períodos de concentración y relajación durante la jornada laboral y los días de descanso durante la semana son indispensables para evitar la fatiga profesional. Por desgracia, este principio no puede estar recogido en las normas generales, puesto que la organización del trabajo en turnos depende de distintas variables que pueden ser legales (número máximo autorizado de horas de trabajo consecutivas) o puramente profesionales (carga de trabajo en función de la hora del día o de la noche) o por muchos otros factores basados en consideraciones sociales o familiares. Respecto a la duración idónea de los períodos de concentración sostenida en el trabajo, los experimentos realizados ponen de manifiesto que deben establecerse descansos breves de al menos unos pocos minutos después de períodos de servicio ininterrumpido que oscilan entre media hora y una hora y media, pero que no es necesario imponerse pautas estrictas para alcanzar el objetivo deseado: el mantenimiento del nivel de concentración y la prevención de la fatiga operativa. Es esencial interrumpir los períodos de actividad ante la pantalla con fases de descanso, sin entorpecer la continuidad del trabajo por turnos. Hacen falta nuevas investigaciones para determinar la duración idónea de los períodos de concentración sostenida y de relajación durante la jornada laboral, así como el mejor ritmo de descanso semanal, anual y vacacional, para elaborar normas más homogéneas.

Otros riesgos

Se plantean asimismo cuestiones ergonómicas que deben considerarse al trabajar en puestos de control y que son similares a las relacionadas con los operadores de ordenadores; también hay que examinar la calidad del aire en el interior. Los controladores del tráfico aéreo están asimismo expuestos a los llamados episodios acústicos, que son sonidos intensos transmitidos por los cascos; duran sólo unos pocos segundos, pero alcanzan valores de presión acústica de hasta 115 dB.

En los servicios de vuelo hay que considerar el riesgo asociado con los láseres utilizados en los instrumentos de medida de la altura de las nubes, así como todo lo relativo a la ergonomía y la calidad del aire en interiores.

Otro personal de los servicios de control de vuelo

Se incluye aquí al personal encargado de la inspección de vuelo, la seguridad, la renovación y la construcción de instalaciones aeroportuarias, el apoyo administrativo y los servicios médicos.

Los inspectores de aviación giran inspecciones de vuelo y mantenimiento de las líneas aéreas. Comprueban si las empresas comerciales de transporte aéreo cumplen las normas mínimas de navegación aérea. Inspeccionan los hangares y otras instalaciones aeroportuarias y viajan en las cabinas de los aparatos que realizan vuelos comerciales. Investigan asimismo accidentes, incidentes y otros contratiempos relacionados con la aviación.

Entre los riesgos de esta actividad se cuentan la exposición al ruido producido por las aeronaves, al combustible y los gases de escape de los motores de reacción durante el trabajo en hangares y otras zonas aeroportuarias y el contacto con materiales peligrosos y organismos patógenos de la sangre durante la investigación de accidentes de aviación. Los inspectores de vuelo se enfrentan a muchos de los riesgos que afectan al personal de tierra, por lo que son aplicables precauciones similares.

El personal de seguridad incluye a los oficiales de aviación. Estos profesionales se encargan de la seguridad interna en las aeronaves y de la externa en los accesos. En esencia, se trata de actividades policiales y de investigación criminal relacionadas con aviones y aeropuertos.

El personal dedicado a la renovación y la construcción de instalaciones aeroportuarias aprueba los planes de modificación y las nuevas edificaciones. Suele estar formado por ingenieros y su actividad es en buena medida de oficina.

El personal administrativo se ocupa de la contabilidad, los sistemas de gestión y la logística. El personal médico de aviación presta servicios de medicina del trabajo a los empleados de las entidades competentes en materia de aviación.

Los controladores del tráfico aéreo, el personal de servicios de vuelo y otros trabajadores que desarrollan su actividad en oficinas deben recibir formación ergonómica acerca de las posturas adecuadas para sentarse, los equipos de respuesta en caso de emergencia y los procedimientos de evacuación.

Operaciones aeroportuarias

El personal de tierra de los aeropuertos se ocupa del mantenimiento y la carga de las aeronaves. Se incluyen aquí los trabajadores dedicados a la manipulación del equipaje de los pasajeros y de las mercancías transportadas por vía aérea, así como los agentes del servicio de pasajeros, que se encargan de registrar a éstos y de comprobar su equipaje.

Todas las operaciones de carga (pasajeros, equipaje, mercancías, combustible, suministros, etc.) son controladas y coordinadas por un supervisor que elabora el plan de carga. Este documento se entrega al piloto antes del despegue. Cuando se han llevado a cabo todas las operaciones y se han realizado

todos los controles e inspecciones que el piloto considera necesarios, el controlador del aeropuerto autoriza el despegue del aparato.

Personal de tierra

Mantenimiento y revisión de aeronaves

Todas las aeronaves se revisan cada vez que aterrizan. El personal de tierra se encarga del mantenimiento rutinario general, la inspección visual, incluido el control del nivel de combustible y del equipo, las reparaciones menores, la limpieza interior y exterior y el abastecimiento de combustible y existencias. En cuanto el aparato aterriza y se detiene en la zona de descarga, un equipo de mecánicos inicia una serie de comprobaciones y operaciones de mantenimiento que dependen del tipo de avión. Estos trabajadores reponen combustible, verifican diversos sistemas de seguridad que deben inspeccionarse después de cada aterrizaje, examinan el diario de vuelo para constatar las incidencias o deficiencias que la tripulación haya observado durante el vuelo y, en caso necesario, efectúan reparaciones. (Véase asimismo el artículo “Operaciones de mantenimiento de aeronaves” incluido en el presente capítulo.) En condiciones meteorológicas adversas, es posible que los mecánicos deban llevar a cabo otras tareas, como la desincrustación de hielo de las alas, el tren de aterrizaje, los alerones, etc. En climas cálidos, se presta especial atención al estado de los neumáticos de la aeronave. Una vez concluidas estas labores, los mecánicos pueden declarar que la aeronave se encuentra en condiciones de volar.

Cada cierto número de horas de vuelo se practican inspecciones de mantenimiento y revisiones más completas.

El abastecimiento de combustible es una de las operaciones de mantenimiento más peligrosas. La cantidad que debe repostarse se determina en función de factores como la duración del vuelo, el peso en el despegue, la trayectoria de vuelo, las condiciones meteorológicas y las posibles desviaciones.

Los equipos de limpieza se ocupan de acondicionar las cabinas de las aeronaves, sustituir el material sucio o deteriorado (cojines, mantas, etc.) vaciar los aseos y rellenar los depósitos de agua. Asimismo, estos trabajadores desinfectan la aeronave bajo la supervisión de las autoridades sanitarias públicas.

Otro equipo se encarga del abastecimiento de alimentos y bebidas, equipos de emergencia y otros productos necesarios para el bienestar de los pasajeros. Las comidas se preparan de acuerdo con estrictas normas de higiene para eliminar el riesgo de intoxicación alimentaria, sobre todo en el caso de la tripulación. Ciertos platos se congelan a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, se almacenan a $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se recalientan en vuelo.

El trabajo de mantenimiento en tierra incluye la utilización de equipos motorizados y no motorizados.

Carga de equipajes y mercancías

Los manipuladores de equipajes y mercancías se encargan del traslado de estos artículos. Las mercancías transportadas por avión son muy variadas, desde frutas y verduras frescas o animales vivos hasta isótopos radiactivos o maquinaria. Puesto que estas tareas de manipulación exigen esfuerzo físico y la utilización de equipos mecanizados, los trabajadores están expuestos a un riesgo mayor de lesiones y disfunciones ergonómicas.

El personal de tierra y los manipuladores de carga se enfrentan a numerosos riesgos comunes, como el trabajo a la intemperie en todo tipo de condiciones meteorológicas y la exposición a posibles contaminantes en suspensión en el aire procedentes del combustible y los gases escape de los reactores y a los chorros de agua y aire lanzados por las hélices. Estos

pueden cerrar puertas con violencia, golpear a las personas o derribar equipos mal sujetos, provocar el giro de los propulsores de turbohélice y lanzar residuos sobre motores o personas. El personal de tierra también está expuesto a accidentes acústicos. Un estudio realizado en China ha demostrado que el personal de pista que se encuentra cerca de las salidas de los motores recibe una presión acústica superior a 115 dB (Wu y cols. 1989). El tráfico de vehículos en las pistas y las zonas de estacionamiento de aeronaves es muy intenso, y el riesgo de accidente y colisión elevado. Las operaciones de repostaje son muy peligrosas, y los trabajadores están expuestos a derrames de combustible, fugas, incendios y explosiones. El personal situado en dispositivos elevadores, brazos de grúa, plataformas o soportes de acceso corre el riesgo de caerse. Otro riesgo profesional es el trabajo por turnos en condiciones de presión por falta de tiempo.

Deben desarrollarse y aplicarse reglamentos estrictos de movimiento de vehículos y formación de conductores. En este último aspecto, hay que insistir en el cumplimiento de los límites de velocidad, el respeto de los límites y la garantía de que los aviones disponen del espacio suficiente para maniobrar. Hay que asegurar el mantenimiento adecuado de la superficie de las pistas y el control eficaz del tráfico terrestre. Todos los vehículos autorizados para operar en el aeropuerto deben estar claramente señalizados para facilitar su identificación por los controladores del tráfico aéreo. Los equipos utilizados por el personal de tierra han de someterse a inspecciones y operaciones de mantenimiento periódicas. Los trabajadores que desarrollan su actividad en dispositivos elevadores, brazos de grúa, plataformas o soportes de acceso deben protegerse de posibles caídas mediante la instalación de barandillas y el empleo de equipos de protección individual. Hay que utilizar dispositivos de protección auditiva (como tapones y auriculares) para evitar la exposición a los ruidos. Otros elementos del EPI son la ropa de trabajo adecuada elegida en función de las condiciones meteorológicas, los protectores de pies antideslizantes reforzados en la puntera y los dispositivos de protección adecuados para ojos, cara, manos y resto del cuerpo empleados al aplicar los líquidos para desincrustar el hielo. En las operaciones de abastecimiento de combustible, deben adoptarse medidas rigurosas en materia de protección y prevención de incendios, entre ellas las conexiones a masa y a tierra las medidas necesarias para evitar chispas eléctricas y la prohibición de fumar, manipular llamas abiertas o estacionar vehículos en un radio de 15 m alrededor de la aeronave. Los equipos de extinción de incendios deben mantenerse y ubicarse en el área donde se desarrolle la actividad. Hay que impartir formación regular sobre las medidas que deben adoptarse en caso de vertido de combustible o incendio.

Los manipuladores de equipajes y cargas deben almacenar y apilar las mercancías con seguridad y recibir formación sobre las técnicas de izado adecuadas y las posturas de espalda que deben evitarse. La entrada en las zonas de carga de aeronaves y la salida de ellas a bordo de carretillas y cabezas tractoras exige precauciones extremas. Hay que emplear la ropa de protección adecuada al tipo de mercancía o equipaje (guantes para manipular animales vivos, por ejemplo). En las cintas transportadoras, carruseles y distribuidores de carga deben instalarse interruptores de emergencia y protectores.

Agentes del servicio de pasajeros

Los agentes del servicio de pasajeros expiden billetes, registran a los pasajeros y facturan su equipaje. Asimismo, pueden orientar al pasaje al embarcar. Algunos de estos trabajadores pasan todo el día de pie ante un monitor de ordenador. Entre las precauciones adoptadas para afrontar estos riesgos ergonómicos figuran

el empleo de asientos y moquetas amortiguadoras para aliviar el cansancio, las pausas en el trabajo y la adopción de medidas ergonómicas y antirreflejos en los monitores. Además, el trato con los pasajeros puede constituir una fuente de estrés, sobre todo cuando se producen retrasos en los vuelos o se plantean problemas con los transbordos, etc. Las averías de los sistemas informatizados de reserva de vuelos también son causa de estrés.

Las instalaciones de peso y facturación de equipajes deben minimizar la necesidad de que trabajadores y pasajeros levanten y manipulen maletas, y las cintas transportadoras, carruseles y distribuidores de equipajes deben disponer de interruptores de emergencia y dispositivos de protección. Asimismo, los agentes deben recibir formación sobre las técnicas de izado adecuadas y las posturas de la espalda que deben evitarse.

En los equipos de inspección se utilizan instrumentos fluoroscópicos para examinar el equipaje y otros artículos transportados por los viajeros. El blindaje protege a los trabajadores y al público en general de las emisiones de rayos X y, si su ubicación no es adecuada, los seguros de bloqueo impiden que el equipo funcione. De acuerdo con un estudio realizado hace algunos años por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) y la Air Transport Association en cinco aeropuertos de Estados Unidos, las exposiciones totales máximas a rayos X documentadas eran muy inferiores a los topes establecidos por la Food and Drug Administration (FDA) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) (NIOSH 1976). Los trabajadores deben emplear dispositivos de control corporal para medir las exposiciones a la radiación. El NIOSH recomendó la adopción de programas de mantenimiento periódicos para supervisar la eficacia de los blindajes.

Los agentes del servicio de pasajeros y demás personal del aeropuerto deben conocer con detalle los planes y procedimientos de evacuación de las instalaciones en caso de emergencia.

● OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DE AERONAVES

Buck Cameron

Las operaciones de mantenimiento de aeronaves están muy repartidas dentro de cada país y entre distintos países y corren a cargo de mecánicos militares y civiles. Estos trabajadores desarrollan su actividad en aeropuertos, centros de mantenimiento, aeródromos privados, instalaciones militares y a bordo de aeronaves de transporte. Son empleados de empresas dedicadas al transporte de pasajeros y de mercancías, contratistas de servicios de mantenimiento, operadores de aeródromos privados, empresas agrarias y propietarios de flotas públicas y privadas. Mientras que en los aeropuertos pequeños trabajan sólo algunos mecánicos, en los grandes aeródromos y centros de mantenimiento las plantillas tienen miles de trabajadores. Hay dos clases de trabajos de mantenimiento: los necesarios para mantener el funcionamiento diario (mantenimiento de línea) y los de control, mantenimiento y restauración periódica de aeronaves (mantenimiento de base). En la primera categoría se incluye el mantenimiento en ruta (entre el aterrizaje y el despegue) y el mantenimiento nocturno. El mantenimiento en ruta agrupa los controles operativos y las reparaciones esenciales para el vuelo realizados con el fin de resolver las anomalías detectadas durante el vuelo. Suelen tratarse de intervenciones menores, como la sustitución de luces de emergencia, neumáticos o componentes de aviónica, pero su alcance llega

hasta el cambio de un motor. El segundo es más amplio y engloba las reparaciones pospuestas durante los vuelos del día.

Las empresas aéreas controlan los intervalos, la distribución y la naturaleza del mantenimiento de sus aparatos y los documentan en un manual que, en la mayoría de las jurisdicciones, debe remitirse para su aprobación al organismo competente en materia de aviación. Estas tareas se realizan en el curso de verificaciones regulares, clasificadas con las letras A a D y especificadas en el manual mencionado. La regulación de estas actividades asegura la inspección, el mantenimiento y la restauración de las aeronaves en los intervalos oportunos. Pueden incorporarse controles menos exhaustivos en la actividad de mantenimiento de la línea, pero el trabajo más intenso se realiza en los centros especializados. Los daños de las aeronaves y las averías de sus componentes se reparan según las necesidades.

Operaciones de mantenimiento de línea y sus riesgos

El mantenimiento en ruta suele efectuarse bajo una gran presión de tiempo en líneas de vuelo activas y concurridas. Los mecánicos están expuestos a las condiciones ambientales de ruido, intemperie y tráfico de vehículos y aeronaves, que agravan los peligros propios de esta actividad. Las condiciones climáticas alcanzan en ocasiones extremos de frío, calor, viento, lluvia, hielo y nieve. Las tormentas eléctricas constituyen un riesgo considerable en ciertas regiones.

Aunque los actuales motores para la aviación comercial son claramente más silenciosos que los de generaciones anteriores, aún emiten niveles de ruido muy superiores a los establecidos por los organismos reguladores, sobre todo si los aparatos deben salir de las puertas de embarque valiéndose de sus propios motores. Los motores a reacción y de turbohélice de mayor antigüedad provocan exposiciones a niveles de ruido superiores a 115 dB. Las unidades de potencia auxiliar (UPA) de las aeronaves, los equipos terrestres de acondicionamiento del aire y producción de electricidad, los remolques, los camiones cisterna y los equipos de manipulación de mercancías contribuyen a la elevación del ruido de fondo. Los niveles de éste en las pistas o en las áreas de estacionamiento de aeronaves rara vez bajan de 80 dB, por lo que exigen la selección cuidadosa y la utilización sistemática de protectores auditivos. Hay que buscar dispositivos que ofrezcan una capacidad de atenuación excelente y, a la vez, sean razonablemente confortables y permitan una comunicación básica. Los sistemas dobles (tapones más auriculares) mejoran la protección y facilitan la acomodación a niveles de ruido de mayor o menor intensidad.

Entre los equipos móviles, además de las aeronaves, se cuentan los furgones de equipajes, los autobuses de personal, los vehículos de abastecimiento de comidas, los equipos de apoyo en tierra y las escaleras telescópicas. Para mantener los horarios de salida y la satisfacción de los clientes, estos equipos deben desplazarse con rapidez en áreas de las pistas a menudo congestionadas, incluso en condiciones ambientales adversas. Los motores de las aeronaves plantean el riesgo de que el personal de pista sea absorbido por éstos o golpeado por la ráfaga de aire creada por las hélices o el chorro de escape. La reducción de la visibilidad durante la noche y las inclemencias meteorológicas aumentan el riesgo de que mecánicos y otro personal de pista se vean afectados por los equipos móviles. Los materiales reflectantes en la ropa de trabajo ayudan a mejorar la visibilidad, pero es esencial que todos estos trabajadores reciban una formación adecuada sobre las normas de tráfico en las pistas, que deben aplicarse con rigor. Las caídas, la causa más frecuente de lesión

grave entre los mecánicos, se analizan en otros capítulos de la presente *Enciclopedia*.

Las sustancias químicas con las que hay riesgo de contacto en las pistas son líquidos descongelaentes (normalmente, contienen etilenglicol o propilenglicol), aceites y lubricantes. El queroseno es el combustible habitual de los motores a reacción comerciales (Jet A). Los fluidos hidráulicos que contienen tributil fosfato causan irritaciones oculares intensas, aunque pasajeras. La entrada en depósitos de combustible, aunque es relativamente infrecuente en las pistas, debe incluirse en programas globales de acceso a espacios confinados. También hay riesgo de contacto con los sistemas de resinas utilizados para reparar materiales compuestos, como los paneles de los depósitos de mercancías.

El mantenimiento nocturno suele hacerse en circunstancias de mayor control, en hangares para el servicio en línea o en líneas de vuelo inactivas. La iluminación, los puestos físicos de trabajo y la tracción son mucho mejores que en el mantenimiento en ruta, pero es probable que sean inferiores a las habituales en las bases de mantenimiento. Cuando varios mecánicos trabajan simultáneamente en un mismo aparato, es vital imponer una planificación y una coordinación rigurosas para controlar el movimiento de personas, la activación de los componentes del avión (motores, superficies de control de vuelo, etc.) y el uso de productos químicos. Es esencial una conservación adecuada para evitar la acumulación de conductos de aire, repuestos y herramientas, así como limpiar derrames y fugas. Estos requisitos revisten aún mayor importancia en el mantenimiento de base.

Operaciones de mantenimiento de base y sus riesgos

Los hangares de mantenimiento son grandes estructuras en las que caben numerosas aeronaves. En los mayores hay sitio para varios aparatos de grandes dimensiones, como el Boeing 747. Cada una de las naves sometida a mantenimiento dispone de un área de trabajo independiente. Los hangares cuentan con talleres especializados en la reparación y reinstalación de componentes. Las áreas de actividad suelen clasificarse en chapa metálica, interiores, hidráulica, plásticos, ruedas y frenos, sistemas eléctricos y equipos de aviónica y emergencia. Pueden establecerse zonas de soldadura, talleres de pintura y áreas para pruebas no destructivas. Es probable que las operaciones de limpieza de piezas se realicen en toda la instalación.

Si se realizan trabajos de pintura y decapado, el hangar debe disponer de ventilación para garantizar los controles de contaminantes atmosféricos en el lugar de trabajo y la protección del medio ambiente. Las sustancias decapantes suelen contener cloruro de metileno y otros productos corrosivos, entre ellos ácido fluorhídrico. Las pinturas de imprimación para aeronaves contienen a menudo un componente de cromato para prevenir la corrosión. Las capas exteriores son epoxídicas o de poliuretano. El diisocianato de tolueno (TDI) ya no suele utilizarse en estas pinturas, sustituido por isocianatos de mayor peso molecular, como el 4,4-difenilmetano diisocianato (MDI) o por prepolimeros. Estas sustancias también presentan riesgo de asma por inhalación.

Los motores se revisan en el centro de mantenimiento, en un taller de reparación especializado o en las instalaciones de un subcontratista. En la reparación de motores se aplican técnicas de trabajo con metales, como rectificado, limpieza con chorro de arena o con productos químicos, galvanoplastia o chapado con chorro de plasma. La sílice se ha sustituido en casi todos los casos por materiales menos peligrosos en la limpieza de piezas, pero los materiales de base y revestimientos pueden provocar

polvos tóxicos cuando se eliminan por chorreado o lijado. En la limpieza y el chapado de metales se utilizan muchos compuestos potencialmente peligrosos para la salud de los trabajadores y el medio ambiente, como productos corrosivos, disolventes orgánicos y metales pesados. En general, el cianuro es motivo de preocupación inmediata y obliga a elaborar planes especiales de actuación en caso de emergencia. Las operaciones de pulverización de plasma también merecen atención especial. Esta técnica consiste en incorporar metales finamente pulverizados en la corriente de plasma generada con una fuente eléctrica de alta tensión para recubrir piezas metálicas con las partículas; el equipo utilizado emite niveles muy altos de ruido y luz. Entre los riesgos físicos se cuentan el trabajo en altura, el levantamiento de pesos y la actividad en posiciones incómodas. Son medidas de precaución útiles los sistemas de ventilación local por extracción, EPI y dispositivos de protección contra caídas, la formación sobre las técnicas de levantamiento adecuadas, el uso de maquinaria elevadora siempre que sea posible y la revisión de los diseños desde el punto de vista ergonómico. Así, los movimientos repetitivos que exigen actividades como la conexión de cables se reducen con herramientas especializadas.

Aplicaciones militares y agrarias

Las operaciones relacionadas con aeronaves militares presentan riesgos singulares. El JP4, un combustible para motores de reacción más volátil que el Jet A, está a veces contaminado con *n*-hexano. La gasolina de aviación, utilizada en algunos aparatos de hélice, es muy inflamable. Los motores de los aviones militares, incluidos los de transporte, suelen estar menos insonorizados que los comerciales, y el ruido que emiten aumenta cuando entran en funcionamiento los postquemadores. A bordo de los portaaviones, los riesgos, de por sí numerosos, se multiplican. Al ruido de los motores se suma el de las catapultas de vapor y los postquemadores; además, el espacio de la cubierta de vuelo es extremadamente reducido, y la propia pista está en movimiento. Debido a las exigencias que plantea el combate, la cabina del piloto y las zonas calientes próximas se aíslan con amianto.

La necesidad de reducir la visibilidad para el radar ha favorecido la multiplicación de los materiales compuestos en el fuselaje, las alas y las estructuras de control de vuelo. Estas áreas pueden quedar dañadas en combate o por exposición a condiciones climáticas extremas, lo que obliga a realizar reparaciones extensas. Estas tareas de reparación sobre el terreno llevan aparejado un riesgo considerable de exposición a resinas y componentes en polvo. El berilio también es habitual en las aplicaciones militares. En los generadores auxiliares se utilizan hidrazidas, y el armamento anticarro lleva en ocasiones munición de uranio de bajo poder radioactivo. Entre las precauciones que deben adoptarse figura la utilización del EPI adecuado, incluidos los dispositivos de protección respiratoria. Siempre que sea posible, deben emplearse equipos portátiles de ventilación por extracción.

Las tareas de mantenimiento de aeronaves para usos agrícolas (pulverizadores de cultivos) favorecen la exposición a plaguicidas, en forma de producto único o, con mayor frecuencia, de mezcla de varios que contaminan uno o varios aparatos. Los productos de degradación de ciertos plaguicidas son más peligrosos que el producto inicial. La exposición por vía dérmica es a veces considerable, y su importancia aumenta con la transpiración. Este tipo de aparatos y sus componentes externos deben someterse a una limpieza exhaustiva antes de su reparación o bien trabajar con EPI para protección respiratoria y dérmica o las dos cosas.

● OPERACIONES DE VUELO DE AERONAVES

Nancy Garcia y H. Gartmann*

En el presente artículo se abordan las cuestiones relacionadas con la salud y la seguridad en el trabajo de las tripulaciones de aviación civil; para más información, véanse los artículos “Operaciones aeroportuarias y de control del tráfico aéreo”, “Operaciones de mantenimiento de aeronaves” y “Helicópteros”.

Personal técnico de la tripulación

El personal técnico es el responsable del manejo del avión. Dependiendo del tipo de aeronave, forman esta categoría el comandante, el copiloto (o *primer oficial*), y el ingeniero de vuelo o un *segundo oficial* (un piloto).

El *comandante* (o piloto jefe) es el responsable de la seguridad de la aeronave, los pasajeros y otros miembros de la tripulación. Es el representante legal de la empresa de transporte aéreo y ésta y los organismos nacionales de aviación le otorgan la autoridad necesaria para cumplir con estas obligaciones. El comandante dirige todas las operaciones de la cabina de vuelo y está al mando del conjunto del aparato.

El copiloto recibe órdenes directas del comandante y actúa como su representante por delegación o en su ausencia. Es el ayudante principal del comandante en los aviones de última generación con dos tripulantes en la cabina de vuelo, y el único en los antiguos bimotores.

En muchos aviones algo más antiguos presta servicio un tercer tripulante técnico, sea un ingeniero de vuelo o un tercer piloto (normalmente denominado *segundo oficial*), responsable de la situación mecánica de la aeronave y de sus equipos. En los aviones más modernos se han automatizado muchas de las funciones del ingeniero de vuelo; en este caso, los pilotos realizan las tareas no automatizadas que en otras situaciones correrían de cuenta del ingeniero.

En ciertos vuelos de larga distancia, la tripulación puede complementarse con un piloto que cuente con grado de comandante, un primer oficial supernumerario y, si es preciso, un ingeniero de vuelo auxiliar.

En la legislación nacional e internacional se estipula que el personal técnico de aviación sólo puede prestar servicio cuando posea una licencia válida expedida por el organismo nacional competente. Para conservar este permiso, los miembros de la tripulación técnica deben recibir formación en centros docentes una vez al año y someterse a pruebas en el simulador de vuelo (un dispositivo en el que se imitan las condiciones de vuelo y de emergencia reales) dos veces al año y en vuelo real una vez al año.

Otra condición para la obtención y renovación de la licencia es superar un reconocimiento médico, semestral en el caso de pilotos de líneas aéreas de transporte y comerciales de 40 años o más, y anual en el caso de ingenieros de vuelo y pilotos comerciales de menos de 40 años. Los criterios mínimos los establecen la OACI y los reglamentos nacionales. Los organismos nacionales competentes están facultados para autorizar a ciertos médicos con experiencia en medicina aeronáutica para realizar tales pruebas. Se trata de médicos del Ministerio del Aire, médicos aeronáuticos de las Fuerzas Armadas, oficiales médicos de las líneas aéreas o médicos privados designados por un organismo nacional.

* Adaptado del artículo “Aviación, personal de vuelo” de H. Gartmann, incluido en la 3ª edición de la presente *Enciclopedia*.

Personal de cabina

La tripulación de la cabina de pasaje (*auxiliares de vuelo*) son ante todo responsables de la seguridad de los pasajeros. Efectúan tareas rutinarias con este fin, y se encargan de controlar la seguridad y los riesgos de la cabina de pasaje. En casos de emergencia, se ocupan de organizar las medidas aplicables en cada momento y la evacuación de los viajeros en condiciones de seguridad. Durante el vuelo, estos tripulantes han de estar preparados para responder a situaciones como la presencia de humo o fuego en la cabina, turbulencias, urgencias médicas, pérdidas de presión y secuestros aéreos u otras amenazas terroristas. Además de sus responsabilidades en casos de emergencia, la tripulación de cabina se encarga de prestar servicio a los pasajeros.

La tripulación mínima oscila entre 1 y 14 personas, en función del tipo de aeronave, el número de pasajeros que admite y la normativa nacional. Los convenios laborales contienen a veces otras cláusulas sobre dotación de personal. A estos auxiliares puede añadirse un sobrecargo o jefe de servicio. La supervisión de la tripulación suele corresponder a un auxiliar jefe que, a su vez depende directamente del comandante.

Los reglamentos nacionales no suelen obligar al personal de cabina a tener licencias como las obligatorias para el personal técnico, pero sí a haber recibido la instrucción y la formación adecuadas en materia de medidas de emergencia. Los reconocimientos médicos periódicos no suelen imponerse por ley, pero algunas empresas aéreas los exigen para controlar el estado de salud de los tripulantes.

Riesgos y su prevención

Todos los miembros del personal de vuelo se exponen a una amplia gama de factores de estrés, tanto físico como psicológico, a sufrir accidentes aéreos u otra clase de incidentes de vuelo y a contraer diversas enfermedades.

Estrés físico

La falta de oxígeno, uno de los principales problemas de la medicina aeronáutica en los primeros tiempos de la aviación, era hasta fecha reciente una cuestión de importancia menor en el transporte aéreo moderno. En reactores que vuelan a 12.000 metros de altitud, la cabina se mantiene a una presión equivalente a sólo 2.300 metros y, en consecuencia, las personas sanas no suelen presentar síntomas de deficiencia de oxígeno o hipoxia. La tolerancia a esta deficiencia es variable, pero se supone que, para un sujeto sano y sin entrenamiento, el límite a partir del cual aparecen los primeros síntomas es de 3.000 metros.

Pero la llegada de aparatos de nueva generación ha vuelto a plantear la preocupación por la calidad del aire en la cabina. La atmósfera en estos espacios está formada por aire extraído de los compresores del motor y, a menudo, también por aire reciclado procedente de la propia cabina. El caudal del aire exterior que entra en la cabina oscila entre sólo 0,2 m³ por minuto y persona y 1,42 m³, según el tipo de aeronave y su antigüedad, así como el lugar de la cabina. En los aparatos nuevos, la proporción de aire reciclado es muy superior a la habitual en los antiguos. Esta duda sobre la calidad del aire es específica de la cabina de pasajeros. En la cabina de pilotaje, el caudal de aire suelen alcanzar los 4,25 m³ por minuto y miembro de la tripulación. Este mayor caudal tiene por objeto cumplir los requisitos de refrigeración de los equipos de aviónica y electrónica.

Las quejas por la deficiente calidad de la atmósfera de la cabina expresadas por tripulaciones y pasajeros han aumentado en los últimos años, lo que ha llevado a algunos organismos nacionales a investigar este tipo de situaciones. Los reglamentos nacionales no estipulan caudales de ventilación mínimos para la cabina. El caudal real en estos recintos no suele medirse una vez

que la aeronave comienza a prestar servicio, ya que no hay disposiciones que así lo exijan. El mínimo caudal y la utilización de aire reciclado, unidos a otros aspectos de la calidad del aire como contaminantes químicos, microorganismos, alérgicos, humo de tabaco y ozono, obligan a realizar más evaluaciones y estudios.

Mantener una temperatura agradable en la cabina no es ningún problema en aparatos modernos; sin embargo y debido a la enorme diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del avión, la humedad no puede elevarse lo suficiente. Por ello, tanto la tripulación como los pasajeros deben respirar una atmósfera extremadamente seca, sobre todo en vuelos de larga distancia. La humedad de la cabina depende del índice de ventilación en ésta, del número de viajeros, de la temperatura y de la presión. Los valores registrados en los aviones actuales oscilan entre el 25 % y menos del 2 %. Algunos pasajeros y tripulantes sufren sequedad de ojos, nariz y garganta y otras molestias en vuelos de más de 3 o 4 horas. No hay pruebas concluyentes de que la baja humedad relativa afecte de forma generalizada o grave a la salud del personal de vuelo. Con todo, deben adoptarse las precauciones necesarias para evitar la deshidratación; la ingestión adecuada de agua, zumos y otros líquidos debería bastar para evitar molestias.

Los trastornos debidos al movimiento (mareos, malestar y vómitos a causa de los movimientos anormales y las altitudes alcanzadas por las aeronaves) representaron un problema para los pasajeros y las tripulaciones de la aviación civil durante décadas; el problema persiste en la actualidad en el caso de los pequeños aviones deportivos, los aparatos militares y la acrobacia aérea. En los aviones a reacción modernos, este inconveniente tiene una entidad mucho menor y ocurre con menos frecuencia gracias a las mayores velocidades y pesos de despegue de los aparatos, las altitudes de crucero superiores (que alejan a los aviones de las zonas de turbulencias) y a la utilización de radares meteorológicos (que permiten localizar y evitar borrascas y tormentas). También influye en la disminución de la frecuencia de estos trastornos el diseño más espacioso y abierto de las cabinas en las aeronaves actuales, que ofrece mayor sensación de seguridad, estabilidad y comodidad.

Otros riesgos físicos y químicos

El ruido de las aeronaves, tan importante para el personal de tierra, es menos grave para las tripulaciones de los modernos aviones a reacción que para el personal de los antiguos aparatos con motores de pistones. La eficacia del aislamiento y otras medidas de atenuación ha contribuido a eliminar este riesgo en la mayoría de los entornos de vuelo. Asimismo, la optimización de los equipos de comunicación han minimizado los niveles de ruido de fondo generados por estas fuentes.

La exposición al ozono es un riesgo conocido y poco controlado que afecta a tripulaciones y pasajeros. Este elemento se forma en la atmósfera a las altitudes utilizadas por los aviones comerciales a reacción como resultado de la conversión fotoquímica del oxígeno inducida por la radiación solar ultravioleta. La concentración media de ozono en el ambiente aumenta con la latitud y en primavera. También varía con los sistemas meteorológicos, que en ocasiones provocan el descenso de masas de ozono hasta altitudes inferiores.

Denuncian la exposición a esta sustancia síntomas como tos, irritación de las vías respiratorias altas, picor de garganta, molestias o dolores en el pecho, dificultades o dolor al respirar profundamente, disnea, resuello, migraña, fatiga, congestión nasal e irritación ocular. La mayoría de las personas detectan el ozono a una concentración de 0,02 ppm, y ciertos estudios han demostrado que la exposición a valores de 0,5 ppm o más merma sustancialmente el mecanismo pulmonar. Quienes realizan

trabajos moderados o intensos detectan la contaminación por ozono antes que quienes descansan o desarrollan un esfuerzo leve. Así, los auxiliares de vuelo (físicamente activos durante los vuelos), experimentan los efectos de la contaminación por ozono antes y con mayor frecuencia que la tripulación técnica o los pasajeros del mismo vuelo.

En un estudio realizado a finales del decenio de 1970 por el organismo responsable de la aeronáutica de Estados Unidos (Rogers 1980) se analizó la contaminación por ozono en varios vuelos (en su mayoría realizados entre 9.150 y 12.200 metros). En un 11 % de los casos observados se registraron concentraciones superiores a los límites autorizados. Entre los métodos empleados para reducir al mínimo este tipo de exposición se cuentan la elección de rutas y altitudes con el fin de evitar las áreas de concentración elevada y la utilización de equipos de tratamiento del aire; suelen utilizarse con este fin convertidores catalíticos, aunque están expuestos a contaminación y pérdida de eficacia. Las normativas (cuando las hay) no exigen la realización periódica de pruebas de rendimiento ni el control de la concentración de ozono en vuelos reales. Las tripulaciones, en especial las de la cabina de pasaje, han solicitado mejoras en el seguimiento y control de esta forma de contaminación.

Otro motivo de preocupación importante para el personal técnico y de cabina es la radiación cósmica, que engloba formas de radiación transmitidas a través del espacio y procedentes del sol y otras fuentes. La mayor parte de la radiación que se desplaza por el espacio es absorbida por la atmósfera terrestre, pero la protección disminuye con la altitud. El campo magnético de la tierra también ofrece cierta protección, que es máxima cerca del ecuador y menor a latitudes superiores. Las tripulaciones aéreas están expuestas durante el vuelo a niveles de radiación cósmica superiores a los recibidos en tierra.

La magnitud de la exposición a la radiación depende del tipo y la duración del vuelo; así, un tripulante que vuele muchas horas a altitudes y latitudes elevadas (en rutas polares, por ejemplo) se expondrá a valores de radiación máximos. El organismo responsable de aviación civil de Estados Unidos (FAA) ha estimado que la dosis media de radiación cósmica a largo plazo de los miembros de tripulaciones aéreas oscila entre 0,025 y 0,93 milisieverts (mSv) por cada bloque de 100 horas (Friedberg y cols. 1992). Basándose en los cálculos de la FAA, un tripulante que vuele 960 horas anuales (o una media de 80 horas al mes) recibirá una dosis anual de 0,24 a 8,928 mSv. Estos niveles de exposición son inferiores al límite profesional recomendado de 20 mSv al año (media quinquenal) establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR).

No obstante, la CIPR recomienda que la exposición profesional a radiaciones ionizantes no exceda de 2 mSv durante la gestación. Además, el National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) de Estados Unidos, aconseja que la exposición no supere los 0,5 mSv al mes una vez confirmado el embarazo. Si una tripulante presta servicio un mes entero en vuelos con los niveles de exposición máximos, la dosis mensual sobrepasaría los límites recomendados. El mantenimiento de esta situación durante más de 5 o 6 meses determina una exposición superior al límite de 2 mSv aconsejado durante el embarazo.

La exposición durante varios años a radiaciones de baja intensidad provoca cáncer y defectos genéticos y congénitos del feto expuesto al factor de riesgo mientras se encuentra en el útero. La FAA estima que el riesgo añadido de padecer una forma mortal de cáncer por exposición a la radiación en vuelo oscila entre 1/1.500 y 1/94, según la ruta y el número de horas de trabajo; el riesgo añadido de padecer un defecto genético grave por exposición de uno de los padres a la radiación cósmica varía

entre 1 por cada 220.000 y 1 por cada 4.600 nacidos vivos; y el riesgo de retraso mental y cáncer infantil en niños expuestos en el útero a esta forma de contaminación oscila entre 1 por cada 20.000 y 1 por cada 680, según la ruta y el número de horas de vuelo de la madre durante el embarazo.

En el informe de la FAA se llega a la conclusión de que “no es probable que la exposición a la radiación sea un factor que limite las horas de vuelo de una tripulante no embarazada”, puesto que, incluso la cantidad de radiación recibida anualmente por un miembro de la tripulación que trabaje un bloque de 1.000 horas es inferior a la mitad del límite medio anual recomendado por la CIPR. Pero el caso de una tripulante embarazada es diferente. La FAA estima que una mujer en estas condiciones que trabajase un bloque de 70 horas al mes superaría el límite de cinco meses en un tercio de los vuelos analizados (Friedberg y cols. 1992).

Hay que señalar que estos cálculos de riesgo y exposición no son aceptados universalmente. Las estimaciones de las hipótesis sobre tipos y mezclas de partículas radiactivas presentes en altitud que se manejen y del factor ponderal o de calidad aplicado para determinar las dosis correspondientes a algunas de estas formas de radiación. Algunos científicos consideran que el riesgo real al que se enfrentan las tripulaciones aéreas puede ser superior al descrito. Es necesario avanzar en el control de los entornos de vuelo con instrumentación fiable para determinar con mayor claridad la magnitud de la exposición a la radiación.

Mientras no se conozcan datos más seguros, los miembros de las tripulaciones aéreas deben reducir al mínimo la exposición a todo tipo de radiaciones. En cuanto a la exposición en vuelo, la disminución de las horas pasadas en el aire y la maximización de la distancia a la fuente de contaminación puede afectar directamente a la dosis recibida. La disminución mensual y anual de las horas de vuelo y la selección de vuelos a altitudes y latitudes inferiores atenúan la exposición. Un tripulante con posibilidades de influir en sus asignaciones de trabajo puede optar por volar menos horas al mes, combinar vuelos nacionales e internacionales o pedir permisos cada cierto tiempo. Una tripulante embarazada puede optar por darse de baja durante el embarazo. Puesto que el primer trimestre es el período crucial para protegerse de la radiación, las tripulantes que prevean un embarazo pueden considerar la solicitud de un permiso, sobre todo si realizan rutas polares de larga distancia periódicamente o carecen de control sobre sus asignaciones de vuelo.

Deficiencias ergonómicas

El principal problema ergonómico para los miembros de la tripulación técnica consiste en la necesidad de prestar servicio durante mucho tiempo sentados, pero variando de posición y en un área de trabajo muy limitada. En esta postura (limitados por el cinturón de seguridad que sujeta la cintura y los hombros), deben llevar a cabo diversas tareas, como mover las manos, piernas y cabeza en distintas direcciones, consultar instrumentos a una distancia aproximada de 1 metro y situados por encima y por debajo de ellos, enfrente y a los lados, escudriñar el horizonte, consultar mapas o manuales a poca distancia (30 cm), escuchar a través de auriculares y hablar por un micrófono. Los asientos, la instrumentación, la iluminación, el microclima de la cabina del piloto y la comodidad del equipo de comunicaciones por radio han sido y siguen siendo objeto de mejoras continuas. Los puestos de pilotaje actuales, denominados a menudo “cabinas de cristal”, introducen nuevas dificultades derivadas del uso en estos recintos de tecnología de vanguardia y sistemas de automatización; mantener la vigilancia y la conciencia de la situación en estas condiciones plantea nuevos motivos de preocupación para los diseñadores de aeronaves y el personal técnico que presta sus servicios en ellas.

La tripulación de la cabina del pasaje debe afrontar un conjunto de problemas ergonómicos totalmente diferentes. Uno de los principales consiste en la necesidad de permanecer de pie y moverse durante el vuelo. En las fases de elevación y descenso y en zonas de turbulencias, los miembros de esta tripulación deben caminar sobre suelos inclinados; en algunas aeronaves, la inclinación de la cabina se mantiene en torno al 3 % también durante la travesía. Asimismo, muchos de estos suelos se diseñan de forma que crean un efecto de rebote al andar, lo que supone otro factor de estrés para los auxiliares que deben moverse constantemente durante los vuelos. Otra dificultad ergonómica importante para estos profesionales es la utilización de carritos móviles, que pesan de 100 a 140 kg y deben ser empujados y arrastrados a lo largo de la cabina. Además, las deficiencias en el diseño y en los mecanismos de frenado de muchas unidades han elevado el número de lesiones por esfuerzo repetitivo (LER) entre los auxiliares de vuelo. Actualmente, las empresas aéreas y los fabricantes de carritos consideran con mayor atención las características de estos equipos y los nuevos diseños propuestos han producido mejoras ergonómicas. Otros problemas están relacionados con la necesidad de levantar y transportar artículos pesados o voluminosos en espacios restringidos o manteniendo posturas incómodas.

Carga de trabajo

La carga de trabajo de los miembros de las tripulaciones aéreas depende de la tarea desempeñada, la disposición ergonómica, el horario de trabajo y otras muchas circunstancias. Otros factores que afectan a la tripulación técnica son:

- la duración del período de descanso entre vuelos y el número de horas dedicadas al sueño durante el mismo;
- la reunión operativa previa y los problemas detectados en la misma;
- los retrasos previos a la salida;
- la duración de los vuelos;
- las condiciones meteorológicas en el lugar de partida, en ruta y en el destino;
- el número de segmentos del vuelo;
- el tipo de equipo utilizado;
- la calidad y la cantidad de las comunicaciones por radio;
- la visibilidad durante el descenso, el deslumbramiento y la protección contra el sol;
- las turbulencias;
- los problemas técnicos de la aeronave;
- la experiencia de los otros miembros de la tripulación;
- el tráfico aéreo (sobre todo en los lugares de origen y de destino), y
- la presencia de personal de la compañía aérea o de los organismos nacionales para comprobar la competencia de la tripulación.

Algunos de estos factores revisten la misma importancia para la tripulación de la cabina del pasaje. Además, éstos están sometidos a la influencia de los factores específicos siguientes:

- la presión del tiempo en vuelos cortos, con muchos pasajeros y requerimientos de servicio amplios;
- los servicios extraordinarios demandados por los pasajeros, el carácter de algunos de ellos y, en ocasiones, los abusos verbales o físicos de los mismos;
- los cuidados y la atención especiales requeridos por ciertos pasajeros (niños, discapacitados, personas de edad avanzada, personas en situación de urgencia médica);
- duración de las actividades preparatorias, y
- falta de elementos o equipos necesarios para la prestación del servicio (comida o bebida insuficientes, etc.).

Las medidas adoptadas por la dirección de las empresas aéreas y las administraciones públicas con el fin de mantener la carga de trabajo de las tripulaciones dentro de unos límites razonables consisten en la mejora y la ampliación del control del tráfico aéreo, la imposición de topes adecuados a los horarios de actividad y de requisitos relativos a los períodos de descanso mínimos, la ejecución de las actividades preparatorias por parte de distribuidores y personal de mantenimiento, abastecimiento de comidas y limpieza, la automatización de los equipos y las tareas en la cabina del piloto, la normalización de los procedimientos de servicio, la adecuación de la dotación de personal y la disposición de equipos eficaces y fáciles de utilizar.

Horarios de trabajo

Uno de los factores más importantes que afectan a la salud y la seguridad en el trabajo de los miembros de las tripulaciones técnicas y de cabina de pasaje (y, sin duda, el más analizado y polémico) es la fatiga producida por los vuelos y la forma de recuperarse. Se consideran aquí una amplia gama de actividades relacionadas con la programación de los vuelos: duración de los períodos de prestación de servicio, número de horas de vuelo (diarias, mensuales y anuales), períodos de reserva o de guardia y disponibilidad de tiempo para el descanso, tanto en el trabajo como en el domicilio. Los ritmos circadianos, sobre todo en lo que se refiere a los intervalos y la duración del sueño, con todas sus implicaciones fisiológicas y psicológicas, son especialmente significativos para las tripulaciones de aviación. Las alteraciones de la percepción del tiempo debidas a los vuelos nocturnos y las travesías de este a oeste o en dirección contraria a través de diversas franjas horarias plantean los problemas más graves. Los aviones de última generación, capaces de mantenerse en vuelo hasta 15 o 16 horas seguidas, han exacerbado el conflicto entre los programas de las empresas aéreas y las limitaciones humanas.

Las normativas encaminadas a limitar los períodos de actividad y vuelo y establecer mínimos de descanso difieren de un país a otro. En algunos casos, estos instrumentos legales no se han adaptado al ritmo del cambio científico y tecnológico ni garantizan necesariamente la seguridad de los vuelos. Hasta hace poco apenas se habían adoptado medidas de normalización de estos reglamentos. Los intentos actuales de armonización han sido motivo de preocupación para los miembros de las tripulaciones aéreas, que temen que los países con normativas más protectoras se vean obligados a aceptar otras menos estrictas y adecuadas. Además de las normativas nacionales, muchos de estos profesionales han tenido la oportunidad de negociar en sus convenios colectivos condiciones más favorables sobre las horas de servicio. Aunque estos acuerdos son importantes, casi todos los tripulantes consideran que la reglamentación de la jornada de trabajo es esencial para su salud y su seguridad (y la de los pasajeros) y que, por tanto, es necesario que los organismos nacionales desarrollen adecuadamente unas normas mínimas.

Estrés psicológico

En los últimos años, las tripulaciones de aviación se han enfrentado con un factor de estrés mental grave: el riesgo de secuestros, bombas y ataques armados en los aviones. Aunque las medidas de seguridad de la aviación civil en todo el mundo se han intensificado y han mejorado mucho, también los terroristas se han perfeccionado. La piratería aérea, el terrorismo y otros delitos siguen constituyendo una amenaza real para todos los tripulantes. La prevención de este tipo de actuaciones exige el compromiso y la cooperación de las autoridades nacionales y la presión de la opinión pública mundial. Por otra parte, estos trabajadores deben seguir recibiendo formación especial e información sobre

medidas de seguridad y ser advertidos puntualmente de las posibles amenazas de piratería aérea y terrorismo.

Los miembros de las tripulaciones comprenden la importancia de iniciar sus tareas en un estado mental y físico adecuado para garantizar que la fatiga y el estrés ocasionado por el propio vuelo no afecten a la seguridad. En ocasiones, la disposición para prestar servicio puede verse perjudicada por los factores de estrés psicológico y físico, y es responsabilidad del tripulante reconocer si se encuentra en condiciones o no de desempeñar su labor. No obstante, en ciertos casos, puede que estos efectos no resulten evidentes de inmediato para las personas sometidas a presión. Por esta razón, la mayoría de las empresas aéreas, asociaciones de tripulantes y sindicatos han creado comités de normas profesionales para asistir a los trabajadores en este área.

Accidentes

Por fortuna, los accidentes de aviación que acaban en catástrofe son infrecuentes; en cualquier caso, constituyen un riesgo para los miembros de las tripulaciones aéreas. Estos accidentes casi nunca obedecen a una causa única y bien definida; en la inmensa mayoría de los casos, hay que buscar la causa en la conjunción de varios factores técnicos y humanos.

Las deficiencias en el diseño de los equipos o las averías de éstos, sobre todo como consecuencia de un mantenimiento inadecuado, son dos causas mecánicas de los accidentes. Un tipo de fallo humano importante, aunque relativamente raro, es la muerte súbita debida, por ejemplo, a un infarto de miocardio; en otros casos se producen pérdidas repentinas del conocimiento (ataques epilépticos, síncope cardíacos y desmayos motivados por intoxicación alimentaria o de otro tipo). El fallo humano puede deberse asimismo al deterioro paulatino de determinadas funciones, como el oído o la vista, aunque no se ha atribuido ningún accidente grave a este tipo de anomalías. La prevención de accidentes debidos a causas médicas es una de las tareas más importantes de la medicina aeronáutica. Una selección metódica del personal, los reconocimientos médicos periódicos, la investigación de las bajas por enfermedad o accidente, el contacto médico continuo con las condiciones de trabajo y los estudios de la higiene industrial limitan de manera considerable el riesgo de incapacitación repentina o deterioro progresivo de la tripulación técnica. Asimismo, el personal técnico debe efectuar controles sistemáticos de las prácticas de programación de los vuelos con el fin de evitar los incidentes y accidentes debidos a la fatiga. Todas las empresas aéreas modernas, bien gestionadas y de cierto tamaño disponen de su propio servicio médico para cubrir estas necesidades.

Los avances en la prevención de accidentes de aviación son con frecuencia resultado de la investigación detallada de cada suceso. Un análisis sistemático de todos los incidentes, aunque sean menores, efectuado por un consejo de investigación formado por expertos técnicos, operativos, estructurales, médicos y de otras especialidades, es esencial para determinar todas las causas de lo sucedido y formular recomendaciones que faciliten la prevención en el futuro.

En el ámbito de la aviación, se han promulgado normas estrictas con el fin de evitar los accidentes debidos al consumo de alcohol y otras drogas. Los tripulantes no deben consumir alcohol en cantidades incompatibles con sus requisitos profesionales, y su ingestión en el curso de las 8 horas previas al inicio del vuelo está totalmente prohibida. El consumo de drogas está estrictamente prohibido. Su ingestión por razones médicas se somete a un control exhaustivo y, en general, no se permiten durante el vuelo o en el período inmediatamente anterior al mismo, salvo excepciones prescritas por el médico responsable del vuelo.

El transporte aéreo de materiales peligrosos es otra causa de accidentes e incidentes de aviación. En un reciente estudio referido a un período bianual (de 1992 a 1993), se contabilizaron más de 1.000 incidentes en un solo país en los que intervinieron este tipo de materiales en aviones de transporte de pasajeros o de mercancías. En fecha más reciente, un accidente acaecido en Estados Unidos con el resultado del fallecimiento de 110 pasajeros y tripulantes tuvo entre sus causas el transporte de una carga peligrosa. Este tipo de sucesos se debe a la influencia de varios factores. Es posible que los expedidores y los pasajeros desconozcan el riesgo vinculado a los materiales que presentan para su transporte o incluyen en su equipaje. En ocasiones, personas sin escrúpulos optan por cargar ilegalmente materiales peligrosos prohibidos. La ampliación de las restricciones impuestas a este tipo de mercancías y la mejora de la formación de los tripulantes, pasajeros, expedidores y cargadores contribuiría a la prevención de incidentes en el futuro. En otras normativas sobre prevención de accidentes se regulan el suministro de oxígeno, las comidas de la tripulación y los procedimientos en caso de enfermedad.

Enfermedades

No se conocen ni se han documentado enfermedades profesionales específicas de los tripulantes. No obstante, ciertas dolencias afectan con mayor frecuencia a estos trabajadores que a otros. Los resfriados comunes y las infecciones de las vías respiratorias altas son habituales, debido en parte a la insuficiente humedad durante los vuelos, la irregularidad de los horarios, el contacto con gran número de personas en un espacio restringido, etc. Un resfriado común, sobre todo si produce congestión de las vías respiratorias altas, que carece de importancia para un oficinista, puede incapacitar a un tripulante si impide la compensación de la presión en el oído medio en el ascenso y, sobre todo, en el descenso. Además, las enfermedades que exigen tratamiento farmacológico impiden en ocasiones la prestación de servicio durante cierto tiempo. Asimismo, los viajes frecuentes a zonas tropicales aumentan la exposición a enfermedades infecciosas, en particular malaria e infecciones del aparato digestivo.

La estancia prolongada en espacios limitados, como la cabina de un avión, también aumenta el riesgo de contraer enfermedades infecciosas transmitidas por el aire, como la tuberculosis, si un pasajero o un tripulante las padece en su fase contagiosa.

● MEDICINA AEROESPACIAL: EFECTOS DE LA GRAVEDAD, LA ACELERACION Y LA MICROGRAVEDAD EN EL ENTORNO AEROESPACIAL

Relford Patterson y Russell B. Rayman

Desde que un avión con motor volase por vez primera durante cierto tiempo sin interrupciones en Kitty Hawk, Carolina del Norte (Estados Unidos) en 1903, la aviación se ha convertido en una actividad internacional básica. Se estima que, desde 1960 a 1989, el número anual de pasajeros en vuelos regulares pasó de 20 millones a más de 900 millones (Poitras y deTreville 1994). Los aviones militares se han transformado en sistemas de defensa indispensables para las fuerzas armadas de muchos países. Los avances en la tecnología aeronáutica y, en particular, en el diseño de equipos de mantenimiento de su duración, han contribuido al rápido desarrollo de los programas espaciales tripulados. Los vuelos orbitales son relativamente frecuentes, y astronautas y

cosmonautas trabajan en vehículos y estaciones espaciales durante períodos prolongados.

En el entorno aeroespacial, los factores de estrés físico que afectan a la salud de tripulaciones, pasajeros y astronautas son la reducción de las concentraciones de oxígeno en el aire, la disminución de la presión barométrica, el estrés térmico, la aceleración, la ingravidez y otros riesgos potenciales (DeHart 1992). En el presente artículo se describen las consecuencias médicas de la exposición a la gravedad y la aceleración durante el vuelo en la atmósfera y de la microgravedad en el espacio.

Gravedad y aceleración

La combinación de gravedad y aceleración propia de los vuelos en la atmósfera tiene consecuencias fisiológicas que afectan a tripulantes y pasajeros. En la superficie terrestre, la gravedad afecta a casi todas las formas de actividad física humana. El peso de un individuo es igual a la fuerza ejercida sobre la masa de su cuerpo por el campo gravitatorio de la Tierra. El símbolo utilizado para expresar la magnitud de la aceleración de un objeto en caída libre cerca de la superficie terrestre es g , que equivale a una aceleración de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$ (Glaister 1988a; Leverett y Whinnery 1985).

Hay *aceleración* cuando un objeto en movimiento aumenta su velocidad. Por *velocidad* se entiende la rapidez y dirección del movimiento de un objeto. Se llama *deceleración* a la aceleración negativa, que causa la reducción de la velocidad. La aceleración (y la deceleración) es una cantidad vectorial (tiene magnitud y dirección). Hay tres tipos de aceleración: lineal, o cambio de velocidad sin modificación de la dirección; radial, o cambio de dirección sin modificación de la velocidad; y angular, o cambio de velocidad y dirección. Las aeronaves en vuelo están capacitadas para maniobrar en todas las direcciones, y la tripulación y el pasaje pueden experimentar aceleraciones lineales, radiales o angulares. En la aviación, las aceleraciones aplicadas suelen expresarse como múltiplos de la aceleración debida a la gravedad. Por convención, G es la unidad que expresa la proporción entre la aceleración aplicada y la constante gravitacional (Glaister 1988a; Leverett y Whinnery 1985).

Biodinámica

La biodinámica es la ciencia que estudia la fuerza o la energía de la materia viva y constituye un área de interés fundamental en el campo de la medicina aeroespacial. Las aeronaves modernas son fácilmente maniobrables y capaces de volar a velocidades muy elevadas, y transmiten la aceleración a sus ocupantes. La influencia de la aceleración en el cuerpo humano depende de la intensidad, la velocidad inicial y la dirección. Esta suele describirse mediante un sistema de coordenadas de tres ejes (x, y, z) con el eje vertical (z) paralelo al eje longitudinal del cuerpo, el eje x orientado de delante hacia atrás y el eje y dispuesto transversalmente (Glaister 1988a). Estas aceleraciones se clasifican en dos tipos generales: sostenida y transitoria.

Aceleración sostenida

Los ocupantes de un avión (o de una nave espacial mientras se mueve en la atmósfera bajo la influencia de la gravedad durante el despegue y la reentrada) experimentan aceleraciones como respuesta a las fuerzas aerodinámicas del vuelo. Los cambios prolongados de velocidad que dan lugar a aceleraciones de duración superior a 2 segundos pueden derivarse de modificaciones en la velocidad o la dirección de vuelo de la aeronave. Los efectos fisiológicos de la aceleración sostenida obedecen a la deformación continua de los tejidos y órganos del cuerpo y a los cambios del flujo sanguíneo y la distribución de los fluidos corporales (Glaister 1988a).

La aceleración positiva o en dirección hacia la cabeza a lo largo del eje z ($+G_z$) es el principal motivo de preocupación desde el punto de vista fisiológico. En el transporte aéreo civil, las aceleraciones G_z son infrecuentes, pero se producen ocasionalmente y con una intensidad moderada en ciertos despegues y aterrizajes y en condiciones de turbulencia. Los pasajeros experimentan breves sensaciones de ingravidez durante descensos repentinos (aceleración G_z negativa) si no están sujetos al asiento. Una aceleración brusca e imprevista puede hacer que los tripulantes o los pasajeros que no están sujetos se golpeen contra las superficies internas de la cabina y sufran lesiones.

A diferencia del transporte civil, el pilotaje de aparatos militares de alto rendimiento o de aviones acrobáticos o de fumigación genera fácilmente aceleraciones lineales, radiales y angulares muy superiores. Se producen aceleraciones positivas considerables cuando un avión rápido de este tipo modifica el curso de vuelo o se eleva a gran velocidad después de un picado. Un avión de combate moderno tiene un rendimiento $+G_z$ suficiente para exponer a sus ocupantes a aceleraciones positivas de 5 a 7 G durante 10 a 40 segundos (Glaister 1988a). Los tripulantes experimentan un aumento de peso de los tejidos y las extremidades con valores de aceleración relativamente modestos como $+2 G_z$. Así, en el curso de una maniobra aeronáutica que genere $+2 G_z$ el peso de un piloto de 70 kg aumentará hasta 140 kg.

El aparato cardiovascular es el sistema orgánico más importante para determinar la tolerancia y la respuesta generales al estrés debido a $+G_z$ (Glaister 1988a). Los efectos de la aceleración positiva sobre la visión y el rendimiento mental se deben a la reducción del caudal sanguíneo y de la aportación de oxígeno a los ojos y el cerebro. Para bombear sangre hacia esos órganos, el corazón debe superar la presión hidrostática de la sangre en cualquier punto del sistema circulatorio más las fuerzas inerciales generadas por la aceleración G_z positiva. La situación es similar a la que se produce al tirar hacia arriba de un globo lleno en parte de agua y observar la distensión del mismo hacia abajo debida a la fuerza inercial resultante que actúa sobre la masa de agua. La exposición a aceleraciones positivas llega a provocar pérdida temporal de la visión periférica o total de la consciencia. Los pilotos militares de aeronaves de alto rendimiento corren el riesgo de sufrir pérdida momentánea de la visión y el conocimiento inducida por G al exponerse a una aceleración positiva a lo largo del eje $+G_z$ de inicio rápido o sostenida. Suelen producirse arritmias cardíacas benignas como consecuencia de la exposición a valores altos y sostenidos de aceleración $+G_z$, pero su trascendencia clínica suele ser mínima en ausencia de enfermedades previas; la aceleración $-G_z$ no suele darse, por las limitaciones de diseño y rendimiento de las aeronaves, salvo en vuelo invertido, bucles exteriores, giros sobre el eje y otras maniobras similares. El efecto fisiológico básico de la exposición a la aceleración $-G_z$ es el aumento de la presión vascular en la parte superior del cuerpo, la cabeza y el cuello (Glaister 1988a).

Las aceleraciones sostenidas perpendiculares al eje longitudinal del cuerpo se denominan *transversales* y son relativamente infrecuentes en la mayoría de las situaciones aeronáuticas, con excepción de los despegues desde portaaviones auxiliados por catapultas, reactores o cohetes y del lanzamiento de cohetes, como el transbordador espacial. Las aceleraciones habituales en estos dispositivos militares son moderadas y apenas afectan al organismo, ya que las fuerzas de inercia actúan en ángulo recto respecto al eje longitudinal del cuerpo. En general, los efectos son menos pronunciados que en la aceleración G_z . La aceleración lateral en el eje $\pm G_y$ no es frecuente, salvo en aparatos experimentales.

Aceleración transitoria

La respuesta fisiológica individual a las aceleraciones transitorias breves revisten especial importancia en el contexto de la prevención de accidentes en aeronaves y la protección de tripulantes y pasajeros. La duración de este tipo de aceleración es tan escasa (muy inferior a un segundo) que el organismo no llega a alcanzar un estado estacionario. La causa más común de lesión en los accidentes de aviación consiste en la brusca deceleración que se produce cuando una aeronave choca contra la tierra o el agua (Anton 1988). Cuando un avión choca contra el suelo se genera una enorme cantidad de energía cinética que genera fuerzas perjudiciales para la aeronave y sus ocupantes. El organismo humano responde a estas fuerzas aplicadas mediante una combinación de aceleración y tensión. Las lesiones se deben a la deformación de los tejidos y los órganos y al trauma de las partes anatómicas causado por la colisión con los componentes estructurales de la cabina del piloto o del pasaje del avión.

La tolerancia humana a la deceleración brusca es variable. La naturaleza de las lesiones depende del carácter de la fuerza aplicada (si el impacto es con superficies afiladas o romas). En el momento del choque, las fuerzas generadas dependen de las deceleraciones longitudinales y horizontales aplicadas a los ocupantes. Las fuerzas deceleradoras bruscas suelen clasificarse en tolerables, nocivas y mortales. Las primeras producen lesiones traumáticas como abrasiones y contusiones; las segundas, traumas de moderados a graves no necesariamente discapacitantes. Se estima que una aceleración de aproximadamente 25 G mantenida durante 0,1 segundos es el límite tolerable a lo largo del eje $+G_z$; el límite a lo largo del eje $-G_z$ es de unos 15 G durante 0,1 segundos (Anton 1988).

Son varios los factores que afectan a la tolerancia humana a la aceleración de corta duración. Entre ellos figuran la magnitud y la duración de la fuerza aplicada, la velocidad inicial de la misma, su dirección y el lugar de la aplicación. Debe tenerse en cuenta que las personas son capaces de soportar fuerzas mucho mayores dirigidas perpendicularmente al eje longitudinal del cuerpo.

Contramedidas de protección

La selección física de los miembros de la tripulación efectuada para determinar enfermedades previas graves que agraven el riesgo en el entorno aerospacial es una función esencial de los programas médicos especializados. Además, los tripulantes de aeronaves de alto rendimiento pueden adoptar contramedidas para protegerse de los efectos adversos de las aceleraciones extremas experimentadas durante el vuelo. Deben recibir formación para conocer los numerosos factores que reducen su tolerancia al estrés provocado por G . Estos factores de riesgo son la fatiga, la deshidratación, el estrés por calor, la hipoglucemia y la hipoxia (Glaister 1988b).

Tres de las medidas que los tripulantes de aeronaves de alto rendimiento emplean con el fin de contrarrestar los efectos adversos de la aceleración sostenida durante el vuelo son la tensión de los músculos, la espiración forzada contra la glotis (parte posterior de la lengua) total o parcialmente cerrada y la respiración bajo presión positiva (Glaister 1988b; DeHart 1992). Las contracciones musculares forzadas aumentan la presión sobre los vasos sanguíneos y así reducen la estasis venosa y elevan el retorno venoso y el gasto cardíaco, con el consiguiente aumento del caudal sanguíneo al corazón y la parte superior del cuerpo. Aunque eficaz, esta maniobra exige la aplicación de un esfuerzo activo extremo y provoca fatiga en poco tiempo. La espiración contra la glotis cerrada, denominada *maniobra de Valsalva* (o procedimiento *M-I*) incrementa la presión intratorácica (en el pecho) y en la parte superior del cuerpo; no obstante,

el resultado es breve y puede ser perjudicial si se prolonga, ya que reduce el retorno venoso y el gasto cardíaco. Forzar la expiración contra la glotis parcialmente cerrada es una maniobra de acción voluntaria anti- G más eficaz. La respiración bajo presión positiva es otro método de elevar la presión intratorácica. Las presiones positivas se transmiten a la red arterial e induce el incremento del caudal sanguíneo a los ojos y el cerebro. Este procedimiento debe combinarse con la utilización de trajes anti- G para evitar la estasis excesiva en la parte inferior del cuerpo y las extremidades.

Las tripulaciones militares se entrenan para mejorar la tolerancia a G . En estos entrenamientos suele emplearse una máquina centrífuga consistente en una cabina unida a un brazo rotatorio que gira y genera aceleración $+G_z$. Así se familiarizan con los síntomas fisiológicos y aprenden los métodos adecuados para neutralizarlos. La educación física, en particular la encaminada a fortalecer todo el cuerpo, también es eficaz. Uno de los dispositivos mecánicos más comunes utilizados como equipo de protección para reducir la exposición a $+G$ es el traje anti- G inflado neumáticamente (Glaister 1988b). El modelo típico, parecido a un pantalón, es un conjunto de cámaras de aire que envuelven el abdomen, los muslos y las pantorrillas y que se inflan automáticamente con una válvula anti- G montada en el avión que responde a las aceleraciones. Una vez hinchado, el traje eleva la presión en los tejidos de las extremidades inferiores. Así se mantiene la resistencia vascular periférica y se reducen la estasis de sangre en el abdomen y las piernas y el desplazamiento hacia abajo del diafragma, lo que contrarresta el aumento de la distancia vertical entre el corazón y el cerebro causado por la aceleración positiva (Glaister 1988b).

La supervivencia a las aceleraciones transitorias propias de los accidentes de aviación depende de la eficacia de los sistemas de contención y del mantenimiento de la integridad de la cabina del piloto y del pasaje, que minimiza la penetración de componentes dañados del avión en el espacio vital (Anton 1988). La función de los cinturones de seguridad, las bandas de sujeción y otros sistemas de contención es limitar el movimiento de la tripulación y los pasajeros y atenuar las consecuencias de la deceleración brusca que se produce en el momento del impacto. La eficacia de este tipo de mecanismos depende de su capacidad para transmitir cargas entre el cuerpo y el asiento o la estructura del vehículo. Los asientos atenuadores de energía y los orientados en sentido contrario a la marcha son otros componentes del diseño de una aeronave que limitan las lesiones. Otros recursos técnicos aplicados a la protección de accidentes son el diseño del fuselaje con mecanismos de absorción de energía y el perfeccionamiento de la estructura de los asientos para reducir la rotura mecánica (DeHart 1992; DeHart y Beers 1985).

Microgravedad

Desde el decenio de 1960, astronautas y cosmonautas han tripulado numerosas misiones en el espacio, incluidos seis alunizajes realizados por los estadounidenses. La duración de las misiones ha oscilado entre algunos días y varios meses, y hasta un año en algunas misiones rusas. Estos vuelos han estimulado los estudios médicos y científicos sobre anomalías fisiológicas de los tripulantes durante los vuelos y después de éstos. Para la mayoría de los autores, estos problemas pueden atribuirse a la exposición a la ingravidez o la microgravedad. Aunque son transitorios, con una recuperación total del orden de días o meses después del regreso a la Tierra, nadie puede afirmar con plena certeza que sean tan benignos en misiones de 2 o 3 años, como las que se prevén para un viaje de ida y vuelta a Marte. Las anomalías fisiológicas principales (y sus contramedidas) pueden clasificarse como cardiovasculares,

musculosqueléticas, neurovestibulares, hematológicas y endocrinológicas (Nicogossian, Huntoon y Pool 1994).

Riesgos cardiovasculares

Hasta la fecha, no se han registrado en el espacio problemas cardíacos graves, como insuficiencias o ataques, aunque varios astronautas han desarrollado anomalías del ritmo cardíaco de carácter transitorio, sobre todo al efectuar actividades extravehiculares (AEV). En un caso, un cosmonauta ruso tuvo que regresar a la Tierra antes de lo previsto como medida de precaución.

Por otra parte, la microgravedad parece inducir inestabilidad de la presión arterial y el pulso. Aunque este efecto no perjudica la salud ni el rendimiento de la tripulación durante el vuelo, en torno a la mitad de los astronautas experimentan sensaciones intensas de mareo y vértigo inmediatamente después de las misiones y, en algunos casos, desmayos (síncope) o cuasidesmayos (presíncope). Se cree que la causa de esta intolerancia al mantenimiento de la posición vertical se debe a la caída de la presión arterial al volver a entrar en el campo gravitatorio terrestre, combinada con la disfunción de los mecanismos compensatorios del organismo. Por tanto, la presión arterial baja y la reducción del pulso no contrarrestados por una respuesta orgánica normal a estas anomalías fisiológicas da lugar a la aparición de los síntomas mencionados.

Aunque estos episodios de síncope o presíncope son pasajeros y carecen de secuelas, sigue habiendo motivos de preocupación por varias razones. En primer lugar, en el caso de que una nave espacial sufra durante la vuelta a la Tierra una situación de emergencia, como un incendio al aterrizar, por ejemplo, resultará extremadamente difícil para los astronautas escapar con rapidez. En segundo lugar, los astronautas que aluncen tras pasar cierto tiempo en el espacio serán más propensos a los desmayos y a padecer los síntomas previos a éstos, aunque el campo gravitatorio de la luna sea seis veces menor que el terrestre. Por último, estos síntomas cardiovasculares pueden ser mucho más graves e incluso mortales en misiones de larga duración.

Por estas razones, se ha trabajado mucho en la búsqueda de contramedidas para prevenir o, al menos, atenuar los efectos de la microgravedad en el sistema cardiovascular. Aunque hay varias actualmente en estudio y algunas son prometedoras, en ningún caso se ha podido comprobar la verdadera eficacia de ninguna. Los estudios realizados se han centrado en los ejercicios en vuelo basados en la utilización de tapices rodantes, ergómetros de bicicleta y bancos de remos. Además, se han efectuado otros análisis con presión negativa en la parte inferior del cuerpo (LBNP). Algunos datos indican que la reducción de la presión en esa zona del organismo (mediante la utilización de equipos compactos especiales) mejora la capacidad de éste para compensar las anomalías (es decir, para elevar la presión arterial y el pulso cuando disminuyen excesivamente). La contramedida basada en la LBNP resulta aún más eficaz si el astronauta ingiere a la vez cantidades moderadas de agua salada de composición especial.

Para resolver las anomalías cardiovasculares, no sólo hay que perfeccionar estas contramedidas, sino además desarrollar otras nuevas.

Riesgos musculosqueléticos

Todos los astronautas que regresan del espacio experimentan cierto grado de debilitamiento o atrofia muscular, sea cual sea la duración de la misión. Los músculos más afectados son los de las extremidades, cuyo tamaño, fuerza, resistencia y capacidad de trabajo quedan reducidos. Aunque el mecanismo de estas alteraciones sigue sin definirse con claridad, se explica parcialmente por la falta de uso prolongado; el trabajo, la actividad y el

movimiento en condiciones de microgravedad apenas exigen esfuerzo, ya que todo carece prácticamente de peso. Esta circunstancia favorece inicialmente la realización de las labores de la misión, pero, constituye sin duda una dificultad al volver al campo gravitatorio, sea lunar o terrestre. La debilidad no sólo puede impedir las actividades posteriores al vuelo (incluidas las tareas en la superficie lunar), sino que también compromete la salida rápida en caso de emergencia tras el aterrizaje. Otro factor que debe considerarse es la posibilidad de que, en el curso de una AEV, deban efectuarse en la nave reparaciones que exijan mucho esfuerzo físico. Entre las medidas en estudio aplicables en estos casos figuran los ejercicios en vuelo, la estimulación eléctrica y la medicación anabolizante (testosterona o esteroides afines). Por desgracia, en el mejor de los casos, estas medidas sólo retrasan la disfunción muscular.

Además del desgaste muscular, todos los astronautas experimentan una lenta pero inexorable pérdida de tejido óseo en el espacio (unos 300 mg por día, o el 0,5 % del calcio óseo total por mes). Este efecto ha sido documentado mediante radiografías de los huesos obtenidas después de los vuelos, sobre todo de aquéllos que soportan peso (es decir, el esqueleto axial). Su causa es la pérdida paulatina y constante de calcio con la orina y las heces. Este deterioro es motivo de gran preocupación, con independencia de la duración del vuelo. En consecuencia, la pérdida de calcio y la erosión ósea constituyen un factor limitante del vuelo, salvo que se adopten contramedidas eficaces. Aunque el mecanismo preciso de esta significativa anomalía fisiológica no se conoce por completo, no cabe duda de que se debe en parte a la ausencia de fuerzas gravitatorias que influyan sobre los huesos, así como a la falta de uso, como en el caso del desgaste muscular. Si la pérdida ósea se mantuviera indefinidamente, en especial en misiones de larga duración, los huesos se volverían tan frágiles que acabarían produciéndose fracturas, incluso con grados de esfuerzo moderados. Por otra parte, el flujo constante de calcio expulsado con la orina a través de los riñones favorece la formación de cálculos renales, con el resultado de dolores agudos, hemorragias e infección. Es obvio que, en el espacio, cualquiera de estas complicaciones serían muy graves.

Desgraciadamente, no se conocen contramedidas capaces de prevenir con eficacia la pérdida de calcio en los vuelos espaciales. Se han probado diversos métodos, como el ejercicio físico (tapices rodantes, ergómetros de bicicleta y bancos de remos), basándose en la hipótesis de que estos ejercicios físicos voluntarios normalizarán el metabolismo óseo y evitarán, o al menos atenuarán, la pérdida de masa ósea. Otras medidas en estudio son la administración de complementos de calcio, vitaminas y diversos medicamentos (como los difosfonatos, cuya capacidad para prevenir la pérdida ósea en pacientes con osteoporosis ha sido comprobada). Si ninguna de estas medidas simples resultan eficaces, es posible que la solución consista en generar gravedad artificial mediante la rotación continua o intermitente de los vehículos espaciales. Aunque este movimiento puede producir fuerzas gravitatorias similares a las de la Tierra, representaría una pesadilla técnica y multiplicaría los costes.

Riesgos neurovestibulares

Más de la mitad de los astronautas sufren de la enfermedad del movimiento en el espacio (EME). Aunque los síntomas varían, casi todos los sujetos experimentan sensibilización estomacal, náuseas, vómitos, cefaleas y somnolencia. El movimiento rápido de la cabeza agrava los síntomas. La EME suele declararse entre unos minutos y unas horas después de la ingestión de alimento, y remite por completo transcurrido un período de 72 horas. Es interesante señalar que, en ocasiones, los síntomas reaparecen después del regreso a la Tierra.

La EME, en particular los vómitos, no sólo desconcierta a los miembros de la tripulación, sino que también reduce el rendimiento en los astronautas afectados. Además, no puede ignorarse el riesgo de vomitar mientras se utiliza un traje presurizado en el curso de AEV, por el riesgo evidente de avería del sistema de mantenimiento de la vida. Por estas razones, nunca se programan AEV para los tres primeros días de una misión espacial. Si es imprescindible efectuar una de estas actividades —por ejemplo, para llevar a cabo reparaciones de urgencia en la nave— la tripulación tendrá que correr el riesgo.

Gran parte de los estudios neurovestibulares se han encaminado a la búsqueda de un método para prevenir y tratar la EME. Se han probado diversas modalidades, como la aplicación de parches y píldoras anti-EME y la utilización de dispositivos de adaptación previos al vuelo, como las sillas giratorias, para habituar a los astronautas, con resultados muy limitados. No obstante, en los últimos años se ha descubierto que la inyección del antihistamínico fenegrán es extremadamente eficaz. Por ello, se lleva a bordo en todos los vuelos y se administra según las necesidades. Su eficacia preventiva está aún por demostrar.

Otros síntomas neurovestibulares declarados por los astronautas son mareos, vértigo, desequilibrio e ilusiones de movimiento propio y del entorno, que en ocasiones dificultan la capacidad de andar durante un breve período posterior al vuelo. Los mecanismos que inducen estos fenómenos son muy complejos y no se comprenden plenamente. Son complicaciones potencialmente problemáticas, sobre todo después de un alunizaje que sigue a varios días o semanas en el espacio. Actualmente, no se conocen contramedidas eficaces.

Es muy probable que los fenómenos neurovestibulares se deban a una disfunción del oído interno (canales semicirculares, utrículo y sáculo) debida a la microgravedad. Quizá se envíen señales erróneas al sistema nervioso central o éste malinterpreta las que recibe. En cualquier caso, el resultado es la aparición de los síntomas mencionados. Una mejor conocimiento de estos mecanismos ayudará a formular contramedidas eficaces.

Riesgos hematológicos

La microgravedad afecta a los glóbulos rojos y blancos. Los primeros transportan el oxígeno a los tejidos, mientras que los segundos forman parte del sistema inmunitario, que protege frente a los organismos invasores. Por tanto, la disfunción de estas células es perjudicial. Por motivos que no se conocen, los astronautas pierden entre el 7 y el 17 % de la masa de eritrocitos en las primeras fases de vuelo. La pérdida parece estabilizarse a lo largo de los meses, y el valor recupera la normalidad entre 4 y 8 semanas después de la misión.

Hasta la fecha, este fenómeno no ha tenido trascendencia clínica y se ha considerado más bien un resultado de laboratorio curioso. Sin embargo, su gravedad potencial es evidente. La posibilidad de que los glóbulos rojos se pierdan a mayor ritmo y en cantidades muy superiores en las misiones de larga duración previstas para el siglo XXI es motivo de preocupación. Si estos temores se confirmaran, los astronautas sufrirían anemias muy perjudiciales para su salud. Se espera que éste no sea el caso y que las pérdidas de eritrocitos sean muy limitadas, con independencia de la duración de la misión.

Por otra parte, varios componentes del sistema leucocitario se ven afectados por la microgravedad. Así, ésta provoca un aumento del número de leucocitos en general y de neutrófilos en particular, acompañado de reducción de la población linfocitaria. Asimismo, los datos indican que estas células no funcionan normalmente.

Hasta el momento, a pesar de todos estos cambios, no se ha atribuido ninguna enfermedad a la alteración de los glóbulos blancos. Se desconoce si en misiones de larga duración se

perderían más leucocitos y se agravaría su disfunción. Si así fuera, la defensa inmunitaria del organismo se encontraría en peligro, los astronautas estarían más expuestos a sufrir infecciones y, posiblemente, quedarían incapacitados por enfermedades menores que un sistema inmunológico sano combatiría con facilidad.

Como en el caso de los eritrocitos, las alteraciones de los leucocitos, al menos en misiones de aproximadamente un año, carecen de trascendencia clínica. Debido al riesgo potencial de contraer enfermedades graves durante el vuelo o después de éste, es esencial seguir investigando los efectos de la microgravedad sobre el sistema hematológico.

Riesgos endocrinológicos

En los vuelos espaciales, se han detectado diversas alteraciones de fluidos y minerales en el organismo, debidas en parte a los cambios del sistema endocrino. En general, se pierden fluidos orgánicos, así como calcio y potasio. No se ha definido aún el mecanismo preciso de estos fenómenos, aunque la modificación de varios niveles hormonales constituye una explicación parcial. Para contribuir a la confusión, los resultados obtenidos en el laboratorio con distintos astronautas no suelen coincidir, lo que impide formular una hipótesis unitaria de la etiología de estas anomalías fisiológicas. Con independencia de la confusión, estos cambios no han tenido efectos perjudiciales conocidos sobre la salud de los astronautas ni han reducido su rendimiento en vuelo. Se ignora la importancia de estas alteraciones endocrinas en misiones de larga duración, así como el riesgo de que sean precursoras de secuelas de extrema gravedad.

Agradecimientos: los autores desean manifestar su gratitud a la Aerospace Medical Association.

● HELICOPTEROS

David L. Huntzinger

El helicóptero es un tipo de aeronave muy especial. Se utiliza en todo el mundo, en industrias y con fines muy variados. Su tamaño va desde los pequeños modelos monoplaza a los enormes aparatos de carga con pesos brutos superiores a 100.000 kg y dimensiones similares a las de un Boeing 757. En el presente artículo se analizan algunos de los problemas que plantea este vehículo en materia de salud y seguridad, las diferentes misiones civiles y militares en las que se emplea y su entorno operativo.

El helicóptero en sí plantea riesgos de salud y seguridad singulares. Todos los modelos funcionan con un rotor principal. Se trata del órgano elevador del aparato y cumple el mismo fin que las alas en un avión. Las palas del rotor constituyen un riesgo importante para las personas y las cosas debido a su tamaño, su masa y su velocidad de rotación que, además, las oculta a la vista bajo ciertos ángulos y en diversas condiciones de iluminación.

El rotor de cola representa otro factor de peligro. Suele ser mucho más pequeño que el principal y gira a gran velocidad, por lo que también es difícil verlo. A diferencia del principal, situado sobre el eje principal del helicóptero, el rotor de cola suele encontrarse cerca del suelo. Por tanto, para evitar el contacto con él, hay que acercarse al helicóptero por la parte frontal, a la vista del piloto. Deben adoptarse precauciones extremas para detectar y eliminar obstáculos (como arbustos o vallas) en zonas de aterrizaje provisionales o poco preparadas. El contacto con el rotor de cola puede provocar lesiones o la

muerte a las personas y graves daños a las cosas y al propio helicóptero.

Los helicópteros hacen un ruido característico que muchas personas identifican fácilmente. Este ruido sólo se percibe cuando el aparato vuela hacia delante y no se considera un problema para la salud. El compresor del motor genera un ruido muy fuerte, a menudo superior a 140 dBA, por lo que debe evitarse la exposición sin protección. Hay que llevar dispositivos de protección acústica (tapones y auriculares o casco de atenuación) al trabajar en el interior de un helicóptero o en sus proximidades.

Hay otros riesgos que deben considerarse al trabajar con estos aparatos. Uno de ellos es el relacionado con los líquidos inflamables o combustibles. Todos los helicópteros necesitan combustible para que funcione el motor. En el motor y en las transmisiones de los rotores principal y de cola se utiliza aceite para lubricar y refrigerar. Algunos modelos disponen de uno o varios circuitos hidráulicos en los que se utilizan líquidos especiales.

Estos aparatos generan una carga eléctrica estática al volar siempre que gira el rotor. La carga se disipa en el momento en que el helicóptero toca tierra. En trabajos en explotaciones forestales, levantamiento de cargas externas u operaciones de rescate, el cable o la carga no deben tocarse antes de que hayan entrado en contacto con el suelo, para evitar descargas.

Entorno operativo de los helicópteros

Los helicópteros se utilizan en todo el mundo de diversas formas (véanse, por ejemplo las Figuras 102.5 y 102.6). Además, suelen operar muy cerca del suelo y otros obstáculos. Estas condiciones exigen una vigilancia constante por parte de los pilotos y demás ocupantes, así como de las personas que trabajan con estos aparatos. Por el contrario, el entorno de los aviones de ala fija es más predecible, ya que se desplazan (sobre todo los comerciales) fundamentalmente entre aeropuertos cuyo espacio aéreo se somete a un control estricto.

Figura 102.5 • Un helicóptero H-46 aterriza en el desierto de Arizona, Estados Unidos.



Operaciones de helicópteros

Las aplicaciones de los helicópteros son numerosas. Las diversas operaciones que efectúan pueden dividirse en dos categorías: civiles y militares.

Actividades civiles

Rescate/ambulancias aéreas. El helicóptero se concibió inicialmente para operaciones de rescate y una de sus funciones más generalizadas es su utilización como ambulancia. Estas actividades suelen llevarse a cabo en los lugares donde se ha producido un accidente o una catástrofe (véase la Figura 102.6). Pueden aterrizar en áreas restringidas y trasladar a bordo equipos médicos cualificados que prestan asistencia a los heridos sobre el terreno y en el viaje al centro sanitario. Los helicópteros se emplean también en vuelos no de urgencia cuando es necesario asegurar la velocidad del transporte o la comodidad del paciente.

Servicios auxiliares en las explotaciones petrolíferas de alta mar. Los helicópteros se utilizan para facilitar el abastecimiento en las explotaciones petrolíferas en alta mar. Transportan personas y suministros entre la plataforma y tierra firme y entre plataformas.

Transporte de directivos y personal de otras categorías. El helicóptero se utiliza en el transporte entre escalas fijas. Esta actividad suele realizarse entre distancias cortas cuando la geografía o las condiciones de tráfico adversas impiden un transporte por carretera rápido. Las empresas construyen helipuertos en sus instalaciones para facilitar el acceso a aeropuertos o el transporte entre distintos centros.

Visitas turísticas. La utilización de helicópteros en el sector turístico ha experimentado un crecimiento continuo. Las excelentes vistas que pueden contemplarse desde este tipo de aeronaves, junto con su capacidad para acceder a áreas remotas, lo convierte en una atracción popular.

Orden público. Muchos departamentos de policía y organismos públicos utilizan helicópteros para velar por el mantenimiento del orden público. La movilidad de estas aeronaves en áreas urbanas densamente pobladas y en zonas rurales remotas lo convierten en un instrumento de gran valor. El mayor helipuerto del mundo situado en una cubierta es el del Departamento de Policía de Los Angeles.

El entorno de combate plantea riesgos especiales. Los helicópteros militares también operan a bajo nivel y deben afrontar peligros semejantes. La proliferación de misiles baratos, dirigidos manualmente y guiados por el calor constituye otra fuente de riesgo para las aeronaves de rotor. Los modelos militares pueden utilizar el terreno para ocultarse o enmascarar sus características distintivas, pero a cielo abierto son vulnerables a los disparos de armas portátiles y a los misiles.

Los militares utilizan gafas de visión nocturna para mejorar la visibilidad del piloto en condiciones de baja luminosidad. Aunque estos dispositivos mejoran la capacidad de ver, presentan limitaciones operativas importantes. Una de las mayores dificultades es la falta de visión periférica, una deficiencia que ha provocado colisiones en el aire.

Medidas de prevención de accidentes

Las medidas preventivas se agrupan en varias categorías. Ninguna de ellas permitirá evitar los accidentes por sí sola. Todas deben aplicarse de manera concertada para maximizar su eficacia.

Filmación de películas. Los helicópteros son un elemento básico de las películas de acción. Otro tipo de cintas y de ofertas de ocio basadas en la filmación se ruedan desde helicópteros.

Recopilación de información. Las emisoras de radio y televisión utilizan helicópteros para observar el tráfico y recopilar información. Su capacidad para aterrizar en el lugar donde se produce la noticia les convierte en un instrumento eficaz. Muchas de estas aeronaves se equipan con transmisores-receptores de microondas, lo que permite el envío de información en directo a grandes distancias y en movimiento.

Elevación de cargas. Algunos helicópteros se diseñan para el transporte de bultos pesados enganchados al extremo de cables externos. El transporte de troncos por vía aérea pertenece a este ámbito. Los trabajadores de la construcción y de las explotaciones petrolíferas hacen un uso extensivo de la capacidad de estas aeronaves para elevar objetos grandes o voluminosos y colocarlos en su lugar correspondiente.

Pulverización aérea. Los helicópteros pueden equiparse con bombas de pulverización y cargarse para administrar herbicidas, pesticidas y fertilizantes. Pueden instalarse otros dispositivos para la extinción de incendios que rocían el terreno con agua o retardantes químicos.

Actividades militares

Rescate/ambulancias aéreas. El helicóptero se utiliza ampliamente en las iniciativas de ayuda humanitaria. Muchos países de todo el mundo disponen de servicios de guardacostas que participan en tareas de rescate marítimo. Estas aeronaves se emplean además en la evacuación de enfermos y heridos de las zonas de combate y en el rescate y la recuperación de personas atrapadas tras las líneas enemigas.

Ataque. Los helicópteros pueden armarse y utilizarse como plataformas de ataque sobre la tierra o el mar. El armamento montado consiste en ametralladoras, cohetes y torpedos. Se emplean sistemas de detección de objetivos y orientación sofisticados para realizar seguimientos automáticos de los blancos y destruir éstos a larga distancia.

Transporte. Helicópteros de todos los tamaños se utilizan en el transporte de personas y suministros sobre la tierra o el mar. Muchos buques disponen de helipuertos para facilitar las operaciones en alta mar.

Políticas operativas

Las políticas operativas se formulan con anterioridad al inicio de las operaciones. Suele establecerlas la compañía que dispone del certificado de explotación. Se basan en reglamentaciones públicas, directrices recomendadas por los fabricantes, normas de la industria, buenas prácticas y sentido común. En general, han resultado ser eficaces en la prevención de incidentes y accidentes. Son las siguientes:

- *Establecimiento de buenas prácticas y procedimientos.* Los procedimientos son esenciales para prevenir accidentes. Cuando no se aplicaban, como en las primeras operaciones de helicópteros utilizados como ambulancia, las tasas de siniestralidad eran extremadamente elevadas. En ausencia de directrices reguladoras, los pilotos intentaban apoyar misiones humanitarias por la noche o en condiciones meteorológicas adversas, con una formación mínima y un equipamiento insuficiente para este tipo de vuelos; todo ello favorece los accidentes.
- *Gestión de recursos de la tripulación (GRT).* La GRT comenzó como "gestión de recursos de la cabina del piloto", pero finalmente

se ha adoptado la denominación actual. Se basa en la idea de que los miembros de la tripulación deben comentar libremente entre sí cualquier situación para asegurar la correcta ejecución del vuelo. Aunque muchos helicópteros llevan un solo piloto, éste suele colaborar con otras personas situadas a bordo o en tierra. Cuando se produce esta forma de interacción, la GRT se convierte en gestión de recursos de la *compañía*. Este tipo de colaboración constituye una destreza adquirida y debe impartirse a los tripulantes, al personal de la empresa y a otras personas que trabajan dentro y alrededor de los helicópteros.

- *Entorno de trabajo exento de peligros.* Las operaciones efectuadas con helicópteros son a veces estacionales, lo que exige la realización de jornadas de trabajo prolongadas y extenuantes. Los tripulantes necesitan acabar sus tareas diarias sin temor a recriminaciones. Si se detectan otras deficiencias operativas, debe permitírseles identificarlas, analizarlas y corregirlas abiertamente.
- *Conocimiento de los riesgos físicos.* Un helicóptero plantea diversos riesgos. Los componentes dinámicos de la aeronave, es decir, sus rotores principal y de cola, deben evitarse. Todos los pasajeros y los tripulantes deben ser informados sobre su localización y el modo de prevenir el contacto con ellos. Las superficies de los componentes deben pintarse para mejorar su visibilidad. El helicóptero debe situarse de modo el acceso al rotor de cola sea difícil. Hay que facilitar protectores contra el ruido, sobre todo a las personas sometidas a exposición continua.
- *Formación sobre condiciones anómalas.* La formación, cuando se imparte, suele limitarse a la práctica de autorrotaciones para casos de parada del motor. Los simuladores exponen a una gama mucho más amplia de condiciones atípicas sin necesidad de someter a la tripulación o al aparato a situaciones reales.

Prácticas de la tripulación

- *Procedimientos escritos.* Un estudio ha puesto de manifiesto que, en más de la mitad de los casos, el accidente podría haberse evitado si el piloto hubiese seguido los procedimientos escritos.
- *Gestión de los recursos de la tripulación.* Debe aplicarse.

Figura 102.6 • Un helicóptero 5-76A Cougar aterriza sobre el terreno en el lugar de un accidente.



- *Previsión y prevención de los problemas conocidos.* La mayoría de los helicópteros no están equipados para volar a temperaturas inferiores a 0° C ni autorizados a operar con turbulencias moderadas o intensas; no obstante, muchos accidentes se deben a la actuación en estas condiciones. Los pilotos deben prever y evitar estas situaciones y otras igualmente comprometidas.
- *Operaciones especiales o no normalizadas.* Los pilotos deben ser informados exhaustivamente en estos casos.

Operaciones auxiliares

A continuación se refieren operaciones auxiliares esenciales para la utilización de helicópteros en condiciones de seguridad:

- cumplimiento de los procedimientos escritos;
- información a todos los pasajeros antes de que suban al helicóptero;
- mantenimiento de las instalaciones libres de obstáculos, e
- iluminación adecuada de las instalaciones en caso de realización de operaciones nocturnas.

TRANSPORTE POR CARRETERA

● CONDUCCION DE CAMIONES Y AUTOBUSES

Bruce A. Millies

El transporte por carretera mueve personas, animales y mercancías de todo tipo. En general, estos dos últimos tipos de carga se transportan en camiones, aunque los autobuses, además de paquetes y el equipaje de los pasajeros, desplazan a menudo aves y otros animales de pequeño tamaño. Las personas que viajan por carretera suelen utilizar el autobús, aunque, en muchas regiones, se emplean con este fin camiones de diversos modelos, entre los que figuran semirremolques, camiones cisterna, volquetes, combinaciones de remolques dobles y triples, grúas móviles, camiones de reparto y camionetas. Los pesos brutos de estos vehículos establecidos en la legislación (que dependen de la jurisdicción) oscilan entre 2.000 y más de 80.000 kg. Transportan todo tipo de artículos: paquetes pequeños y grandes, maquinaria,

piedras y arena, acero, leña, líquidos inflamables, gases comprimidos, explosivos, materiales radiactivos, sustancias químicas corrosivas y reactivas, líquidos criogénicos, productos alimenticios, alimentos congelados, cereales a granel y ganado ovino y bovino.

Además de conducir el vehículo, los camioneros lo revisan antes de cada viaje, comprueban los documentos de expedición, verifican la correcta colocación de placas y señales y mantienen el libro de ruta. Asimismo, son responsables del mantenimiento y la reparación del vehículo, de la carga y la descarga de la mercancía (a mano o con una carretilla elevadora, una grúa u otro dispositivo) y del cobro del dinero recibido a cambio de los artículos entregados. En caso de accidente, el conductor se ocupa de vigilar la mercancía y solicitar asistencia. Si en el incidente intervienen materiales peligrosos, intentar a veces controlar los derrames, detener las fugas o extinguir un incendio, incluso aunque carezca de la formación adecuada o del equipo necesario.

Los conductores de autobús pueden transportar a unas pocas personas en una pequeña furgoneta o conducir vehículos de mediano o gran tamaño en los que se desplazan cien o más pasajeros. Son responsables de la subida y la bajada del pasaje en condiciones de seguridad, de la información y, en ocasiones, del cobro de billetes y el mantenimiento del orden. Asimismo, estos trabajadores pueden encargarse del mantenimiento y la reparación del vehículo y de la carga y descarga de mercancías y equipajes.

Los accidentes de los vehículos a motor constituyen uno de los riesgos más graves con que se enfrentan los conductores de camiones y autobuses. Este riesgo se agrava si el mantenimiento del vehículo no es el adecuado, sobre todo si los neumáticos están desgastados o el sistema de frenos falla. La fatiga provocada por horarios de trabajo prolongados o irregulares o por otros factores de estrés aumenta la probabilidad de accidente. Una velocidad excesiva o el transporte de cargas con pesos superiores a lo aconsejable agravan la situación, al igual que el tráfico denso y las condiciones meteorológicas adversas, que disminuyen la tracción y la visibilidad. Si en el accidente intervienen materiales peligrosos, el conductor y los pasajeros quedan expuestos a lesiones aún más graves (por exposición a productos tóxicos, quemaduras, etc.) y en ocasiones se ve afectada una zona extensa en torno al lugar del suceso.

Los conductores afrontan diversos riesgos ergonómicos. Los más obvios son las lesiones de espalda y de otro tipo por levantamiento de grandes pesos o por emplear técnicas de izado inadecuadas. Se ha generalizado el uso de cinturones de sujeción lumbar, aunque su eficacia es cuestionable y crean una falsa sensación de seguridad. La necesidad de cargar y descargar mercancías en lugares donde no se dispone de carretillas elevadoras, grúas o simples carretillas de ruedas y la gran variedad de pesos y configuraciones de los bultos contribuyen a agravar el riesgo de lesión por levantamiento.

Con frecuencia, los asientos del conductor están mal diseñados y no disponen de medios de ajuste para mejorar el apoyo y la comodidad en períodos prolongados, lo que da lugar a molestias de espalda y daños musculares y óseos. La costumbre de llevar el brazo durante mucho tiempo apoyado en la ventanilla en una posición elevada provoca, a consecuencia de las vibraciones, dolores en los hombros. La vibración que afecta a todo el cuerpo llega a dañar los riñones y la espalda. El uso reiterado de ciertos mandos del vehículo o de expendedores de billetes mal ubicados también es causa de lesiones.

Los conductores corren el riesgo de sufrir pérdidas auditivas por exposición prolongada al fuerte ruido emitido por el motor. El mantenimiento deficiente, los silenciadores defectuosos y el mal aislamiento de la cabina de conducción agravan este riesgo. La pérdida puede ser más pronunciada en el oído cercano a la ventanilla del conductor. Los conductores, sobre todo los de camiones de transporte de larga distancia, suelen trabajar un número excesivo de horas sin el descanso apropiado. El Convenio (n° 153) de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre duración del trabajo y períodos de descanso (transportes por carretera), 1979, establece un descanso cada cuatro horas de conducción, limita el tiempo total dedicado a ésta a nueve horas diarias y 48 semanales y exige al menos diez horas de descanso en cada período de 24. Asimismo, la mayoría de los países han promulgado leyes que regulan los períodos de conducción y de descanso y exigen a los conductores llevar libros de ruta para registrar las horas de trabajo y los descansos aplicados. No obstante, las expectativas de la patronal y la necesidad económica, así como ciertas modalidades de remuneración, como el pago por mercancía transportada o la falta de retribución por los viajes de vuelta sin carga, fuerzan a los conductores a prestar servicio durante un número de horas

excesivo y a falsificar los apuntes en los registros. Una jornada muy prolongada produce estrés psicológico, agrava las deficiencias ergonómicas, multiplica el riesgo de accidentes (incluidos los debidos al sueño) y lleva a los conductores a consumir estimulantes artificiales adictivos.

A las deficiencias ergonómicas, los horarios de trabajo excesivos, el ruido y la ansiedad por cuestiones económicas se suman los factores de estrés psicológico y fisiológico y la fatiga provocados por el tráfico intenso, la deficiencia de los pavimentos, las condiciones meteorológicas desfavorables, la conducción nocturna, el miedo a asaltos y robos, la preocupación por el mal estado del vehículo y la concentración intensa y sostenida.

Algunos camioneros están expuestos a riesgos de carácter químico, radiactivo o biológico asociados con la carga que transportan. Los contenedores con fugas, las válvulas defectuosas de los depósitos y las emisiones durante las operaciones de carga y descarga llevan al trabajador a entrar en contacto con productos químicos tóxicos. Las deficiencias de embalaje, el blindaje insuficiente y el estibado incorrecto de mercancías radiactivas aumentan el riesgo de exposición. El transporte de animales vivos expone al conductor al riesgo de contagio de enfermedades infecciosas como la brucelosis. También los conductores de autobús corren el riesgo de contraer enfermedades infecciosas padecidas por sus pasajeros. En todos los casos, los conductores respiran vapores de combustible y gases de escape, sobre todo si el vehículo presenta fugas en los circuitos de alimentación o escape o si el conductor efectúa reparaciones o manipula la carga con el motor en marcha.

En caso de accidente durante el transporte de cargas peligrosas, el conductor corre el riesgo de exposición aguda a productos químicos y radiaciones, así como a lesiones debidas a incendio, explosión o reacción química. En general, los conductores carecen de la formación y el equipo necesarios para hacer frente a incidentes con este tipo de materiales. Su responsabilidad debe limitarse a su propia protección y a la petición de ayuda urgente. El conductor quedará expuesto a un riesgo todavía mayor si intenta adoptar medidas de emergencia para las que no están preparado ni equipado adecuadamente.

Los conductores pueden lesionarse al efectuar reparaciones mecánicas en su medio de transporte, o ser atropellados por otros vehículos mientras trabajan en su camión o su autobús junto a la carretera. Las ruedas con llantas deterioradas constituyen un importante riesgo de accidente. Utilizar gatos improvisados o de capacidad insuficiente es exponerse a sufrir una lesión por aplastamiento.

Los camioneros corren el riesgo de sufrir asaltos y robos, sobre todo si el vehículo transporta mercancías valiosas o si el conductor debe ocuparse de cobrar el precio de la carga entregada. Los conductores de autobús se enfrentan al robo de la recaudación y al comportamiento ofensivo y las agresiones de pasajeros impacientes o ebrios.

Muchos aspectos de la vida de un conductor contribuyen al deterioro de su salud. Las largas jornadas de trabajo y a la necesidad de comer en la carretera favorecen las deficiencias nutricionales. El estrés y la presión ejercida por los compañeros llevan al consumo de alcohol y drogas. La utilización de los servicios de prostitutas aumenta el riesgo de contraer SIDA y otras enfermedades de transmisión sexual. Los camioneros parecen constituir uno de los principales vectores de la propagación del SIDA en algunos países.

Todos los riesgos descritos son evitables o, al menos, controlables. Como ocurre con la mayoría de las cuestiones de salud y seguridad, hay que combinar remuneración adecuada, formación de los trabajadores, regulación sindical sólida y cumplimiento estricto de las normas por parte de la patronal. Si los

conductores reciben una retribución proporcional a su labor, basada en horarios de trabajo razonables, disminuye el incentivo a elevar la velocidad, trabajar un número de horas excesivo, conducir vehículos poco seguros, transportar cargas de peso superior al permitido, ingerir drogas o falsificar apuntes en los registros. Las empresas deben exigir a los conductores que se atengan al conjunto de disposiciones en materia de seguridad, incluido llevar el diario de ruta con arreglo a las leyes.

Si la dirección de las empresas invierte en vehículos de fabricación óptima y asegura su inspección, reparación y mantenimiento periódicos, las averías y los accidentes se reducirán drásticamente. Las lesiones ergonómicas disminuyen cuando las empresas costean la dotación de cabinas de conducción bien diseñadas, con asientos plenamente ajustables y mandos correctamente colocados, mejoras éstas que ya se ofrecen en el mercado. El mantenimiento correcto, en especial de los circuitos de escape, atenúa la exposición al ruido.

Para reducir la exposición tóxica, la empresa propietaria debe exigir el cumplimiento de las normas de embalado, identificación, carga y señalización de materiales peligrosos. Las medidas que reducen el riesgo de accidentes de carretera también reducen el de incidentes con cargas peligrosas.

Hay que conceder a los conductores el tiempo que necesiten para inspeccionar con detalle su vehículo antes de partir y no deben ser objeto de sanción o desincentivo por negarse a conducir si su funcionamiento no es correcto. Asimismo, deben recibir una formación adecuada sobre conducción, inspección de vehículos, detección de riesgos y actuación rápida en caso de emergencia.

Si los conductores son responsables de la carga y la descarga, necesitan formación sobre técnicas de levantamiento adecuadas y han de disponer de carretillas, dispositivos elevadores, grúas u otros mecanismos apropiados para manipular la mercancía sin realizar esfuerzos excesivos. Si se les encarga la reparación de los vehículos, deben disponer de las herramientas y la preparación adecuadas. Es necesario adoptar las medidas de seguridad pertinentes para proteger a los conductores que transportan cargas valiosas o que cobran en efectivo el billete a los pasajeros o las mercancías transportadas a sus destinatarios. Los conductores de autobús deben disponer de los materiales necesarios para recoger o limpiar los fluidos corporales de pasajeros enfermos o heridos.

Por último, los conductores necesitan de un servicio médico, tanto para verificar su aptitud para el trabajo como para mantener su salud. Este servicio de atención médica se encargará asimismo de examinar a los conductores obligados a manipular cargas peligrosas o que hayan sufrido algún incidente con exposición a patógenos contagiados con la sangre o a productos peligrosos. Empresas y conductores deben cumplir las normas de evaluación de la capacidad física para el trabajo.

● ERGONOMIA DE LA CONDUCCION DE AUTOBUSES

Alfons Grösbrink y Andreas Mahr

La conducción de autobuses se caracteriza por la influencia de factores de estrés psicológico y físico. Revisten especial importancia los relacionados con el tráfico en las grandes ciudades, debido a su densidad y la frecuencia de las paradas. En la mayoría de las empresas de transporte, los conductores, además de las responsabilidades propias de la conducción, desempeñan tareas como vender los billetes, vigilar la subida y bajada de los pasajeros y proporcionar información a éstos.

Los factores de estrés psicológico están vinculados a la responsabilidad que supone el transporte del pasaje en condiciones de seguridad, la escasas oportunidades de comunicación con los compañeros y la presión del horario fijo. El trabajo por turnos también resulta estresante desde el punto de vista psicológico y físico. Las deficiencias ergonómicas del puesto de conducción agravan el estrés físico.

Numerosos estudios de la actividad de estos profesionales han puesto de manifiesto que, considerados por separado, los factores de estrés no bastan para crear un riesgo inmediato para la salud. Sin embargo, su combinación y la tensión consiguiente sí basta para que los conductores de autobús padezcan problemas de salud con mayor frecuencia que otros trabajadores. Las enfermedades más frecuentes son las del estómago y el aparato digestivo, las de carácter motor (en especial de la columna vertebral) y las cardiovasculares. Estas dolencias impiden a menudo a los conductores alcanzar la edad de jubilación y les obligan a abandonar el trabajo por motivos de salud (Beiler y Tränkle 1993; Giesser-Weigt y Schmidt 1989; Haas, Petry y Schüle 1989; Meifort, Reiners y Schuh 1983; Reimann 1981).

Para mejorar la seguridad en el trabajo en el campo de la conducción comercial es necesario adoptar medidas técnicas y organizativas. Una práctica laboral muy recomendable es disponer los turnos de trabajo de forma que el estrés de los conductores se reduzca al mínimo y sus preferencias personales sean tenidos en cuenta en la medida de lo posible. Informar a los trabajadores sobre una conducta consciente desde el punto de vista sanitario y animarles a seguirla (dieta equilibrada, movimientos adecuados dentro y fuera del puesto de trabajo) contribuye decisivamente a fomentar la salud. Una medida técnica muy necesaria es el diseño óptimo del puesto de trabajo desde una perspectiva ergonómica. En el pasado, el diseño de la cabina de conducción se supeditaba a la satisfacción previa de

Figura 102.7 • Puesto de conducción unificado y optimizado ergonómicamente de un autobús en Alemania.



El tablero de instrumentos con controles puede ajustarse en coordinación con el volante.

Tabla 102.1 • Medidas y escalas de ajuste del asiento de un conductor de autobús.

Componente	Medida/escala de ajuste	Valor estándar (mm)	Escala de ajuste (mm)	Memorización
Asiento completo	Horizontal	—	≥ 200	Sí
	Vertical	—	≥ 100	Sí
Superficie del asiento	Profundidad de la superficie del asiento	—	390–450	Sí
	Anchura de la superficie del asiento (total)	Mín. 495	—	—
	Anchura de la superficie del asiento (parte plana, en la zona pélvica)	430	—	—
	Tapizado lateral en la zona pélvica (transversalmente)	40–70	—	—
	Profundidad del hueco del asiento	10–20	—	—
	Inclinación de la superficie del asiento	—	0–10° (elevado hacia adelante)	Sí
	Respaldo	Altura del respaldo		
	Altura mínima	495	—	—
	Altura máxima	640	—	—
	Anchura del respaldo (total)*	Mín. 475	—	—
	Anchura del respaldo (parte plana)			
	— zona lumbar (inferior)	340	—	—
	— zona de los hombros (superior)	385	—	—
Respaldo	Tapizado lateral* (profundidad lateral)			
	— zona lumbar (inferior)	50	—	—
	— zona de los hombros (superior)	25	—	—
	Inclinación del respaldo (respecto a la vertical)	—	0°–25°	Sí
Reposacabezas	Altura del extremo superior del reposacabezas respecto a la superficie del asiento	—	Mín. 840	—
	Altura del reposacabezas	Mín. 120	—	—
	Anchura del reposacabezas	Mín. 250	—	—
Refuerzo lumbar	Arco delantero del soporte lumbar respecto a la superficie lumbar	—	10–50	—
	Altura del extremo inferior del soporte lumbar respecto a la superficie del asiento	—	180–250	—

— No aplicable

* La anchura de la parte inferior del respaldo debe corresponder aproximadamente a la anchura de la superficie del asiento y reducirse con la altura.

** El tapizado lateral de la superficie del asiento sólo se aplica al área rebajada.

otras necesidades, como el diseño de la zona de pasajeros. El diseño ergonómico del puesto de conducción es un componente necesario para la protección de la salud y la seguridad de los conductores. En años recientes se ha investigado sobre la optimización ergonómica de estos puestos de trabajo y otros aspectos de la conducción en Canadá, Suecia, Alemania y los Países Bajos (Canadian Urban Transit Association 1992; Peters y cols. 1992; Wallentowitz y cols. 1996; Streekvervoer Nederland 1991). Los resultados de un proyecto interdisciplinario realizado en Alemania se materializaron en la creación de un nuevo puesto de conducción normalizado (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen 1996).

El puesto de conducción en los autobuses suele diseñarse en forma de cabina semiabierta. Sus medidas y el margen de ajuste del asiento y el volante deben estar dentro de unos límites aplicables a todos los conductores. En Europa central se utiliza un intervalo de estaturas comprendido entre 1,58 y 2,00 m. También hay que tener en cuenta en el diseño circunstancias especiales, como el sobrepeso o unas extremidades manifiestamente largas o cortas.

Los ajustes del asiento y el volante deben coordinarse, de forma que todos los profesionales incluidos en la escala de

diseño encuentren posiciones cómodas y ergonómicamente saludables para los brazos y las piernas. Con este fin, el respaldo del asiento debe inclinarse alrededor de 20°, un valor más alejado de la vertical de lo que anteriormente se aplicaba en vehículos comerciales. También el tablero de instrumentos debe ser graduable para optimizar el acceso a los mandos y la visibilidad de los instrumentos. El ajuste del tablero puede coordinarse con el del volante. La reducción del tamaño de éste mejora las relaciones entre espacios. El diámetro común en la actualidad parece heredado de la época en que la dirección asistida no era habitual en los autobuses. Véase la Figura 102.7.

El tablero de instrumentos y los mandos se ajusta en coordinación con el volante.

Dado que los tropiezos y las caídas son las causas más comunes de accidente en el lugar de trabajo para los conductores, hay que prestar especial atención al diseño de la entrada al puesto de conducción. Debe evitarse todo aquello en lo que pueda tropezarse. Los escalones de acceso deben tener todos la misma altura y una profundidad adecuada.

El asiento del conductor debe dotarse de un total de cinco mecanismos de ajuste: longitud y altura, ángulo del respaldo, ángulo de la base y profundidad. Es muy recomendable añadir

Figura 102.8 • Imagen de un tablero de instrumentos.



Cortesía de Erobis GmbH, Mannheim, Alemania

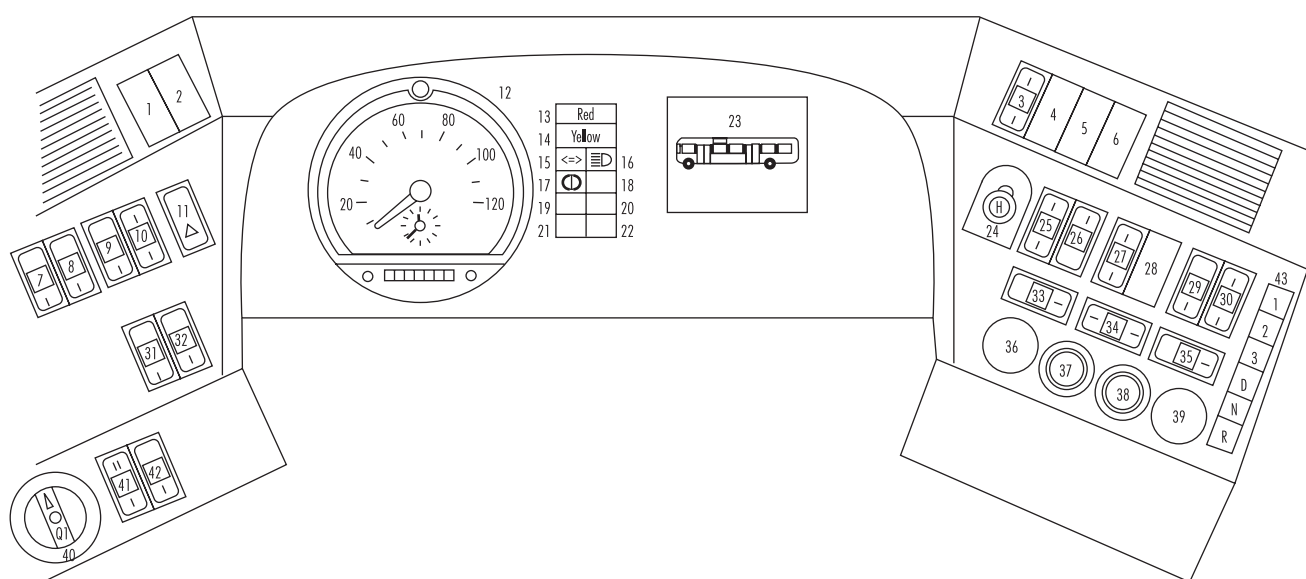
Con la excepción del velocímetro y algunas luces indicativas establecidas por la legislación, las funciones del cuadro de instrumentos e indicadores han sido asumidas por una pantalla de visualización central de cristal líquido.

el ajuste del apoyo lumbar. Es aconsejable equipar el asiento con un cinturón de seguridad de tres puntos de anclaje y un reposacabezas, si es que la legislación no lo hace obligatorio. Ya que la experiencia demuestra que el ajuste manual hasta alcanzar la posición ergonómica idónea es laborioso, en el futuro debe utilizarse alguna forma de registro electrónico de las funciones de ajuste recogidas en la Tabla 102.1, lo que permitiría a cada conductor recuperar fácilmente todos sus ajustes (registrándolos en una tarjeta electrónica, por ejemplo).

La tensión derivada de la vibración del cuerpo en el puesto de conducción es moderada en los autobuses modernos en comparación con otros vehículos comerciales, y es muy inferior a lo establecido como máximo en las normas internacionales. La experiencia pone de manifiesto que el asiento del conductor de los autobuses no suelen graduarse de manera óptima respecto a la vibración real del vehículo. Se recomienda una adaptación idónea para evitar ciertas gamas de frecuencia que acentúan la vibración soportada por el conductor y reducen su productividad.

El nivel de ruido común en el puesto de conducción de un autobús no se considera peligroso para la capacidad auditiva. Los sonidos de alta frecuencia son irritantes y deben eliminarse, ya que dificultan la concentración.

Figura 102.9 • Ilustración de un tablero de instrumentos y leyenda.



- | | | |
|---|--|---|
| 1. No utilizado | 16. Control de la luz de carretera | 31. Interruptor de altavoces interiores y exteriores |
| 2. No utilizado | 17. Indicador de avería de frenos | 32. Radio |
| 3. Indicador de entrada | 18. No utilizado | 33. Interruptor de la luz de advertencia de parada de autobús |
| 4. No utilizado | 19. No utilizado | 34. Bloqueo de puertas* |
| 5. No utilizado | 20. No utilizado | 35. Apertura de puertas* |
| 6. No utilizado | 21. No utilizado | 36. No utilizado |
| 7. Encendido/apagado de freno de emergencia | 22. No utilizado | 37. Mando de la puerta delantera |
| 8. Freno de emergencia directo | 23. Pantalla de cristal líquido | 38. Mando de la puerta trasera |
| 9. Levantamiento del escalón | 24. Freno de parada de autobús | 39. No utilizado |
| 10. Ajuste de los parasoles* | 25. Descenso o preselección del descenso del autobús | 40. Faros/luces antinieblas/luces de posición traseras |
| 11. Indicador de luces de advertencia | 26. Elevador de emergencia del autobús | 41. Luces de la zona de pasajeros |
| 12. Velocímetro | 27. Cierre automático de puertas* | 42. Luces del área de caja y puesto de conducción |
| 13. Luces de advertencia centrales (rojo, nivel de alarma) | 28. No utilizado | 43. Selección de marcha |
| 14. Luces de advertencia centrales (amarillo, nivel de aviso) | 29. Apertura de rampa de carga* | * Opcional |
| 15. Indicador de dirección/luz de advertencia | 30. Elevador/apertura de rampa/descenso | ** Puede integrarse un tacómetro en el velocímetro |

Todos los mandos de ajuste y reparación del puesto de conducción deben instalarse de manera que sean fácilmente accesibles. El número de estos mandos es a veces considerable, debido a los accesorios añadidos al vehículo. Por esta razón, los interruptores deben agruparse y combinarse de acuerdo con su uso. Los componentes de servicio utilizados con frecuencia, como los de apertura de las puertas, los frenos que se aplican en las paradas del autobús y los limpiaparabrisas, deben situarse en el área de acceso principal. Otros menos empleados pueden colocarse en otro sitio (en un tablero de control lateral, por ejemplo).

El análisis de los movimientos oculares demuestra que la conducción del vehículo en condiciones de tráfico normales y la observación de la entrada y salida de pasajeros en las paradas sobrecargan gravemente la atención del conductor. Por ello, la información que aportan los instrumentos y los testigos luminosos del vehículo debe limitarse a lo imprescindible. La informática aplicada a los vehículos permite sustituir numerosos instrumentos e indicadores por una pantalla informativa de cristal líquido montada en el centro del cuadro de mandos, como ilustran las Figuras 102.8 y 102.9.

Con los programas informáticos adecuados, la pantalla mostrará únicamente los datos necesarios en cada situación. En caso de avería, una descripción del fallo acompañada de instrucciones breves y claras, sin pictogramas difíciles de interpretar, proporcionará al conductor una asistencia muy valiosa. Las indicaciones de avería se pueden jerarquizar (por ejemplo: "información" en el caso de averías sin importancia, "alarma" si el vehículo debe detenerse de inmediato).

Los sistemas de calefacción instalados en autobuses suelen acondicionar el interior sólo con aire caliente. Pero para lograr verdadera comodidad conviene aumentar la proporción de calor radiante (por ejemplo, calentando las paredes laterales, cuya temperatura de superficie suele ser muy inferior a la de la atmósfera interior). Esto se logra haciendo circular aire caliente a través de paneles perforados que, de este modo, adquirirán la temperatura adecuada. En el puesto de conducción de los autobuses se emplean grandes superficies acristaladas para mejorar la visibilidad y también por motivos estéticos. Estas ventanas favorecen el recalentamiento del interior por acción de los rayos solares. En estas condiciones es aconsejable instalar aire acondicionado.

La calidad del aire en el puesto de conducción depende en gran medida de la atmósfera exterior. Cuando el tráfico es intenso, se alcanzan con facilidad concentraciones transitorias elevadas de sustancias nocivas, como monóxido de carbono y emisiones de motores diesel. La situación mejora sustancialmente si las tomas de aire externas se sitúan en lugares más despejados, como el techo del vehículo en lugar del frontal; asimismo, hay que emplear filtros de retención de partículas.

En la mayoría de las empresas de transporte, una parte importante de la actividad de los conductores consiste en la venta de billetes, el manejo de los dispositivos de información a los pasajeros y la comunicación con la estación de control. Hasta la fecha se han utilizado para realizar estas actividades equipos independientes situados en el espacio de trabajo disponible y, con frecuencia, difíciles de alcanzar para el conductor. Hay que procurar desde un principio integrar todos los dispositivos en el diseño de manera ergonómica, sobre todo los controles de entrada y los paneles de información.

Por último, es fundamental la evaluación del área de conducción por parte de los propios conductores, cuyos intereses personales deben tenerse en cuenta. Detalles considerados menores, como la colocación de la bolsa del conductor o de huecos con

llave para guardar efectos personales, son elementos importantes de la satisfacción de estos profesionales.

OPERACIONES DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE Y MANTENIMIENTO DE VEHICULOS DE MOTOR

Richard S. Kraus

Los combustibles y lubricantes derivados del petróleo se venden directamente a los consumidores en estaciones de servicio con o sin personal encargado de repostar (y con o sin taller de reparaciones), instalaciones para el lavado de vehículos, centros de servicio a automóviles, agencias de vehículos de motor, paradas de camiones, talleres de reparación, almacenes de piezas de recambio para automóviles y establecimientos de venta de productos de horario amplio. Los empleados de las estaciones de servicio, los mecánicos y otros trabajadores que repostan, lubrican y prestan otros servicios a los vehículos de motor deben conocer los riesgos físicos y químicos de los combustibles, lubricantes y aditivos derivados del petróleo, así como de los residuos con los que entran en contacto, y atenerse a los procedimientos de trabajo seguros y las medidas de protección personal pertinentes. Estos mismos riesgos existen en otros establecimientos comerciales, como los gestionados por las flotas de camiones, agencias de alquiler de automóviles y empresas de autobuses para repostar y mantener sus propios vehículos.

Puesto que se trata de las instalaciones en las que se suministra directamente combustible a los vehículos de los usuarios, las estaciones de servicio en general, y las de autoservicio en particular, son los lugares donde los trabajadores y el público en su conjunto tienen más probabilidades de entrar en contacto directo con productos petrolíferos peligrosos. Aparte de los conductores que cambian el aceite y lubrican sus vehículos, la probabilidad de contacto de los automovilistas con lubricantes o aceite usado, salvo en el caso de accidente al comprobar los niveles de fluidos, es muy reducida.

Operaciones en las estaciones de servicio

Isletas de abastecimiento de combustible y sistema de suministro

Los trabajadores deben ser conscientes de la posibilidad de incendio y de los riesgos para la salud y la seguridad relacionados con la gasolina, el queroseno, el gasóleo y otros combustibles suministrados en las estaciones de servicio. Asimismo, deben conocer las precauciones oportunas, como el abastecimiento de combustible a vehículos y depósitos en condiciones de seguridad, la limpieza y eliminación de vertidos, la extinción de incendios incipientes y el drenaje seguro de combustibles. Las estaciones de servicio deben disponer de surtidores que funcionen únicamente cuando se retire la manguera de su soporte y se activen los interruptores de forma manual o automática. Los surtidores deben instalarse en isletas o protegidos de los daños producidos por choques mediante barreras o bordillos altos. Los equipos de suministro, las mangueras y las bocas deben inspeccionarse periódicamente para detectar, fugas, daños y averías. Los surtidores deben dotarse de mecanismos de seguridad, como los dispositivos de emergencia que retienen el líquido a ambos lados del punto de ruptura o las válvulas contra impactos con uniones fusibles en la base de los surtidores, que se cierran automáticamente en caso de golpe fuerte o incendio.

Las normativas públicas y las políticas de las empresas pueden exigir la colocación de carteles en las áreas de suministro semejantes a los siguientes, utilizados en Estados Unidos:

- “Prohibido fumar – Apague el motor”
- “ATENCIÓN: es ilegal y peligroso suministrar gasolina en recipientes no autorizados”
- “La legislación federal prohíbe el suministro de gasolina con plomo o fósforo a los automóviles con la etiqueta SOLO GASOLINA SIN PLOMO”
- “GASOLINA SIN PLOMO”, colocado en los surtidores de este tipo de combustible y “CONTIENE COMPUESTOS DE PLOMO ANTIDETONANTES”, situado en los surtidores de gasolina con plomo.

Suministro de combustible a vehículos

Los trabajadores de las estaciones de servicio deben conocer donde se encuentran los interruptores de emergencia de los surtidores y cómo activarlos, además de los riesgos potenciales y los procedimientos para abastecer de combustible a los vehículos en condiciones de seguridad, como los siguientes:

- Apagar el motor y no fumar mientras se reposta para reducir los riesgos de un movimiento accidental de los vehículos, derrames e ignición de los vapores del combustible.
- Al suministrar el combustible, la boca de la manguera debe insertarse en el depósito del vehículo y mantenerse en contacto con éste para establecer una conexión eléctrica hasta que la operación haya concluido. La boca no debe mantenerse abierta bloqueando el gatillo con un tapón de combustible u otro objeto. En su caso, se utilizarán con este fin enganches autorizados.
- Las hormigoneras, ciertos automóviles de recreo y otros vehículos dotados de motores de combustión interna auxiliares deben apagar estos motores auxiliares y el principal antes de repostar. Hay que tener cuidado al suministrar combustible a vehículos de recreo y de otro tipo equipados con hornos de gas, frigoríficos o calentadores de agua, para garantizar que los vapores de aquél no prendan por la acción de las luces testigo. Para abastecer de combustible a los camiones, los trabajadores no deben situarse en el larguero, en la plataforma ni en el depósito.
- Los depósitos de combustible de motocicletas, ciclomotores, carretillas elevadoras y vehículos similares no se deben llenar con el motor en marcha o con alguien sentado sobre los mismos. El suministro debe hacerse despacio, para evitar salpicaduras que puedan caer en el motor caliente e iniciar un incendio.
- Después de repostar, hay que colocar inmediatamente la boca de la manguera en su soporte del surtidor, apagar las bombas y cerrar el tapón del depósito o el recipiente.

Suministro de combustible en recipientes portátiles

Las estaciones de servicio deben establecer procedimientos como los siguientes para suministrar combustible en recipientes portátiles en condiciones de seguridad:

- Cuando así lo exija la normativa pública o las políticas de las empresas, el combustible sólo se suministrará en recipientes portátiles debidamente identificados y etiquetados, con o sin conductos, bocas o mangueras de abastecimiento y equipados con aberturas de ventilación y tapas roscadas o de cierre automático por gravedad, de resorte o mixto o con dispositivos de cierre de unión fusible diseñados para aliviar la presión.
- Los recipientes se depositan en el suelo y se llenan despacio para evitar las salpicaduras y el rebosamiento y para mantener el contacto con tierra. No se llenarán recipientes situados en

vehículos o plataformas de camiones, sobre todo los revestidos de plástico, ya que no podrá conseguirse una puesta a tierra adecuada. Hay que facilitar y utilizar cables y pinzas de puesta a tierra o mantener el contacto entre las bocas de la manguera y los recipientes para garantizar la conexión durante el llenado, así como entre la boca o el embudo del recipiente y los depósitos donde se vierta el contenido de aquél.

- Al verter el combustible de recipientes que carezcan de boca incorporada, hay que utilizar un embudo para reducir al mínimo los derrames y evitar salpicaduras.
- Los recipientes portátiles que contengan combustible o vapores deben almacenarse adecuadamente en armarios autorizados o en locales alejadas de fuentes de calor e ignición.

Depósitos de almacenamiento, conductos de llenado, cierres y válvulas de alivio

Las válvulas de llenado y los aforadores de los depósitos de combustible situados bajo o sobre rasante deben mantenerse cerrados, salvo en las operaciones de llenado y medición, con el fin de reducir al mínimo la emisión de vapores de combustible. Si las aberturas de los aforadores están situadas en edificios, hay que instalar válvulas de comprobación cargadas por resorte o dispositivos similares para evitar el derramamiento de combustible y la emisión de vapores a través de dichas aberturas. Las válvulas de alivio de los depósitos deben ubicarse de acuerdo con las normativas públicas y la política de las empresas. Si se permite la salida directa al aire de las válvulas, los conductos de alivio procedentes de depósitos subterráneos o de superficie deben situarse en alto, de modo que los vapores inflamables se alejen de fuentes potenciales de combustión y no penetren por ventanas, tomas de aire o puertas ni queden atrapados bajo aleros o salientes.

La falta de identificación de los depósitos o la colocación incorrecta de los códigos de colores o las señales puede dar lugar a una combinación indebida de productos durante el abastecimiento. Tapas, conductos de llenado, válvulas e hileras o cuadros de llenado de los depósitos de almacenamiento deben identificarse en cuanto a productos y calidades para reducir el riesgo de errores en el abastecimiento. Los símbolos de identificación y los códigos de colores deben ser coherentes con los reglamentos públicos, las políticas de las empresas y las normas de la industria, como la Recomendación Práctica 1637 del American Petroleum Institute (API), *Using the API Color Symbol System to Mark Equipment and Vehicles for Product Identification at Service Stations and Distribution Terminals*. En las estaciones de servicio habrá un cuadro con los símbolos y códigos de color vigentes para su consulta durante el abastecimiento.

Suministro de combustible a las estaciones de servicio

Las estaciones de servicio deben establecer y aplicar procedimientos como los indicados a continuación para el suministro seguro de combustible a sus depósitos de almacenamiento subterráneos o de superficie:

Antes de la descarga

- Los vehículos y otros objetos deben retirarse del área en la que se situarán el camión cisterna encargado del suministro y las mangueras utilizadas al efecto.
- Los camiones cisterna se situarán alejados de las zonas de tráfico y se colocarán conos o barreras para evitar el paso de vehículos por las proximidades del área de descarga o por encima de las mangueras mediante la utilización de conos o barreras.

- Los depósitos de almacenamiento receptores del combustible se revisarán antes de la entrega para determinar si tienen capacidad suficiente o si hay agua en su interior.
- Los conductores deben tener la seguridad de que el combustible se carga en los depósitos correctos, de que las tapas de medición se colocan antes de iniciar el suministro y de que todas las salidas de los depósitos no utilizadas en la descarga permanecen tapadas.
- Cuando así lo exijan las políticas de las empresas o los reglamentos públicos, el sistema de recuperación de vapores de los camiones cisterna deben conectarse con el depósito de almacenamiento receptor antes de iniciar el suministro.

Durante la descarga

- Los conductores deben supervisar el área cercana a las válvulas de alivio del depósito receptor para detectar posibles fuentes de ignición y comprobar si dichas válvulas funcionan correctamente durante el suministro.
- Los conductores se situarán donde puedan observar el suministro y tengan la posibilidad de detenerlo o adoptar las medidas pertinentes en caso de emergencia, como salida de líquido por las válvulas o la activación de una alarma indicadora de rebosamiento o de fallo en una válvula de alivio.

Después de la descarga

- Se medirán los depósitos de almacenamiento para comprobar que cada uno ha recibido los productos correctos en las cantidades adecuadas, de acuerdo con la nota o el conocimiento de entrega. Pueden tomarse muestras de los depósitos tras el suministro con fines de control de calidad.
- En caso necesario, se drenarán los dispositivos de contención de derrames y volverán a colocarse los cierres de los medidores y las tapas de los depósitos.

Otras funciones de las estaciones de servicio

Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles

Los reglamentos de la administración pública y las normas de las empresas contienen normalmente disposiciones sobre almacenamiento, manipulación y suministro de líquidos inflamables y combustibles y sustancias químicas de automoción como pinturas, aditivos para el arranque, anticongelantes, ácidos de batería, líquidos para el limpiaparabrisas, disolventes y lubricantes en estaciones de servicio. Estos establecimientos deben almacenar los aerosoles y los líquidos inflamables en contenedores cerrados en áreas autorizadas y dotadas de ventilación

Tabla 102.2 • Niveles de iluminación en las distintas áreas de las estaciones de servicio.

Área de la estación de servicio	Luminosidad propuesta en bujías-pie
Áreas de tráfico activo	20
Áreas de almacenamiento y depósitos	10–20
Lavabos y áreas de espera	30
Zonas de repostaje, bancos de trabajo y áreas de caja	50
Áreas de servicio, reparación, lubricación y lavado	100
Oficinas	100–150

Fuente: ANSI 1967.

adecuada, alejados de fuentes de calor o ignición, en salas, armarios o estantes apropiados o en edificios externos separados.

Seguridad eléctrica e iluminación

Los trabajadores de las estaciones de servicio deben conocer los principios fundamentales de seguridad eléctrica aplicables a este tipo de establecimientos, como los que se refieren a continuación:

- Las instalaciones, los equipos y los dispositivos eléctricos y de iluminación de la categoría pertinente deben ser utilizados y mantenidos de acuerdo con los códigos y reglamentos vigentes y no deben sustituirse por otros de categoría inferior.
- Las herramientas eléctricas, los enfriadores de agua, las máquinas de fabricación de hielo, los refrigeradores y otros equipos eléctricos similares deben dotarse de una toma de tierra adecuada. Las lámparas portátiles se protegerán contra la rotura para reducir al mínimo la posibilidad de que una chispa prenda los vapores inflamables en caso de que se rompa la bombilla.

Se dispondrá de una iluminación adecuada en los lugares oportunos de las estaciones de servicio con el fin de reducir la probabilidad de accidentes y lesiones. Son fuentes de consulta apropiadas para determinar los niveles de iluminación los reglamentos públicos, las políticas de la empresa y las normas sectoriales voluntarias. Véase la Tabla 102.2.

Bloqueo y señalización

Las estaciones de servicio deben establecer y aplicar procedimientos de bloqueo y señalización para evitar la liberación de formas de energía potencialmente peligrosas durante las operaciones de mantenimiento, reparación y prestación de servicio con herramientas, equipos, maquinaria y sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos, como elevadores, montacargas, gatos, equipos de lubricación, surtidores y compresores. Los procedimientos de trabajo en condiciones de seguridad adoptados para evitar el arranque accidental de motores de vehículos durante su mantenimiento o reparación deben incluir la desconexión de la batería o la retirada de la llave de encendido.

Líquidos en las estaciones de servicio

Niveles de líquidos y refrigerantes

Antes de empezar a trabajar bajo el capó de un vehículo hay que cerciorarse de que se mantiene abierto comprobando el mecanismo tensor o sujetándolo con una barra. También hay que tomar precauciones al comprobar los niveles para evitar quemaduras por contacto con el colector de escape o el contacto accidental de la varilla de medición con terminales o cables eléctricos; asimismo, es necesario tener cuidado al verificar el nivel del aceite de la caja de cambios, ya que el motor debe estar en marcha. También es preciso atenerse a los procedimientos de trabajo seguros al abrir radiadores, dejando que se enfrien los que se encuentran presurizados, sujetando el tapón con un trapo grueso, utilizando EPI y girando la cara para evitar la inhalación de los humos o vapores que se liberen.

Anticongelante y líquido lavaparabrisas

Los trabajadores encargados de prestar servicio a los vehículos deben ser conscientes de los riesgos asociados a los anticongelantes de glicol y alcohol y a los líquidos concentrados empleados en el circuito del lavaparabrisas, así como del modo seguro de manipularlos. Se incluyen aquí precauciones como el almacenamiento de productos derivados del alcohol en bidones cerrados herméticamente o contenedores embalados, en salas o armarios aislados y alejados de los equipos de calefacción y la utilización de recipientes que eviten la contaminación de desagües y terrenos

en caso de derrame o fuga de anticongelante de glicol. Los líquidos anticongelantes o lavaparabrisas se vierten desde un bidón en posición vertical con ayuda de una bomba de mano bien conectada y provista de un mecanismo antigoteo; nunca se utilizarán espitas o válvulas que obliguen a colocar el bidón horizontal, pues esto aumenta el riesgo de fugas, roturas y golpes. No debe utilizarse aire a presión para bombear anticongelante o lavaparabrisas concentrados. Los recipientes vacíos de estos productos deben vaciarse completamente antes de eliminarlos, y seguirse las normas gubernamentales aplicables a la eliminación de soluciones anticongelantes de glicol.

Lubricación

Las estaciones de servicio deben asegurarse de que sus trabajadores conozcan las características y los usos de los diversos combustibles, aceites, lubricantes, grasas, líquidos de automoción y sustancias químicas presentes en sus instalaciones, así como su correcta selección y aplicación. Deben utilizarse las herramientas adecuadas para desmontar los tapones de vaciado, los indicadores de nivel y los filtros de aceite del cárter, la caja de cambios y el diferencial, de forma que no se dañen los vehículos ni los equipos. Sólo deben utilizar llaves de tubo, alargadores y cortafríos los trabajadores que sepan abrir con seguridad tapones congelados u oxidados. Debido a los posibles riesgos, los dispositivos de lubricación de alta presión sólo se pondrán en marcha cuando las boquillas se hayan fijado firmemente a las tomas de aceite. Si es necesario efectuar una prueba antes del empleo real, la boquilla debe dirigirse a un bidón vacío o un recipiente similar y no a un trapo sostenido con la mano.

Operaciones de izado

Quienes trabajan dentro y en torno a las áreas de mantenimiento de vehículos deben conocer las situaciones poco seguras y atenerse a las buenas prácticas de trabajo, como evitar colocarse delante de los automóviles cuando éstos son conducidos a zonas de reparación, fosos de lubricación o plataformas elevadoras.

- Los vehículos deben alinearse correctamente en los elevadores de dos pistas, de rueda libre o de bastidor, ya que cualquier deslizado puede provocar una caída.
- Antes de poner en funcionamiento el elevador, hay que asegurarse de que no hay nadie dentro del vehículo y de que no hay ningún obstáculo sobre él.
- Una vez colocado el vehículo, debe aplicarse el dispositivo de parada de emergencia para evitar que el elevador caiga en caso de una bajada de presión. Si el elevador se sitúa de modo que el dispositivo mencionado no puede emplearse, se colocarán bajo el mismo o bajo el vehículo calzos o soportes de seguridad.
- Los elevadores hidráulicos deben equiparse con una válvula de control que impida el funcionamiento en caso de descenso del nivel de aceite en el depósito de suministro, ya que pueden producirse caídas accidentales en tal situación.

Cuando la lubricación de los cojinetes de las ruedas, la reparación de los frenos, el cambio de neumáticos y otros servicios se prestan en elevadores de rueda libre o de bastidor, los vehículos deben elevarse ligeramente sobre el suelo para que los trabajadores desarrollen su actividad en cuclillas y se reduzca así la posibilidad de lesiones en la espalda. Tras la elevación del vehículo, las ruedas deben bloquearse para impedir su giro, y deben colocarse soportes de seguridad para garantizar la posición en caso de avería del gato o del mecanismo de izado. Al desmontar las ruedas de vehículos en elevadores a los que se sube conduciendo, los vehículos deben bloquearse para impedir su desplazamiento. Si se utilizan gatos o soportes para izar y mantener los

vehículos en posición elevada, estos instrumentos deben tener la capacidad adecuada, situarse en los lugares correctos y ser comprobados para verificar su estabilidad.

Mantenimiento y reparación de neumáticos

Los trabajadores deben aprender a comprobar presiones e hinchar neumáticos en condiciones de seguridad; hay que inspeccionar el desgaste de la banda de rodadura, no sobrepasar la presión máxima y permanecer de pie o de rodillas, a un lado del neumático y con la cara vuelta mientras se infla. Hay que ser consciente del riesgo y seguir métodos de trabajo seguros al reparar ruedas de camión y remolque con llanta de una o varias piezas o con pestañas de retención. Al reparar los neumáticos con compuestos o líquidos inflamables o tóxicos de pegar parches, hay que adoptar precauciones como evitar fuentes de ignición, usar EPI y contar con ventilación adecuada.

Limpieza de componentes

Los trabajadores de estaciones de servicio deben conocer los riesgos de incendio y para la salud derivados de la utilización de gasolina o de disolventes de punto de ignición bajo en la limpieza de componentes, y seguir prácticas seguras como el uso de disolventes autorizados con un punto de ignición superior a 60 °C. Los dispositivos de lavado estarán provistos de una tapa protectora que ha de permanecer cerrada cuando no se utilizan; una vez abierta, necesita un dispositivo de sujeción o una unión fusible que la cierre automáticamente en caso de incendio. Los trabajadores deben adoptar precauciones para impedir que la gasolina u otros líquidos inflamables contaminen el disolvente de limpieza y reduzcan su punto de ignición, con el consiguiente riesgo de incendio. Los disolventes contaminados deben retirarse y colocarse en contenedores autorizados para su evacuación o reciclado. Los trabajadores dedicados a la limpieza de componentes y equipos que utilizan disolventes de limpieza deben evitar el contacto de éstos con la piel y los ojos y emplear el EPI apropiado. Los disolventes no deben utilizarse para lavarse las manos ni para la higiene personal.

Aire comprimido

Las estaciones de servicio deben establecer prácticas de trabajo seguras con compresores neumáticos y equipos de aire comprimido. Las mangueras deben emplearse sólo para inflar neumáticos y para servicios auxiliares, de lubricación, y de mantenimiento. Los trabajadores deben ser conscientes del riesgo de someter a presión depósitos de combustible, bocinas neumáticas, depósitos de agua y otros recipientes no diseñados para contener aire comprimido. Este no debe utilizarse para limpiar frenos, pues en muchos casos, sobre todo en modelos antiguos, los forros contienen amianto. Deben emplearse métodos más seguros como la limpieza por aspiración o la aplicación de soluciones líquidas.

Mantenimiento y manipulación de baterías de acumuladores

Las estaciones de servicio deben establecer procedimientos para garantizar que al almacenar, manipular y eliminar las baterías y los electrolitos que contienen se cumplen las normativas públicas y las políticas de las empresas. Los trabajadores deben ser conscientes del riesgo de cortocircuito eléctrico al cargar, sacar, instalar o manipular baterías; hay que desconectar el cable de masa (negativo) antes de sacar la batería y dejar para el final la conexión de ese cable al instalarla. Al sacar y sustituir baterías, hay que utilizar un dispositivo de transporte para facilitar su manipulación y evitar el contacto con la misma.

Para manipular las soluciones de las baterías, los trabajadores deben conocer las prácticas de seguridad siguientes:

- Los recipientes con soluciones electrolíticas deben almacenarse a una temperatura comprendida entre 16 y 32 °C, en áreas seguras donde no puedan volcarse. Los vertidos de estas soluciones sobre las baterías o en el área de llenado se eliminan con agua. Puede utilizarse bicarbonato sódico para neutralizar la acidez de estos líquidos.
- Para llenarlas de electrolito, las baterías nuevas se colocan en el suelo o en un banco de trabajo y se cierran con sus tapones antes de montarlas; nunca deben rellenarse estas baterías sin desmontarlas del vehículo.
- Pueden utilizarse mascarillas faciales, gafas, delantales y guantes de protección química para evitar la exposición a los líquidos de batería. Además, éstos deben manipularse siempre en lugares provistos de una fuente de agua potable u otro líquido para el lavado ocular en caso de vertido o contacto con la piel o los ojos. Estos órganos no deben tratarse con líquidos neutralizadores.
- Al mantener baterías, hay que cepillar, lavar con agua limpia o neutralizar con bicarbonato sódico o similar las partículas corrosivas acumuladas en los bornes; es preciso evitar su contacto con los ojos o la ropa.

Los trabajadores deben comprobar el nivel de líquido en la batería antes de cargarla y vigilar la temperatura durante la carga para que no aumente en exceso. Una vez terminada la carga, se desconecta el cargador antes que los cables, para evitar chispas que puedan provocar la inflamación del hidrógeno que se genera durante la carga. Al montar baterías de carga rápida, hay que alejar el vehículo de la zona de suministro de combustible y desconectar el cable de masa (negativo) antes de conectar el equipo de carga. Hay que desmontar la batería si está en el compartimiento de pasajeros o bajo el suelo del vehículo.

Los trabajadores deben conocer los riesgos y los procedimientos seguros para arrancar vehículos con la batería descargada conectando ésta a otra, tanto para evitar averías en el circuito eléctrico como lesiones por explosión de la batería si los cables de conexión se instalan mal. Jamás deben conectarse a otra batería ni cargarse las baterías congeladas.

Conducción y remolque de vehículos

Los trabajadores deben disponer del permiso pertinente y estar capacitados y cualificados para conducir vehículos de los clientes o de la empresa, camiones de servicio o equipos de remolque, tanto en el interior como en el exterior de las instalaciones. Todos los vehículos deben conducirse de conformidad con las normativas públicas y las políticas de las empresas. Los operarios deben comprobar en primer lugar los frenos: los vehículos cuyo sistema de frenado sea defectuoso no deben conducirse. Los encargados de los vehículos de remolque deben conocer los métodos de trabajo seguros: manejo de la grúa, comprobación de la transmisión y el chasis del vehículo remolcado, capacidad de izado máxima, etc.

Espacios confinados en las estaciones de servicio

Los trabajadores de las estaciones de servicio deben ser conscientes de los riesgos propios de la entrada en espacios confinados, como depósitos situados por encima o por debajo del nivel del suelo, sumideros, fosos de bombeo, depósitos de almacenamiento de residuos, fosas sépticas y pozos colectores de protección del medio ambiente. No se permitirá el acceso no autorizado, y se establecerán procedimientos para la entrada en estos espacios, aplicables tanto a los trabajadores como a los operarios de los contratistas.

Procedimientos de emergencia

Las estaciones de servicio deben elaborar procedimientos de emergencia y los trabajadores deben saber cómo activar las alarmas, cómo notificar a las autoridades las situaciones de emergencia, cuándo y cómo proceder a una evacuación y qué medidas de respuesta deben adoptarse (como el cierre de los interruptores de emergencia en el caso de derrames o incendios en las áreas de suministro de combustible). Las estaciones de servicio pueden establecer programas de seguridad para dar a conocer a sus trabajadores las medidas oportunas de prevención de robos y actos de violencia, dependiendo de la localización de las instalaciones, los horarios de funcionamiento y las amenazas potenciales.

Salud y seguridad en estaciones de servicio

Protección contra incendios

Los vapores de gasolina son más pesados que el aire y pueden recorrer grandes distancias y alcanzar fuentes de ignición una vez liberados en las operaciones de llenado, por derrame, rebosamiento o reparación. Hay que garantizar la ventilación adecuada de los locales cerrados para disipar estos vapores. Pueden iniciarse incendios debidos a los derrames y rebosamientos que se producen al repostar o reparar vehículos o al verter combustible en los depósitos de las estaciones de servicio, sobre todo si no se prohíbe fumar o si los motores de los vehículos permanecen en marcha al repostar. Para evitar incendios hay que alejar los vehículos de la zona de derrame y limpiar la gasolina vertida por debajo o cerca de ellos antes de arrancar el motor. Ningún vehículo debe entrar en zonas afectadas por vertidos ni circular por ellas.

Los trabajadores deben conocer otras causas de incendio en las estaciones de servicio, como la manipulación, el trasvase o el almacenamiento indebidos de líquidos inflamables y combustibles, los vertidos accidentales durante la reparación de los sistemas de suministro, la descarga electrostática al cambiar los filtros de los surtidores de gasolina y la utilización de luces de trabajo inadecuadas o desprotegidas. El drenaje de gasolina procedente de los depósitos de combustible de los vehículos puede resultar muy peligroso, debido a la posibilidad de que se liberen combustible y vapores, sobre todo en áreas de servicio cerradas con fuentes de ignición próximas.

Deben obtenerse permisos para trabajar en caliente cuando se realicen tareas distintas de la reparación y el mantenimiento de vehículos que obliguen a introducir fuentes de ignición en zonas con vapores inflamables. Los mecánicos deben ser conscientes del riesgo que supone cebar el carburador con el motor en marcha o cuando se arranca con el circuito de arranque eléctrico, pues el riesgo de ignición de los vapores del combustible es muy alto. Hay que seguir los procedimientos de seguridad, como cebar con líquido de arranque y no con gasolina y utilizar pinzas para mantener abierto el circuito de la bobina durante el arranque del motor.

Aunque las normativas públicas o las políticas de las empresas exijan la instalación de sistemas fijos de protección contra incendios, los extintores suelen constituir el medio fundamental utilizado con este fin en las estaciones de servicio. Estos lugares deben dotarse de extintores de la categoría adecuada para los riesgos previstos. Los extintores y los sistemas mencionados deben someterse a inspecciones, mantenimiento y reparación regulares, y los trabajadores deben saber cuándo, dónde y cómo utilizarlos o activarlos.

Debe haber interruptores de emergencia en los surtidores en lugares accesibles y claramente identificados, y el personal debe conocer la función, la localización y el funcionamiento de estos

Figura 102.10 • Lista de comprobación de salud y seguridad en estaciones de servicio.

Esta lista de comprobación puede utilizarse como guía de las cuestiones que pueden considerarse al evaluar la protección contra incendios y las actividades en materia de salud y seguridad de una estación de servicio.

SALUD Y SEGURIDAD

- Mantenimiento de registros y presentación de informes
- Asistencia médica y primeros auxilios



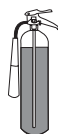
FORMACION, EDUCACION Y CUALIFICACION DE LOS TRABAJADORES

- Sensibilización, prevención y protección de riesgos
- Cualificaciones mecánicas
- Actuación en caso de emergencia
- Métodos seguros de levantamiento de cargas
- Equipos de protección individual
- Calzado, ropa y joyas utilizados por los trabajadores



PROTECCION Y PREVENCION DE INCENDIOS

- Trabajo en caliente
- Extintores de incendio
- Sistemas de protección fijos
- Interruptores de emergencia
- Almacenamiento, manipulación y suministro de líquidos inflamables y combustibles en recipientes



PREPARACION EN CASO DE EMERGENCIA

- Plan y procedimientos de actuación en caso de emergencia/incidente
- Números de teléfono de emergencia
- Alarmas, vías de evacuación y salidas



SALUD, SEGURIDAD, PREVENCION DE INCENDIOS Y NOTAS, SEÑALES Y ETIQUETAS PREVISTAS POR LA LEGISLACION

- Comunicación de riesgos en estaciones de servicio
- Señales y notas



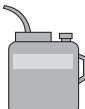
ZONAS DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

- Protección de las zonas de suministro
- Sistema de suministro de combustible
- Derrames y drenaje de combustible
- Suministro de combustible a vehículos
- Suministro de combustible a motocicletas y pequeños vehículos
- Llenado de recipientes de combustible portátiles
- Limpieza de parabrisas
- Control de lubricantes, refrigerantes y niveles de líquidos



SEGURIDAD EN RELACION CON EL COMBUSTIBLE

- Riesgos relativos a los vapores de líquidos inflamables
- Cebado de carburadores



OPERACIONES DE ENTREGA

- Recepción y almacenamiento
- Depósitos de almacenamiento al descubierto y subterráneos
- Tuberías y compuertas de llenado de los depósitos de almacenamiento
- Respiraderos de los depósitos de almacenamiento
- Control de inventario



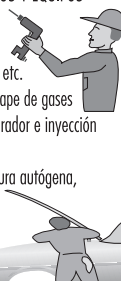
OPERACIONES GENERALES EN LAS ZONAS DE TALLER

- Operaciones de izado
- Aceites, grasas y fluidos
- Servicio de lubricación
- Sustitución y evacuación de filtros
- Drenaje de aceite y líquidos de transmisión



REPARACIONES Y MANTENIMIENTO DE VEHICULOS Y EQUIPOS

- Bloqueo y señalización
- Herramientas de mano y mecánicas
- Correa del ventilador, correa de transmisión, etc.
- Reparaciones y sustitución del sistema de escape de gases
- Mantenimiento y reparación de bujías, carburador e inyección de combustible
- Gas comprimido para operaciones de soldadura autógena, corte y soldadura
- Soldadura con arco eléctrico
- Pulidoras de banco o de pedestal
- Líquidos y lavadoras de piezas de repuesto
- Operaciones de acabado con pintura pulverizada
- Relleno de resina plástica para carrocerías



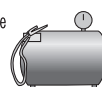
MANTENIMIENTO DE RADIADORES

- Comprobación de los niveles de refrigerante del radiador
- Almacenamiento, manipulación y evacuación de anticongelante
- Reparación y sustitución de radiadores



COMPRESORES DE AIRE

- Funcionamiento, mantenimiento e inspección de compresores de aire
- Mangueras y bocas de los compresores de aire



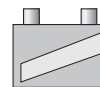
MANTENIMIENTO DE FRENOS

- Sensibilización respecto al amianto
- Utilización indebida del aire en tareas de limpieza



MANTENIMIENTO DE BATERIAS

- Almacenamiento y manipulación de baterías
- Carga de baterías
- Cables de carga y arranque con cables de carga
- Líquidos de las baterías
- Retirada e instalación de baterías



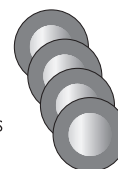
OTRAS CUESTIONES RELATIVAS A LA SALUD Y LA SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO

- Lavado de vehículos
- Conducción de los vehículos de los clientes
- Remolque de vehículos



MANTENIMIENTO DE NEUMATICOS

- Comprobación e inflado de neumáticos
- Retirada de neumáticos
- Reparación y montaje de neumáticos
- Depósito y almacenamiento de neumáticos
- Neumáticos de camión
- Equilibrado y alineación de neumáticos



CONDICIONES FISICAS

- Conservación, mantenimiento y condiciones físicas
- Iluminación
- Manipulación y almacenamiento de mercancías
- Retirada de nieve, hielo y agua de lluvia
- Equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado
- Ventilación de vapores y gases de escape
- Escaleras
- Espacios confinados en estaciones de servicio
- Seguridad eléctrica
- Manipulación y almacenamiento seguros de alimentos (en su caso)
- Lavabos e higiene



MEDIO AMBIENTE

- Derrames, limpieza y evacuación
- Manipulación de aceite, líquidos, filtros y baterías utilizados
- Almacenamiento, manipulación y reciclado o evacuación de residuos peligrosos



dispositivos. Para evitar combustiones espontáneas, los trapos manchados de grasa deben guardarse en contenedores de metal tapados hasta su reciclaje o eliminación.

Seguridad

Los trabajadores de las estaciones están expuestos a sufrir lesiones por uso incorrecto de herramientas, equipos y escaleras, por no llevar EPI, a consecuencia de caídas o resbalones, por trabajar en mala postura y por levantar y trasladar recipientes de forma incorrecta. Asimismo, se producen lesiones y accidentes por incumplimiento de las prácticas de seguridad al trabajar en radiadores calientes, transmisiones, motores y sistemas de escape de gases, al reparar neumáticos y baterías, al trabajar con elevadores, gatos,

equipos eléctricos o maquinaria, a consecuencia de robos y asaltos y por uso inadecuado o exposición a limpiadores, disolventes y sustancias químicas de automoción.

Las estaciones de servicio deben desarrollar y aplicar programas de prevención de accidentes e incidentes imputables a deficiencias de las instalaciones o las prácticas de mantenimiento, almacenamiento y conservación. Otros factores que contribuyen a la accidentalidad en las estaciones de servicio son la falta de atención, formación o cualificación de los trabajadores, que propicia la utilización incorrecta de los equipos, las herramientas, los repuestos de automoción, los suministros y los materiales empleados en las operaciones de mantenimiento. En la Figura 102.10 se ofrece una lista de comprobación en materia de seguridad.

Violencia en las gasolineras

Los empleados de las gasolineras ocupan el cuarto lugar en la clasificación de colectivos profesionales en función de las tasas de homicidios registrados en el lugar de trabajo en Estados Unidos y, en casi todos los casos, estas muertes se producen con ocasión de robos a mano armada y otros delitos (NIOSH 1993b). La tendencia reciente a sustituir los talleres de reparación por tiendas de artículos diversos y horario continuado ha agravado la situación. El estudio de las circunstancias en que trabajan estos establecimientos ha permitido la determinación de los siguientes factores de riesgo que explican esta violencia criminal:

- intercambio de dinero con el público;
- trabajo en solitario o con plantillas reducidas;
- trabajo a última hora de la noche y primeras de la mañana;
- prestación de servicio en zonas de criminalidad elevada;
- guarda de bienes o propiedades valiosos; y
- trabajo en barrios.

Otro factor de riesgo es la ubicación en lugares de fácil acceso y especialmente apropiados para una huida rápida.

Para defenderse de los intentos de robo, algunos empleados de gasolineras se han procurado bates de béisbol y otros instrumentos similares, e incluso han adquirido armas de fuego. La mayoría de las autoridades policiales se oponen a este tipo de medidas, ya que, en su opinión, es probable que provoquen reacciones violentas en los delincuentes. Se recomiendan las siguientes medidas preventivas como medios disuasorios más eficaces en casos de intento de robo:

- intensa iluminación de la áreas de surtidores y de aparcamiento, así como del interior de las tiendas y las zonas de caja;
- disposición de grandes ventanas despejadas y a prueba de balas para mejorar la visibilidad desde el interior de la tienda y dotación de cabinas cerradas de cristal antibalas para los cajeros;

- entradas independientes en el exterior a los servicios públicos, de forma que las personas que los utilicen no tengan que entrar en el establecimiento (un servicio propio en el interior sólo para el personal ofrecería privacidad a los empleados y evitaría la necesidad de salir a utilizar los públicos);
- utilización de cajas móviles y cajas fuertes de apertura temporizada para conservar una cantidad muy limitada de dinero en efectivo, y publicación de señales en lugares visibles que indique el empleo de estos dispositivos;
- formulación de una política de no facilitar cambio en las compras al contado durante la noche y primeras horas de la mañana;
- contratación de un trabajador adicional o de un guardia de seguridad para evitar que preste servicio un solo empleado (las empresas de las gasolineras y las tiendas anexas se quejan del aumento de costes);
- instalación de un sistema de alarma eléctrico o electrónico (activado por pulsadores de emergencia de fácil acceso) que emita señales de auxilio audibles y visibles que atraigan la atención de la policía u otro tipo de asistencia. Estos mecanismos pueden combinarse con una alarma conectada directamente a la comisaría de policía más cercana; e
- instalación de monitores de televisión de alta fidelidad para facilitar la identificación y, en última instancia, la detención de los delincuentes.

La consulta con las autoridades policiales locales y los expertos en la prevención de delitos simplifica la selección de los medios de disuasión más apropiados y eficaces en función del coste. Debe recordarse la necesidad de instalar adecuadamente los equipos y de someter éstos a operaciones periódicas de comprobación y mantenimiento, así como de instruir a los trabajadores en su utilización.

Leon J. Warshaw

Los robos constituyen un riesgo importante para la seguridad en las estaciones de servicio. Las precauciones y la formación adecuadas se analizan en el cuadro adjunto y en otros capítulos de la presente *Enciclopedia*.

Salud

Los empleados deben ser conscientes los riesgos para la salud propios del trabajo en estaciones de servicio. A continuación se describen algunos de ellos.

Monóxido de carbono. Los gases de escape de los motores de combustión interna contienen monóxido de carbono, un gas incoloro, inodoro y muy tóxico. El personal debe ser consciente de los peligros de la exposición a esta sustancia, sobre todo cuando los vehículos se encuentran en plataformas de reparación, garajes o instalaciones de lavado con el motor en marcha. Los gases de escape deben ser conducidos al exterior a través de mangueras flexibles y debe asegurarse la ventilación mediante un suministro adecuado de aire fresco. Los dispositivos y calentadores de fueloil deben ser comprobados para garantizar que el monóxido de carbono no penetra en lugares cerrados.

Toxicidad de los combustibles derivados del petróleo. Los trabajadores que entran en contacto con gasolina, gasóleo de automoción o calefacción o queroseno deben ser conscientes de los riesgos potenciales de la exposición a estas sustancias y conocer el modo de manipularlas con seguridad. La inhalación de una concentración suficiente de vapores de este tipo de combustibles durante períodos de tiempo prolongados provoca intoxicaciones leves,

anestesia o afecciones más graves. Una exposición breve a concentraciones elevadas provoca mareos, cefaleas y náuseas, así como irritación de ojos, nariz y garganta. Los sifones utilizados para trasvasar gasolina, disolventes o gasóleos nunca deben cebarse con la boca, ya que la toxicidad de los hidrocarburos líquidos de baja viscosidad aspirados directamente a los pulmones es 200 veces superior a la registrada por ingestión. La aspiración accidental puede causar neumonía acompañada de edema pulmonar extenso y hemorragia, con la consecuencia de lesiones graves o muerte. No hay que provocar el vómito, y sí buscar asistencia médica inmediatamente.

Benceno. Los trabajadores de las estaciones de servicio deben conocer los riesgos potenciales del benceno, presente en la gasolina, y no inhalar los vapores de este combustible. Aunque la gasolina contiene benceno, no es probable que la exposición moderada a sus vapores provoque cáncer. Numerosos estudios científicos han puesto de manifiesto que el personal de las estaciones de servicio no está expuesto a niveles de benceno excesivo en el transcurso de su actividad laboral ordinaria; no obstante, siempre hay riesgo de sobreexposición.

Riesgos de dermatitis. Los trabajadores que manipulan y entran en contacto con productos derivados del petróleo como parte de su actividad deben conocer los riesgos de dermatitis y otras afecciones de la piel, así como las medidas de higiene y protección personal necesarias para controlar esta forma de exposición. En caso de contacto ocular con gasolina, lubricantes o anticongelantes, hay que lavarse los ojos con agua potable limpia y tibia y buscar asistencia médica.

Figura 102.11 • Encapsulamiento portátil para la prevención de la exposición al polvo de amianto procedente de tambores de freno. Está equipado con una pistola de aire comprimido con una manga de algodón y conectado a un limpiador de vacío HEPA.



Cortesía de Nilfisk of America, Inc.

Lubricantes, aceites de motor usados y sustancias químicas de automoción. Los trabajadores que cambian el aceite y otros líquidos a los vehículos de motor, incluidos los anticongelantes, deben conocer los riesgos asociados y conocer el modo de reducir al mínimo la exposición a productos como la gasolina en el aceite de motor usado, el glicol en los anticongelantes y otros contaminantes en los líquidos de transmisión y lubricantes para engranajes, mediante la utilización de EPI y el recurso a buenas prácticas de higiene. En caso de descarga de una pistola de lubricación de aire comprimido contra el cuerpo de un trabajador, el área afectada debe examinarse de inmediato para comprobar si los productos petrolíferos han penetrado en la piel. Estas lesiones causan poco dolor o hemorragia, pero dan lugar a una separación casi instantánea de los tejidos dérmicos y, posiblemente, daños de mayor profundidad que deben ser objeto de atención médica inmediata. El médico encargado del caso debe ser informado de la causa y del producto implicado en la lesión.

Soldadura. La soldadura suma al riesgo de incendio el de contacto con pigmentos de plomo al operar en el exterior de automóviles, así como con vapores metálicos y otros gases. Es necesario instalar dispositivos de ventilación por aspiración local o de protección respiratoria.

Pintura por pulverización y productos de relleno para carrocerías. La pintura por pulverización puede dar lugar a la exposición a vapores de disolventes y partículas de pigmentos (p. ej., de cromato de plomo). Los productos de relleno para carrocerías suelen consistir en resinas epóxicas o de poliéster y pueden

constituir un peligro para la piel y el aparato respiratorio. La pulverización de pintura debe efectuarse en cabinas en las que quepa el automóvil completo; los productos de relleno se aplican con extracción local de aire y protecciones para la piel y los ojos.

Baterías de acumuladores. Las baterías contienen soluciones electrolíticas corrosivas de ácido sulfúrico, que pueden provocar quemaduras y otras lesiones en los ojos y la piel. La exposición a este tipo de compuestos debe reducirse al mínimo mediante la utilización de EPI, incluidos guantes de goma y protectores oculares. Los trabajadores deben lavarse los ojos o la piel con agua potable u otro líquido específico durante al menos 15 minutos si estos órganos entran en contacto con dichas soluciones, y buscar atención médica de inmediato. Además, deben lavarse las manos concienzudamente después de trabajar con baterías y evitar el contacto de éstas con la cara y los ojos. Han de ser conscientes de que la sobrecarga de una batería puede generar cantidades explosivas y tóxicas de gas hidrógeno. Debido a los posibles efectos nocivos de la exposición al plomo, las baterías de acumuladores utilizadas deben eliminarse de forma adecuada o reciclarse de acuerdo con las normativas públicas y las políticas de las empresas.

Amianto. Los trabajadores que comprueban y reparan frenos deben conocer el riesgo que conlleva el amianto y el modo de detectar si las zapatas contienen esta sustancia, y adoptar las medidas de protección oportunas para reducir la exposición y acumular los residuos para su correcta evacuación (véase la Figura 102.11).

Equipo de protección individual (EPI)

Los trabajadores están expuestos a lesiones por contacto con combustibles, disolventes o sustancias químicas de automoción, o por quemaduras provocadas por estas últimas y debidas al contacto con ácidos de las baterías o soluciones cáusticas. El personal de las estaciones de servicio debe ser consciente de la necesidad de utilizar EPI como los siguientes:

- Calzado de trabajo con suela antideslizante y resistente al petróleo para efectuar las tareas generales en las estaciones de servicio, y calzado de seguridad autorizado y protegido en la puntera, con el mismo tipo de suela, cuando hay riesgo de sufrir lesiones en los pies por desplazamiento o caída de objetos o equipos.
- Gafas de seguridad y protectores respiratorios para prevenir la exposición a sustancias químicas, polvo o humos al pintar o trabajar con baterías y radiadores. Se emplearán gafas industriales de seguridad o máscaras faciales con gafas cuando haya posibilidad de exposición a materiales de impacto, como ocurre al trabajar con pulverizadores o muelas o ruedas de alambres para pulir, reparar o montar neumáticos o sustituir sistemas de escape. Hay que utilizar máscaras con filtros adecuados al cortar o soldar con el fin de evitar quemaduras por radiación térmica y lesiones provocadas por partículas.
- Deben utilizarse guantes, delantales, calzado, máscaras faciales y gafas inatacables al manipular sustancias químicas y disolventes, ácidos de batería y soluciones cáusticas, y al limpiar derrames químicos o de combustible. Se emplearán guantes de trabajo de cuero al manejar objetos cortantes como vidrios rotos, piezas de los vehículos o llantas y al vaciar cubos de basura.
- Puede ser necesario protegerse la cabeza al trabajar debajo de vehículos en fosos, al cambiar indicadores o luces elevadas o en otras zonas donde haya riesgo de sufrir lesiones en esa parte del cuerpo.
- El personal que trabaje con vehículos no debe llevar anillos, relojes de pulsera, pulseras o cadenas largas, ya que estos

objetos pueden entrar en contacto con las componentes móviles o el sistema eléctrico de los vehículos y causar lesiones.

Para prevenir los incendios, la dermatitis y las quemaduras químicas de la piel, las ropas manchadas de gasolina, anticongelante o aceite deben retirarse de inmediato a una zona o una sala con ventilación adecuada en la que no haya fuentes de ignición como calentadores eléctricos, motores, cigarrillos, encendedores o secadores de manos eléctricos. Las áreas de la piel afectadas deben lavarse concienzudamente con jabón y agua caliente para eliminar todo rastro de contaminación. Antes de lavarlas, las prendas deben secarse al aire en el exterior o en zonas bien ventiladas lejos de las fuentes de ignición, con el fin de reducir al mínimo la contaminación de las redes de aguas residuales.

Riesgos para el medio ambiente asociados con estaciones de servicio

Control de existencias en los depósitos de almacenamiento

Las estaciones de servicio deben mantener y actualizar periódicamente un libro de existencias de todos los depósitos de almacenamiento de gasolina y gasóleo para controlar las fugas. Puede utilizarse la medición manual con varilla para comprobar la integridad de los depósitos subterráneos y de las tuberías de conexión. Cuando se emplee la medición automática o se instalen equipos de detección de fugas, su exactitud se verificará cada cierto tiempo mediante los sistemas de calibración manuales. Los depósitos y sistemas de almacenamiento de los que se sospeche una fuga deben ser investigados y, si finalmente se detecta la anomalía, hay que evitar que causen más daños o vaciarlos para su reparación, retirada o sustitución. Los trabajadores de las estaciones de servicio deben tener presente que las fugas de gasolina pueden recorrer grandes distancias bajo el suelo, contaminar redes de abastecimiento de agua, penetrar en redes de alcantarillado o de drenaje y provocar incendios y explosiones.

Manipulación y evacuación de residuos

Los residuos de lubricantes y sustancias químicas de automoción, el aceite para motor y los disolventes usados, la gasolina y el

gasóleo derramados y las soluciones anticongelantes de glicol deben verterse en depósitos y contenedores autorizados y debidamente etiquetados y almacenarse hasta su eliminación o su reciclaje de acuerdo con las normativas públicas y las políticas de las empresas.

Puesto que los motores con cilindros desgastados u otros defectos favorecen la entrada de pequeñas cantidades de gasolina en el cárter, hay que adoptar precauciones para evitar que los vapores liberados en los depósitos y contenedores en los que se almacenan los aceites usados entren en contacto con fuentes de ignición.

Antes de evacuar los filtros de aceite y de líquidos de transmisión usados debe drenarse su contenido. Estos dispositivos, retirados de vehículos o de surtidores de combustible, deben drenarse en recipientes autorizados y almacenarse en lugares adecuadamente ventilados y alejados de fuentes de ignición, hasta que se hayan secado para su eliminación.

Los recipientes de electrolitos de batería usados deben enjuagarse exhaustivamente con agua antes de eliminarlos o reciclarlos. Las baterías usadas contienen plomo y deben someterse a las operaciones de eliminación o reciclaje oportunas.

La limpieza de grandes vertidos exige formación especial y utilización de EPI. El combustible recuperado puede devolverse a la planta de producción o almacenamiento de la que procede o eliminarse de otro modo de conformidad con las normativas públicas y las políticas de las empresas. Los lubricantes, el aceite usado, las grasas, los anticongelantes, el combustible derramado y otros materiales no deben ser barridos, fregados o vertidos en desagües, sumideros, retretes, alcantarillas, colectores u otras redes de drenaje, ni tampoco deben arrojarse a la calle. La grasa y el aceite acumulados deben retirarse de los desagües y sumideros para evitar que estas materias alcancen las alcantarillas. El polvo de amianto y los forros de los frenos usados de este material deben manipularse y evacuarse con arreglo a las normativas públicas y las políticas de las empresas. El personal debe ser consciente de la repercusión de estos residuos en el medio ambiente, la salud y la seguridad, así como del riesgo de incendio que suponen.

TRANSPORTE FERROVIARIO

● EXPLOTACIONES FERROVIARIAS

Neil McManus

El ferrocarril es un medio de transporte fundamental en todo el mundo. Incluso con la competencia del transporte aéreo y por carretera, el ferrocarril sigue siendo una forma importante de desplazamiento terrestre de grandes cantidades de productos y materiales. Las operaciones ferroviarias se llevan a cabo en una amplísima gama de terrenos y climas, desde los hielos árticos a la selva ecuatorial, desde los bosques húmedos a los desiertos. La plataforma de grava y las vías de acero con traviesas de madera, cemento o acero son comunes a todos los ferrocarriles. Las traviesas y el balasto mantienen la posición de los raíles.

El tipo de material tractor utilizado en estas redes en todo el mundo (máquinas de vapor, diésel-eléctricas y eléctricas) marcan la evolución de este modo de transporte.

Administración y operaciones ferroviarias

La administración y las operaciones ferroviarias conforman el perfil público de este sector. Garantizan que las mercancías se desplacen del origen al destino. Las tareas de administración las

realiza personal de oficina encargado de las funciones empresariales y técnicas y de la gestión. Las operaciones ferroviarias son responsabilidad de los supervisores de personal, los controladores del tráfico de trenes, el personal dedicado al mantenimiento de señales, la dotación de trabajadores a bordo del tren y el personal de talleres.

Los supervisores de personal se encargan de garantizar que se disponga de un equipo de trabajadores en el momento y el lugar oportunos. Los ferrocarriles funcionan 24 horas al día, 7 días a la semana durante todo el año. El personal encargado del tráfico ferroviario coordina los movimientos de los trenes. Son responsables de asignar las vías en la secuencia y el momento pertinentes. Esta función se ve dificultada por la necesidad de que ciertos trenes que se mueven en distintas direcciones compartan las mismas vías. Puesto que sólo un tren puede ocupar un tramo de vía en cada momento, el control del tráfico ferroviario debe asignar la ocupación de la vía principal y de las auxiliares de modo que se garantice la seguridad y se reduzcan al mínimo los retrasos.

Las señales ofrecen pistas visuales a los operadores ferroviarios, así como a los conductores de vehículos de transporte por carretera en los pasos a nivel. En el caso de los primeros, las

Metros

Mientras que la seguridad ferroviaria depende de la jurisdicción de las administraciones nacionales, que promulgan normas y formulan políticas relativas a la regulación y la aplicación de medidas de seguridad, los metros suelen ser gestionados por las administraciones locales, que, en esencia, son autónomas.

Los billetes de metro no suelen cubrir los costes de explotación y, mediante la concesión de subvenciones, permanecen a ciertos niveles para mantener un servicio de transporte público al alcance de todos. El metro y otros sistemas urbanos de desplazamiento de población mejoran la accesibilidad de las vías urbanas y reducen la contaminación asociada al tráfico de automóviles en las ciudades.

Los recortes presupuestarios que se han generalizado en numerosos países en los últimos años también han afectado a los sistemas de transporte público. El personal dedicado al mantenimiento preventivo y la renovación de vías, señales y material móvil son los primeros perjudicados. A menudo, las autoridades competentes en materia de control no están dispuestas o no son capaces de aplicar sus propios procedimientos de regulación en un sistema de transporte rápido sin subvenciones públicas. En tales circunstancias, es inevitable que un accidente que tenga como resultado una grave pérdida de vidas humanas en períodos de recorte presupuestario de lugar a una protesta pública en demanda de mejoras de la seguridad.

Aunque es cierto que existe una gran variedad de diseños, construcción y antigüedad de las instalaciones físicas de los sistemas de transporte rápido de Canadá, Estados Unidos y otros países, es necesario llevar a cabo ciertas operaciones de mantenimiento normalizadas para mantener en funcionamiento las vías, las estructuras de superficie y subterráneas, las estaciones de pasajeros y otros servicios afines en las condiciones de mayor seguridad posible.

Funcionamiento y mantenimiento del metro

Los metros difieren de los ferrocarriles de superficie en varios aspectos esenciales:

- la mayoría de los metros se desplazan por debajo del nivel del suelo a lo largo de túneles;
- funcionan con electricidad y no con combustible diesel o vapor (aunque también hay trenes eléctricos de superficie);
- su funcionamiento es mucho más frecuente que el de los trenes de superficie; y
- la eliminación de pintadas es un problema grave.

Estos factores influyen en el grado de riesgo al que hacen frente los operarios de los trenes y el personal de mantenimiento.

Los choques entre trenes en la misma vía y con personal de mantenimiento en ella constituyen un grave problema. Estas colisiones se evitan mediante una programación adecuada, la aplicación de sistemas de comunicación centralizados para alertar a los

operarios de los trenes y la instalación de sistemas luminosos de señalización que indiquen a los maquinistas cuándo pueden avanzar con seguridad. Las averías de estos procedimientos de control que dan lugar a accidentes se deben a dificultades para la comunicación por radio, rotura o colocación errónea de luces de señalización que impiden a los conductores disponer del tiempo suficiente para detener el tren y fatiga debida al trabajo por turnos, al número excesivo de horas extraordinarias y la falta de atención.

Los equipos de mantenimiento supervisan las vías del metro, reparan vías, luces de señalización y otros dispositivos, recogen la basura acumulada y realizan otras tareas. Se exponen a riesgos eléctricos al entrar en contacto con el tercer carril que conduce la electricidad para el funcionamiento de los trenes, incendios y humos derivados de la quema de basuras, la posibilidad del inicio de fuegos de origen eléctrico, la inhalación de polvo de acero y otras partículas presentes en la atmósfera a causa de la acción de las ruedas de los trenes y los raíles y los choques con los vagones. Las inundaciones también pueden generar riesgos eléctricos y de incendio. Debido a la naturaleza subterránea del servicio, muchas de estas situaciones de riesgo se ven agravadas por su desarrollo en espacios confinados.

Una ventilación adecuada para eliminar los contaminantes atmosféricos, la aplicación de los procedimientos pertinentes en espacios confinados y otras medidas (p. ej., planes de evacuación) de emergencia en caso de incendio e inundación y la instalación de sistemas de comunicación adecuados, incluida la transmisión por radio y la colocación de luces de señalización para advertir a los conductores de los trenes de la presencia de equipos de mantenimiento en las vías, son esenciales para proteger a los trabajadores. Debe disponerse de abundantes refugios de emergencia en las paredes de los túneles y de suficiente espacio entre las vías para que el personal de mantenimiento pueda evitar a los vagones en movimiento.

La eliminación de pintadas del interior y el exterior de los vagones del metro es un riesgo añadido a la pintura y la limpieza periódica de los mismos. Los productos empleados en esta tarea suelen contener álcalis fuertes y disolventes peligrosos, y pueden constituir un riesgo por contacto con la piel y por inhalación. La eliminación de pintadas exteriores se realiza trasladando los vagones a una instalación de lavado donde se rocían con sustancias químicas, que también se aplican mediante cepillado y pulverización en el interior. Esta última actividad puede constituir un riesgo adicional por su desarrollo en espacios confinados.

Entre las medidas de precaución que pueden adoptarse figura la utilización de las sustancias químicas menos tóxicas disponibles, el empleo de equipos de protección individual y respiratoria y la aplicación de procedimientos adecuados para garantizar que los trabajadores conocen los productos químicos utilizados.

George J. McDonald

señales deben trasladar un mensaje inequívoco sobre la situación de la vía. Actualmente se utilizan como mecanismo de ayuda en el control del tráfico ferroviario, al que también contribuye la comunicación por radio a través de canales que reciben las unidades de operación. Los encargados del mantenimiento de las señales deben garantizar el funcionamiento de estos dispositivos en todo momento, lo que, en ocasiones, exige la prestación de servicio en solitario en áreas remotas, en todo tipo de condiciones meteorológicas y a cualquier hora del día o de la noche.

Es obligación del personal de talleres garantizar que el material rodante esté preparado para recibir la carga correspon-

diente, una función cada vez más importante en esta época de gestión de la calidad. Por ejemplo: los vagones de tres niveles dedicados al transporte de automóviles deben ser limpiados antes de su utilización y acondicionados para contener vehículos mediante la colocación de calzos en las posiciones adecuadas. La altura entre niveles en estos vagones es insuficiente para que una persona de estatura media pueda permanecer de pie, por lo que el trabajo debe realizarse agachado. Del mismo modo, los asideros de ciertos vagones obligan a los trabajadores de talleres a adoptar posturas incómodas al efectuar las maniobras de clasificación.

Tabla 102.3 • Factores de riesgo asociados a la administración y a las operaciones ferroviarias.

Factores	Grupos afectados	Observaciones
Gases de escape	Dotación de los trenes, supervisores, asesores técnicos	Las emisiones consisten fundamentalmente en dióxido de nitrógeno, óxido nítrico, monóxido de carbono, dióxido de azufre y partículas que contienen hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). La exposición es mayor en los túneles no ventilados.
Ruido	Dotación de los trenes, supervisores, asesores técnicos	El ruido en el puesto de conducción puede exceder los límites reglamentarios.
Vibración de todo el cuerpo	Dotación de los trenes	Vibración de las estructuras transmitida a través del suelo y los asientos del puesto de conducción; tiene su origen en el motor y en el movimiento a lo largo de la vía y en los golpes contra las separaciones entre carriles.
Campos electromagnéticos	Dotación de los trenes, personal de mantenimiento de señales	Pueden formarse campos de CA y CC, según el diseño de la unidad de generación de energía y los motores de tracción.
Campos de radiofrecuencia	Usuarios de radios bidireccionales	No se han determinado con precisión los efectos para los seres humanos.
Condiciones meteorológicas	Dotación de los trenes, trabajadores de taller, personal de mantenimiento de señales	La radiación ultravioleta puede causar quemaduras solares, cáncer de piel y cataratas. El frío provoca estrés por frío y congelación. El calor causa estrés por calor.
Trabajo por turnos	Supervisores de personal, controladores del tráfico ferroviario, dotación de los trenes, personal de mantenimiento de señales	Los miembros de las dotaciones de los trenes tienen con frecuencia horarios irregulares; la remuneración suele basarse en el recorrido de una distancia fija en un determinado período de tiempo.
Lesiones musculoesqueléticas	Dotación de los trenes, trabajadores de taller	No son raras las lesiones de tobillo al bajar de los vagones y las de hombros al subir. Pueden ocasionarse lesiones en diversos lugares al transportar piezas de empalme sobre terreno irregular. El trabajo se lleva a cabo en posturas incómodas.
Pantallas de visualización de datos	Directivos, personal técnico y administrativo, supervisores de personal, controladores del tráfico ferroviario	La utilización eficaz de los puestos de trabajo informatizados depende de la aplicación de principios ergonómicos ópticos y relativos al trabajo en oficinas.
Atropellos	Todos los trabajadores	Un atropello puede producirse cuando una persona se sitúa en una vía activa y no percibe la aproximación de trenes, equipos de trabajo en las vías o vagones en movimiento.

En largos recorridos, la dotación de un tren presta servicio entre los lugares de relevo designados. La dotación sustituta pasa a ocupar sus puestos en dichos lugares y continúa el viaje. La primera dotación debe esperar en los puntos de relevo a otro tren que realice el recorrido de vuelta. Los desplazamientos combinados y la espera del tren de regreso pueden llevar muchas horas.

El viaje de un tren a lo largo de un trayecto único es en ocasiones muy fragmentario, debido en parte a la planificación y en parte al trabajo en las vías o a la avería del equipo. En ocasiones las dotaciones vuelven a su lugar de origen en la cabina de la locomotora de tracción, en el furgón de cola (donde todavía se utilicen), o incluso en un taxi o en autobús.

Los deberes de la dotación de tren obligan a veces a desenganchar vagones y a recoger otros en ruta. Estas operaciones se llevan a cabo a cualquier hora del día o de la noche en cualquier condición meteorológica imaginable. Enganchar y desenganchar vagones son las únicas tareas de ciertos trabajadores de taller.

En ocasiones, se produce la avería de alguna de las juntas que unen los vagones o la rotura de un conducto del circuito neumático de frenado. Estas averías deben ser investigadas por alguno de los miembros de la dotación del tren, que determinará si es preciso reparar o sustituir la pieza defectuosa. La junta de repuesto (de unos 30 kg) debe ser transportada a lo largo de la vía hasta el lugar de la reparación, y la pieza original debe desmontarse y sustituirse. Los trabajos entre vagones deben obedecer a una planificación y una preparación minuciosas, con el fin de garantizar que el tren no se desplace durante la intervención.

En zonas montañosas, las averías pueden producirse en un túnel. En estas condiciones, la locomotora debe mantener la potencia por encima del ralenti para mantener el sistema de

frenado operativo y evitar el descarrilamiento del tren. El funcionamiento del motor dentro de un túnel provoca la acumulación de gases de escape (dióxido de nitrógeno, óxido nítrico, monóxido de carbono y dióxido de azufre).

En la Tabla 102.3 se resumen las situaciones peligrosas asociadas a la administración y las operaciones ferroviarias.

Mantenimiento del material rodante y del material de vía

El material rodante incluye locomotoras y vagones. El material de vía está compuesto por maquinaria especializada utilizada en el control, mantenimiento, construcción y rehabilitación de las vías. Dependiendo del tamaño de la vía férrea, el mantenimiento puede ir desde una operación sobre el terreno (reparaciones de pequeña escala) al levantamiento y restauración completos. El material rodante no debe averiarse durante su funcionamiento, ya que este tipo de deficiencias tiene consecuencias graves para la seguridad, el medio ambiente y la actividad empresarial. Si un vagón transporta una mercancía peligrosa, las consecuencias de no detectar y reparar sus deficiencias mecánicas pueden ser gravísimas.

Las grandes empresas ferroviarias disponen de talleres de explotación e instalaciones de desmontaje y renovación centralizadas. El material rodante se inspecciona y prepara para los viajes en dichos talleres. Las reparaciones de menor importancia se efectúan en los vagones y las locomotoras.

Los vagones son estructuras rígidas que disponen de puntos de giro en cada uno de sus extremos. Estos puntos aceptan un pasador vertical localizado en el *bogie* (el conjunto formado por las ruedas y su estructura de apoyo). En las reparaciones, el cuerpo del vagón se eleva para separarlo de los bogies. Las reparaciones menores afectan a la carrocería del coche o a sus

accesorios o a los frenos y otros elementos de los bogies. Los planos de las ruedas se rectifican en un torno.

Las reparaciones de mayor importancia consisten en la eliminación y la sustitución de los revestimientos y estructuras metálicas deterioradas o corroídas, el tratamiento con chorro de arena y la restauración de la pintura o la renovación de pisos de madera. A veces hay que desmontar y restaurar los bogies, incluidos los ejes y rodamientos de las ruedas. Los componentes de fundición de los bogies se reparan mediante aportación de material con equipo de soldadura seguida de pulido con muela. Los ejes de las ruedas se reparan mediante mecanización para devolverles la geometría correcta.

Las locomotoras se limpian e inspeccionan antes de cada viaje. Además, pueden exigir reparaciones mecánicas. Son intervenciones menores el cambio de aceite y el mantenimiento de frenos y motores diesel. Otra intervención común es el desmontaje de un bogie para rectificar o igualar las ruedas. A veces la locomotora entra en el taller o sale de él con sus motores. Antes de la vuelta al servicio, una locomotora puede ser sometida a una prueba de carga, durante la cual el motor se pone en funcionamiento a plena potencia. Los mecánicos trabajan muy cerca del motor durante este procedimiento.

Las grandes operaciones de mantenimiento exigen en ocasiones el desmontaje completo de la locomotora. El motor

Tabla 102.4 • Factores de riesgo asociados al mantenimiento y los accidentes de transporte.

Factores	Grupos afectados	Observaciones
Contaminación de la piel por residuos de aceites y lubricantes	Mecánicos de motores diesel, mecánicos de máquinas de tracción	La descomposición de hidrocarburos en contacto con superficies calientes produce hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).
Gases de escape	Todos los trabajadores en los talleres dedicados a los motores diesel, instalaciones de lavado, área de repostaje, área de pruebas de carga	Las emisiones consisten principalmente en dióxido de nitrógeno, óxido nítrico, monóxido de carbono, dióxido de azufre y partículas que contienen HAP. La posibilidad de exposición es mayor donde las emisiones de escape quedan retenidas por estructuras.
Emisiones de soldadura autógena	Soldadores, ayudantes de soldador, instaladores, operadores de grúas móviles	Esta actividad exige esencialmente la utilización de acero al carbono; el aluminio y el acero inoxidable también se emplean. Las emisiones consisten en gases y líquidos de protección, humos metálicos, ozono, dióxido de nitrógeno, radiación visible y ultravioleta.
Emisiones de soldadura	Electricistas que trabajen con motores de tracción	Emisiones de cadmio y plomo de la aleación de soldadura.
Descomposición térmica de productos de procedentes de revestimientos	Soldadores, ayudantes de soldador, instaladores, pulidores, operarios de grúas móviles	Las emisiones pueden incluir monóxido de carbono, pigmentos inorgánicos que contienen plomo y otros cromatos, productos de descomposición de las resinas para pintura. Pueden haberse utilizado PCB con anterioridad a 1971. Estos puede formar furanos y dioxinas por calentamiento.
Residuos de las mercancías	Soldadores, ayudantes de soldador, instaladores, pulidores, mecánicos, achatarradores	Los residuos reflejan el servicio prestado por el vagón; por ejemplo: transporte de metales pesados, carbón, azufre, lingotes de plomo, etc.
Polvo de chorreo abrasivo	Trabajadores que realizan esta tarea, personas presentes en el momento de llevarla a cabo	El polvo puede contener residuos de la mercancía, materiales de chorreo, polvo de pintura. La pintura aplicada con anterioridad a 1971 puede contener PCB.
Vapores de disolventes	Pintores, personas presentes en el momento de la aplicación	Los vapores de disolvente se acumulan en áreas de almacenamiento y mezcla de pintura y cabinas para pintura; se forman a veces mezclas inflamables en espacios confinados, como recipientes y depósitos, durante las operaciones de pulverización.
Aerosoles de pintura	Pintores, personas presentes en el momento de la aplicación	Los aerosoles de pintura contienen pintura pulverizada y diluyentes; el disolvente en gotas y el vapor pueden formar mezclas inflamables; los preparados de resina pueden contener isocianatos, epoxias, aminas, peróxidos y otros reactivos intermedios.
Espacios confinados	Todos los trabajadores de talleres	Interior de algunos vagones, depósitos y tolvas, morro de las locomotoras, hornos, desengrasadoras, impregnadores de barniz, fosas, sumideros y otras estructuras total y parcialmente cerradas.
Ruido	Todos los trabajadores de taller	El ruido generado por numerosas fuentes y tareas puede exceder los límites reglamentarios.
Vibración de manos y brazos	Usuarios de herramientas de mano mecánicas y dispositivos manuales	La vibración se transmite a través de las empuñaduras.
Campos electromagnéticos	Usuarios de equipos de soldadura eléctrica	Es posible la generación de campos de corriente alterna y continua, dependiendo del diseño de la unidad.
Condiciones meteorológicas	Trabajadores en el exterior	La energía ultravioleta puede provocar quemaduras solares, cáncer de piel y cataratas. El frío causa estrés por frío y congelación. El calor provoca estrés por calor.
Trabajo por turnos	Todos los trabajadores	Pueden establecerse horarios irregulares.
Lesiones musculoesqueléticas	Todos los trabajadores	No son raras las lesiones de tobillo al bajar de los vagones y las de hombros al subir. El trabajo se lleva a cabo en posturas incómodas, sobre todo al soldar, quemar, cortar y utilizar herramientas de mano mecánicas.
Atropellos	Todos los trabajadores	Un atropello puede producirse cuando una persona se sitúa en una vía activa y no percibe la aproximación de equipos de mantenimiento de vías y vagones en movimiento.

diesel y su compartimento, el compresor, el generador y los motores de tracción requieren una limpieza y un desengrasado exhaustivos debido a la intensidad del servicio prestado y al contacto del combustible y el lubricante con superficies calientes. Algunas piezas se desmontan y reacondicionan.

Los cárteres de los motores de tracción deben restaurarse mediante aportación de material por soldadura. Estatores y rotores se mecanizan para eliminar los aislantes viejos y se reparan e impregnan con una solución de barniz.

La maquinaria de mantenimiento de vías incluye coches y otros equipos que pueden funcionar en la carretera y en las vías férreas, así como equipos especializados que sólo operan en estas últimas. Las tareas pueden ser efectuadas por unidades muy especializadas, como las dedicadas a la inspección de las vías o las máquinas para el rectificado de raíles, que pueden ser modelos únicos, incluso en las grandes empresas ferroviarias. El mantenimiento de estos equipos se lleva a cabo en talleres o sobre el terreno. Los motores de estos equipos emiten muchos gases de escape, debido a los largos períodos transcurridos entre reparaciones y a la poca familiaridad que los mecánicos tienen con ellos. Estos factores pueden tener consecuencias importantes en materia de contaminación durante la actividad de esta maquinaria en espacios confinados, como túneles, hangares y formaciones geológicas cerradas.

En la Tabla 102.4 se resumen los posibles factores peligrosos vinculados al mantenimiento del material rodante y los equipos de mantenimiento de las vías, así como los accidentes de transporte.

Mantenimiento de vías y plataformas

El mantenimiento de vías y plataformas se hace casi siempre en el exterior, en condiciones muy variables: sol, lluvia, nieve, viento, aire frío o caliente, arena, picaduras de insectos, animales peligrosos, serpientes y plantas venenosas.

Estas tareas pueden consistir en la vigilancia de las vías, así como en el mantenimiento, la rehabilitación y la sustitución de edificios y estructuras, raíles y puentes, además del desempeño de funciones de servicio, como la retirada de nieve y la aplicación de herbicidas. Pueden ser efectuadas por unidades operativas locales o por grandes equipos de trabajo especializados que se ocupan de la sustitución de raíles, grava o traviesas. Se dispone de equipo para mecanizar casi por completo todas estas actividades. No obstante, los trabajos de escala reducida pueden requerir la intervención de pequeños dispositivos eléctricos o, incluso, consistir en actividades plenamente manuales.

Para llevar a cabo el mantenimiento de líneas en funcionamiento hay que disponer de cierto bloque de tiempo reservado para el trabajo. Este período puede corresponder a cualquier hora del día o de la noche, dependiendo de los horarios de los trenes, sobre todo en una línea de vía única. Por tanto, la premura de tiempo es una consideración fundamental al realizar este tipo de trabajos, ya que la línea debe volver a encontrarse operativa al final del período asignado. Durante ese tiempo hay que desplazar el material al lugar de que se trate, hacer el trabajo y dejar libre la vía.

La sustitución de grava, traviesas y raíles es una tarea compleja. En el caso del balasto, debe eliminarse en primer lugar el material contaminado o deteriorado para poner al descubierto la plataforma. Una unidad similar a una rastra o un arado, arrastrada por una locomotora, o una excavadora, se encarga de esta tarea. La excavadora utiliza una cadena de dientes continuos que aparta el balasto a un lado. Se utilizan otros equipos para retirar y sustituir las escarpas de carril, las abrazaderas de las traviesas y las placas de asiento de carril (placas de metal situadas entre el raíl y las traviesas) y las traviesas. El raíl continuo es semejante a un espagueti blando

que puede doblarse y batirse y que se mueve con facilidad vertical y lateralmente. El balasto estabiliza el raíl. El tren que lo descarga lo coloca, además, en la posición adecuada. Los trabajadores caminan paralelamente a esta máquina y abren sistemáticamente tolvas situadas en la parte inferior de los vagones para que salga el balasto.

Después de verter el balasto, se pasa una vibradora dotada de dedos hidráulicos para compactar el balasto alrededor y debajo de las traviesas y elevar la vía. Una máquina alineadora clava un pasador en la plataforma para anclar la vía y desplaza los raíles hasta la posición deseada. El regulador nivela el balasto para establecer los contornos definitivos de la infraestructura y limpia la superficie de las traviesas y los raíles. Durante el vertido del balasto, la regulación y el barrido se levanta mucho polvo.

El trabajo de vía se desarrolla en medios muy variados: áreas abiertas, semicerradas, como desfiladeros y caras de montañas y acantilados, y cerradas, como túneles y hangares. Estas circunstancias tienen una influencia esencial en las condiciones de trabajo. En los espacios cerrados, por ejemplo, se concentran las emisiones de gases de escape, el polvo de grava o de trituración, los humos de la soldadura por aluminotermia, el ruido y otros agentes y factores peligrosos. En la soldadura por aluminotermia se utiliza aluminio y óxido de hierro pulverizados. Tras su ignición, el aluminio prende con intensidad y transforma el óxido de hierro en hierro fundido. Este se cuele en la separación entre raíles y los suelda.

Los cambios están asociados con las vías. Un cambio de vía tiene unos carriles móviles de perfil adelgazado (aguja) y unas guías que evitan el descarrilamiento de las ruedas (corazón). Ambos se fabrican con acero duro especial rico en manganeso y cromo. El corazón es una estructura ensamblada de varias piezas de raíl curvadas de manera específica. Las tuercas autoblocantes utilizadas para empernar éstas y otras estructuras ferroviarias pueden chaparse con cadmio. Los corazones se construyen con soldadura y se pulen durante su renovación, que puede llevarse a cabo sobre el terreno o en un taller.

La pintura de puentes es un aspecto importante del mantenimiento de infraestructuras. A menudo, los puentes se sitúan en lugares aislados, lo que complica considerablemente la instalación de los elementos de higiene personal necesarios para evitar la contaminación de las personas y el medio ambiente.

En la Tabla 102.5 se resumen los riesgos propios del mantenimiento de las vías y otras infraestructuras.

Accidentes de transporte

Posiblemente, el mayor motivo de preocupación relacionado con las operaciones ferroviarias son los accidentes de transporte. La gran cantidad de material que puede verse implicado provoca serios problemas de exposición del personal y del medio ambiente. La preparación para los accidentes de mayor gravedad nunca es suficiente. Por tanto, la reducción al mínimo de los riesgos y las consecuencias de estos sucesos es imprescindible. Los accidentes de transporte obedecen a diversas causas: colisiones en pasos a nivel, obstrucciones de la vía, averías y errores humanos.

Se previenen mediante una inspección y un mantenimiento concienzudos y constantes de las vías, las infraestructuras y los equipos. Las consecuencias de un accidente en el que resulta implicado un tren que transporta carga variada se atenúa colocando estratégicamente los vagones que contienen cargas compatibles. No obstante, esta ubicación estratégica no es posible en el caso de un tren que transporte un único producto. Las mercancías que despiertan mayor preocupación son el carbón pulverizado, el azufre, los gases de petróleo licuado

Tabla 102.5 • Factores de riesgo asociados al mantenimiento de las vías y los pasos a nivel.

Factor	Grupos afectados	Observaciones
Emisiones de escape	Todos los trabajadores	Las emisiones incluyen dióxido de nitrógeno, óxido nítrico, monóxido de carbono, dióxido de azufre y partículas que contienen hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). La exposición es mayor en túneles sin ventilación y en otras circunstancias en las que los gases son retenidos por ciertas estructuras.
Polvo de lastre/carga derramada	Operarios de los equipos de mantenimiento de la vía, trabajadores no cualificados	Dependiendo de la fuente, el polvo de lastre puede contener sílice (cuarzo), metales pesados o amianto. Los trabajos en las vías en torno a industrias que producen y manejan mercancías a granel puede provocar la exposición a productos como carbón, azufre, concentrados de metales pesados, etc.
Emisiones de soldadura, corte y pulido	Trabajadores de taller y sobre el terreno	En las operaciones de soldadura se utilizan fundamentalmente acero templado; las emisiones pueden constar de gases y líquidos de protección, humos metálicos, ozono, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y energía visible y ultravioleta. El contacto con manganeso o cromo puede producirse al trabajar en los carriles; el cadmio puede estar presente en pernos y tuercas tratados con este metal.
Polvo de chorreo abrasivo	Trabajadores que realizan esta tarea, personas presentes en el momento de llevarla a cabo	El polvo contiene material producido en el chorreo y polvo de pintura; la pintura suele contener plomo y otros cromatos.
Vapores de disolvente	Pintores, personas presentes en el momento de la aplicación	Hay vapores de disolvente en áreas de almacenamiento y mezcla; a veces se forman mezclas inflamables dentro de las estructuras cerradas destinadas a la pulverización.
Aerosoles de pintura	Pintores, personas presentes en el momento de la aplicación	Estos aerosoles pueden contener pintura pulverizada y diluyentes; los disolventes en pequeñas gotas y vapor pueden formar mezclas inflamables; los preparados de resina pueden incluir isocianatos, epoxias, aminas, peróxidos y otros reactivos intermedios.
Espacios confinados	Todos los trabajadores	Interior de túneles, canales, recipientes, fosas, sumideros y otras estructuras parcial o totalmente cerradas.
Ruido	Todos los trabajadores	El ruido generado por numerosas fuentes y tareas puede exceder los límites reglamentarios.
Vibración del cuerpo en su totalidad	Conductores de camión, operarios de equipos de mantenimiento de las vías	La vibración de las estructuras transmitida a través del suelo y el asiento del puesto de conducción se origina en el motor y en el desplazamiento por las carreteras y las vías y al paso por las separaciones entre carriles.
Vibración de manos y brazos	Usuarios de herramientas de mano mecánicas y dispositivos de mano	La vibración se transmite a través de las empuñaduras.
Campos electromagnéticos	Usuarios de equipos de soldadura eléctrica	Es posible que se generen campos de corriente alterna y continua, dependiendo del diseño de cada unidad.
Campos de radiofrecuencia	Usuarios de radios bidireccionales	No se han determinado con precisión los efectos sobre los seres humanos.
Condiciones meteorológicas	Trabajadores en el exterior	La radiación ultravioleta provoca quemaduras solares, cáncer de piel y cataratas, el frío causa estrés por frío y congelación y el calor causa estrés por calor.
Trabajo por turnos	Todos los trabajadores	Se establecen horarios de trabajo irregulares debido a los problemas en la programación de períodos de actividad en las vías.
Lesiones musculoesqueléticas	Todos los trabajadores	No son raras las lesiones de tobillo al bajar de los vagones y las de hombros al subir; se trabaja en posturas incómodas, sobre todo al soldar y utilizar herramientas de mano mecánicas.
Atropellos	Todos los trabajadores	Un atropello puede producirse cuando una persona se sitúa en una vía activa y no percibe la aproximación de equipos de mantenimiento de vías, trenes y vagones en movimiento.

(combustible), los concentrados de metales pesados, los disolventes y las sustancias químicas industriales.

Todos los grupos que conforman una organización ferroviaria desempeñan un papel en relación con los accidentes de transporte. En las actividades de rehabilitación pueden participar, literalmente, todos los equipos que trabajan simultáneamente en la misma localización sobre el terreno. Por tanto, la coordinación de estas actividades reviste especial importancia, ya que se trata de evitar que las acciones de un grupo interfieran en las de otros.

En general, las mercancías peligrosas no se dispersan en los accidentes debido a la atención prestada a la resistencia a los

impactos en el diseño de los contenedores y los vagones de transporte. En un accidente, los materiales contenidos son retirados de los vagones dañados por equipos de emergencia que actúan en nombre del expedidor. El personal encargado del mantenimiento de los equipos repara los daños en la medida de lo posible y, en su caso, vuelve a colocar los vagones afectados en la vía. No obstante, la vía situada bajo el vagón descarrilado puede haber quedado dañada. En tal caso, el siguiente paso consiste en la reparación o la sustitución de los raíles, utilizando secciones prefabricadas o técnicas similares a las antes descritas.

En algunas situaciones, se produce la pérdida de los materiales transportados en los contenedores o los vagones de

Tabla 102.6 • Planteamientos de la industria ferroviaria respecto al control de los factores de riesgo.

Factores de riesgo	Observaciones y medidas de control
Emisiones de escape	<p>Las locomotoras carecen de tubo de escape. Los gases se evacuan verticalmente desde la superficie superior. Los ventiladores de refrigeración, situados asimismo en esta zona de la máquina, dirigen el aire contaminado por gases de escape hacia la atmósfera de túneles y edificios. La exposición en los puestos de conducción durante el tránsito normal a través de túneles no excede los límites establecidos. La exposición durante las actividades estáticas en túneles, como la investigación de averías mecánicas, el encarrilamiento de trenes descarrilados o la reparación de las vías, puede superarlos con creces. La actividad estática en talleres también provoca un exceso de exposición significativa.</p> <p>Los equipos de mantenimiento y tendido de vías y los vehículos pesados suelen disponer de tubos de escape verticales. La evacuación de gases de nivel bajo o la que se produce a través de deflectores horizontales es otro factor de sobreexposición. Los vehículos de pequeño tamaño y los equipos portátiles de motor de gasolina evacuan los gases de escape hacia abajo o carecen de tubo de escape. La proximidad a estas fuentes puede provocar sobreexposición.</p> <p>Entre las medidas de control figuran:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la ampliación de los tubos de escape de evacuación vertical • la eliminación de las fugas de gases de escape • la instalación en los edificios de ventiladores aspirantes en el techo • el equipamiento con sistemas de aspiración local que recojan los gases en su fuente • la instalación de ventiladores en los techos de los túneles para mejorar el flujo de aire natural en la parte superior de los mismos • la adaptación de convertidores catalíticos en los sistemas de ventilación por extracción • la parada de los motores de las locomotoras en el interior de edificios • la utilización de protección respiratoria: los respiradores faciales completos equipados con cartuchos (en cumplimiento de las normas europeas) puede ofrecer una protección satisfactoria en este tipo de situaciones.
Ruido	<p>Las medidas de control consisten en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la incorporación en los puestos de conducción de técnicas de control del ruido • la instalación de técnicas de control del ruido en los equipos existentes durante las operaciones de reacondicionamiento y regeneración • la utilización de protección individual auditiva (consulta de los reglamentos para garantizar su cumplimiento durante el funcionamiento de trenes y vehículos).
Vibración corporal	<p>Las medidas de control consisten en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la incorporación en los puestos de conducción de técnicas de control de la vibración • la instalación de técnicas de control de la vibración en los equipos en uso durante las operaciones de reacondicionamiento y regeneración.
Campos electromagnéticos	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo no reconocido por debajo de los límites actuales.
Campos de radiofrecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo no reconocido por debajo de los límites actuales.
Condiciones meteorológicas	<p>Las medidas de control consisten en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la utilización de ropa de trabajo que proteja contra el frío • la utilización de ropa de trabajo que proteja contra la radiación solar • la utilización de protección ocular que proteja contra la radiación solar • la aplicación de filtros solares (debe consultarse al médico en caso de tratamientos prolongados).
Trabajo por turnos	Adaptación de los horarios de trabajo a los conocimientos actuales sobre ritmos circadianos.
Lesiones musculoesqueléticas	<p>Las medidas de control consisten en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • el diseño de los equipos basado en los principios ergonómicos • la formación en materia de acondicionamiento muscular, levantamiento de cargas y cuidado de la espalda • elección de prácticas de trabajo que reduzcan al mínimo el padecimiento de lesiones musculoesqueléticas.
Pantallas de visualización de datos	Aplicación de los principios ergonómicos del trabajo en oficinas a la selección y la utilización de pantallas de visualización de datos.
Atropellos	<p>Los equipos ferroviarios sólo actúan en las vías. Los no motorizados generan poco ruido al moverse. Las condiciones naturales pueden atenuar el ruido producido por estos equipos, y éste puede ahogar las señales acústicas de advertencia emitidas por un tren que se aproxima. En las operaciones en las estaciones de clasificación, las desviaciones pueden efectuarse por control remoto, con el resultado de la disponibilidad de la totalidad de las vías. Las medidas de control consisten en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • la expedición de permisos de ocupación de vías (POV) y la instalación de señales que regulen el movimiento de trenes y equipos ferroviarios. El POV autoriza a la ocupación única de una sección de vía • la instalación de alarmas en edificios para indicar el movimiento de equipos • la adopción de prácticas y procedimientos para garantizar la seguridad de las actividades efectuadas en torno a los equipos ferroviarios.

Continúa en la página siguiente.

Tabla 102.6 • Planteamientos de la industria ferroviaria respecto al control de los factores de riesgo.

Continuación.

Factores de riesgo	Observaciones y medidas de control
Operaciones con balasto/derrames de carga	La humidificación del balasto antes de efectuar trabajos en las vías reduce la formación de polvo de éste y de los residuos de la carga. Deben facilitarse equipos de protección personal y respiratoria.
Contaminación de la piel por la acción de los residuos de aceites y lubricantes	Los equipos deben limpiarse antes de su desmontaje para eliminar la contaminación. Deben utilizarse ropas, guantes y lociones protectoras.
Emissiones de soldadura autógena, corte y soldadura, polvo de pulido	Las medidas de control consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • la instalación de sistemas de ventilación local por extracción • la utilización de equipos de protección individual (EPI) • el empleo de protección respiratoria • la adopción de medidas de higiene personal • la vigilancia médica (depende de la composición del metal base y del presente en cables o varillas).
Descomposición térmica de productos procedentes de los revestimientos	Las medidas de control consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • la instalación de sistemas de ventilación local por extracción • la utilización de protección respiratoria • la adopción de medidas de higiene personal • la vigilancia médica (depende de la composición del revestimiento).
Residuos de la carga	Las medidas de control consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • el lavado de residuos de cada vagón antes de su puesta en servicio (según las circunstancias) • la utilización de EPI (según las circunstancias) • el empleo de protección respiratoria (según las circunstancias) • la adopción de medidas de higiene personal (según las circunstancias) • la vigilancia médica (en función de la carga).
Polvo de chorreo abrasivo	Las medidas de control consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • el cerramiento de las instalaciones dedicadas al chorreo abrasivo • la robotización de la operación de chorreo • la instalación de sistemas de extracción del polvo • la utilización de EPI • el empleo de protección respiratoria • la adopción de medidas de higiene personal • la vigilancia médica (depende de los residuos abrasivos, de revestimientos y de la carga).
Vapores de disolvente, aerosoles de pintura	Las medidas de control consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • la robotización del sistema de pintura para el interior de tolvas • la aplicación de un sistema de pintura que emplee poco disolvente • la mezcla previa de los materiales empleados para pintar • la instalación de un sistema de transporte de pintura a través de tuberías • la instalación de cabinas de pintura • la utilización de EPI • el empleo de protección respiratoria • la vigilancia médica (según las circunstancias).
Espacios confinados	Las medidas de control consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • la aplicación de sistemas de ventilación portátiles • la utilización de EPI • el empleo de protección respiratoria.
Vibración de manos y brazos	Las medidas de control consisten en: <ul style="list-style-type: none"> • la utilización de herramientas que cumplan las normas en la materia • el empleo de guantes capaces de absorber la vibración.

transporte, que quedan esparcidos por el suelo. Si las sustancias se transportan en cantidades suficientes para requerir su señalización de acuerdo con la legislación sobre transporte, su identificación resulta fácil gracias a los conocimientos de embarque. Sin embargo, las sustancias altamente peligrosas que, al ser enviadas en cantidades menores, no requieren su inclusión en este tipo de documentos, pueden eludir la identificación y la caracterización

durante un período considerable. Su retención en el lugar del accidente y la recogida del material vertido son responsabilidad del expedidor.

El personal ferroviario puede verse expuesto al contacto con materiales que quedan en la nieve, el suelo o la vegetación durante los trabajos de rehabilitación. La gravedad de la exposición depende de las propiedades y de la cantidad de la sustancia

en cuestión, las características del lugar del accidente y las condiciones meteorológicas. Asimismo, la situación puede dar lugar a un incendio, una explosión o al contacto de sustancias reactivas o tóxicas con las personas, los animales y el medio ambiente.

En algún momento posterior al accidente, el lugar donde se haya producido debe despejarse, de forma que la vía pueda volver a ponerse en servicio. La transferencia de la mercancía y la reparación de los equipos y la vía pueden estar aún pendientes. Estas actividades pueden complicarse enormemente por la incapacidad para contener la mercancía y la presencia de

materiales derramados o desparramados. La adopción de medidas para abordar este tipo de situación requiere una exhaustiva planificación previa, en la que se tenga en cuenta la opinión de profesionales especializados con experiencia.

Riesgos y precauciones

En las Tablas 102.3, 102.4 y 102.5 se resumen los factores de riesgo asociados a los diversos grupos de trabajadores que participan en las operaciones ferroviarias. En la Tabla 102.6 se describen brevemente los tipos de precauciones adoptadas para controlar estos factores.

TRANSPORTE FLUVIAL Y MARITIMO

● TRANSPORTE FLUVIAL Y MARITIMO E INDUSTRIAS MARITIMAS

Timothy J. Ungs y Michael Adess

La propia definición de entorno marítimo alude al trabajo y a la actividad vital que se desarrolla en o alrededor del mundo marítimo (en buques y barcasas, muelles y estaciones de carga). En primer lugar, las actividades laborales y vitales deben acomodarse a las condiciones ambientales de los océanos, los lagos y los cursos de agua en las que se llevan a cabo. Las embarcaciones sirven tanto de lugar de trabajo como de hogar, por lo que la mayoría de las exposiciones relacionadas con el hábitat y con el ámbito profesional coexisten y son inseparables.

El sector marino comprende varios subsectores: transporte de mercancías, servicios de pasajeros y transbordadores, pesca comercial, buques petroleros y transporte en pequeñas embarcaciones. Cada uno de estos subsectores engloba un conjunto de actividades comerciales que se caracterizan por el tipo de embarcación utilizada, los bienes y los servicios a los que se orienta, las prácticas y el área de operaciones típicas y la comunidad de propietarios, operadores y trabajadores. A su vez, estas actividades y el contexto en el que se desarrollan definen los riesgos profesionales y ambientales y las exposiciones experimentadas por los trabajadores del sector marítimo.

Las actividades marítimas comerciales organizadas se remontan a los primeros tiempos de la civilización. Las antiguas sociedades griega, egipcia y japonesa constituyen ejemplos de grandes civilizaciones en las que el desarrollo del poder y la influencia estaba estrechamente vinculado con una amplia presencia marítima. La importancia de las industrias marítimas en la consolidación del poder y la prosperidad nacionales se ha mantenido hasta la era moderna.

El sector naval dominante es el transporte, que sigue siendo el principal medio de comercio internacional. Las economías de la mayoría de los países con acceso al mar acusan enormemente la influencia de la recepción y la exportación de bienes y servicios por esta vía. No obstante, las economías nacionales y regionales que dependen en gran medida del transporte de mercancías por cursos de agua no son únicamente las de los países bañados por los océanos. Muchos países alejados del mar disponen de amplias redes de vías fluviales.

Los buques mercantes modernos pueden elaborar materiales u obtener productos además de transportarlos. La mundialización de las economías, la restricción en el uso de la tierra, una legislación fiscal favorable y la tecnología son algunos de los factores que han contribuido a la expansión de los buques que operan simultáneamente como fábricas y medios de transporte.

Las embarcaciones pesqueras dedicadas a la captura y el procesamiento son un buen ejemplo de esta tendencia. Estos buques factoría capturan, elaboran, envasan y entregan productos alimentarios marinos terminados en mercados regionales, como se analiza en el capítulo dedicado a la *Industria pesquera*.

Buques mercantes

Como ocurre con otros vehículos de transporte, la estructura, la forma y la función de estos buques se ajusta fielmente a su finalidad y a las principales circunstancias ambientales. Así, las embarcaciones que transportan líquidos en recorridos cortos a lo largo de vías de navegación interior diferirán sustancialmente en cuanto a forma y tripulación de las que transportan grandes volúmenes de áridos a granel en rutas transoceánicas. Hay embarcaciones móviles, semimóviles y fijas (como las plataformas de extracción de petróleo en alta mar), así como autopropulsadas y remolcadas. Las flotas combinan gran número de buques con una amplia gama de fechas de construcción, materiales y grados de modernidad.

El tamaño de las tripulaciones depende de la duración habitual de los viajes, de la finalidad y la tecnología de la embarcación, de las condiciones ambientales previstas y de la complejidad de las instalaciones costeras. Las tripulaciones numerosas exigen la planificación exhaustiva del alojamiento, la manutención, la higiene, la asistencia sanitaria y los servicios auxiliares. La tendencia en todo el mundo es hacia la construcción de buques cada vez más grandes y complejos, con tripulaciones reducidas y un grado de automatización, mecanización y agrupación de la carga en contenedores que no deja de aumentar. La Tabla 102.7 recoge una clasificación y un resumen descriptivo de los tipos de buques mercantes.

Morbilidad y mortalidad en las industrias marítimas

A los proveedores de asistencia sanitaria y a los epidemiólogos se les suele solicitar que distingan entre los estados de salud adversos debidos a las exposiciones de carácter profesional y los debidos a exposiciones fuera del lugar de trabajo. Esta dificultad aumenta en el sector naval, ya que las embarcaciones constituyen simultáneamente un lugar de trabajo y un hogar, y ambos se engloban en el entorno superior que constituye el medio marítimo en sí. Los límites físicos de la mayoría de los buques obligan a una convivencia estrecha y a compartir espacios de trabajo, salas de máquinas, áreas de almacenamiento, pasillos y otros compartimentos con los espacios vitales. A menudo, las embarcaciones disponen de un único sistema de distribución de agua, ventilación e higiene utilizado a la vez en el trabajo y en las actividades personales diarias.

Tabla 102.7 • Tipos de buques mercantes.

Tipo de embarcación	Descripción	Tamaño de la tripulación
Buques mercantes		
Buque granelero	Embarcación de gran tamaño (61–183 m) que se caracteriza por la disposición de grandes bodegas y numerosos compartimentos vacíos bajo cubierta; transporta cargas a granel como cereales o minerales; la mercancía se carga mediante tolvas, cintas transportadoras o palas	25–50
Buque de carga fraccionada	Embarcación de gran tamaño (61–183 m); transporta la mercancía en balas, palets, bolsas o cajas; bodegas ampliables con entrepuentes; puede disponer de túneles	25–60
Buque portacontenedores	Embarcación de gran tamaño (61–183 m) con bodegas abiertas; puede disponer o no de puntales de carga y grúas para manejar las mercancías; los contenedores oscilan entre 6,1 y 12,2 m y son apilables	25–45
Mineralero, granelero, petrolero Buques OBO	Embarcación de gran tamaño (61–183 m); sus bodegas son extensas, conformadas para conservar minerales o petróleo y estancas, puede disponer de bombas y tuberías; además de numerosos compartimentos vacíos bajo cubierta	25–55
Transporte de vehículos	Embarcación de gran tamaño (61–183 m) con una gran superficie vertical de casco sobre la que ejerce presión el viento; numerosos niveles; los vehículos pueden cargarse por sí mismos o con grúas	25–40
Ferry (ro/ro)	Embarcación de gran tamaño (61–183 m) con una gran superficie vertical de casco; numerosos niveles; puede transportar otras mercancías además de vehículos	25–40
Buques cisterna		
Petroleros	Embarcación de gran tamaño (61–305 m) con conducciones de carga a popa sobre cubierta; puede estar equipada con puntales para el manejo de mangas y grandes espacios vacíos con muchos depósitos; puede transportar crudo o petróleo elaborado, disolventes y otros productos petrolíferos	25–50
Transportadores de sustancias químicas	Embarcación de gran tamaño (61–305 m) similar a un petrolero, aunque con más conducciones y bombas para recibir numerosos tipos de carga simultáneamente; los cargamentos pueden ser líquidos, gaseosos, áridos o sólidos comprimidos	25–50
Buques de depósitos presurizados	Suelen ser más pequeños (61–213,4 m) que los buques cisterna normales, disponen de menos depósitos y éstos están presurizados o refrigerados; pueden transportar productos químicos o petrolíferos como el gas natural licuado; los depósitos suelen estar cubiertos y aislados; cuenta con numerosos contenedores vacíos bajo cubierta, conducciones y bombas	15–30
Remolcadores	Embarcaciones de pequeño y mediano tamaño (24,4–61 m); de puerto, empujadores, de navegación marítima	3–15
Gabarra	Embarcación de mediano tamaño (30,5–106,7 m); pueden ser de carga en depósitos, en cubierta, cargueras o transportadoras de vehículos; normalmente no son tripuladas ni autopropulsadas; numerosos contenedores vacíos bajo cubierta	
Buques para perforaciones submarinas y plataformas	De gran tamaño, características similares a los buques graneleros; caracterizados por la disposición de grandes puntales de carga; numerosos contenedores vacíos bajo cubierta, maquinaria, mercancías peligrosas y tripulaciones numerosas; algunos son remolcados, otros, autopropulsados	40–120
Buques de pasajeros	De todos los tamaños (15,2–213,4 m); caracterizados por el gran número de tripulantes y pasajeros (hasta 1.000 o más)	20–200

La estructura social a bordo de los buques suele jerarquizarse en oficiales (capitán, segundo oficial, etc.) y tripulantes. En general, los oficiales han recibido una mayor formación y disponen de más recursos económicos y de estabilidad profesional. No es infrecuente que los miembros de la tripulación de un barco sean de una nacionalidad o de una etnia totalmente diferente a la de los oficiales. Históricamente, las comunidades marítimas son más provisionales, heterogéneas y, en cierta medida, independientes que el resto. Los horarios de trabajo a bordo suelen estar más fragmentados y más entremezclados con los períodos de ocio que otros empleos desempeñados en tierra firme.

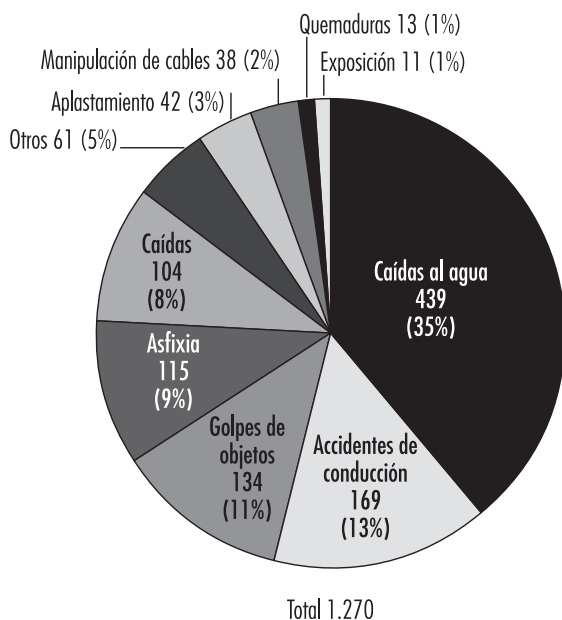
Hay razones por las que resulta difícil describir o cuantificar los problemas de salud en las industrias marítimas o asociar correctamente los problemas con las exposiciones. Los datos sobre morbilidad y mortalidad de la marinería no son completos ni representativos de todas las tripulaciones y subsectores. Otra carencia de muchos de estos datos y sistemas de información relativos a las industrias marítimas es la imposibilidad de diferenciar entre los problemas de salud debidos al trabajo, a la vida

en la embarcación o a las condiciones ambientales. Como sucede con otras profesiones, la dificultad para obtener datos sobre morbilidad y mortalidad es evidente en el caso de las enfermedades crónicas (p. ej., trastornos cardiovasculares), sobre todo cuando tienen un período prolongado de latencia (como el cáncer).

El análisis de los datos del sector en Estados Unidos acumulados durante 11 años (1983 a 1993) ha puesto de manifiesto que la mitad de los fallecimientos debidos a accidentes marítimos, pero sólo el 12 % de los accidentes no mortales, son atribuibles a las embarcaciones (colisiones y vuelcos). El resto de muertes y lesiones no mortales se deben a la actuación del personal (incidentes a bordo). Las causas declaradas de tal mortalidad y morbilidad se describen en las Figuras 102.12 y 102.13 respectivamente. No se dispone de datos comparables sobre mortalidad y morbilidad no vinculadas con accidentes.

Los datos combinados sobre bajas debidas a problemas de las embarcaciones y de las tripulaciones en Estados Unidos ponen de relieve que la mayor proporción (42 %) del total de fallecimientos (2.559) corresponde a los buques dedicados a la pesca

Figura 102.12 • Causas de los principales accidentes con resultado de muerte atribuidos a errores humanos (industrias marítimas de Estados Unidos, 1983–1993).



Fuente: BLS 1996.

comercial. Los siguientes grupos en esta clasificación son los remolcadores (11 %), los buques mercantes (10 %) y las embarcaciones de pasajeros (10 %).

El análisis de las lesiones profesionales declaradas correspondientes a las industrias marítimas muestra semejanzas en cuanto a las pautas registradas en las industrias de la fabricación y la construcción. Así, la mayoría de las lesiones se deben a caídas, golpes, cortes y contusiones o esguinces o sobreesfuerzos musculares. No obstante, es necesario interpretar estos datos con precaución, ya que se encuentran sesgados: es probable que las lesiones más graves figuren en exceso y que las de carácter crónico o latente, obviamente menos relacionadas con el trabajo, no se declaren en la medida pertinente.

Riesgos profesionales y para el medio ambiente

La mayoría de los riesgos para la salud en el entorno marítimo son semejantes a los experimentados en las actividades realizadas en tierra en los sectores de la fabricación, la construcción y la agricultura. La diferencia estriba en la restricción del espacio que provoca el ámbito marítimo, que obliga a una estrecha proximidad a los riesgos potenciales y a la mezcla de los espacios vitales y los lugares de trabajo con los depósitos de combustible, las salas de máquinas y las zonas reservadas a las mercancías y el almacenamiento.

En la Tabla 102.8 se resumen los riesgos para la salud comunes a todo tipo de embarcaciones. En la Tabla 102.9 se destacan aquellos que provocan mayor preocupación en cada tipo de buque específico. En los apartados siguientes de este capítulo se amplía el análisis de los riesgos para la salud de carácter medioambiental, físico y químico e higiénico.

Riesgos medioambientales

Puede sostenerse que la exposición más característica que define a las industrias marítimas consiste en la presencia abrumadora

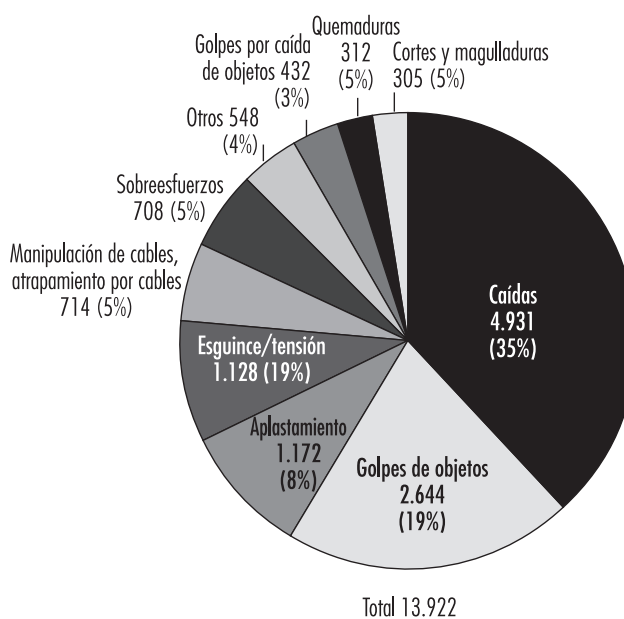
del agua. El entorno acuático más variable y que plantea mayores desafíos es el océano. Estos medios se caracterizan por una superficie continuamente ondulante, una meteorología extrema y unas condiciones hostiles para el desplazamiento, factores que se combinan para provocar un movimiento constante, turbulencias y superficies cambiantes y pueden dar lugar a perturbaciones vestibulares (enfermedad del movimiento), inestabilidad de los objetos (p. ej., cerrojos que se balancean y aparatos que se deslizan) y propensión a caer.

Las personas disponen de una capacidad limitada para sobrevivir en mar abierto; el ahogo y la hipotermia son amenazas inmediatas tras una inmersión. Los buques actúan como plataformas que permiten la presencia humana en el mar. Los barcos y otras embarcaciones marítimas suelen operar a cierta distancia de otros recursos. Por estas razones, los buques deben dedicar una gran proporción de su espacio total a los medios de mantenimiento de la vida, al combustible, a la integridad estructural y a la propulsión, a menudo a costa de la habitabilidad, la seguridad personal y las consideraciones relacionadas con el factor humano. Los modernos superpetroleros, que brindan un espacio más amplio para el desempeño de actividades de la vida ordinaria, constituyen una excepción.

La exposición a niveles de ruido excesivo es un problema habitual, ya que la energía sónica se transmite con facilidad a través de la estructura metálica de las embarcaciones a todos los espacios, y se emplea una cantidad limitada de materiales para la atenuación de ruidos. La contaminación sonora puede ser casi continua, sin disponibilidad de áreas de descanso. Las fuentes de ruido son los motores, los sistemas de propulsión, la maquinaria, los ventiladores, las bombas y el golpeo de las olas contra el casco.

Los marineros componen un grupo de riesgo identificado respecto al desarrollo de cánceres de piel, incluidos el melanoma maligno, el carcinoma de células escamosas y el carcinoma de

Figura 102.13 • Causas de los principales accidentes sin resultado de muerte atribuidos a errores humanos (industrias marítimas de Estados Unidos, 1983–1993).



Fuente: BLS 1996.

Tabla 102.8 • Riesgos para la salud comunes en todos los tipos de buques.

Riesgos	Descripción	Ejemplos
Mecánicas	Objetos en movimiento sin protección o expuestos que pueden golpear, perforar, aplastar o enredar. Pueden ser mecanizados (p. ej., carretilla elevadora) o sencillos (puertas de bisagra).	Cabrestantes, bombas, ventiladores, ejes motores, compresores, hélices, compuertas, puertas, puntales, grúas, estachas de amarre, mercancías en movimiento
Eléctricos	Fuentes de electricidad estáticas (p. ej., baterías) o activas (p. ej., generadores), sus sistemas de distribución (p. ej., cableado) y dispositivos mecánicos (p. ej., motores), que pueden provocar lesiones físicas directas	Baterías, generadores de los buques, fuentes eléctricas en los muelles, motores eléctricos desprotegidos o no puestos a tierra (bombas, ventiladores, etc.), cables desnudos, componentes electrónicos de navegación y comunicación
Térmicos	Lesiones provocadas por el calor o el frío	Conductos de vapor, lugares para el almacenamiento en frío, gases de escape de centrales de generación de energía, exposición a condiciones meteorológicas de calor o frío sobre cubierta
Ruido	Problemas auditivos y fisiológicos de otro tipo debidos a la exposición a una energía sonora excesiva y prolongada	Sistema de propulsión de las embarcaciones, bombas, ventiladores, cabrestantes, dispositivos impulsados por vapor, cintas transportadoras
Caídas	Resbalones, tropezones y caídas que dan lugar a lesiones producidas por la acción de la energía cinética	Escaleras empinadas, bodegas profundas, falta de barandillas, pasillos estrechos, plataformas elevadas
Químicos	Enfermedades agudas o crónicas y lesiones debidas a la exposición a sustancias químicas orgánicas e inorgánicas y metales pesados	Disolventes de limpieza, mercancías transportadas, detergentes, soldadura, procesos de oxidación/corrosión, refrigerantes, plaguicidas, fumigantes
Higiénicos	Enfermedades relacionadas a la escasa potabilidad del agua, la aplicación de prácticas alimentarias deficientes o la evacuación inadecuada de residuos	Agua potable contaminada, deterioro de los alimentos, sistema de evacuación de residuos defectuoso
Biológicos	Causas de enfermedad vinculadas al contacto con seres vivos o sus productos	Polvo de cereales, productos de madera no tratada, balas de algodón, fruta o carne a granel, alimentos marinos, patógenos infecciosos
Radiación	Lesiones debidas a radiación no ionizante	Luz solar intensa, soldadura con arco eléctrico, radares, comunicaciones por microondas
Violencia	Violencia interpersonal	Asaltos, homicidios, conflictos entre los miembros de la tripulación
Espacios confinados	Lesiones tóxicas o anóxicas debidas a la entrada en un espacio confinado con acceso limitado	Bodegas, depósitos de lastre, sótanos de pequeña altura, depósitos de combustible, calderas, salas de almacenamiento, bodegas refrigeradas
Trabajo físico	Problemas de salud debido al exceso de trabajo o a prácticas laborales inadecuadas	Paleo de hielo en depósitos de pescado, transporte de mercancías de difícil manejo en espacios restringidos, manipulación de cabos de amarre pesados, períodos prolongados en tareas de vigilancia

células basales. El aumento del riesgo se debe a la exposición excesiva a la radiación solar ultravioleta directa y reflejada en la superficie del agua. Las zonas del cuerpo que corren mayor riesgo son las partes descubiertas de la cara, el cuello, las orejas y los antebrazos.

El aislamiento limitado, la ventilación insuficiente, la presencia de fuentes internas de calor o de frío (p. ej., salas de máquinas o de refrigeración) y la influencia de las superficies metálicas contribuyen al padecimiento de estrés térmico. Este agrava el de carácter psicológico sufrido por otras causas, lo que reduce el rendimiento físico y cognitivo. El estrés térmico no controlado adecuadamente o la ausencia de medidas de protección contra este tipo de trastorno puede dar lugar a lesiones inducidas por el calor o el frío.

Riesgos físicos y químicos

En la Tabla 102.9 se destacan los riesgos específicos o de especial interés relacionados con los diversos tipos de embarcaciones. Los de carácter físico son los más comunes y extendidos a bordo de los buques de cualquier categoría. Las limitaciones de espacio obligan a construir pasillos estrechos, escaleras empinadas y techos bajos. Además, obligan a montar la maquinaria, las tuberías, las aberturas de ventilación, los conductos, los depósitos, etc., con una separación física limitada. Los buques suelen disponer de aberturas que permiten el acceso vertical directo a todos los

niveles. Los espacios interiores bajo cubierta se caracterizan por una combinación de grandes bodegas, salas compactas y compartimientos ocultos. Esta estructura física coloca a los miembros de las tripulaciones en una situación de riesgo de sufrir resbalones, tropezones y caídas, cortes y magulladuras, y de ser golpeados por objetos que se desplazan o caen.

Estas condiciones de restricción provocan una proximidad considerable con la maquinaria, el cableado eléctrico, depósitos y mangueras de alta presión y superficies peligrosamente calientes o frías. Si no se instalan dispositivos de protección o si se activan, el contacto con estos elementos puede producir quemaduras, abrasiones, contusiones, daños oculares, aplastamientos y lesiones más graves.

Puesto que las embarcaciones constituyen básicamente un conjunto de espacios contenidos en una envoltura estanca, la ventilación puede ser marginal o deficiente en ciertos lugares, lo que crea una situación de cerramiento espacial peligrosa. Si el oxígeno se agota, el aire es desplazado o entran gases tóxicos en estos espacios cerrados, el acceso a los mismos puede poner en peligro la vida.

En una embarcación es habitual encontrar refrigerantes, combustibles, disolventes, agentes limpiadores, pinturas, gases inertes y otras sustancias químicas. Las actividades normales en un buque, como soldadura, pintura o combustión de residuos pueden tener efectos tóxicos. Los buques de transporte

(mercantes, de contenedores, petroleros) transportan productos químicos o biológicos variados, muchos de los cuáles resultan tóxicos por inhalación, ingestión o contacto con la piel desnuda. Otros pueden volverse tóxicos si se permite su degradación, contaminación o mezcla con otros agentes. La toxicidad puede ser aguda, como ponen de manifiesto las erupciones cutáneas y las quemaduras oculares, o crónica, como demuestran los trastornos neurológicos del comportamiento, la pérdida de fertilidad e, incluso, los efectos cancerígenos. Algunas exposiciones pueden amenazar la vida de inmediato. Son ejemplos de sustancias químicas transportadas por buques los productos petroquímicos que contienen benceno, el acrilonitrilo, el butadieno, el gas natural licuado, el tetracloruro de carbono, el cloroformo, el dibromuro de etileno, el óxido de etileno, las soluciones de formaldehído, el nitropropano, el *o*-toluidino y el cloruro de vinilo.

Tabla 102.9 • Principales riesgos físicos y químicos en determinados tipos de embarcaciones.

Tipos de embarcación	Riesgos
Buques cisterna	Benceno y diversos vapores de hidrocarburos, ácido sulfhídrico emitido por el petróleo crudo, gases inertes utilizados en los depósitos para crear atmósferas bajas en oxígeno para el control de explosiones, incendios y explosiones debidos a la combustión de hidrocarburos
Buques graneleros	Acumulación de fumigantes utilizados en productos agrarios, personal que queda atrapado o se asfixia en mercancía suelta o movediza, riesgos de espacio confinado en cintas transportadoras y túneles del buque, deficiencia de oxígeno debida a la oxidación o fermentación de la carga
Transportadores de sustancias químicas	Ventilación de gases o polvos tóxicos, escapes de aire o gas a presión, fuga de sustancias peligrosas de las bodegas de carga o de los conductos de transporte, incendio y explosión debidos a la combustión de mercancías químicas
Buques portacontenedores	Exposición a derrames o fugas debidos a averías o al almacenamiento inadecuado de sustancias peligrosas; escape de gases de inertización agrarios; ventilación de contenedores de sustancias químicas o gases; contacto con sustancias peligrosas mal etiquetadas; explosiones, incendios o exposiciones a sustancias tóxicas debidas a la combinación de sustancias independientes que forman un agente peligroso (p. ej., el ácido y el cianuro de sodio)
Buques de carga fraccionada	Condiciones inseguras debidas al movimiento de la carga o al almacenamiento inadecuado; incendio, explosión y exposiciones a sustancias tóxicas debidos a la combinación de mercancías incompatibles; deficiencia de oxígeno debida a la oxidación y la fermentación de la carga; escape de gases refrigerantes
Buques de pasajeros	Agua potable contaminada, prácticas de elaboración y almacenamiento de alimentos inadecuadas, dificultades de evacuación masiva, problemas de salud agudos de pasajeros determinados
Buques de pesca	Riesgos térmicos vinculados con las bodegas refrigeradas, deficiencia de oxígeno debido a la descomposición de los alimentos marinos o a la utilización de conservantes antioxidantes, escape de gases refrigerantes, posibilidad de quedar atrapados en redes o sedales, contacto con peces y otros animales marinos tóxicos o peligrosos

Tabla 102.10 • Control y actividades de reducción de riesgos en embarcaciones.

Temas	Actividades
Formulación y evaluación de programas	Determinar riesgos, a bordo y en los puertos. Evaluar la naturaleza, el alcance y la magnitud de las exposiciones potenciales. Identificar a los miembros de la tripulación en peligro. Determinar los métodos adecuados para controlar o eliminar los riesgos y proteger al personal. Desarrollar un sistema de vigilancia e información sobre salud. Evaluar y realizar un seguimiento del estado de salud de los miembros de la tripulación en situación de riesgo. Medir la eficacia de los programas. Adaptar y modificar los programas.
Determinación de riesgos	Realizar un inventario de riesgos químicos, físicos, biológicos y ambientales a bordo de una embarcación, tanto en los lugares de trabajo, como en los espacios vitales (p. ej., barandillas rotas, utilización y almacenamiento de productos de limpieza, presencia de amianto). Investigar los riesgos vinculados a la carga y a los muelles.
Evaluación de la exposición	Comprender las prácticas de trabajo y las tareas de cada puesto (tanto previstas como realizadas en la práctica). Calificar y cuantificar los niveles de exposición (p. ej., número de horas pasadas en áreas de almacenamiento de mercancías peligrosas, niveles de H ₂ S en la atmósfera debido al escape de gases, tipo de organismos encontrados en el agua potable, niveles de ruido a bordo).
Personal en situación de riesgo	Revisar los diarios de trabajo, los registros de empleo y los datos de control de la tripulación del barco, tanto estacional como fija.
Control de riesgos y protección del personal	Conocer las normas de exposición establecidas y recomendadas (p. ej., NIOSH, OIT, UE). Eliminar los riesgos cuando sea posible (sustituir las actividades de vigilancia realizadas por personas por dispositivos de seguimiento electrónico a distancia). Controlar los riesgos que no pueden eliminarse (p. ej., cerrar y aislar los cabrestantes en lugar de dejarlos expuestos, y colocar señales de advertencia). Facilitar los equipos de protección individual necesarios (llevar detectores de gas tóxico y O ₂ al entrar en espacios confinados).
Vigilancia sanitaria	Desarrollar sistemas de recogida y comunicación de información sobre salud sobre todas las lesiones y enfermedades (p. ej., llevar un cuaderno de bitácora diario del buque).
Control de la salud de la tripulación	Establecer un seguimiento de los aspectos de la salud relacionados con el trabajo, determinar normas de rendimiento y establecer criterios de capacidad física para el trabajo (p. ej., realización de pruebas pulmonares previas a la contratación y periódicas del personal encargado de la manipulación de cereales).
Control de riesgos y eficacia en su reducción	Formular y establecer las prioridades relativas a la consecución de objetivos (p. ej., reducción de las caídas a bordo). Establecer y medir los resultados respecto a los objetivos (reducción del número anual de días que los miembros de la tripulación no pueden trabajar debido a caídas a bordo). Determinar la eficacia de las iniciativas emprendidas para alcanzar los objetivos.
Evolución de los programas	Modificar las actividades de prevención y control basándose en el cambio de circunstancias y en la determinación de prioridades.

El amianto sigue representando un peligro en algunas embarcaciones, sobre todo en las construidas con anterioridad a la primera parte del decenio de 1970. El aislamiento térmico, la protección contra incendios, la durabilidad y el bajo coste del amianto hizo de esta sustancia un material favorito en la construcción de barcos. El riesgo fundamental deriva de su suspensión en el aire al ser alterado en operaciones de renovación, construcción o reparación.

Higiene y riesgos de contraer enfermedades infecciosas

Una de las realidades a bordo de un barco es que la tripulación suele permanecer en estrecho contacto. En los períodos de ocio y de trabajo y en los espacios vitales, la aglomeración de personas es una circunstancia frecuente que aumenta la necesidad de establecer un programa de higiene eficaz. Las áreas críticas son: los alojamientos, incluidas las instalaciones sanitarias y duchas, las zonas de servicio y almacenamiento de comida, la lavandería, las áreas de ocio y, en su caso, la peluquería. El control de plagas reviste asimismo una enorme importancia, ya que muchos de estos animales transmiten enfermedades. Los insectos y roedores disfrutan de un gran número de oportunidades para propagarse en un buque y, una vez asentados, son difíciles de controlar y erradicar, sobre todo durante los desplazamientos. Todas las embarcaciones deben aplicar un programa de control de plagas eficaz. Para ello, es necesario impartir formación y cursos anuales de actualización.

Las zonas de alojamiento deben mantenerse libres de residuos, ropa sucia y alimentos perecederos. La ropa de cama debe cambiarse al menos una vez a la semana (con mayor frecuencia si se mancha) y debe haber un servicio de lavandería ajustado al número de miembros de la tripulación. Las áreas de restauración deben ser objeto de un mantenimiento higiénico riguroso. El personal del servicio de comidas debe recibir formación sobre las técnicas apropiadas de elaboración y conservación de alimentos e higiene en la cocina, y debe disponer a bordo de instalaciones adecuadas para el almacenamiento. Este personal debe atenerse a las normas recomendadas para garantizar que los alimentos se preparan de una forma sana y están exentos de contaminación química o biológica. Cualquier epidemia declarada a bordo por ingestión de alimentos en mal estado puede ser grave. Una tripulación debilitada es incapaz de cumplir con sus obligaciones. Puede que no se disponga de los medicamentos suficientes para tratar a la tripulación, sobre todo durante un viaje, o del personal médico competente para abordar la enfermedad. Además, si el buque se ve obligado a modificar su lugar de destino, la compañía naviera puede sufrir pérdidas económicas considerables.

La integridad y el mantenimiento del sistema de agua potable de un barco también reviste gran importancia. Históricamente, los brotes de enfermedad por consumo de agua en mal estado han constituido la causa más habitual de discapacidad aguda y muerte entre los miembros de las tripulaciones. Por tanto, el suministro de este recurso debe proceder de una fuente aprobada (siempre que sea posible) y estar libre de contaminación química y biológica. Cuando estas condiciones no puedan cumplirse, las embarcaciones deben disponer de los medios para descontaminar eficazmente el agua y transformarla en apta para el consumo humano. El sistema de agua potable debe protegerse contra la contaminación derivada de toda fuente conocida, incluida su contaminación al mezclarse con líquidos no potables. Asimismo, el sistema debe protegerse de la contaminación química. Debe someterse a operaciones periódicas de limpieza y desinfección. El llenado del sistema con agua limpia que contenga al menos 100 partes por millón (ppm) de cloro y su mantenimiento en el mismo durante varias horas, tras las que

debe purgarse con el mismo compuesto constituye un método de desinfección efectivo. A continuación, debe procederse a la limpieza con agua potable fresca. El suministro de este recurso debe mantener al menos 2 ppm de cloro residual en todo momento, documentándose mediante la realización de pruebas periódicas.

La transmisión de enfermedades infecciosas a bordo de un barco constituye un problema potencial grave. La pérdida de horas de trabajo, el coste del tratamiento médico y la posibilidad de tener que evacuar a miembros de la tripulación la agravan. Además de los agentes patógenos más comunes (p. ej., los causantes de la gastroenteritis, como la *salmonella*, y de las enfermedades de las vías respiratorias altas, como el virus de la gripe), han vuelto a surgir aquéllos que se creían controlados o erradicados de la población general. La tuberculosis, cepas altamente patógenas de *Escherichia coli* y *Streptococcus*, además de la sífilis y la gonorrea han reaparecido con una incidencia y una virulencia cada vez mayores. Por otra parte, han surgido patógenos desconocidos o inhabituales como el virus VIH o el ebola, no sólo muy resistentes al tratamiento, sino también muy letales. Por tanto, es importante que se evalúe la oportunidad de efectuar una inmunización adecuada de las tripulaciones respecto a enfermedades como la polio, la difteria, el tétano, el sarampión y la hepatitis A y B. Puede que sea necesario efectuar otras inmunizaciones para exposiciones potenciales específicas o singulares, ya que las tripulaciones pueden visitar diversos puertos de todo el mundo y, al mismo tiempo, entrar en contacto con varios agentes patógenos.

Es fundamental que los miembros de las tripulaciones reciban formación periódica sobre la forma de evitar el contacto con los agentes causantes de las enfermedades. Deben abordarse los patógenos sanguíneos, las enfermedades de transmisión sexual (ETS), las enfermedades debidas a la ingestión de alimentos o de agua, la higiene personal, los síntomas de las enfermedades infecciosas más comunes y las acciones apropiadas que debe adoptar cada persona al descubrirlos. Los brotes infecciosos a bordo de una embarcación pueden tener un efecto devastador en su funcionamiento y provocar una elevada morbilidad en la tripulación, con riesgo de que se produzcan enfermedades debilitantes graves y, en algunos casos, fallecimientos. En ocasiones, ha sido necesario evacuar el barco, lo que ha dado lugar a grandes pérdidas económicas. El armador es el más interesado en formular un programa de prevención de enfermedades infecciosas eficaz y eficiente.

Control y reducción de riesgos

Conceptualmente, los principios de control y reducción de riesgos son similares a los de otros ámbitos profesionales y consisten en:

- identificación y caracterización de los riesgos;
- inventario y análisis de las exposiciones y los grupos de riesgo;
- eliminación o control de los riesgos;
- seguimiento y vigilancia del personal;
- prevención de enfermedades y lesiones e intervención en caso de que se produzcan; y
- evaluación y ajuste de programas (véase la Tabla 102.10).

No obstante, para que sean eficaces, los medios y los métodos elegidos para aplicar estos principios deben adaptarse al ámbito de interés específico de la industria marítima. Las actividades profesionales son complejas y se desarrollan en sistemas integrados (p. ej., operaciones en los buques, asociaciones entre trabajador y empresa, determinantes comerciales). La clave para lograr la prevención consiste en comprender estos sistemas y el contexto en que se desenvuelven, lo que requiere la interacción y la cooperación estrecha entre todos los niveles organizativos de

la comunidad marítima, desde la marinería de base hasta los altos directivos de las empresas, pasando por los oficiales de los barcos. Hay muchos intereses públicos y normativos que repercuten en este sector. Las asociaciones entre la administración, los reguladores, los directivos y los trabajadores son esenciales para formular programas que mejoren el estado de salud y de seguridad en los sectores marítimos.

La OIT ha establecido diversos convenios y recomendaciones relativos al trabajo a bordo de embarcaciones, como el Convenio (n.º 134) sobre prevención de accidentes (marineros), 1970 y la Recomendación (n.º 142), 1970; el Convenio (n.º 147) sobre la marina mercante (normas mínimas), 1976 y la Recomendación (n.º 155) sobre la marina mercante (mejora de las normas), 1976; y el Convenio (n.º 164) sobre la protección de la salud y la asistencia médica (marineros), 1987. Asimismo, la OIT ha publicado un Código de Práctica relativo a la prevención de accidentes en el mar (OIT 1996).

En torno al 80 % de las víctimas de accidentes acaecidos en buques se atribuyen a factores humanos. Del mismo modo, la mayoría de enfermedades y fallecimientos relacionados con accidentes obedecen a causas vinculadas con dichos factores. La reducción de estos sucesos en el ámbito marítimo requiere una aplicación eficaz de los principios relativos a tales factores en las actividades laborales y vitales a bordo de las embarcaciones. Para ello es necesario que se desarrollen las operaciones realizadas en los barcos, la ingeniería y el diseño navales, las

actividades laborales, los sistemas y las políticas de gestión que integren la antropometría, la actuación, la percepción y el comportamiento humanos. Por ejemplo, la carga y la descarga de mercancías plantea riesgos potenciales. La consideración del factor humano pondría de manifiesto la necesidad de mejorar la comunicación y la visibilidad, procurar el ajuste ergonómico del trabajador a la tarea, asegurar la separación entre los trabajadores y la maquinaria y la mercancía en movimiento e impartir formación al personal, que perfeccionaría su conocimiento de los procesos de trabajo.

La prevención de enfermedades crónicas y de estados de salud adversos con períodos de latencia prolongados es más problemática que la prevención y el control de accidentes. Los sucesos en los que se producen lesiones agudas suelen presentar relaciones causa-efecto de más fácil determinación. Asimismo, la asociación de la causa y el efecto de la lesión con las prácticas y las condiciones de trabajo suele ser menos compleja que en el caso de los trastornos crónicos. Los datos sobre riesgos, exposiciones y salud específicos de las industrias marítimas son limitados. En general, los sistemas de vigilancia de la salud, los informes y los análisis correspondientes a este sector están menos desarrollados que los de otros muchos cuya actividad se lleva a cabo en tierra firme. La escasa disponibilidad de información sanitaria sobre enfermedades crónicas o latentes propia de las industrias marítimas dificulta la formulación y la aplicación de programas de prevención y control orientados.

ALMACENAMIENTO

● ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE PETROLEO CRUDO, GAS NATURAL, PRODUCTOS DE PETROLEO LICUADOS Y OTRAS SUSTANCIAS QUIMICAS

Richard S. Kraus

Oleoductos y gasoductos, buques mercantes, camiones cisterna, vagones cisterna y otros medios se utilizan para transportar petróleo crudo, hidrocarburos gaseosos comprimidos y licuados, productos de petróleo licuado y otras sustancias químicas desde su lugar de origen a las terminales de conducción, las refinerías, los distribuidores y los consumidores.

El petróleo crudo y los productos de petróleo licuados se transportan, manipulan y almacenan en su estado líquido natural. En el caso de los hidrocarburos gaseosos, todas estas operaciones se realizan tanto en estado gaseoso, como líquido, y los productos deben aislarse por completo en conductos, depósitos, bidones y otro tipo de recipientes antes de su utilización. La característica más importante de los hidrocarburos gaseosos licuados (HGL) es su almacenamiento, manipulación y transporte en estado líquido, lo que permite la ocupación de un espacio relativamente reducido, y su posterior expansión a forma gaseosa al ser utilizados. Por ejemplo, el gas natural licuado (GNL) se almacena a -162 °C y, cuando se libera, la diferencia entre las temperaturas de almacenamiento y atmosférica provoca su expansión y gasificación. Un galón (3,8 l) de GNL se transforma aproximadamente en 2,5 m³ de gas natural a temperatura y presión normales. Puesto que el grado de "concentración" del gas licuado es muy superior al del gas comprimido, es posible transportar una mayor cantidad de producto utilizable en un mismo recipiente.

Conductos

En general, el petróleo crudo, el gas natural, el gas natural licuado, el gas de petróleo licuado (GPL) y los productos derivados del petróleo fluyen a través de conductos en algún momento de su traslado del pozo a la refinería o la fábrica de gas, a los centros de distribución y, finalmente, a los usuarios. Por estos conductos aéreos, subacuáticos y subterráneos, cuyo diámetro va de algunos centímetros a un metro o más, se mueven grandes cantidades de petróleo crudo, gas natural, HGL y productos de petróleo licuados. Los oleoductos y gasoductos recorren todo el mundo, desde la tundra congelada de Alaska y Siberia, hasta los desiertos de Oriente Próximo; atraviesan ríos, lagos, mares, pantanos y bosques, montañas, ciudades y pueblos. Aunque la fabricación inicial de este tipo de canalizaciones resulta difícil y cara, una vez terminadas y sometidas a un mantenimiento y un funcionamiento adecuados, constituyen uno de los medios de transporte de estas mercancías más seguros y económicos.

El primer oleoducto para petróleo crudo que tuvo éxito, una tubería de hierro forjado de 5 cm de diámetro, 9 km de longitud y una capacidad de unos 800 barriles diarios, se inauguró en Pennsylvania (Estados Unidos) en 1865. Actualmente, dicho material, el gas natural comprimido y los productos de petróleo licuados recorren grandes distancias a través de estos conductos a velocidades que oscilan entre los 5,5 y los 9 km por hora, gracias a la acción de grandes bombas o compresores situados a lo largo de la conducción a intervalos que van de 90 a más de 270 km. La distancia entre las estaciones de bombeo y compresión se determina en función de la capacidad de las bombas, la viscosidad del producto, el tamaño de la tubería y el tipo de terreno. Con independencia de estos factores, las presiones de bombeo en las conducciones y los caudales se controlan en todo el sistema, con el fin de mantener un movimiento constante del producto dentro de la conducción.

Tipos de canalización

Los cuatro tipos básicos de canalización en la industria del petróleo y el gas son las tuberías de distribución, las tuberías colectoras, las canalizaciones principales de crudo y las canalizaciones principales de productos derivados del petróleo

- **Tuberías de distribución.** En las tuberías de distribución, el petróleo crudo o el gas natural se desplazan de los pozos de extracción a los depósitos de almacenamiento de la zona de explotación. Su tamaño oscila entre los 5 cm de diámetro de los conductos utilizados en los yacimientos más antiguos de baja presión con sólo unos pocos pozos, a las grandes canalizaciones empleadas en yacimientos de alta presión con numerosos pozos. En las plataformas de alta mar se aplican este tipo de tuberías para desplazar el crudo y el gas desde el lugar de extracción a sus instalaciones de almacenamiento y carga. Un *conducto de explotación* es un tipo de tubería de distribución que transporta todo el petróleo producido en un único yacimiento al depósito de almacenamiento.
- **Tuberías colectoras y de alimentación.** En las tuberías colectoras se recoge el petróleo y el gas procedente de varios lugares para su envío a los puntos de acumulación central, como ocurre en el caso del desplazamiento desde los depósitos de petróleo crudo de un yacimiento y las fábricas de gas hasta las dársenas portuarias. Las tuberías de alimentación recogen el petróleo y el gas de varios lugares para su envío directo a las canalizaciones principales, como en el caso del movimiento del crudo procedente de las plataformas de alta mar a las conducciones principales de crudo situadas en la costa. El diámetros de estos conductos suele ser superior al de las tuberías de distribución.
- **Canalizaciones principales de crudo.** El gas natural y el petróleo crudo recorren grandes distancias desde las áreas de producción o las dársenas portuarias hasta las refinerías, y de éstas, a las instalaciones de almacenamiento y distribución, encauzados en canalizaciones principales con diámetros de 1 a 3 metros o más.
- **Canalizaciones principales de productos derivados del petróleo.** En estos conductos se desplaza los productos de petróleo licuados, como la gasolina o el gasóleo, desde las refinerías y los terminales marítimos y de las conducciones a los centros de distribución. Asimismo, pueden distribuir productos desde las terminales a las fábricas y las instalaciones de almacenamiento para el consumo, y, en ocasiones, de las refinerías directamente a los usuarios. Estas canalizaciones se utilizan para transportar GPL de las refinerías a los centros de almacenamiento de los distribuidores o a grandes usuarios industriales.

Reglamentos y normativas

Las canalizaciones se construyen y explotan de acuerdo con normas ambientales y de seguridad establecidas por los organismos reguladores y las asociaciones industriales. En Estados Unidos, el Departamento de Transporte (DOT) regula el funcionamiento de los diversos conductos, la Environmental Protection Agency (EPA) regula lo relativo a vertidos y emisiones, la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) promulga normas referentes a la salud y la seguridad de los trabajadores y la Interstate Commerce Commission (ICC) regula las conducciones de transporte comunes. Asimismo, varias organizaciones industriales, como el American Petroleum Institute y la American Gas Association, publican las prácticas recomendadas en relación con las operaciones efectuadas en las canalizaciones.

Construcción de canalizaciones

Los itinerarios de los conductos se planifican con mapas topográficos trazados mediante análisis fotogramétricos aéreos. Después de esta operación y de obtener los derechos de paso y los

permisos necesarios, se establecen campamentos de base y se requiere la dotación de un medio de acceso para los equipos de construcción. Las tuberías pueden realizarse trabajando de un extremo a otro o simultáneamente, en tramos separados que más tarde se conectan.

El primer paso en la instalación de una canalización es la construcción de una carretera de servicio de 15 a 30 metros de ancho a lo largo del itinerario previsto, con el fin de disponer de una base estable para el equipo de instalación y conexión de la tubería, así como para la maquinaria de excavación y relleno en caso de que se trate de un conducto subterráneo. Las secciones del conducto se depositan sobre el terreno a lo largo de la carretera de servicio. Sus extremos se limpian, se procede al doblado horizontal o vertical de las tuberías, según proceda, y se colocan las secciones sobre soportes situados por encima del suelo. Estas secciones se unen mediante soldadura por arco eléctrico de varios cordones. Las soldaduras se comprueban visualmente y con rayos gamma para garantizar la ausencia de defectos. Las secciones conectadas se recubren con jabón líquido y se comprueban con aire a presión para detectar la presencia de fugas.

La conducción se limpia, se prepara y se recubre con un material caliente similar al alquitrán para evitar la corrosión y se envuelve con una capa exterior de cartón duro, lana mineral o plástico. Si la tubería debe enterrarse, el fondo de la zanja se acondiciona con arena o grava. A veces se tara con manguitos de hormigón para evitar que salga de la zanja impulsada por la presión de las aguas subterráneas. Una vez colocada la tubería, la zanja se rellena y la superficie del terreno vuelve a adoptar su apariencia normal. Después de su revestimiento y envoltura, las tuberías al descubierto se izan sobre soportes instalados al efecto, que pueden tener diversas características en cuanto a diseño, como la capacidad para la absorción de impactos en caso de terremoto. Las canalizaciones pueden aislarse o disponer de capacidad para el acondicionamiento térmico con el fin de mantener los productos a la temperatura deseada durante su transporte. Todas las secciones de los conductos son sometidas a pruebas hidrostáticas con anterioridad al acceso del gas o de hidrocarburos líquidos.

Explotación de las canalizaciones

Las canalizaciones pueden ser de propiedad y gestión privadas, en cuyo caso sólo se transportarán los productos de los propietarios, o de uso compartido, estando obligadas entonces a transportar los productos de cualquier compañía siempre que se cumplan los requisitos pertinentes y se abonen las tarifas fijadas. Las tres principales operaciones relacionadas con estas instalaciones son el control de las conducciones, la actividad de las estaciones de bombeo o compresión y la actividad de las terminales de abastecimiento. El almacenamiento, la limpieza, la comunicación y la carga constituyen asimismo funciones importantes.

- **Control de las conducciones.** Con independencia del producto que se transporte, el tamaño y la longitud de la canalización o el terreno, las estaciones de bombeo de la conducción, las presiones y los caudales se someten a un control exhaustivo con el fin de garantizar un caudal adecuado y la continuidad de las operaciones. Habitualmente, un operario y un ordenador controlan las bombas, las válvulas, los reguladores y los compresores de todo el sistema de conducción desde una estación central.
- **Estaciones de bombeo de petróleo y de compresión de gas.** Las estaciones de bombeo de petróleo crudo y de productos derivados del mismo, así como las de compresión de gas, se sitúan en las cabezas de pozo y a lo largo del itinerario de la conducción de acuerdo con las necesidades, con el fin de mantener la presión

Figura 102.14 • Un trabajador transfiere producto de la refinería Pasagoula a los depósitos de la terminal Deraville, cerca de Atlanta, Georgia, Estados Unidos.



American Petroleum Institute

y el volumen. Las bombas son accionadas por motores eléctricos o diesel y las turbinas pueden obtener la energía para su funcionamiento del gasóleo, el gas o el vapor. Muchas de estas estaciones son controladas automáticamente y no disponen de personal en la mayoría de las ocasiones. Las bombas, con o sin conductos de retorno del vapor o de igualación de la presión, suelen utilizarse en canalizaciones de menor tamaño para el transporte de GNL, GPL y gas natural comprimido (GNC). Los detectores de caídas de presión se instalan para identificar la existencia de fugas en las canalizaciones, y las válvulas de exceso de flujo y otros dispositivos de limitación del caudal se utilizan para reducir al mínimo el caudal en caso de fuga. Los buques y los depósitos de almacenamiento pueden aislarse de los conductos principales mediante el accionamiento de válvulas operadas manualmente o por control remoto, o de conexión fusible.

- **Almacenamiento de productos canalizados.** Las terminales de los oleoductos disponen de depósitos de almacenamiento en caso de avería, a los que pueden desviarse los materiales transportados hasta que sean requeridos por una refinería, otra terminal o los usuarios (véase la Figura 102.14). Otros depósitos en las estaciones de bombeo de la canalización contienen combustible para poner en marcha bombas alimentadas con diesel o generadores eléctricos. Puesto que la producción en los yacimientos de gas es continua y las canalizaciones que transportan éste funcionan constantemente, incluso en períodos de demanda reducida como el verano, los gases de petróleo y el gas natural licuado se almacenan bajo tierra en cavidades naturales o en domos salinos hasta que sean necesarios.
- **Limpieza de las canalizaciones.** Las canalizaciones se limpian regularmente o de acuerdo con las necesidades, con el fin de mantener el flujo mediante la reducción de la fricción y mantener el diámetro interior en su dimensión original en la medida de lo posible. Un dispositivo especial de limpieza, denominado *raspador* o *pistón raspador*, se introduce en la tubería y es impulsado a lo largo de la misma por el flujo del petróleo, de una estación de bombeo a la siguiente. A su paso, extrae la suciedad, la cera y otros materiales depositados acumulados en

el interior de los conductos. Al llegar a la estación de bombeo, es extraído, limpiado y reinsertado en el conducto para que lo recorra hasta la estación siguiente.

- **Comunicaciones.** Es importante que haya comunicación y acuerdo entre las estaciones y los operadores de la canalización y las personas encargadas de enviar y recibir el crudo, el gas y los productos derivados del petróleo, en lo que se refiere a los horarios, los índices y las presiones de bombeo y los procedimientos de emergencia. Algunas empresas explotadoras disponen de sistemas telefónicos privados que transmiten la señal a lo largo de la canalización, mientras que otras utilizan radios o teléfonos públicos. En muchos conductos se emplean sistemas de transmisión de microondas de frecuencias ultraltas para la comunicación informática entre los centros de control y las estaciones de bombeo.
- **Carga de los productos derivados del petróleo.** Los productos derivados del petróleo pueden cargarse en las canalizaciones siguiendo diversos métodos. Una compañía que explote una refinería puede mezclar un tipo específico de su gasolina con los aditivos apropiados y enviar una remesa a través del oleoducto directamente a su propia terminal para su distribución a los clientes. Otro método consiste en que la refinería produzca una remesa de gasolina, denominada producto frangible o de especificación, que se mezcla para cumplir con las especificaciones de una compañía de transporte por canalización. La gasolina se introduce en el conducto para su envío a alguno de los terminales de la compañía conectados al sistema de canalización. De acuerdo con un tercer método, las empresas se intercambian remesas de producto enviadas a los terminales de cada una, con el fin de evitar operaciones de transporte y manipulación adicionales. Los productos frangibles y de intercambio suelen combinarse y mezclarse con aditivos en la terminal que recibe el producto procedente de la canalización para satisfacer los requisitos específicos de cada compañía que opera desde la terminal. Por último, ciertos productos son enviados desde las terminales y las refinerías a través de las conducciones directamente a los grandes consumidores comerciales, como en el caso del combustible de reactor a los aeropuertos, el gas a las empresas de distribución de este recurso, y el fueloil a las centrales eléctricas.
- **Recepción y envío de productos.** Los operadores de canalizaciones y terminales deben establecer conjuntamente programas que garanticen la seguridad en las tareas de recepción y transferencia de productos y coordinen las acciones pertinentes en caso de emergencias que requieran la detención o el desvío del producto. En las instrucciones relativas a la recepción de remesas a través de conductos debe incluirse la comprobación de la disponibilidad de los depósitos de almacenamiento para contener el envío, la apertura y alineación de las válvulas de los depósitos y los terminales previos a la entrega, la adopción de medidas de control para asegurar que el depósito adecuado recibe el producto inmediatamente después del inicio de la entrega, la realización de los muestreos y las pruebas necesarias de las remesas al principio de su entrega, la realización de las modificaciones de las remesas y de los cambios de depósitos oportunos, el control de los productos recibidos para garantizar que no se producen rebosamientos y el mantenimiento de la unión entre la canalización y la terminal. Debe considerarse la utilización de comunicaciones por escrito entre los trabajadores de la terminal, sobre todo cuando los cambios de turno se producen durante la transferencia del producto.

Envíos de remesas e interconexión

Aunque, inicialmente, las canalizaciones se utilizaron para trasladar petróleo crudo en exclusiva, estas instalaciones han evolucionado para transportar todo tipo de productos de petróleo

líquido de diferente categoría. Puesto que los productos derivados del petróleo se transportan a través de los oleoductos por remesas enviadas sucesivamente, se producen mezclas en las interfases. Para controlarlas, se aplica alguno de los métodos siguientes: degradación, utilización de espaciadores líquidos o sólidos para separar, y reelaboración de la mezcla. Pueden introducirse en la conducción rastreadores radiactivos, tintes de color y espaciadores para determinar dónde se producen las interfases. Los sensores radioactivos, la observación visual y las pruebas de gravedad se utilizan en la instalación receptora para identificar las distintas remesas transportadas por la canalización.

Los productos derivados del petróleo suelen transportarse a través de oleoductos en remesas enviadas secuencialmente con petróleo crudo compatible o productos combinados. La degradación, método empleado para mantener la calidad y la integridad de los envíos, se aplica mediante la reducción de la interfase entre las dos remesas al nivel del producto menos afectado. Por ejemplo, una remesa de gasolina de primera calidad de alto poder antidetonante suele enviarse inmediatamente antes o después de otra compuesta por gasolina ordinaria de inferior octanaje. La pequeña cantidad de los dos productos que se entremezcle se degradará a la gasolina de inferior calidad. Cuando se envíe gasolina antes o después de remitir combustible diesel, se permite la mezcla de una cantidad limitada de la interfase de diesel con la gasolina, evitando la combinación de ésta con el combustible diesel, que podría reducir su punto de ignición. Las interfases de las remesas suelen detectarse mediante observación visual, gravimetría o toma de muestras.

Los espaciadores líquidos o sólidos y los raspadores pueden utilizarse para separar físicamente e identificar las distintas remesas de producto. Los espaciadores sólidos se detectan mediante una señal radiactiva y son desviados de la conducción hacia un receptáculo especial situado en la terminal cuando se produce el cambio de producto enviado. Los separadores líquidos pueden consistir en agua u otro producto que no se mezcle con ninguna de las remesas que trata de dividir y pueda extraerse y reelaborarse con posterioridad. El queroseno, que se degrada para convertirse en otro producto almacenado o se recicla, también puede utilizarse para separar remesas.

Un tercer método para controlar la interfase, utilizado a menudo en los extremos de los oleoductos que llegan a las refinerías, consiste en devolver aquélla para su reelaboración. Asimismo, los productos y las interfases contaminadas con agua pueden devolverse para someterse al mismo proceso.

Protección ambiental

Debido al gran volumen de productos transportados a través de las canalizaciones de manera continua, hay riesgo de que emisiones de los mismos provoquen daños ambientales. Dependiendo de los requisitos generales y de las empresas en materia de seguridad, así como de la construcción, la localización, las condiciones meteorológicas, la accesibilidad y el funcionamiento de la conducción, puede liberarse una cantidad considerable de producto en caso de rotura o fuga. Los operadores de las canalizaciones deben adoptar planes de actuación en caso de emergencia y de control de derrames y contar con materiales de contención y limpieza, personal y equipo disponibles en todo momento o previa solicitud. Las soluciones sencillas sobre el terreno, como la construcción de diques de tierra y zanjas de drenaje pueden aplicarse con rapidez por parte de operadores cualificados, con el fin de contener y desviar el producto derramado.

Mantenimiento de las conducciones y de la salud y la seguridad de los trabajadores

Los primeros oleoductos se fabricaron en hierro fundido. Las canalizaciones principales modernas se construyen en acero soldado de alta resistencia, capaz de soportar grandes presiones. Las paredes de los conductos se someten a pruebas periódicas para comprobar su grosor y determinar si se ha producido corrosión interna o se han creado depósitos. Las soldaduras se inspeccionan visualmente y con rayos gamma, con el fin de garantizar la ausencia de defectos. Las tuberías de plástico pueden emplearse en conducciones de flujo de baja presión y pequeño diámetro y en tuberías colectoras en los yacimientos de gas y de extracción de petróleo crudo, ya que el plástico es ligero y fácil de manejar, montar y desplazar.

Cuando un conducto se divide mediante corte, separación de las bridas, extracción de una válvula o apertura de una tubería, puede crearse un arco electrostático debido al voltaje de protección catódica por diferencia de potencial eléctrico, la corrosión, ánodos de sacrificio, líneas de alta tensión cercanas o corrientes terrestres parásitas. Este riesgo debe reducirse al mínimo mediante la puesta a tierra de la canalización, las desenergización de los rectificadores catódicos más próximos a ambos lados de la división y la conexión de un cable de puesta a masa en cada extremo del conducto antes de empezar a trabajar. Cuando se añadan secciones, válvulas y otros elementos a una conducción existente, o durante su construcción, éstos deben conectarse a tierra a las canalizaciones existentes.

Los trabajos en conducciones deben suspenderse durante las tormentas eléctricas. Los equipos utilizados para elevar y colocar la tubería no deben ponerse en funcionamiento a una distancia inferior a 3 metros de líneas de alta tensión. Los vehículos y los equipos que trabajen en la proximidad de este tipo de líneas deben disponer de tiras de conexión a masa unidas a sus carrocerías y estructuras. Las construcciones metálicas provisionales también deben conectarse a tierra.

Las canalizaciones se dotan de un revestimiento y una envoltura especiales para prevenir la corrosión. Asimismo, puede requerirse el equipamiento con una protección eléctrica catódica. Una vez revestidas y aisladas las secciones de los conductos, éstas se unen mediante abrazaderas especiales conectadas a ánodos metálicos. La canalización se somete a una fuente de corriente continua conectada a tierra de capacidad suficiente, de forma que el conducto actúe como cátodo y no se corra.

Todas las secciones de la canalización son objeto de pruebas hidrostáticas antes de introducir en ellas gas o hidrocarburos líquidos y, en función de los requisitos legales o impuestos por las empresas, estas pruebas se repiten periódicamente a lo largo de la vida de la conducción. El aire debe eliminarse de las tuberías antes de someterlas a este tipo de pruebas, y la presión hidrostática debe elevarse y reducirse a ritmos seguros. Las conducciones son inspeccionadas con regularidad, normalmente mediante vigilancia aérea, con el fin de detectar fugas de forma visual, o desde los centros de control, para observar caídas de caudal o de presión que puedan indicar rotura de la canalización.

Los sistemas de conducción se dotan de mecanismos de advertencia y señalización para alertar a los operarios de la necesidad de adoptar acciones correctoras en caso de emergencia. Los conductos pueden disponer de sistemas de interrupción automática que activan válvulas de presión de emergencia cuando detectan un aumento o una reducción en la presión de los tubos. Las válvulas de aislamiento activadas de forma manual o automática suelen situarse cada cierta distancia en lugares estratégicos, como las estaciones de bombeo y a ambos lados de los pasos por ríos.

Una consideración importante al poner en marcha canalizaciones es la instalación de un medio para advertir a los contratistas y otros agentes que puedan estar trabajando o realizando excavaciones a lo largo del itinerario de la conducción, con el fin de evitar que las tuberías sufran roturas o perforaciones que puedan dar lugar a explosiones por emisión de vapores o gases y a incendios. Esta circunstancia suele preverse en las normativas que exigen la solicitud de permisos de obra y por las asociaciones y empresas explotadoras, que facilitan un número central al que los contratistas pueden recurrir antes de iniciar una excavación.

Puesto que el crudo y los productos inflamables derivados del petróleo se transportan a través de oleoductos, existe la posibilidad de que se produzcan incendios o explosiones en caso de rotura de la conducción o liberación de vapores o líquidos. La presión debe reducirse hasta alcanzar un nivel seguro antes de trabajar en conductos de alta presión. Deben realizarse pruebas de gas combustible y expedirse permisos antes de efectuar operaciones de mantenimiento que exijan el trabajo en caliente o la reparación en marcha de los oleoductos. Antes de iniciar las tareas, deben eliminarse los líquidos y vapores inflamables y los gases de las canalizaciones. Si un conducto no puede despejarse y se utiliza un obturador autorizado, deben establecerse procedimientos de trabajo seguros, que serán puestos en práctica por operarios cualificados. Las conducciones deben dotarse de respiraderos a una distancia segura del área de trabajo en caliente para atenuar el aumento de presión antes del obturador.

Deben adoptarse procedimientos de seguridad adecuados, que serán cumplidos por trabajadores cualificados cuando se proceda a la reparación de los oleoductos en marcha. Si la soldadura o la colocación de obturadores se efectúan en un área en la que se ha producido un derrame o una fuga, el exterior de la conducción se limpiará de líquidos, y la tierra contaminada se retirará o se cubrirá para evitar incendios.

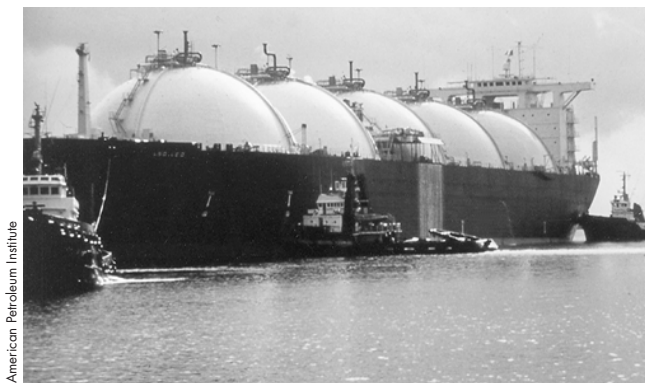
Es muy importante notificar a los trabajadores de las estaciones de bombeo más cercanas situadas a cada lado de la canalización en funcionamiento dónde se realizan las operaciones de mantenimiento o reparación, por si es necesario interrumpir el caudal. Cuando los productores bombean petróleo crudo o gas a los conductos, sus operarios deben facilitarles instrucciones específicas respecto a las acciones que deben emprender durante los trabajos de reparación y mantenimiento y en los casos de emergencia. Por ejemplo, antes de la conexión de los depósitos y los conductos de producción a los oleoductos, todas sus válvulas de compuerta y purga deben cerrarse y bloquearse o sellarse hasta que la operación finalice.

Figura 102.15 • Petrolero SS *Paul L. Fahrney*.



American Petroleum Institute

Figura 102.16 • Carga del buque tanque dedicado al transporte de GNL Leo en Arun, Sumatra, Indonesia.



American Petroleum Institute

Las precauciones de seguridad habituales respecto a la manipulación de materiales y tuberías, exposiciones tóxicas y peligrosas, soldadura y excavación son aplicables durante la construcción de las canalizaciones. Los trabajadores dedicados a despejar el recorrido deben protegerse de las condiciones meteorológicas, las plantas venenosas, los insectos y las serpientes, la caída de árboles y rocas, etc. Las excavaciones y las zanjas deben formarse en talud o apuntalarse para evitar los derrumbamientos durante la construcción o la reparación de conducciones subterráneas (véase el artículo “Zanjas” incluido en el capítulo de *Construcción*). El personal debe atenerse a las prácticas de trabajo de seguridad al activar y desconectar transformadores e interruptores eléctricos.

Los trabajadores dedicados a la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de las canalizaciones suele desarrollar su actividad en solitario y son responsables de grandes tramos de las mismas. Las pruebas atmosféricas y la utilización de equipos de protección personal y respiratoria son necesarias para determinar los niveles de oxígeno y de vapores inflamables y protegerse frente a exposiciones tóxicas al ácido sulfhídrico y al benceno producidas al comprobar depósitos, abrir conductos, limpiar vertidos, tomar muestras, efectuar pruebas, enviar y recibir remesas y llevar a cabo otras actividades en la canalización. Los trabajadores deben llevar dosímetros personales de radiación y evitar la exposición al trabajar con medidores de densidad y otros materiales radioactivos. Debe considerarse la utilización de equipos de protección individual y respiratoria para prevenir quemaduras por contacto con el alquitrán caliente utilizado en el revestimiento de las tuberías, así como la exposición a los vapores tóxicos que contienen hidrocarburos aromáticos polinucleares.

Petroleros y barcasas

La mayor parte del petróleo crudo mundial es transportado por petroleros desde regiones productoras como Oriente Próximo y África hasta las refinerías de las áreas de consumo como Europa, Japón y Estados Unidos. Los productos derivados del petróleo se transportaban inicialmente en grandes barriles a bordo de cargueros. El primer buque cisterna, construido en 1886, transportó unas 2.300 SDWT (2.240 libras por tonelada) de petróleo. Los superpetroleros actuales pueden tener una eslora de más de 300 metros y desplazar una cantidad de petróleo superior en casi 200 veces a la citada (véase la Figura 102.15). Las tuberías colectoras y de alimentación suelen desembocar en tinglados de carga de terminales marítimas o plataformas en alta mar, donde el

crudo se carga en los petroleros u otras embarcaciones para su traslado a las conducciones principales o a refinerías. Los productos derivados del petróleo también se transportan de las refinerías a los terminales de distribución en este tipo de barcos. Después de la entrega de la mercancía, los buques regresan en lastre a las instalaciones de carga para repetir la operación.

El gas natural licuado se traslada en estado criogénico en buques mercantes especializados con compartimentos o depósitos fuertemente aislados (véase la Figura 102.16). En el puerto de entrega, el GNL se descarga en las instalaciones de almacenamiento o de regasificación. El gas de petróleo licuado puede transportarse en estado líquido en buques no aislados o como criogénico en embarcaciones aisladas. Además, el GNL en recipientes (gas embotellado) puede trasladarse como carga en buques mercantes.

Buques dedicados al transporte de GPL y GNL

Los tres tipos de buques mercantes dedicados al transporte de GPL y GNL son:

- los que disponen de depósitos a presión de hasta 2 mPa (sólo GPL);
- los que disponen de depósitos termoaislados a una presión entre 0,3 y 0,6 mPa (sólo GPL); y
- los buques criogénicos con depósitos termoaislados a una presión cercana a la atmosférica (GPL y GNL).

El transporte de HGL en buques mercantes requiere una sensibilización constante respecto a la seguridad. Las mangueras de carga deben adaptarse a las temperaturas y las presiones correctas de los HGL manipulados. Para evitar la combinación inflamable de vapores de gas y aire, se dotan los depósitos de una cubierta protectora de gas inerte (nitrógeno), y el área se somete a una vigilancia constante para detectar la presencia de fugas. Antes de cargar, los depósitos de almacenamiento deben inspeccionarse para garantizar que se encuentran libres de contaminantes. Si contienen gas inerte o aire, deben purgarse con vapor de HGL antes de la carga de éstos. Los depósitos deben someterse a un control constante para asegurar su integridad, y deben instalarse válvulas de seguridad para aliviar el vapor de HGL generado a la máxima carga de calor. Los buques mercantes cuentan con sistemas de extinción de incendios y disponen de procedimientos exhaustivos de actuación en caso de emergencia.

Buques mercantes dedicados al transporte de crudo y productos derivados del petróleo

Los petroleros y las barcas llevan los motores y camarotes en la parte posterior y el resto de la embarcación se divide en compartimentos especiales (depósitos) para el transporte de crudo y productos derivados del petróleo a granel. Las bombas de la carga se sitúan en las salas de bombas y se dispone de sistemas de ventilación forzada e inertización para reducir el riesgo de incendio y explosiones en dichas salas y en los depósitos. Las barcas y los petroleros modernos se construyen con cascos dobles y otras características de protección y seguridad exigidas por la Ley de contaminación por petróleo de los Estados Unidos, promulgada en 1990, y las normas de seguridad de petroleros de la Organización Marítima Internacional (OMI). En algunos diseños recientes, se extiende la duplicación del casco hacia la parte superior de los lados de las embarcaciones con el fin de ofrecer más protección. En general, los grandes petroleros transportan crudo y los pequeños y las barcas se dedican al traslado de productos derivados del petróleo.

- *Superpetroleros.* Los buques de transporte “muy grandes” y “ultragrandes” (BTMG y BTUG) están obligados por su

tamaño y calado a seguir itinerarios fijos. La capacidad de los BTUG supera los 300.000 SDWT y la de los BTMG oscila entre 160.000 y 300.000 SDWT. La mayoría de los grandes petroleros no son propiedad de empresas petroleras, sino que son fletados por empresas de transporte especializadas en la explotación de embarcaciones de gran tamaño.

- *Petroleros.* Los petroleros son más pequeños que los BTMG y, además de efectuar recorridos transoceánicos, pueden atravesar pasos restringidos como los canales de Suez y de Panamá, aguas costeras poco profundas y estuarios. Los grandes petroleros, cuya capacidad va de 25.000 a 160.000 SDWT, suelen transportar petróleo crudo o productos residuales pesados. Habitualmente, los buques de menor tamaño, con capacidades inferiores a 25.000 SDWT, transportan gasolina, gasóleo y lubricantes.
- *Barcas.* Las barcas operan fundamentalmente en zonas costeras, cursos de agua interiores y ríos, en solitario o en grupos de dos o más embarcaciones, y son autopropulsadas o arrastradas por un remolcador. Pueden transportar crudo a las refinerías, pero son utilizadas con mayor frecuencia como medio económico de trasladar productos derivados del petróleo desde las refinerías a las terminales de distribución. Las barcas también se emplean para descargar en alta mar mercancía de petroleros que por su calado o tamaño no tienen acceso a los muelles.

Carga y descarga de barcas y otras embarcaciones

Los operadores de las terminales y los buques mercantes deben establecer procedimientos de descarga de los buques, así como listas de comprobación y directrices de seguridad. En la *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals* (International Chamber of Shipping 1978) se recoge información y muestras de listas de comprobación, directrices, permisos y otros procedimientos relativos a la seguridad de las operaciones de carga y descarga de embarcaciones, que pueden ser utilizadas por ambas partes.

Aunque los buques mercantes se asientan sobre el agua y, por tanto, incorporan en su propia construcción la conexión a masa, es necesario protegerse de la electricidad estática que puede acumularse en las tareas de carga y descarga. Para lograrlo, deben conectarse los objetos metálicos presentes en los muelles o los equipos de carga y descarga con la parte metálica del buque. La conexión a masa se consigue asimismo mediante la utilización de mangueras o tuberías de carga conductoras. Una chispa electrostática de la intensidad necesaria para provocar una ignición puede ser generada al introducir equipos, termómetros o dispositivos de medición en los depósitos inmediatamente después de la carga; debe dejarse un período de tiempo suficiente para la disipación de la carga estática.

Las corrientes eléctricas del buque a la orilla, que difieren de la electricidad estática, pueden ser generadas por la protección catódica del casco del buque o de la dársena, o por las diferencias de potencial galvánico entre la embarcación y la orilla. Estas corrientes también se acumulan en los equipos metálicos de carga y descarga. Pueden instalarse dispositivos aislantes a lo largo del brazo de carga o en el lugar en el que las mangueras flexibles se conectan al sistema de conducción de tierra. Cuando se interrumpen las conexiones, es imposible que una chispa salte de una superficie metálica a otra.

Todos los buques y terminales deben acordar procedimientos de actuación de emergencia en caso de incendio o pérdida del producto, vapores o gases tóxicos. En éstos se recogerán las operaciones de emergencia, la detención del flujo de producto y la salida de los muelles de un buque en situaciones de emergencia. En estos planes deben considerarse las comunicaciones, la extinción de incendios, la mitigación de las nubes de vapores,

la ayuda mutua, el rescate, la limpieza y las medidas paliativas. Los equipos portátiles y fijos de protección contra incendios deben ajustarse a las normativas públicas y los requisitos impuestos por las empresas, y al tamaño, la función, la posibilidad de exposición y el valor de las instalaciones portuarias. En la *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals* (International Chamber of Shipping 1978) se incluye un documento modelo que puede ser utilizado por las terminales como guía de referencia en materia de prevención de incendios en las dársenas portuarias.

Salud y seguridad en los buques mercantes

Además de los riesgos profesionales habituales en el ámbito marítimo, el transporte de petróleo crudo y líquidos inflamables en buques mercantes plantea diversas situaciones especiales en relación con la salud, la seguridad y la prevención de incendios. Son situaciones de este tipo la salida brusca y la expansión de la mercancía líquida, la generación de vapores inflamables durante el transporte y las operaciones de carga y descarga, la posibilidad de ignición pirofórica, las exposiciones tóxicas a materiales como el ácido sulfhídrico y el benceno y los problemas de seguridad al ventilar, limpiar con líquidos y en seco los depósitos. Los aspectos económicos de la explotación de los modernos petroleros exige que estos buques permanezcan en el mar durante períodos prolongados, estableciéndose únicamente intervalos limitados en puerto para cargar y descargar la mercancía. Este factor, junto con el elevado grado de automatización de estas embarcaciones, plantea demandas mentales y físicas singulares para los escasos miembros de las tripulaciones dedicadas a velar por el funcionamiento de los buques.

Protección contra incendios y explosiones

Deben formularse y aplicarse planes y procedimientos de emergencia adecuados al tipo de mercancía a bordo y otros riesgos potenciales. Deben facilitarse equipos de extinción de incendios. Los miembros de los equipos de actuación en caso de emergencia encargados de las operaciones de lucha contra incendios, rescate y limpieza de vertidos a bordo deben recibir formación, ejercitarse y equiparse para hacer frente a este tipo de situaciones. El agua, la espuma, las sustancias químicas secas, el halón, el dióxido de carbono y el vapor se utilizan como agentes de refrigeración, inhibición y extinción de incendios en los buques mercantes, si bien el halón es cada vez menos utilizado debido a consideraciones ambientales. Los requisitos de los equipos y sistemas de extinción aplicados en los buques los establece el país bajo cuya bandera naveguen, así como la política de cada naviera, aunque suelen seguirse las recomendaciones del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), de 1974.

El control estricto de las llamas y las luces desnudas, los cigarrillos encendidos y otras fuentes de ignición, como chispas de soldadura o pulido, equipos eléctricos y bombillas desprotegidas, es necesario en los buques en todo momento, al objeto de reducir el riesgo de incendio y explosión. Antes de llevar a cabo trabajos en caliente a bordo, el área de operación debe examinarse y comprobarse para garantizar que las condiciones son seguras, y deben expedirse permisos para cada tarea específica autorizada.

Un método para prevenir las explosiones y los incendios en el espacio ocupado por vapores en los depósitos de la carga consiste en mantener el nivel de oxígeno por debajo del 11 % mediante la inertización de la atmósfera con un gas no combustible. Las fuentes de gases inertes son el escape de las calderas de los buques o los generadores o turbinas de gas independientes equipadas con postquemadores. El Convenio SOLAS de 1974

exige que los buques que transportan mercancías con puntos de inflamación inferiores a 60 °C dispongan de depósitos dotados de sistemas de inertización. Las embarcaciones que utilizan estos sistemas deben mantener tales depósitos en condiciones de ininflamabilidad en todo momento. Los depósitos de gas inerte deben vigilarse constantemente para garantizar su seguridad y no debe permitirse su transformación en inflamables, debido al peligro de ignición derivado de los depósitos pirofóricos.

Espacios confinados

Los espacios confinados de los buques mercantes, como los depósitos de mercancías, los pañoles de pinturas, las salas de máquinas, los depósitos de combustible y los espacios creados por los cascos dobles, deben tratarse del mismo modo que otros de idénticas características en lo que se refiere al acceso y a los trabajos en frío y en caliente. Debe comprobarse el contenido de oxígeno y la presencia de vapores inflamables y sustancias tóxicas, en ese orden, antes de entrar en un espacio confinado. Es necesario establecer y aplicar un sistema de permisos para el acceso y los tipos de actividad antes referidos, con el que se indique los niveles de exposición de seguridad y se exija la utilización de equipos de protección individual y respiratoria. En las aguas jurisdiccionales de Estados Unidos, estas pruebas deben ser realizadas por personal cualificado denominado "químicos marítimos".

Los compartimentos de los buques mercantes, como los depósitos de mercancías y las salas de máquinas, son espacios confinados; al proceder a la limpieza de aquéllos que se han inertizado o que tienen atmósferas formadas por vapores inflamables, tóxicas o desconocidas, deben ser comprobados, y deben aplicarse procedimientos especiales de seguridad y protección respiratoria. Tras la descarga del petróleo crudo, una pequeña cantidad de residuo, denominada sarro, permanece en las superficies interiores de los depósitos, que pueden ser lavados o llenados con agua como lastre. Un método de reducir la cantidad de residuo consiste en instalar equipos fijos encargados de eliminarlo hasta en un 80 % mediante el lavado de las paredes de los depósitos inertizados con petróleo crudo durante la operación de descarga.

Bombas, válvulas y equipos

Es necesario expedir un permiso de trabajo y aplicar procedimientos de seguridad, como la conexión a masa, el drenaje y la eliminación de vapores, la comprobación de la exposición a vapores inflamables y sustancias tóxicas y la disposición de equipos de reserva para la extinción de incendios, cuando las operaciones de mantenimiento, reparación y de otra índole exijan la apertura de bombas de carga, conductos, válvulas o equipos a bordo de buques mercantes.

Exposiciones tóxicas

Los gases que escapan por los respiraderos, como los de combustión o el ácido sulfhídrico, pueden alcanzar las cubiertas de las embarcaciones, incluso a través de sistemas de ventilación especialmente diseñados. Deben realizarse pruebas continuas para determinar los niveles de gas inerte en todos los buques y los de dicho ácido en aquéllos que contienen o han transportado con anterioridad petróleo crudo sulfuroso o combustible residual. Asimismo, debe comprobarse la exposición al benceno en los barcos que trasladen crudo y gasolina. El agua residual utilizada en el lavado de gases inertes y el agua condensada es ácida y corrosiva; deben utilizarse EPI si hay posibilidad de contacto.

Protección ambiental

Los buques mercantes y las terminales marítimas deben establecer procedimientos y disponer de equipos que les permitan

proteger el medio ambiente de vertidos en el agua y sobre el terreno, así como de emisiones de vapores a la atmósfera. La utilización de grandes sistemas de recuperación de vapores en las terminales marítimas es cada vez mayor. Debe prestarse atención al cumplimiento de los requisitos relativos a la contaminación atmosférica cuando los buques ventilen sus depósitos y espacios confinados. Es necesario formular procedimientos de actuación en caso de emergencia y debe disponerse de equipos y personal capacitados para actuar cuando se producen vertidos y derrames de petróleo crudo y de líquidos inflamables y combustibles. Debe designarse una persona responsable de garantizar la expedición de notificaciones a la compañía y las autoridades competentes en caso de vertido o derrame digno de comunicación.

En el pasado, el agua de lastre contaminada por el petróleo y el producto del lavado de depósitos se evacuaban de éstos al mar. En 1973, el Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación de las Embarcaciones estableció que, antes de la evacuación del agua al mar, debe separarse el residuo de petróleo y conservarse a bordo para su posterior tratamiento en tierra. Los petroleros modernos cuentan con sistemas de lastre separados, con conductos, bombas y depósitos distintos a los utilizados para la mercancía (de acuerdo con las recomendaciones internacionales), por lo que no hay posibilidad de contaminación. Los buques de mayor antigüedad siguen transportando el agua de lastre en los depósitos de la carga, por lo que, cuando se procede a la evacuación de estos residuos, deben aplicarse procedimientos especiales, como el bombeo del agua contaminada a los depósitos designados y las instalaciones de tratamiento situadas en tierra, con el fin de prevenir la contaminación.

Transporte por carretera y ferrocarril de productos derivados del petróleo

En el pasado, el crudo y los productos derivados del petróleo se transportaban en furgones cisterna tirados por caballos; posteriormente comenzaron a trasladarse en vagones cisterna ferroviarios y, por último, en vehículos de motor. Tras su descarga en las terminales marítimas por los buques mercantes o procedentes de los oleoductos, los productos petrolíferos licuados a granel son distribuidos por camiones o vagones cisterna sin presión directamente a las estaciones de servicio y los usuarios o a terminales de menor tamaño, denominadas fábricas a granel, para su redistribución. Los GPL, los compuestos antidetonantes de gasolina, el ácido fluorhídrico y muchos otros productos, sustancias químicas y aditivos utilizados en las industrias del petróleo y el gas son transportados en vagones y camiones cisterna a presión. Además, el crudo puede ser transportado por camiones cisterna desde los pequeños pozos de extracción a los depósitos de recogida, y por éstos vehículos y vagones cisterna desde los depósitos de almacenamiento a las refinerías o los oleoductos principales. Los productos petrolíferos envasados en barriles o bidones a granel y en paletas y cajas de recipientes de menor tamaño se transportan en camiones y vagones para carga fraccionada.

Normativas públicas

El transporte de productos derivados del petróleo en vehículos de motor y vagones cisterna está regulado por los organismos públicos en la mayor parte del mundo. Entidades como el Departamento de Transporte de Estados Unidos y la Canadian Transport Commission (CTC) han establecido normativas que rigen el diseño, la fabricación, los dispositivos de seguridad, las pruebas, el mantenimiento preventivo, la inspección y la explotación de camiones y vagones cisterna. Las normas que regulan el funcionamiento de este tipo de vehículos suelen referirse a la comprobación y la certificación de los dispositivos instalados para controlar y aliviar la presión de los depósitos antes de su puesta en servicio

inicial y posteriormente cada cierto tiempo. La Association of American Railroads y la National Fire Protection Association (NFPA) son dos casos típicos de organizaciones que publican especificaciones y requisitos para el funcionamiento de vagones y camiones cisterna en condiciones de seguridad. La mayoría de las administraciones han establecido normativas al respecto o se atienen a los convenios de las Naciones Unidas en los que se exige la identificación y la información relativa a los materiales peligrosos y a los productos petrolíferos transportados a granel o en recipientes. En los camiones y los vagones cisterna, así como en los camiones de carga fraccionada, se colocan placas para identificar los productos peligrosos transportados y ofrecer información para la actuación en caso de emergencia.

Vagones cisterna

Los vagones cisterna se fabrican en acero al carbono o aluminio y pueden estar presurizados o no. Los modelos modernos admiten hasta 171.000 litros de gas comprimido a presiones en torno a 600 psi (1,6 a 1,8 mPa). Los vehículos sin presión han evolucionado desde los primeros prototipos pequeños realizados en madera a finales del siglo XIX, hasta los modelos actuales de gran tonelaje capaces de transportar 1,31 millones de litros de producto a presiones de hasta 100 psi (0,6 mPa). Pueden consistir en unidades individuales con uno o varios depósitos o en una cadena de vagones cisterna interconectados, denominados tren cisterna. Los vagones cisterna a presión y sin presión pueden calentarse, refrigerarse, aislarse o protegerse térmicamente contra incendios, en función del servicio que presten y de los productos que transporten.

Todos los vagones cisterna disponen de válvulas de líquidos o gases superiores e inferiores

para efectuar las operaciones de carga y de descarga, así como de compuertas para la limpieza. Asimismo, están equipados con dispositivos diseñados para prevenir el aumento de la presión interna en casos de exposición a condiciones anómalas. Se trata de válvulas de descarga de seguridad de resorte que se abren para aliviar la presión y que, a continuación, se cierran; aberturas de seguridad con discos de ruptura que estallan para atenuar la presión, pero no vuelven a cerrarse, o una combinación de ambos mecanismos. En los vagones cisterna sin presión se instala una válvula de anulación del vacío con el fin de evitar la formación de éste cuando se descarga desde la parte inferior. Tanto los modelos a presión como los sin presión disponen de revestimientos protectores en su parte superior rodeando las conexiones de carga, los conductos de toma de muestras, los termómetros y los dispositivos de medición. En algunos casos se instalan plataformas de carga en la parte superior de los vagones. Los modelos antiguos sin presión pueden constar de una o varias bóvedas de expansión. En la parte inferior se dispone de instrumentos de carga y descarga. En los extremos de los vagones se montan escudos de protección para evitar la perforación de la estructura por parte del gancho de unión de otro vagón en casos de descarrilamiento.

El GNL se carga como criógeno en camiones cisterna aislados y vagones cisterna a presión. Estos vehículos disponen de un depósito interior de acero inoxidable suspendido en un depósito exterior de acero al carbono. En el espacio anular se crea el vacío y se introducen aislantes para mantener una temperatura baja durante el transporte. Para evitar que los gases prendan en los depósitos, éstos se equipan con dos válvulas de cierre de emergencia en caso de avería manejadas por control remoto y situadas en las tuberías de carga y descarga, y con dispositivos de medición dentro y fuera de los depósitos.

El GPL se transporta en tierra en vagones cisterna de diseño especial (de hasta 130 m³ de capacidad) o en camiones cisterna (de hasta 40 m³ de capacidad).

Estos vehículos suelen consistir en cilindros de acero no aislados de fondo esférico, equipados de medidores, termómetros, dos válvulas de alivio de seguridad, un indicador de nivel de gas y otro de llenado máximo y mamparas.

Los vagones cisterna que transportan GNL o GPL no deben sobrecargarse, ya que pueden permanecer en una vía de servicio durante cierto período de tiempo y exponerse a temperaturas ambientales elevadas, capaces de provocar un exceso de presión y la salida de gases. Las terminales de carga están equipadas con cables de puesta a tierra para neutralizar y disipar la electricidad estática. Deben conectarse antes del inicio de las operaciones y no desconectarse hasta que éstas hayan concluido y todas las válvulas se hayan cerrado. Las instalaciones de carga de camiones y vagones suelen protegerse contra incendios mediante sistemas de pulverización de agua, nebulizadores y de extintores.

Camiones cisterna

Los depósitos de los camiones cisterna dedicados al transporte de productos petrolíferos y crudo suelen fabricarse de acero al carbono, aluminio o fibra de vidrio plastificada y su capacidad oscila entre los 1.900 litros de los modelos de pequeño tamaño y los 53.200 litros de los de gran tonelaje. La capacidad de estos vehículos es regulada por los organismos competentes y suele depender de las limitaciones relativas al transporte en autopista y al paso por puentes, así como del peso autorizado por eje o la cantidad total de producto permitida.

Existen camiones cisterna a presión y sin presión, aislados o no en función del servicio que presten y los productos que trasladen. Los modelos a presión suelen constar de un único depósito, mientras que los vehículos sin presión pueden disponer de más de uno. Con independencia del número de depósitos, cada uno de ellos debe ser objeto de un tratamiento individual, con sus propios dispositivos de carga, descarga y alivio de la presión. Pueden estar separados por paredes simples o dobles. Las normativas pueden exigir que los productos incompatibles y los líquidos inflamables o combustibles transportados en un mismo vehículo estén separados por paredes dobles. Al comprobar la presión de los depósitos, también debe examinarse el espacio entre ambos para detectar la presencia de líquidos o vapor.

Los camiones cisterna disponen de compuertas para carga superior, válvulas para la carga y descarga superior o inferior o ambos tipos de dispositivos. Todos los depósitos disponen de compuertas de acceso para la limpieza y están equipados con dispositivos de seguridad que permiten aliviar la presión interna en caso de exposición a condiciones anómalas. Se trata de válvulas de alivio de seguridad, fijadas por un resorte que puede abrirse para aliviar la presión y que, a continuación, se cierran; compuertas de seguridad en los depósitos sin presión que se abren si las válvulas mencionadas fallan, y discos de ruptura en los depósitos a presión. En los camiones cisterna sin presión se instala una válvula de anulación del vacío con el fin de evitar la formación de éste cuando se descarga desde la parte inferior. Este tipo de vehículos está equipado con barras situados en la parte superior para proteger las compuertas, válvulas de descarga y sistemas de recuperación del vapor en caso de vuelco. Los camiones cisterna suelen dotarse de dispositivos de rotura y cierre automático situados en los conductos de carga y descarga de la parte inferior de los depósitos, con el fin de evitar derrames en caso de vuelco o colisión.

Carga y descarga de los vagones y los camiones cisterna

Mientras que los vagones cisterna son cargados y descargados casi siempre por trabajadores encargados de estas tareas específicas, estas operaciones en el caso de los camiones cisterna pueden ser efectuadas por personal especializado o por los

conductores. La carga se realiza en instalaciones denominadas terminales de carga, a través de compuertas o de conexiones cerradas situadas en la parte superior, de conexiones cerradas ubicadas en la parte inferior, o de una combinación de ambas.

Carga

Los trabajadores encargados de la carga y descarga de crudo, GPL, productos petrolíferos y ácidos y aditivos utilizados en las industrias del gas y el petróleo, deben haber adquirido un conocimiento básico de las características de los productos manejados, sus riesgos y exposiciones y los procedimientos operativos y prácticas de trabajo necesarios para desempeñar su tarea en condiciones de seguridad. Numerosos organismos públicos y empresas exigen la utilización y cumplimentación de formularios de inspección en el momento de la recepción y el envío de la mercancía y antes de su carga y descarga de los vagones y los camiones cisterna. Estos vehículos pueden cargarse a través de compuertas situadas en su parte superior o de accesorios y válvulas ubicados encima o debajo de cada depósito o compartimiento. Las conexiones cerradas son necesarias cuando se carga a presión y se dispone de sistemas de recuperación de vapor. Si los sistemas de carga no se activan por alguna razón (como el funcionamiento incorrecto de la recuperación de vapor o una avería de los mecanismos de conexión a tierra), la utilización de tubos de derivación no debe intentarse sin autorización previa. Todas las compuertas deben cerrarse y asegurarse con enganches durante el transporte.

Los trabajadores deben atenerse a las prácticas de trabajo de seguridad con el fin de evitar resbalones y caídas al cargar desde la parte superior de los depósitos. Si en los controles de carga se emplean dispositivos de medición prefijados, el personal encargado de la operación debe adoptar las precauciones necesarias para introducir los productos correctos en los depósitos y compartimientos asignados. Todas las compuertas deben cerrarse en las operaciones de carga inferior y, en las de carga superior, sólo se mantendrán abiertas las del compartimiento cargado. En las operaciones de carga superior, deben evitarse las salpicaduras mediante la colocación del tubo o la manguera empleados cerca del fondo del depósito y el inicio lento de la actividad, hasta que la apertura de estos dispositivos quede sumergida. En los procesos de carga manuales, el personal encargado permanecerá atento, no inmovilizará el control de interrupción de carga (dispositivo de detención automática) e impedirá el rebosamiento del depósito. Estos trabajadores deben evitar el contacto con el producto y sus vapores colocándose contra el viento, apartando la cabeza en las operaciones de carga superior a través de compuertas abiertas y utilizando equipos de protección al manipular aditivos, obtener muestras y drenar mangueras. Deben conocer y cumplir las medidas de actuación prescritas en caso de rotura de una manguera o un conducto, derrame, escape, incendio u otra emergencia.

Descarga y entrega

Al descargar vagones y camiones cisternas, es importante en primer lugar asegurarse de que cada producto se descarga en el depósito de almacenamiento designado y de que éste tiene capacidad suficiente para recibir la cantidad de producto entregada. Aunque las válvulas, tuberías de llenado, conductos y tapas de carga deben marcarse con un código de colores u otro método para identificar el producto contenido, el conductor seguirá siendo responsable de la calidad del producto durante su entrega. Un error en esta operación, la mezcla de sustancias o su contaminación deben comunicarse de inmediato al receptor de la carga y a la compañía para evitar consecuencias graves. Cuando se exija a los conductores u operarios añadir aditivos a los productos u obtener muestras de los depósitos de almacenamiento tras la entrega, para garantizar la calidad del producto o por otras

causas, deben seguirse todas las disposiciones en materia de salud y seguridad específicas de la exposición en cuestión. Las personas encargadas de las operaciones de entrega y descarga deben permanecer en todo momento cerca del lugar en el que se efectúen y saber qué medidas deben adoptarse en caso de emergencia, incluida la notificación, la detención del flujo de producto, la limpieza de derrames y la elección del momento para abandonar la zona.

Los depósitos presurizados se descargan con un compresor o una bomba, mientras que, en los no presurizados, esta operación se basará en la acción de la gravedad, o la utilización de una bomba del vehículo o del recipiente. En ocasiones, los camiones y vagones cisterna que transportan lubricantes o aceites industriales, aditivos y ácidos se descargan presurizando el depósito con gases inertes como el nitrógeno. Puede que estos vehículos necesiten ser calentados mediante el uso de vapor o electricidad con el fin de descargar petróleo crudo pesado, productos viscosos o ceras. Todas estas actividades plantean peligros y riesgos. Cuando así se establezca en la normativa, la descarga no debe comenzar hasta que las mangueras de recuperación de vapor hayan sido conectadas entre el depósito de entrega y el de almacenamiento. Al distribuir productos petrolíferos a residencias, explotaciones agrarias y establecimientos comerciales, los conductores deben inspeccionar los depósitos no equipados con una alarma de rebosamiento para evitar esta circunstancia.

Protección contra incendios en las terminales de carga

Los incendios y las explosiones en la parte superior e inferior de las terminales de carga de los vagones y los camiones cisterna pueden producirse por causas como la acumulación electrostática y una descarga de chispa incendiaria en una atmósfera inflamable, el trabajo en caliente no autorizado, la llamarada procedente de una unidad de recuperación de vapor, el consumo de tabaco y otras prácticas inseguras.

Las fuentes de ignición, como los cigarrillos encendidos, los motores de combustión interna en funcionamiento y el trabajo en caliente, deben someterse a un control continuo en las terminales de carga, sobre todo al cargar o realizar otras operaciones en las que puede producirse un derrame o un escape. Las terminales pueden equiparse con extintores portátiles y con sistemas de extinción de incendios basados en la utilización de espuma, agua o sustancias químicas secas y activados de forma manual o automática. Si se utilizan sistemas de recuperación de vapor, deben instalarse cortafuegos que prevengan la extensión del fuego de estos sistemas a las terminales de carga.

Deben instalarse mecanismos de drenaje en estas terminales para alejar los derrames de producto del personal cargador, del camión o el vagón cisterna y del soporte de las propias terminales. Los canales de desagüe deben dotarse de cortafuegos para evitar la propagación de las llamas y los vapores a través de la red de alcantarillado. Otras medidas de seguridad en las terminales de carga consisten en la colocación de controles de cierre de emergencia en los lugares de carga y otras ubicaciones estratégicas en la terminal, y de válvulas automáticas sensibles a la presión que interrumpan el flujo de producto a la terminal en caso de fuga en las conducciones. Algunas empresas han instalado sistemas de bloqueo de frenos automáticos en las conexiones de carga de sus camiones cisterna que impiden que el vehículo se mueva de la terminal hasta que los conductos de llenado hayan sido desconectados.

Riesgos de ignición electrostática

Algunos productos, como los destilados intermedios o los combustibles y disolventes de baja presión de vapor, tienden a

acumular cargas electrostáticas. Al cargar vagones y camiones cisternas, siempre existe la posibilidad de que se generen este tipo de cargas por fricción, al atravesar el producto conductos y filtros, y por las salpicaduras provocadas. Este efecto se atenúa mediante el diseño de terminales de carga que permitan un período de relajación en el paso del flujo procedente de bombas y filtros.

Deben comprobarse los depósitos para asegurar que no contienen objetos no conectados a masa o flotantes que puedan actuar como acumuladores estáticos. Los depósitos de carga inferior pueden dotarse de cables internos que ayuden a disipar las cargas electrostáticas. Los contenedores de muestras, los termómetros y otros instrumentos no deben introducirse en los depósitos hasta que haya transcurrido un período de espera mínimo de un minuto, de forma que pueda disiparse la carga electrostática acumulada en el producto.

La puesta a masa y a tierra son una medida importante para disipar las cargas electrostáticas acumuladas durante las operaciones de carga. Al mantener la tubería de llenado en contacto con el lado metálico de la compuerta en los casos de carga superior, y mediante la utilización de brazos de carga metálicos o mangueras conductoras al proceder al llenado a través de conexiones cerradas, el camión o el vagón cisterna se conectan a la terminal de carga y se conserva la misma carga eléctrica entre los objetos, de forma que se impide la generación de una chispa al retirar el tubo o la manguera de carga. Asimismo, estos vehículos pueden conectarse a la terminal mediante el empleo de un cable de puesta a masa, que transporta la carga acumulada de un terminal del depósito a la terminal, donde se pone a tierra mediante un cable o una varilla. Es necesario adoptar precauciones similares al descargar vagones y camiones cisterna. Algunas terminales disponen de conectores y sensores electrónicos que impiden la activación de las bombas de carga hasta que se establezca una conexión a masa positiva.

En las tareas de limpieza, mantenimiento y reparación, los vagones y camiones cisterna de GPL presurizados suelen abrirse libremente, permitiendo el acceso del aire al depósito. Para prevenir la combustión debida a la acción de las cargas electrostáticas al cargar estos vehículos por primera vez después de dichas actividades, es necesario reducir el nivel de oxígeno por debajo del 9,5 %, rodeando el depósito con un gas inerte como el nitrógeno. Deben adoptarse precauciones para evitar que el nitrógeno líquido penetre en el depósito si éste se obtiene de recipientes portátiles.

Cambio de carga

El cambio de carga se produce cuando productos de presión de vapor baja o intermedia como el combustible diesel o el gasóleo se introducen en un depósito de un camión o un vagón cisterna que ha contenido previamente un producto inflamable como la gasolina. La carga electrostática generada durante la operación de carga puede activarse en una atmósfera en condiciones de inflamabilidad, lo que da lugar a la explosión y al incendio. Este riesgo puede controlarse en las operaciones de carga superior mediante la bajada del tubo de llenado al fondo del depósito y manteniendo un flujo lento hasta que el extremo del tubo se encuentre sumergido, con el fin de evitar las salpicaduras y la agitación. El contacto de metal a metal debe mantenerse durante la carga para establecer una conexión positiva entre el tubo de llenado y la compuerta del depósito. En el caso de la carga inferior, se utiliza un llenado inicial lento o deflectores contra salpicaduras para reducir la acumulación estática. Antes de proceder al cambio de carga, los depósitos que no pueden drenarse pueden rociarse con una pequeña cantidad del producto con el que van a llenarse, al objeto de eliminar residuos inflamables en sumideros, conductos, válvulas y bombas internas.

Transporte de productos en vagones de carga fraccionada y furgonetas de reparto

Los productos derivados del petróleo son transportados por furgonetas de reparto y vagones de carga fraccionada en recipientes de metal, fibra o plástico de diversos tamaños, desde bidones de 55 galones (209 litros) a cubos de 5 galones (19 litros), pasando por otros recipientes de menor capacidad, desde 2,5 galones (9,5 litros) a 1 cuarto de galón (0,95 litros), embalados en cajas de cartón ondulado, normalmente dispuestas en paletas. Muchos productos petrolíferos industriales y comerciales se trasladan en grandes contenedores intermedios a granel de metal, plástico o una combinación de materiales, cuya capacidad oscila entre los 380 y los 2.660 litros. El GPL se transporta en contenedores presurizados de tamaño variable. Además, las muestras de crudo, productos terminados y productos usados se remiten por correo o mensajería urgente a los laboratorios para su comprobación y análisis. Todos estos productos, recipientes y paquetes deben manipularse de acuerdo con las normativas públicas en materia de productos químicos peligrosos, líquidos inflamables y combustibles y materiales tóxicos. Con este fin, deben utilizarse declaraciones de materiales peligrosos, documentos de expedición, permisos, recibos y cumplirse otros requisitos reglamentarios, como el marcado de la parte exterior de los paquetes, recipientes, camiones y vagones con señales de identificación adecuadas y etiquetas de advertencia de peligro. Una utilización adecuada de los camiones y los vagones cisterna es importante para la industria del petróleo. Puesto que la capacidad de almacenamiento es finita, deben cumplirse los programas de distribución, tanto en la entrega de crudo para que las refinerías puedan mantenerse en funcionamiento, como en la de gasolina a las estaciones de servicio, de lubricantes a los clientes comerciales e industriales y de petróleo para calefacción a los hogares.

El GPL se suministra a los consumidores en camiones cisterna de gran tonelaje que lo bombean directamente a pequeños depósitos de almacenamiento in situ al descubierto o subterráneos (estaciones de servicio, explotaciones agrarias, consumidores comerciales e industriales). Asimismo, este tipo de gas se entrega a los consumidores con camiones o furgonetas que lo trasladan en recipientes (cilindros o botellas). El GNL se reparte en contenedores criogénicos especiales que disponen de un depósito de combustible interior rodeado por un aislante y una estructura de revestimiento exterior. En los vehículos y aparatos que utilizan el GNL como combustible se emplean contenedores similares. El gas natural comprimido suele entregarse en botellas convencionales, como las usadas en las carretillas elevadoras industriales.

Además de las precauciones de salud y seguridad habituales exigidas en los ferrocarriles y camiones de reparto, como las relativas al movimiento y la manipulación de objetos pesados y el funcionamiento de grandes vehículos industriales, los trabajadores deben conocer los riesgos asociados a los productos que manejan y entregan, y saber qué deben hacer en caso de vertido, escape u otra situación de emergencia. Por ejemplo, los bidones y los recipientes de tamaño intermedio a granel no deben dejarse caer de los vagones o de las puertas traseras de los camiones al suelo. Tanto las empresas como los organismos públicos han establecido normas y requisitos especiales para los conductores y los trabajadores que intervienen en el transporte y la entrega de productos petrolíferos inflamables y peligrosos.

Los conductores de camiones cisterna y furgonetas de reparto suelen trabajar en solitario y puede que tengan que recorrer grandes distancias durante varios días para entregar sus cargas. Prestan servicio día y noche en todo tipo de condiciones meteorológicas. La maniobra de camiones cisterna de gran tamaño en estaciones de servicio e instalaciones de clientes sin golpear a los vehículos aparcados u otros obstáculos fijos requiere paciencia,

habilidad y experiencia. Estos profesionales deben reunir las características físicas y psicológicas necesarias para su actividad.

La conducción de camiones cisterna difiere de la de furgonetas de reparto en cuanto que el producto líquido tiende a desplazarse hacia delante en los primeros cuando el vehículo para, hacia atrás si acelera, y de un lado a otro si gira. Los depósitos de los camiones cisterna deben adaptarse con mamparas de protección que restrinjan el movimiento del producto durante su transporte. Los conductores deben demostrar una habilidad considerable para superar la inercia creada por este fenómeno, denominado "masa en movimiento". En ocasiones, deben extraer por bombeo el producto contenido en depósitos de almacenamiento. Esta actividad requiere la dotación de un equipo especial, incluida una manguera de succión y bombas de trasiego, así como la adopción de precauciones especiales, como la conexión a tierra para disipar la acumulación electrostática y evitar la liberación de vapores o líquidos.

Acciones en casos de emergencia relacionados con vehículos de motor y vagones ferroviarios

Los conductores y el resto de trabajadores deben conocer los requisitos de notificación y las acciones de emergencia en caso de incendio o escape de producto, gases o vapores. Las placas de identificación del producto y de advertencia de peligro, conforme a las normas de marcado impuestas a escala nacional, por el sector o por una asociación, se colocan en camiones y vagones para que las personas encargadas de emprender dichas acciones puedan determinar las medidas de precaución necesarias en caso de derrame o escape de vapores, gases o productos. Asimismo, puede que se exija a los conductores vehículos de motor y al personal responsable de los trenes que lleven consigo fichas técnicas de seguridad (FTS) u otros documentos en los que se describan los riesgos y las precauciones relativos a la manipulación de los productos transportados. Algunas empresas y organismos públicos exigen a los vehículos que transportan líquidos inflamables o materiales peligrosos que dispongan de equipos de primeros auxilios, extintores de incendios, materiales para la limpieza de vertidos y dispositivos de advertencia de peligro portátiles o señales que alerten a los conductores respecto a su detención en la carretera.

Es necesario contar con equipos y técnicas especiales si un vagón o un camión cisterna deben vaciarse del producto que transportan como consecuencia de un vuelco u otro tipo de accidente. Se prefiere la descarga a través de válvulas y conductos fijos o mediante la utilización de chapas extractoras situadas en las compuertas de los depósitos; no obstante, en ciertas condiciones, pueden practicarse agujeros en éstos siguiendo los procedimientos de trabajo seguros prescritos. Con independencia del método empleado en la extracción, los depósitos deben conectarse a masa y debe establecerse una conexión a tierra entre el depósito vaciado y el receptor.

Limpieza de los vagones y los camiones cisterna

La entrada en un depósito de un vagón o un camión cisterna para su inspección, limpieza, mantenimiento o reparación es una actividad peligrosa que requiere el cumplimiento de todas las normas relativas a ventilación, comprobación, liberación de gases, acceso a espacios confinados y concesión de permisos, con el fin de garantizar una actuación segura. La limpieza de los vagones y los camiones cisterna no difiere de la practicada en los depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos, y son aplicables las mismas precauciones y procedimientos en materia de salud y seguridad. Los depósitos de los vagones y los camiones cisterna pueden contener residuos de materiales inflamables, peligrosos o tóxicos en sumideros y conductos de descarga, y pueden haber sido descargados utilizando un gas inerte como el

nitrógeno; por tanto, lo que parece un espacio limpio y seguro quizá no lo sea. Es posible que los depósitos que han contenido petróleo crudo, residuos, asfalto o productos con un elevado punto de fusión tengan que someterse a operaciones de limpieza con vapor o sustancias químicas antes de su ventilación y del acceso a los mismos, o pueden plantear un riesgo pirofórico. La ventilación de depósitos para liberarlos de vapores y gases tóxicos o inertes puede lograrse mediante la apertura de la válvula o la conexión situadas en la posición más inferior y alejada de cada depósito o compartimento y colocando una salida de aire en la apertura superior ubicada en el otro extremo. Debe inspeccionarse el depósito antes de entrar en él sin protección respiratoria, al objeto de comprobar que todos los rincones y puntos inferiores del mismo, como los sumideros, han sido ventilados por completo, y la ventilación debe continuar mientras duren los trabajos.

Almacenamiento de productos de petróleo líquido en depósitos al descubierto

El petróleo crudo, el gas, el GNL y el GPL, los aditivos de elaboración, las sustancias químicas y los productos derivados del petróleo se almacenan en depósitos a presión y atmosféricos al descubierto y subterráneos. Estos se sitúan al final de las tuberías de alimentación y colectoras, a lo largo de las canalizaciones principales, en las instalaciones marítimas de carga y descarga y en refinerías, terminales y fábricas a granel. En esta sección se analizan los depósitos atmosféricos al descubierto ubicados en refinerías, terminales y parques de depósitos de fábricas a granel. (La información relativa a los depósitos a presión al descubierto se ofrece más adelante, y la que concierne a los depósitos subterráneos y los pequeños depósitos al descubierto se incluye en el artículo "Operaciones de suministro de combustible y mantenimiento de vehículos de motor".)

Terminales y fábricas a granel

Las terminales son instalaciones de almacenamiento que suelen recibir crudo y productos derivados del petróleo a través de conducciones principales o suministrados por buques mercantes. Almacenan y redistribuyen estas mercancías a refinerías, otras terminales, fábricas a granel, estaciones de servicio y consumidores a través de oleoductos, buques mercantes y vagones y camiones cisterna. Pueden ser propiedad de empresas petrolíferas, empresas de gestión de oleoductos, operadores independientes, grandes usuarios industriales o comerciales, o distribuidores de productos petrolíferos.

Las fábricas a granel suelen ser más pequeñas que las terminales y reciben habitualmente productos petrolíferos entregados por vagones o camiones cisterna y enviados por terminales y, en ocasiones, transferidos de manera directa por las refinerías. Almacenan y redistribuyen productos a las estaciones de servicio y a los consumidores en camiones y furgonetas cisterna (vehículos dotados de pequeños depósitos con una capacidad que oscila entre los 9.500 y los 1.900 litros). Su explotación puede correr a cargo de empresas petroleras, distribuidores o propietarios independientes.

Parques de depósitos

Estas instalaciones consisten en agrupaciones de depósitos de almacenamiento situadas en yacimientos, refinerías, terminales marítimas, de oleoductos y de distribución y fábricas a granel en los que se conserva el crudo y los productos derivados del petróleo. En estos parques, los depósitos individuales o grupos de dos o más unidades suelen rodearse por recintos denominados bermas, diques o muros contra incendios. Estos recintos pueden variar en cuanto a forma de construcción y altura, desde las

bermas de 45 cm situadas alrededor de las conducciones y las bombas ubicadas dentro de los diques, hasta los muros de hormigón de altura superior a los depósitos que rodean. Los diques pueden fabricarse de tierra, arcilla u otros materiales, se cubren con grava, piedra caliza o conchas de moluscos para controlar la erosión, su altura es variable y su anchura es suficiente para que puedan desplazarse vehículos por encima. Las funciones principales de estos recintos son la contención, dirección y desviación del agua de lluvia, la separación física de los depósitos para evitar la propagación del fuego de un área a otra y la contención de vertidos, emisiones, fugas o rebosamientos de los depósitos, las bombas y las conducciones situadas en la zona que encierran.

Las normativas o las políticas de las empresas pueden exigir que los recintos basados en diques tengan un determinado tamaño y puedan contener una cantidad específica de producto. Por ejemplo, puede que uno de estos recintos deba ser capaz de contener al menos un 110 % de la capacidad del depósito más grande ubicado en su interior, teniendo en cuenta el volumen desplazado por el resto de depósitos y la cantidad de producto que queda en el interior del primero después de alcanzar el equilibrio hidrostático. Asimismo, puede exigirse que los recintos de diques se construyan con arcilla impermeable o revestimientos plásticos para evitar que el producto derramado o vertido contamine la tierra o las aguas subterráneas.

Depósitos de almacenamiento

En los parques de depósitos hay diversos modelos de almacenamiento al descubierto, atmosféricos y a presión, verticales y horizontales, que contienen crudo, reservas petrolíferas, materiales intermedios o productos petrolíferos terminados. Su tamaño, forma, diseño, configuración y funcionamiento dependen de la cantidad y del tipo de productos almacenados y de los requisitos impuestos por las empresas y las normativas. Los depósitos verticales al descubierto pueden equiparse con doble fondo para evitar las fugas al terreno y con protectores catódicos con el fin de reducir al mínimo la corrosión. Los horizontales pueden fabricarse con paredes dobles o situarse en cámaras acorazadas para evitar cualquier fuga.

Depósitos atmosféricos de techo cónico

Los depósitos de techo cónico son contenedores atmosféricos cilíndricos, horizontales o verticales, cubiertos y situados sobre el nivel del suelo. Disponen de escaleras y plataformas externas y de un techo ligero que protege uniones, respiraderos, imbornales y salidas de desagüe; puede constar de otros accesorios, como tubos de medición, conductos y cámaras de espuma, sistemas de detección y señalización de rebosamiento, sistemas de medición automáticos, etc.

Cuando se almacena crudo volátil y productos de petróleo líquido inflamables en estos depósitos, puede ocurrir que el espacio ocupado por los vapores se sitúe dentro de la escala de inflamabilidad. Aunque el espacio entre el nivel superior del producto y la cubierta del depósito suele ser rico en vapor, la circunstancia antes descrita puede producirse cuando se introduce el producto por primera vez en un depósito vacío, al entrar aire en el mismo a través de los respiraderos o las válvulas de presión/vacío cuando se extrae el producto, o cuando el depósito despiden vaho debido a los cambios de temperatura. Este tipo de depósitos puede conectarse a sistemas de recuperación de vapores.

Los depósitos de conservación constituyen una variante de los anteriores con una sección superior e inferior separada por una membrana flexible diseñada para contener los vapores producidos cuando el producto se calienta y expande debido a la exposición a la luz solar durante el día, y para devolver el vapor

al depósito cuando el primero se condensa con el enfriamiento del segundo por la noche. Los depósitos de conservación suelen utilizarse para almacenar gasolina de aviación y productos similares.

Depósitos atmosféricos de techo flotante

Se trata de modelos atmosféricos y cilíndricos situados sobre el nivel del suelo, verticales, cubiertos o descubiertos y equipados con techos flotantes. El objetivo primordial de estos dispositivos es reducir al mínimo el espacio ocupado por el vapor entre su parte inferior y el nivel superior del producto, por lo que siempre es rico en vapor, impidiendo así la oportunidad de que se produzca una combinación de aire y vapor inflamable. Todos los depósitos de este tipo disponen de escaleras y plataformas externas, escaleras ajustables para el acceso al techo flotante desde la plataforma, y pueden equiparse con accesorios como derivadores que conectan eléctricamente el techo a la cubierta, tubos de medición, conductos y cámaras de espuma, sistemas de detección y señalización de rebosamientos, sistemas de medición automáticos, etc. Alrededor del perímetro de los techos flotantes se instalan precintos o fundas para evitar fugas del producto o el vapor y que éstos se acumulen en el techo o en el espacio situado encima del mismo.

Los techos flotantes disponen de patas que se colocan elevadas o bajas en función del tipo de operación. Suelen mantenerse en la posición baja para que pueda extraerse del depósito la máxima cantidad posible de producto sin crear un espacio de vapor entre el nivel superior de producto y la parte inferior del techo flotante. Puesto que los depósitos se ponen fuera de servicio antes de entrar en ellos para su inspección, mantenimiento, reparación o limpieza, es necesario ajustar dicha patas y situarlas en la posición elevada para dejar un espacio suficiente que permita trabajar bajo el techo una vez que el depósito se ha vaciado. Cuando el depósito vuelve a funcionar, y después de su llenado, las patas se colocan de nuevo en la posición baja.

Este tipo de depósitos se dividen en externos de techo flotante, internos de techo flotante y externos cubiertos de techo flotante.

Los depósitos de techo flotante externos (*abiertos*) suelen instalarse en depósitos de almacenamiento abiertos. Los techos flotantes externos suelen fabricarse en acero y disponen de pontones u otros dispositivos de flotación. Están equipados con tuberías de desagüe para eliminar el agua, con manguitos o fundas para evitar los escapes de vapor y con escaleras ajustables para acceder al techo desde la parte superior del depósito con independencia de su posición. Asimismo, pueden contar con precintos secundarios para reducir al mínimo la emisión de vapor a la atmósfera, protectores contra la intemperie para proteger los precintos y cerramientos de espuma para retener este material en la zona del precinto en caso de incendio o de fuga. El acceso a los techos flotantes externos para llevar a cabo tareas de medición, mantenimiento, etc. puede considerarse un caso de entrada en espacios confinados, dependiendo del nivel del techo por debajo de la parte superior del depósito, los productos contenidos en éste y las normativas públicas y las políticas de las empresas.

Los depósitos de techo flotante interno suelen consistir en modelos de techo cónico transformados mediante la instalación de plataformas flotantes, balsas o cubiertas flotantes internas dentro del depósito. Los techos flotantes internos suelen fabricarse en diversos tipos de chapas metálicas, aluminio, plástico o espuma plástica expandida cubierta de metal, y su construcción puede ser del tipo de pontón o de artesa, de material flotante macizo o una combinación de ambos. Los techos flotantes internos están equipados con precintos de perímetro para evitar que el vapor acceda al espacio del depósito situado entre la parte superior del techo flotante y el techo exterior. Las válvulas de presión/vacío y

los respiraderos suelen situarse en la parte superior del depósito para controlar la presencia de vapores de hidrocarburos que puedan acumularse en el espacio situado sobre el flotador interno. En este tipo de depósitos se instalan escaleras para el acceso desde el techo cónico al techo flotante. La entrada en los techos flotantes internos, con independencia de la razón a la que obedezca, debe considerarse un acceso a un espacio confinado.

Los depósitos de techo flotante (*externo*) cubiertos consisten básicamente en modelos de techo flotante externo que han sido reconvertidos mediante la adaptación de una cúpula geodésica, una cubierta ligera o una estructura semifija similar, de forma que el techo flotante deja de estar abierto a la atmósfera. Los modelos de este depósito de nueva construcción pueden incorporar techos flotantes típicos diseñados para depósitos de techo flotante interno. El acceso a los techos flotantes externos cubiertos para efectuar tareas de medición, mantenimiento, etc. puede considerarse una entrada en un espacio confinado, dependiendo de la construcción de la cúpula o la cubierta, el nivel del techo por debajo de la parte superior del depósito, los productos contenidos en éste y las normativas públicas y las políticas de las empresas.

Recepción de productos desde oleoductos y buques

Una cuestión importante en materia de seguridad, calidad de producto y medio ambiente considerada en las instalaciones de almacenamiento consiste en evitar la mezcla de productos y el rebosamiento de los depósitos mediante la formulación y la aplicación de procedimientos operativos y prácticas de trabajo que garanticen la seguridad. El funcionamiento seguro de los depósitos de almacenamiento depende de la recepción del producto en unidades de la capacidad adecuada mediante su estudio con anterioridad a la entrega, la medición de los depósitos para determinar la capacidad disponible y la garantía de que la alineación de las válvulas es correcta y de que sólo el dispositivo de entrada del depósito receptor permanece abierto, de forma que la cantidad oportuna de producto se introduzca en la unidad asignada. Normalmente, los canales de desagüe ubicados en las áreas de diques que rodean a los depósitos deben mantenerse cerrados durante la recepción, en previsión de que se produzca un llenado excesivo o un derrame. La protección contra el rebosamiento y la prevención de este problema puede lograrse mediante el seguimiento de varias prácticas operativas de seguridad, incluida la aplicación de controles manuales y de la detección automática, la instalación de sistemas de señalización e interrupción de flujo como medio de comunicación, que deben ser aceptadas y comprendidas por el personal encargado del traslado del producto en el oleoducto, el buque mercante y la terminal marítima o la refinería.

Las normativas públicas o las políticas de las empresas pueden exigir la instalación de mecanismos automáticos de detección del nivel de producto y de sistemas de señalización e interrupción en los depósitos que reciben líquidos inflamables y otros productos procedentes de oleoductos principales o buques mercantes. En caso de que se proceda a la instalación, debe comprobarse la integridad de los sistemas electrónicos periódicamente o con anterioridad al trasvase del producto y, si el sistema falla, estos traslados deben someterse a los procedimientos manuales de recepción. Las remesas de producto deben controlarse de forma manual o automática, in situ o desde un centro de control remoto, con el fin de garantizar que las operaciones se llevan a cabo de acuerdo con las previsiones. A la finalización del trasvase, todas las válvulas deben volver a colocarse en su posición operativa normal o disponerse para la próxima recepción. Las bombas, válvulas, conexiones de tubos, conducciones de sangrado y muestreo, colectores, desagües y sumideros deben

someterse a inspección y mantenimiento para garantizar su buen estado y evitar vertidos y fugas.

Medición y toma de muestras de depósitos

Las instalaciones de almacenamiento en depósitos deben establecer procedimientos y prácticas de trabajo seguras para la medición y la toma de muestras de crudo y productos petrolíferos en las que se tengan en cuenta los posibles riesgos asociados a cada producto almacenado y a cada tipo de depósito disponible. Aunque las mediciones suelen efectuarse con la ayuda de dispositivos mecánicos o electrónicos, deben emplearse métodos manuales cada cierto tiempo para garantizar la precisión de los sistemas automáticos.

Las operaciones manuales de medición y toma de muestras suelen obligar al trabajador a subir a la parte superior de los depósitos. Al evaluar modelos de techo flotante, la persona encargada debe descender a éste, salvo que el depósito disponga de tubos de medición y muestreo accesibles desde la plataforma. En el caso de las unidades de techo cónico, el responsable de la medición debe abrir una compuerta para introducir el dispositivo utilizado en el depósito. Estos trabajadores deben conocer los requisitos relativos al acceso a espacios confinados y los riesgos potenciales vinculados a la ubicación en techos flotantes cubiertos o descubiertos situados por debajo de los niveles de altura establecidos. Estas operaciones pueden exigir la utilización de dispositivos de vigilancia, como detectores de oxígeno, gas combustible y ácido sulfhídrico, así como de equipos de protección individual y respiratoria.

Las temperaturas y las muestras de producto pueden obtenerse simultáneamente cuando se efectúen operaciones de medición manual. Asimismo, las temperaturas pueden registrarse de manera automática y las muestras recogerse mediante conexiones incorporadas. Los métodos manuales deben restringirse cuando los depósitos reciban producto. A la conclusión de la recepción, se aplicará un período de relajación de 30 minutos a 4 horas, dependiendo del producto y de la política de la empresa, con el fin de permitir la disipación de la acumulación electrostática antes de llevar a cabo las tareas manuales de medición y toma de muestras. Algunas empresas exigen el establecimiento y mantenimiento de comunicación o contacto visual entre el personal encargado de la medición y otros trabajadores de la instalación durante las maniobras de descenso sobre techos flotantes. El acceso a los techos y las plataformas de los depósitos para efectuar tareas de medición, toma de muestras y otras actividades debe limitarse durante las tormentas.

Ventilación y limpieza de depósitos

Los depósitos de almacenamiento se ponen fuera de servicio para su inspección, comprobación, mantenimiento, reparación, renovación y limpieza, de acuerdo con las necesidades o a intervalos periódicos, en función de las normativas públicas, las políticas de las empresas y los requisitos del servicio operativo. Aunque la ventilación, la limpieza y el acceso a depósitos son operaciones potencialmente peligrosas, pueden llevarse a cabo sin incidentes, siempre que se establezcan los procedimientos adecuados y se sigan las prácticas de trabajo seguras. Sin estas precauciones, pueden producirse lesiones o daños a causa de explosiones, incendios, falta de oxígeno, exposiciones a sustancias tóxicas y riesgos físicos.

Preparativos preliminares

Es necesario llevar a cabo varios preparativos preliminares después de adoptar la decisión de que un determinado depósito necesita ser puesto fuera de servicio para su inspección, mantenimiento o limpieza. Se trata de: programar las alternativas de

almacenamiento y suministro; revisar el historial de la unidad para determinar si ha contenido en algún momento productos con plomo o si ha sido limpiado con anterioridad y se ha certificado que no los contiene; establecer la cantidad y el tipo de productos contenidos, así como el volumen de residuos que permanecen en el depósito; inspeccionar la parte exterior de éste, el área que lo rodea y el equipo que se va a utilizar para retirar el producto, extraer el vapor y limpiar; asegurarse de que el personal está formado, cualificado y familiarizado con los procedimientos de seguridad y concesión de permisos de la instalación; asignar las tareas de acuerdo con los requisitos relativos a las autorizaciones para el acceso a espacios confinados, y el trabajo en caliente y en condiciones de seguridad; y celebrar una reunión entre el personal de la terminal y los trabajadores o los contratistas dedicados a la limpieza de los depósitos, antes de iniciar su construcción o su mantenimiento.

Control de las fuentes de ignición

Después de sacar todo el producto disponible del depósito por las tuberías fijas, y antes de la apertura de los conductos de extracción de agua y toma de muestras, todas las fuentes de ignición deben retirarse del área circundante hasta que el depósito quede libre de vapores. Las bombas, compresores y vehículos de aspiración, así como otros equipos de alimentación eléctrica o impulsados por motores deben situarse contra el viento, encima o fuera del área de diques o, si se colocan dentro de ésta, alejados al menos 20 metros del depósito y de cualquier otra fuente de vapores inflamables. Las actividades de preparación, ventilación y limpieza del depósito deben interrumpirse durante las tormentas eléctricas.

Eliminación de residuos

El siguiente paso consiste en eliminar en la medida de lo posible el producto restante y los residuos mediante las conexiones de las tuberías y de extracción de agua. Puede expedirse un permiso de trabajo seguro para esta actividad. Es posible inyectar agua o combustible destilado en el depósito a través de las conexiones fijas para ayudar a que el producto fluya fuera de la unidad. Los residuos retirados de los depósitos que han contenido crudo sulfuroso deben mantenerse húmedos hasta su evacuación para evitar la combustión espontánea.

Aislamiento del depósito

Después de que todo el producto disponible haya sido extraído a través de las conducciones fijas, las tuberías conectadas al depósito, incluidas las de entrada de producto, recuperación de vapor, canalización de espuma, tomas de muestra, etc. deben desconectarse mediante el cierre de las válvulas más cercanas al depósito e insertando pantallas en los conductos del lado de la válvula próxima al depósito, con el fin de evitar que los vapores accedan a éste desde las tuberías. La porción de éstas comprendida entre las pantallas y el depósito debe drenarse y limpiarse con agua. Las válvulas situadas fuera del área de diques deben cerrarse y bloquearse o señalizarse. Las bombas del depósito, los mezcladores internos, los sistemas de protección catódica, los dispositivos electrónicos de medición y detección de nivel y otros mecanismos deben desconectarse, desactivarse y bloquearse o señalizarse.

Eliminación de vapores

El depósito ya está preparado para quedar libre de vapores. Deben realizarse pruebas intermitentes o continuas para comprobar su nivel y la actividad en la zona debe restringirse durante las tareas de ventilación. No suele optarse por la de carácter natural, basada en la apertura de la unidad a la atmósfera, ya que no es ni tan rápida ni tan segura como la ventilación

forzada. Hay varios métodos de ventilar mecánicamente un depósito, que dependen de su tamaño, construcción, condición y configuración interna. Uno de ellos, aplicado a depósitos de techo cónico, consiste en extraer el vapor con un ventilador montado en una compuerta de la parte superior de la unidad; la velocidad del ventilador aumenta progresivamente al tiempo que se abre una compuerta en la parte inferior.

Debe expedirse un permiso de trabajo seguro o en caliente relativo a las actividades de ventilación. Todos los ventiladores y extractores deben conectarse firmemente a la estructura del depósito para evitar la ignición electrostática. Por razones de seguridad, es preferible que estos dispositivos funcionen con aire comprimido; no obstante, se han utilizado motores eléctricos o de vapor a prueba de explosiones. Los depósitos de techo flotante interno pueden necesitar que se ventilen por separado las secciones situadas encima y debajo del techo. Si los vapores se evacúan a través de una compuerta inferior, es necesario instalar un tubo vertical de al menos 4 metros por encima del nivel del suelo y de una altura nunca menor a la del dique circundante, con el fin de evitar que los vapores se acumulen a niveles bajos o alcancen una fuente de ignición antes de disiparse. En caso necesario, pueden dirigirse al sistema de recuperación de vapor de la instalación.

A medida que avanza el proceso de ventilación, los residuos restantes pueden lavarse y eliminarse a través de la compuerta inferior abierta con la ayuda de mangueras de agua y de succión, que deben conectarse a tierra con la estructura del depósito para prevenir la ignición electrostática. Las unidades que hayan contenido crudo sulfuroso o productos residuales al alto contenido de azufre pueden generar calor espontáneo y arder al secarse durante la ventilación. Este riesgo debe evitarse humedeciendo el interior del depósito con agua para impedir que los sedimentos se combinen con el aire y que se eleve la temperatura. Los residuos de sulfuro de hierro deben extraerse a través de la compuerta abierta, al objeto de evitar la ignición de los vapores durante la ventilación. Los trabajadores dedicados a las actividades de lavado, extracción y humidificación deben utilizar equipos de protección individual y respiratoria adecuados.

Acceso inicial, inspección y certificación

Una indicación del avance de las tareas de extracción de vapores del depósito puede obtenerse mediante el análisis de éstos en el punto de extracción. Cuando la concentración de vapor inflamable se sitúe por debajo de lo establecido por los organismos reguladores y las políticas de las empresas, puede accederse al interior del depósito para su inspección y comprobación. La persona que entre debe utilizar equipos apropiados de protección individual y respiratoria con suministro de aire; después de evaluar la atmósfera en la compuerta y obtener un permiso de entrada, el trabajador podrá introducirse en el depósito para seguir realizando pruebas y proceder con la inspección. Esta debe comprender el control de obstrucciones, techos que amenacen caída, soportes débiles, perforaciones en el suelo y otros riesgos físicos.

Limpieza, mantenimiento y reparación

A medida que avanza la ventilación y se reducen los niveles de vapor en el depósito, pueden expedirse permisos a los trabajadores para que accedan al depósito con los equipos de protección personal y respiratoria adecuados, si son necesarios, y comiencen las tareas de limpieza. El control del oxígeno, los vapores inflamables y las atmósferas tóxicas debe continuar, y si los niveles dentro del depósito exceden los establecidos para autorizar el acceso, el permiso expirará automáticamente y los trabajadores abandonarán de inmediato la unidad hasta que se recuperen los niveles

de seguridad y vuelva a expedirse un permiso. La ventilación debe proseguir durante las operaciones de limpieza siempre que quede algún residuo o sedimento en el depósito. Sólo se utilizarán luces de baja tensión o linternas autorizadas durante la inspección y la limpieza.

Una vez que los depósitos se han limpiado y secado, debe realizarse una inspección y una comprobación definitivas antes de iniciar las operaciones de mantenimiento, reparación o renovación. El examen exhaustivo de sumideros, pozos, chapas del piso, pontones del techo flotante, soportes y columnas es necesario para garantizar la inexistencia de fugas que permitan al producto introducirse en estos elementos o filtrarse a través del suelo. Los espacios existentes entre los precintos de espuma y las protecciones contra la intemperie o los recipientes secundarios también deben inspeccionarse y comprobarse para detectar la presencia de vapores. Si el depósito ha contenido previamente gasolina con plomo, o si se carece de su historial hay que efectuar una prueba de plomo en la atmósfera y certificarse que la unidad está libre de esta sustancia antes de que se permita a los trabajadores el acceso a su interior sin equipo de protección respiratoria con suministro de aire.

Debe expedirse un permiso de trabajo en caliente relativo a las tareas de soldadura, corte y afines, y otro de trabajo seguro que cubra otras actividades de reparación y mantenimiento. La soldadura y el trabajo en caliente pueden crear humos tóxicos o nocivos dentro del depósito, lo que exige su control, la utilización de protección respiratoria, y la ventilación continua. Cuando los depósitos se renuevan con la instalación de fondos dobles o techos flotantes internos, suele practicarse un gran orificio a un lado de los mismos para facilitar el acceso no restringido y evitar la necesidad de expedir permisos de entrada en espacios confinados.

Las operaciones de limpieza por chorro de aire y de pintura del exterior de los depósitos suelen seguir a la limpieza del interior y se completan antes de que se vuelvan a poner en servicio. Estas actividades, junto con la limpieza y la pintura de las tuberías del parque de depósitos, pueden realizarse con las unidades y los conductos en funcionamiento mediante la aplicación y cumplimiento de los procedimientos de seguridad prescritos, que consisten, por ejemplo, en la supervisión de los vapores de hidrocarburos y en la detención de la limpieza por chorro de aire cuando los depósitos cercanos reciben productos líquidos inflamables. La limpieza por chorro de arena puede plantear el riesgo de la exposición a la sílice; por tanto, numerosos organismos públicos y empresas exigen la utilización de materiales especiales no tóxicos para esta actividad o de arena, que puede recogerse, limpiarse y reciclarse. Pueden emplearse dispositivos de recogida al vacío tras la conclusión de esta tarea, al objeto de evitar la contaminación cuando se elimina pintura con plomo de los depósitos y las tuberías. Tras la limpieza por chorro de aire, los puntos de las paredes de los depósitos y de los conductos donde se sospecha la presencia de fugas y filtraciones deben comprobarse y repararse antes de ser pintados.

Vuelta al servicio de los depósitos

Como preparación para la vuelta al servicio tras la finalización de las tareas de limpieza, inspección, mantenimiento o reparación, las compuertas se cierran, se retiran las pantallas, y se vuelven a conectar las tuberías al depósito. Se procede al desbloqueo, apertura y ajuste de las válvulas y se reactivan los dispositivos mecánicos y eléctricos. Muchos organismos públicos y empresas exigen la comprobación hidrostática de los depósitos para garantizar la inexistencia de fugas antes de su puesta en funcionamiento. Puesto que se requiere una cantidad considerable de agua para alcanzar la presión necesaria para efectuar una prueba precisa, suele utilizarse una base de agua cubierta por combustible diesel.

Tras la realización de la prueba, el depósito se vacía y se prepara para recibir el producto. Una vez completada la recepción y transcurrido el período de relajación, las alas de los depósitos de techo flotante vuelven a colocarse en una posición baja.

Prevención y protección contra incendios

Siempre que haya hidrocarburos en recipientes cerrados como los depósitos de refinerías, terminales y fábricas a granel, hay riesgo de fugas de líquidos y vapores. Estos pueden combinarse con el aire en condiciones de inflamabilidad y, si entran en contacto con una fuente de ignición, provocar una explosión o un incendio. Con independencia de la capacidad de los sistemas de protección contra incendios y del personal de la instalación, la clave en la lucha contra incendios es la prevención. Debe impedirse que los vertidos y escapes alcancen los sistemas de alcantarillado y desagüe. Los pequeños derrames deben cubrirse con mantas humedecidas, y los de gran importancia con espuma, con el fin de evitar que los vapores se propaguen y se combinen con el aire. Las fuentes de ignición en áreas donde puede haber vapores de hidrocarburos deben eliminarse o controlarse. Los extintores portátiles deben formar parte de la dotación de los vehículos de servicio y ubicarse en posiciones estratégicas y accesibles por toda la instalación.

El establecimiento y la aplicación de prácticas y procedimientos de trabajo seguros, como los sistemas de concesión de permisos para trabajo en caliente y seguro (en frío), los programas de clasificación eléctrica, los programas de bloqueo y señalización y la formación de los trabajadores y los contratistas son esenciales en la prevención de incendios. Las instalaciones deben desarrollar procedimientos de emergencia de acuerdo con una planificación previa, y los miembros del personal deben conocer sus responsabilidades en lo que respecta a la comunicación y la actuación en caso de incendio y a la evacuación. Los números de teléfono de los responsables y de los organismos que deben ser informados de las situaciones de emergencia deben colocarse en lugares visibles de las instalaciones y debe disponerse de un medio de comunicación. Los departamentos locales de bomberos y las organizaciones de actuación en caso de emergencia, seguridad pública y protección civil deben conocer los procedimientos oportunos, las instalaciones y sus riesgos.

Los incendios debidos a la combustión de hidrocarburos se controlan mediante la aplicación individual o combinada de los métodos siguientes:

- **Eliminación del combustible.** Uno de los métodos mejores y más sencillos para controlar y extinguir este tipo de incendios consiste en interrumpir el flujo de combustible mediante el cierre de una válvula, la desviación de su canalización o, si se trata de una pequeña cantidad de producto, el control de las exposiciones mientras se permite la combustión total del mismo. La espuma también puede utilizarse para cubrir los derrames de hidrocarburos y evitar la emisión de vapores y su combinación con el aire.
- **Eliminación del oxígeno.** Otro método es interrumpir el suministro de aire u oxígeno mediante la sofocación del incendio con espuma o agua nebulizada, o la aplicación de dióxido de carbono o nitrógeno para que desplacen al aire en espacios cerrados.
- **Refrigeración.** El agua nebulizada o pulverizada y el dióxido de carbono pueden utilizarse para extinguir ciertos fuegos de productos petrolíferos, situando la temperatura del incendio por debajo del punto de ignición del producto e impidiendo la formación de vapores y la combinación de éstos con el aire.
- **Interrupción de la combustión.** Las sustancias químicas como el polvo seco y el halón extinguen los incendios mediante la interrupción de la reacción química del fuego.

Protección contra incendios en los depósitos de almacenamiento

La protección y prevención de incendios en los depósitos de almacenamiento es una ciencia especializada que depende de la interrelación entre el tipo de depósito, el estado y el tamaño, el producto y la cantidad del mismo almacenada, la ubicación, la colocación de diques y el drenaje del depósito, las capacidades de protección y actuación contra incendios de la instalación, la asistencia externa, las normas de cada empresa, las normas industriales y las normativas públicas. Los incendios en este tipo de depósitos pueden resultar fáciles o muy difíciles de controlar y extinguir, dependiendo principalmente de la detección y el ataque de los mismos en la fase inicial de su desarrollo. Las personas encargadas del funcionamiento de los depósitos deben remitirse a las numerosas prácticas recomendadas y normas desarrolladas por organizaciones como el American Petroleum Institute (API), y la National Fire Protection Association (NFPA) de Estados Unidos, en las que se aborda la prevención y la protección contra incendios en depósitos de almacenamiento con gran detalle.

Si los depósitos descubiertos de techo flotante presentan excentricidad o si los precintos están desgastados o no garantizan la estanqueidad de los recipientes, los vapores se liberan y combinan con el aire y forman mezclas inflamables. Si en estas condiciones cae un rayo, es fácil que se inicie un incendio en el punto de unión de las guarniciones del techo con el armazón del depósito. Si se detectan a tiempo, estos pequeños fuegos se extinguen con un extintor manual de polvo seco o con espuma aplicada con una manguera o un sistema generador.

Si el incendio de un precinto no puede controlarse con estas herramientas, o si se desarrolla uno de grandes dimensiones, el techo se cubre de espuma proyectada con instalaciones fijas o semifijas o con equipos de gran capacidad. Es necesario adoptar precauciones al aplicar espuma a los techos flotantes, ya que si aumenta mucho el peso pueden inclinarse o hundirse, lo que determina la exposición al fuego de una gran superficie de producto. Los diques de espuma se utilizan en este tipo de techos para mantener dicho material en el área comprendida entre los precintos y la estructura del depósito. A medida que se asienta la espuma, el agua se filtra bajo los diques y debe ser extraída a través del sistema de drenaje del techo del depósito para evitar un exceso de peso y el posterior hundimiento del techo.

Dependiendo de las normativas públicas y las políticas de las empresas, los depósitos de almacenamiento pueden equiparse con sistemas fijos o semifijos de espuma que incluyen las conducciones hasta los depósitos, las cámaras o columnas instaladas en éstos, las toberas y los conductos de inyección sumergidos en el fondo de los depósitos, y los conductos de distribución y diques de espuma en la parte superior de los mismos. En los sistemas fijos, las soluciones de espuma y agua son generadas en recipientes de ubicación central y bombeados al depósito a través de las canalizaciones. En los sistemas semifijos, suelen utilizarse tanques de espuma portátiles, generadores y bombas que se desplazan al depósito, se conectan a un suministro de agua y a los conductos de espuma del depósito. Asimismo, las soluciones mencionadas pueden generarse y distribuirse desde una ubicación central de la instalación a través de un sistema de tuberías y tomas de agua, y las mangueras se utilizan para conectar la toma más cercana al sistema semifijo de espuma del depósito.

Cuando los depósitos no disponen de sistemas de espuma fijos o semifijos, ésta puede aplicarse desde la parte superior de los depósitos, utilizando proyectores, mangueras de incendios y toberas. Con independencia del método de aplicación, para controlar un incendio plenamente desarrollado en un depósito hay que suministrar una cantidad específica de espuma reduciendo a técnicas especiales, con una concentración y un caudal

determinados durante un período de tiempo mínimo, que depende principalmente del tamaño del depósito, el producto de que se trate y la superficie del incendio. Si no se dispone de concentrado de espuma suficiente para satisfacer los criterios de aplicación establecidos, la posibilidad de control o extinción es mínima.

Sólo los bomberos capacitados y con experiencia deben ser autorizados para utilizar agua en la lucha contra incendios de depósitos de petróleo líquido. Pueden producirse erupciones o chorros de vapor hirviendo cuando el agua se convierte en vapor al aplicarla directamente sobre los fuegos declarados en depósitos donde se consume crudo o productos petrolíferos pesados. Como el agua pesa más que la mayoría de los hidrocarburos, se desplaza al fondo del depósito y, si se aplica en una cantidad suficiente, llena éste y empuja al producto en llamas hacia arriba y fuera de la parte superior del depósito.

El agua suele utilizarse para controlar o extinguir incendios por vertido generados alrededor de la parte exterior de los depósitos, de forma que las válvulas puedan ser activadas para controlar el flujo de producto, refrigerar los lados de los depósitos afectados para evitar las explosiones de vapor en expansión generado por líquidos en ebullición (BLEVE; véase más adelante la sección “Riesgos de incendio de los HGL) y reducir el efecto del calor y la incidencia de las llamas sobre los depósitos y los equipos adyacentes. Debido a la necesidad de formación, materiales y equipos especializados, en vez de permitir a los trabajadores que intenten la extinción de este tipo de incendios, muchas terminales y fábricas a granel han adoptado la política de eliminar tanto producto como sea posible de los depósitos afectados, proteger las estructuras cercanas del calor y las llamas y dejar que el producto restante se quemara en el depósito en condiciones controladas, hasta la total extinción del incendio.

Salud y seguridad en terminales y fábricas a granel

Los cimientos, soportes y tuberías de los depósitos de almacenamiento deben someterse a inspecciones periódicas para detectar la presencia de corrosión, erosión, sedimentación u otros daños visibles, con el fin de prevenir la pérdida o la degradación del producto. Las válvulas de presión-vacío, los precintos y las cubiertas, los respiraderos, las cámaras de espuma, los canales de desagüe de los techos, las válvulas de extracción de agua y los dispositivos de detección de rebosamiento deben ser objeto de operaciones de inspección, comprobación y mantenimiento cada cierto tiempo, incluida la retirada de hielo durante el invierno. Los cortafuegos instalados en los respiraderos o en los conductos de recuperación de vapor de los depósitos deben inspeccionarse y limpiarse con regularidad, además de mantenerse libres de escarcha en el invierno para garantizar un funcionamiento adecuado. Las válvulas situadas en las salidas del depósito dotadas de cierre automático en caso de incendio o caída de presión deben comprobarse para determinar su funcionalidad.

Las superficies de los diques deben drenar hacia el exterior de los depósitos, las bombas y las conducciones con el fin de alejar el producto derramado o vertido hacia una zona segura. Las paredes de los diques deben mantenerse en buenas condiciones, y las válvulas de drenaje han de permanecer cerradas, salvo en los momentos en que se extraiga el agua y se drenen las áreas de diques excavadas, según las necesidades relativas al mantenimiento de la capacidad establecida. Las escaleras fijas y de mano, rampas, plataformas y barandillas de las terminales de carga, diques y depósitos deben conservarse en perfectas condiciones, libres de hielo, nieve y petróleo. Las fugas de depósitos y conducciones deben repararse tan pronto como sea posible. No es aconsejable utilizar juntas victáulicas o similares

en las tuberías situadas dentro de las áreas de diques que pueden verse expuestas al calor, para evitar el riesgo de que los conductos se abran durante los incendios.

Deben establecerse y aplicarse prácticas de trabajo y procedimientos seguros, e impartirse formación, de modo que los trabajadores de terminales y fábricas a granel, el personal de mantenimiento, los conductores de camiones cisterna y el personal contratado puedan desarrollar sus actividades con seguridad. En estos instrumentos debe incluirse, como mínimo, información relativa a los conceptos básicos de la ignición, el control y la extinción de incendios de hidrocarburos, a los riesgos y la protección frente a exposiciones de sustancias tóxicas como el ácido sulfhídrico y los compuestos aromáticos polinucleares presentes en el crudo y los combustibles residuales, el benceno de la gasolina y los aditivos como el tetraetilo de plomo y el metil-*tert*-butil éter (MTBE), planes de actuación en caso de emergencia y riesgos físicos y climáticos habituales asociados con esta actividad.

El amianto y otros aislantes pueden utilizarse en las instalaciones para la protección de depósitos y conductos. Deben establecerse y cumplirse las medidas oportunas relativas al trabajo seguro y a la utilización de protección individual en las operaciones de manipulación, eliminación y evacuación de estos materiales.

Protección medioambiental

Los directivos y trabajadores de las terminales deben conocer y cumplir las normativas públicas y las políticas de las empresas relativas a la protección del medio ambiente, las aguas subterráneas y de superficie, los suelos y la atmósfera frente a la contaminación provocada por líquidos y vapores de petróleo, así como a la manipulación y la evacuación de residuos peligrosos.

- *Contaminación de las aguas.* Muchas terminales disponen de dispositivos de separación del petróleo y el agua para manipular el agua contaminada procedente de las áreas de contención de los depósitos, de los desagües de terminales de carga y áreas de aparcamiento y de los drenajes de depósitos y techos de depósitos descubiertos. Las terminales pueden ser obligadas a cumplir las normas establecidas en lo que respecta a la calidad del agua y a obtener permisos antes de proceder a la evacuación de ésta.
- *Contaminación atmosférica.* La prevención de la contaminación atmosférica comprende la reducción al mínimo de las emisiones de vapores a través de válvulas y respiraderos. Las unidades de recuperación de vapores absorben éstos en las terminales de carga y las dársenas portuarias, incluso cuando los depósitos se ventilan con anterioridad al acceso a los mismos. Estos vapores se procesan y se devuelven a los depósitos de almacenamiento en forma líquida o se queman.
- *Vertidos en el suelo y en el agua.* Los organismos públicos y las empresas pueden exigir a las instalaciones de almacenamiento de petróleo que establezcan planes de prevención, control y actuación en casos de vertido, y al personal que reciba formación y conozca los riesgos potenciales, las notificaciones que deben efectuarse y las acciones que deben emprenderse en caso de vertido o escape. Además de la forma de abordar los vertidos en las instalaciones de las terminales, los trabajadores suelen ser instruidos y equipados para actuar en emergencias acaecidas fuera de las mismas, como el vuelco de un camión cisterna.
- *Aguas residuales y residuos peligrosos.* Las terminales pueden ser obligadas a cumplir la reglamentación en la materia y a obtener permisos para la evacuación de aguas residuales y residuos petrolíferos a centros de tratamiento de propiedad pública o privada. Son varias las normativas y los

procedimientos establecidos por las empresas aplicables al almacenamiento y la manipulación in situ de residuos peligrosos como los aislamientos de amianto, los residuos de la limpieza de depósitos y los productos contaminados. Los trabajadores deben recibir formación para desempeñar esta actividad y deben ser informados de los posibles riesgos asociados a las eventuales exposiciones.

Almacenamiento y manipulación de HGL

Depósitos de almacenamiento a granel

Los HGL se almacenan en grandes depósitos en el lugar de explotación (yacimientos de gas y petróleo, fábricas de gas y refinerías) y en los puntos de distribución al consumidor (terminales y fábricas a granel). Los dos métodos más utilizados de almacenamiento a granel de HGL son:

- *A alta presión y temperatura ambiente.* Los HGL se almacenan en depósitos de acero a presión (de 1,6 a 1,8 mPa) o en formaciones subterráneas salinas o rocosas impermeables.
- *A presiones próximas a la atmosférica y baja temperatura.* Los HGL se almacenan en depósitos de acero termoaislados de paredes delgadas; de hormigón armado subterráneos y al descubierto; y criogénicos subterráneos. La presión se mantiene próxima a la atmosférica (0,005 a 0,007 mPa) y a una temperatura de $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el caso del GNL almacenado en depósitos criogénicos subterráneos.

Los depósitos de almacenamiento de GPL a granel son horizontales de forma cilíndrica (de 40 a 200m^3) o esféricos (hasta 8.000 m^3). La refrigeración es habitual en almacenamientos de más de 2.400 m^3 . Tanto los depósitos horizontales, fabricados en talleres y transportados a su lugar de ubicación, como los esféricos, construidos in situ, se diseñan y construyen de acuerdo con especificaciones, normas y códigos estrictos.

La presión establecida para los depósitos de almacenamiento no debe ser inferior a la presión de vapor del HGL que se vaya a almacenar a la máxima temperatura de servicio. Los modelos diseñados para combinaciones de propano y butano deben estar diseñados para la máxima presión de propano. Hay que considerar la presión total, resultado de sumar la presión hidrostática del producto líquido a plena carga y la presión parcial de los gases no condensables acumulados en el espacio de vapor. En teoría, los depósitos de hidrocarburos gaseosos licuados deben diseñarse para un vacío completo. En caso contrario, deben instalarse válvulas de alivio del vacío. En las características de diseño debe incluirse asimismo el equipamiento con dispositivos de alivio de la presión, medidores de nivel de líquidos, indicadores de presión y temperatura, válvulas de cierre internas, obturadores de reflujo y válvulas de control de caudal excesivo. Asimismo, pueden instalarse válvulas de cierre de emergencia en caso de avería e indicadores de nivel máximo.

Los depósitos horizontales se instalan al descubierto, en montículos artificiales o en ubicaciones subterráneas, normalmente a sotavento de fuentes de ignición activas o potenciales. Si el extremo de un depósito de este tipo se rompe debido a un exceso de presión, la estructura se desplazará en sentido contrario. Por tanto, es conveniente ubicar los depósitos descubiertos paralelos a otras estructuras importantes (de forma que ninguno de los extremos apunte hacia otras estructuras o equipamientos). Otros factores que deben considerarse son los espacios libres entre depósitos, la localización y la protección y prevención de incendios. En los códigos y normativas se especifican las distancias horizontales mínimas entre los depósitos de almacenamiento de hidrocarburos gaseosos licuados presurizados y las propiedades, depósitos y grandes estructuras

adyacentes, así como las posibles fuentes de ignición, incluidos procesos, llamas, calentadores, conductos de transmisión de energía y transformadores, instalaciones de carga y descarga, motores de combustión interna y turbinas de gas.

El drenaje y la contención de vertidos son aspectos importantes del diseño y mantenimiento de las áreas de almacenamiento de HGL; los vertidos deben conducirse hacia zonas donde el riesgo para las instalaciones y áreas circundantes sea mínimo. La construcción de diques y balsas está indicada cuando los vertidos son peligrosos para otras instalaciones y para la población en general. Los depósitos de almacenamiento no suelen rodearse de diques, pero el terreno en el que se asientan se acondiciona de forma que los vapores y los líquidos no se acumulen debajo o alrededor de los mismos, para que no queden envueltos por vertidos en llamas.

Bombonas

Los HGL utilizados por los consumidores, sea GNL o GPL, se almacenan en botellas o bombonas a temperaturas superiores a su punto de ebullición y a temperatura y presión normales. Estos recipientes se distribuyen siempre con aros protectores, válvulas de seguridad y tapas de válvula. Los tipos básicos de botellas para el consumo utilizadas actualmente son:

- bombonas de entrega de vapor (de 0,5 a 50 kg), utilizadas por los consumidores finales; normalmente, las bombonas grandes vacías se devuelven al proveedor al adquirir otras llenas;
- bombonas de entrega de líquido para llenar otras menores recargables propiedad de los consumidores; y
- bombonas de combustible para vehículos de motor, entre las que figuran las de 40 kg instaladas permanentemente como depósitos de combustible en vehículos de motor y llenadas y utilizadas en posición horizontal, y las empleadas en camiones industriales y diseñadas para su almacenamiento, llenado y manipulación en posición vertical, aunque se usan en la horizontal.

Propiedades de los hidrocarburos gaseosos

De acuerdo con la NFPA, los gases inflamables (combustibles) son aquéllos que arden a las concentraciones normales de oxígeno en la atmósfera. La combustión de los gases inflamables es semejante a la de los vapores de hidrocarburos líquidos inflamables, ya que se requiere una temperatura de ignición específica para iniciar la reacción de encendido, y cada uno de los gases arderá únicamente en una cierta relación definida de combinaciones de gas y aire. Los líquidos inflamables pueden caracterizarse por su punto de deflagración, que es la temperatura (siempre inferior al punto de ebullición) a la que se emite una cantidad suficiente de vapores de combustión. Los gases inflamables no presentan un punto de deflagración definido, pues suelen encontrarse a una temperatura muy superior al punto de ebullición, incluso en estado líquido, y por tanto también muy superior al punto de deflagración.

La NFPA (1976) define los gases comprimidos y licuados como sigue:

- “Los gases comprimidos son aquéllos que, a temperaturas atmosféricas normales dentro de sus recipientes, existen únicamente en estado gaseoso bajo presión.”
- “Los gases licuados son aquéllos que, a temperaturas atmosféricas normales dentro de sus recipientes, existen en parte en estado líquido y en parte en estado gaseoso, y se encuentran bajo presión siempre que permanezca algo de líquido en el recipiente.”

El factor principal que determina la presión dentro de un depósito es la temperatura del líquido almacenado. Cuando se expone a la acción de la atmósfera, el gas licuado se evapora con

Tabla 102.11 • Propiedades de combustión aproximadas habituales en gases de hidrocarburos licuados.

Tipo de gas	Escala de inflamabilidad (% de gas en la atmósfera)	Presión de vapor (psig a 21 °C)	Punto de ebullición normal (°C)	Peso específico (kg/m ³)	julios/l	Gravedad específica (aire = 1)
GNL	4,5–14	1,47	-162	419,4–479,3	39.119	9,2–10
GPL (propano)	2,1–9,6	132	-46	508,1	93.282	1,52
GPL (butano)	1,9–8,5	17	-9	576,4	119.220	2,0

gran rapidez, desplazándose a lo largo de la superficie del terreno o del agua hasta su dispersión en el aire por la influencia del viento o de un movimiento atmosférico mecánico. A temperaturas atmosféricas normales, un tercio del líquido contenido en un recipiente se gasifica.

Los gases inflamables se dividen en combustibles e industriales. Los primeros, incluido el gas natural (metano) y los GPL (propano y butano), se queman con el aire para producir calor en hornos, calentadores de agua y calderas. Los gases industriales inflamables, como el acetileno, se utilizan en operaciones de fabricación, soldadura, corte y tratamiento con calor. Las diferencias en las propiedades de combustión de los GNL y los GPL se muestran en la Tabla 102.11.

Riesgos para la seguridad de los GPL y los GNL

Los riesgos para la seguridad aplicables a todos los HGL se asocian a la inflamabilidad, la reactividad química, la temperatura y la presión. El más importante consiste en el escape imprevisible de sus contenedores (recipientes o depósitos) y el contacto con una fuente de ignición. El escape puede producirse por avería del recipiente o de las válvulas debida a diversas razones, como el llenado en exceso o una ventilación con sobrepresión cuando el gas se expande a causa del calor.

La fase líquida de los GPL se caracteriza por un coeficiente de expansión elevado, como lo demuestra el hecho de que el propano se expanda 16 veces y el butano líquido 11 veces más que el agua con el mismo aumento de temperatura. Esta propiedad deben considerarse al llenar los recipientes, ya que debe dejarse espacio libre para la fase de vapor. La determinación de la cantidad correcta de llenado depende de diversas variables, incluida la naturaleza del gas licuado, la temperatura en el momento de la operación y las temperaturas ambiente previstas, y el tamaño, el tipo (aislado o no) y la localización del recipiente (subterráneo o al descubierto). Los códigos y las normativas establecen las cantidades permisibles, conocidas como "densidades de llenado", específicas para cada tipo de gas o familia de gases similares. Estas densidades pueden expresarse en función del peso, en valores absolutos, o del volumen líquido, medida que debe corregirse siempre en relación con la temperatura.

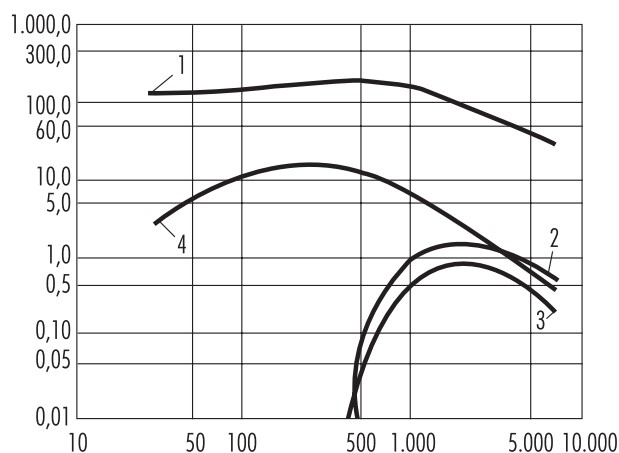
La cantidad máxima de líquido con la que deben llenarse los recipientes a presión de GPL es del 85 % de su capacidad, a una temperatura de 40 °C (la proporción debe ser menor a temperaturas superiores). Puesto que el GNL se almacena a temperaturas inferiores, los recipientes de este tipo de gas pueden llenarse con líquido en una proporción que oscila entre el 90 y el 95 %. Todos los recipientes se equipan con dispositivos de alivio de la sobrepresión, que suelen descargar a presiones vinculadas a las temperaturas del líquido superiores a las atmosféricas normales. Como estas válvulas no pueden reducir la presión interna a los valores de la atmosférica, el líquido se mantendrá en todo momento a una temperatura superior a su punto de ebullición normal. Los hidrocarburos gaseosos licuados puros y comprimidos no corroen el acero ni la mayoría de las aleaciones del cobre. No obstante, la corrosión puede constituir un

problema grave cuando el gas contiene compuestos sulfurosos e impurezas.

Los GPL son entre 1,5 y 2 veces más pesados que el aire y, cuando se liberan en la atmósfera, tienden a dispersarse rápidamente sobre el terreno o la superficie del agua y a acumularse en áreas bajas. No obstante, tan pronto como el vapor es diluido por el aire y forma una mezcla inflamable, su densidad es, en esencia, idéntica a la del aire y su pauta de dispersión varía. El viento reduce de manera significativa la distancia de dispersión en cualquier tipo de fuga. Los vapores de GNL reaccionan de forma diferente a los GPL. Dado que el gas natural tiene una densidad de vapor baja (0,6), se combina y dispersa rápidamente al aire libre, reduciendo las posibilidades de que se formen nubes de vapor susceptibles de ignición. En la Figura 102.17 se indica el modo en que una nube de vapor de gas natural licuado se propaga a favor del viento en diversas situaciones de vertido.

Aunque el HGL es incoloro, una vez liberado en el aire sus vapores pueden apreciarse debido a la condensación y la congelación del vapor de agua contenido en la atmósfera con la que entra en contacto. Puede que este proceso no se produzca si el vapor se encuentra a una temperatura próxima a la ambiental y su presión es relativamente baja. Hay instrumentos que detectan la presencia de fugas de HGL y activan una alarma a concentraciones de sólo el 15 al 20 % del límite de inflamabilidad inferior (LII). Asimismo, estos dispositivos pueden detener todas las

Figura 102.17 • Propagación a favor del viento de una nube de vapor de GNL procedente de diversos derrames (velocidad del viento, 8,05 km/h).



1. Vertido en el suelo dentro de un espacio de 175 m² limitado por un dique de 5 m de altura.
2. Vertido en el suelo dentro de un espacio de 72 m² limitado por un dique de 35 m de altura.
3. Depósito al descubierto de 62 m de diámetro (100.000 m³), con un escape de vapor de GNL de 35 m sobre el nivel del depósito.
4. Depósito subterráneo de 50 m de diámetro (100.000 m³), con un escape de vapor de GNL de 6 m sobre el nivel del depósito.

Tabla 102.12 • Comparación de las características de los gases comprimidos y licuados.

Tipo de gas	Escala de inflamabilidad (% de gas en la atmósfera)	Índice de emisión de calor (kJulios/l)	Estado de almacenamiento	Riesgos de incendio	Riesgos para la salud
Gas natural comprimido	5,0–15	5.631	Gas de 2.400 a 4.000 psi	Gas inflamable	Asfixiante; sobrepresión
GNL	4,5–14	23.495	Líquido de 40 a 140 psi	Gas inflamable, coeficiente de expansión 625:1; BLEVE	Asfixiante; líquido criogénico

operaciones y poner en marcha los sistemas de supresión si las concentraciones de gas alcanzan valores situados entre el 40 y el 50 % del LII. En algunas instalaciones industriales se aplican sistemas de ventilación forzada con el fin de mantener las concentraciones de aire y combustible liberado por debajo del LII. Por otra parte, los quemadores de calentadores y hornos pueden estar equipados con dispositivos que tienen de forma automática el flujo de gas si la llama se apaga.

Las fugas de HGL de depósitos y recipientes pueden reducirse al mínimo mediante la utilización de dispositivos limitadores y de control de flujo. Cuando se descomprimen y liberan, los HGL salen de sus recipientes a presión negativa y baja temperatura. La temperatura de autorrefrigeración del producto a la presión inferior debe considerarse al seleccionar los materiales de construcción de recipientes y válvulas, con el fin de evitar la fragilización de los metales seguida de rotura o fallo por exposición a bajas temperaturas.

El HGL puede contener agua en sus fases líquida y gaseosa. El vapor de agua puede saturar el gas en una proporción específica a unos valores determinados de presión y temperatura. Si alguna de éstas varía, o el contenido de vapor de agua excede los límites de evaporación, el agua se condensa. Este efecto puede formar tapones de hielo en las válvulas y reguladores y cristales de hidratos de hidrocarburos en los conductos, los dispositivos y otros aparatos. Estos hidratos se descomponen cuando se calienta el gas, cuando se reduce la presión o con productos como el metanol, que disminuyen la presión del vapor de agua.

Hay diferencias en las características de los gases comprimidos y licuados que deben considerarse desde el punto de vista de la salud, la seguridad y la prevención de incendios. Por ejemplo, las diferentes características del gas natural comprimido y el GNL se recogen en la Tabla 102.12.

Riesgos para la salud de los HGL

El principal riesgo de lesión profesional relacionado con la utilización de HGL consiste en la posibilidad de congelación de la piel y los ojos debida al contacto con el líquido en actividades de manipulación y almacenamiento como la toma de muestras, la medición, el llenado, la recepción y la entrega. Como ocurre con otros gases combustibles, cuando se queman de forma incorrecta, los gases de hidrocarburos comprimidos y licuados emiten monóxido de carbono a concentraciones nocivas.

En condiciones de presión atmosférica y baja concentración, los gases de hidrocarburos comprimidos y licuados no suelen ser tóxicos, pero sí asfixiantes: desplazan el oxígeno (del aire) si se liberan en espacios confinados o restringidos. Pueden ser tóxicos si contienen compuestos sulfurosos, y en especial, ácido sulfhídrico. Dado que los HGL son incoloros e inodoros, las medidas de protección incluyen la incorporación de olores artificiales como los mercaptanos en los gases combustibles para el consumo, con el fin de facilitar la detección de fugas. Deben aplicarse prácticas de trabajo seguras para proteger a los trabajadores de la exposición a estas sustancias y otros aditivos

durante su almacenamiento e inyección. El contacto con vapores de GPL a concentraciones iguales o superiores al LII puede provocar una depresión general del sistema nervioso central similar a la causada por los gases de anestesia o las bebidas alcohólicas.

Riesgos de incendio de los HGL

La avería de los recipientes de gas licuado (GNL y GPL) constituye un riesgo más grave que el derivado del fallo de recipientes de gas comprimido, ya que la cantidad liberada es superior. Cuando se calientan, los gases licuados reaccionan de forma diferente a los comprimidos, puesto que se trata de productos de dos fases (líquida y gaseosa). Con el aumento de la temperatura, la presión de vapor del líquido se eleva, lo que da lugar a un incremento de la presión dentro del recipiente. En primer lugar, la fase de vapor se expande, a lo que sigue la expansión del líquido, que comprime el vapor. Por tanto, en teoría, la presión establecida para los contenedores de HGL es próxima a la del gas a la temperatura ambiente más alta posible.

Cuando un recipiente de gas licuado se expone al fuego, puede producirse un accidente grave si se permite el calentamiento del metal correspondiente al espacio ocupado por el vapor. A diferencia de la fase líquida, la gaseosa absorbe poco calor. Este efecto permite un rápido calentamiento del metal, hasta que se alcanza un punto crítico en el que se produce una explosión instantánea y catastrófica del recipiente. Este fenómeno es conocido con las siglas BLEVE. La magnitud de una BLEVE depende de la cantidad de líquido que se vaporice en el momento del fallo del recipiente, del tamaño de las piezas de éste, de la distancia que recorran éstas y de las áreas en las que golpeen. Los recipientes de GPL no aislados pueden protegerse contra las BLEVE vertiendo agua fría en las zonas que se encuentran en fase gaseosa (no en contacto con el GPL).

Otros riesgos de incendio más comunes vinculados a los hidrocarburos gaseosos comprimidos y licuados son los relacionados con las descargas electrostáticas, las explosiones por combustión, las grandes explosiones al aire libre y las pequeñas fugas de juntas de bombas, recipientes, válvulas, conductos, mangueras y conexiones.

- Las cargas electrostáticas pueden generarse cuando el HGL se transporta a través de conductos, se carga o descarga, se mezcla o se filtra, así como en la limpieza de depósitos.
- Las explosiones por combustión se deben a los escapes de gas o vapor contenidos en un espacio o una estructura cerrada que se combinan con el aire creando una mezcla inflamable. Cuando esta combinación entra en contacto con una fuente de ignición, arde de forma instantánea y rápida y genera una enorme cantidad de calor. El aire a elevada temperatura se expande con prontitud y causa un aumento considerable de la presión. Si el espacio o la estructura no tienen la solidez suficiente para contener la presión, se produce la explosión por combustión.

- Los incendios de gases inflamables se producen cuando los escapes de gas o vapor no se contienen y la ignición tiene lugar cuando sólo se ha liberado una pequeña cantidad de gas.
- Las grandes explosiones al aire libre ocurren cuando una avería importante de un recipiente da lugar a la emisión de una nube de gas vaporizado de gran volumen que arde antes de su dispersión.

El control de las fuentes de ignición en las zonas peligrosas es esencial para lograr una manipulación segura de los gases de hidrocarburos comprimidos y licuados. En este sentido, puede establecerse un sistema de concesión de permisos para autorizar y supervisar el trabajo en caliente, el consumo de tabaco, el funcionamiento de vehículos de motor u otros motores de combustión interna y la utilización de llamas abiertas en áreas donde se transportan, almacenan o manipulan este tipo de gases. Otras medidas de seguridad consisten en el empleo de equipos eléctricos clasificados adecuadamente y de sistemas de puesta a masa para neutralizar y disipar la electricidad estática.

El mejor medio de atenuar el riesgo de incendio debido a la fuga de gases de hidrocarburos comprimidos y licuados es detener el escape o, si es posible, interrumpir el flujo de producto. Aunque la mayoría de los HGL se vaporizan al contacto con el aire, los GPL de presión de vapor inferior, como el butano, e incluso los de presión de vapor superior, como el propano, se acumulan en balsas si las temperaturas ambientales son bajas. No debe aplicarse agua a estas balsas, ya que crea turbulencias y aumenta el índice de vaporización. La evaporación de las balsas se controla con espuma. El agua, si se utiliza correctamente en las fugas de válvulas o en pequeñas roturas, puede congelarse por contacto con el HGL frío y bloquear el escape. Los fuegos de HGL requieren el control de la propagación de calor entre depósitos de almacenamiento y recipientes mediante la aplicación de agua de enfriamiento. Aunque los incendios debidos a la combustión de gases de hidrocarburos comprimidos y licuados pueden apagarse con extintores de pulverización de agua y de polvo seco, suele ser más prudente la combustión controlada para evitar la formación e ignición de una nube explosiva de vapor combustible si continúa el escape de gas después de la extinción del incendio.

● ALMACENAMIENTO

John Lund

Hace tiempo que el almacenamiento constituye una industria global; los almacenes están vinculados al comercio y al transporte de mercancías por ferrocarril, mar, aire y carretera. Es posible clasificarlos en función del tipo de productos conservados: alimentos en seco, refrigerados y congelados, ropa y textiles en general, equipos y materiales de construcción, maquinaria y repuestos. Por ejemplo, en Estados Unidos en 1995, el número de trabajadores empleados en los sectores del transporte por carretera y el almacenamiento ascendía a 1.887.000 (BLS 1996). Actualmente, esta estadística no puede desagregarse por tipo o categoría de almacén. Estos establecimientos venden directamente a clientes externos (minoristas) o internos (mayoristas) a los que cobran por palets completos o incompletos (una o varias cajas de un palet). En ellos se utilizan medios mecánicos (carretillas elevadoras, máquinas transportadoras y sistemas de almacenamiento y recuperación automáticos (SARA)) para transportar cargas completas o incompletas o se realizan estas operaciones a mano. Con independencia de la naturaleza de cada explotación, los productos almacenados o el modo de transporte elegido por el almacén, las características básicas del sector son bastante

uniformes, aunque es probable que la escala operativa, la terminología y la tecnología difieran. (Para más información sobre los SARA en la actividad de almacenamiento, véase Martín 1987.)

Los productos son entregados por expedidores o proveedores en un muelle de descarga, en el que se registran en un sistema de inventario manual o informatizado, se les asigna una ubicación en un estante o "plaza" (una dirección) y se transportan a la misma, normalmente con la ayuda de medios mecánicos (máquinas transportadoras, SARA, carretillas elevadoras o tractores). Una vez recibido el pedido de un cliente, los recipientes o las cajas deseadas deben recuperarse de su ubicación. Cuando se recuperan palets completos, se emplean los medios antes mencionados (véase la Figura 102.18). Si se trata de palets incompletos (una o varias cajas de una estante o plaza), es necesario recurrir a la operación manual, llevada a cabo por trabajadores denominados *selectores*, encargados de elegir el número deseado de cajas y colocarlas en un transportador mecánico de palets, un carrito de mano u otro dispositivo afín. El pedido de cada cliente se monta en un palet o un contenedor similar para su envío, al que se adjunta una etiqueta u otro tipo de marca en el que figuren la factura y las instrucciones de ruta. Esta tarea puede ser efectuada por el selector del pedido, el operador de la carretilla elevadora o, en caso de que se utilicen máquinas transportadoras para la entrega de cajas individuales para su montaje definitivo, por un montador. Cuando el pedido está listo para su envío, se carga por medios mecánicos en un camión, un remolque, un vagón de ferrocarril o un buque (véase la Figura 102.19).

En torno al 60 % de las actividades desarrolladas en un almacén están relacionadas directamente con el desplazamiento; la proporción restante se refiere a la manipulación de materiales. Aparte de la importante labor llevada a cabo por administrativos, repartidores, personal de limpieza, supervisores y gestores, el trabajo principal del almacén vinculado al transporte y la manipulación de mercancías es realizado fundamentalmente por dos tipos de trabajadores: operarios de carretillas elevadoras y selectores.

La intensa competencia internacional y la entrada rápida de nuevas empresas en el sector ha generado el impulso necesario

Figura 102.18 • Carga de cajas de manzanas en una carretilla elevadora en un almacén del Reino Unido.



Figura 102.19 • Un trabajador portuario en el Reino Unido utiliza máquinas elevadoras para trasladar cuartos traseros de ganado bovino.



para mejorar la eficacia en la organización de la mano de obra y el espacio y engendrar una nueva disciplina a la que se hace referencia con la denominación de *sistemas de gestión de almacén* (SGA) (Register 1994). Estos sistemas son cada vez más económicos y potentes. Se basan en la aplicación de redes informáticas, códigos de barras, programas de ordenador y sistemas de comunicación de radiofrecuencia, con el fin de perfeccionar la gestión y el control de los inventarios y las operaciones efectuadas en los almacenes, lo que permite a éstos optimizar los períodos de respuesta a los clientes y su capacidad de adaptación, mejorar enormemente la exactitud de los inventarios y reducir costes (Firth 1995).

En esencia, los SGA informatizan los sistemas de inventario y expedición de pedidos. Cuando un producto remitido por un proveedor o un expedidor llega al muelle de carga, los lectores de código de barras registran su código y denominación, actualizando en el acto la base de datos de existencias y asignando a la mercancía una ubicación en el almacén. A continuación, se avisa a un operario de carretilla elevadora para recoger y

entregar la carga a través de un sistema de comunicación por radiofrecuencia instalado en el vehículo.

Los pedidos de los clientes son registrados por otro programa informático que consulta la dirección del producto y la disponibilidad de cada artículo solicitado en la base de datos del inventario y, a continuación, encamina el pedido por la ruta más eficaz para reducir al mínimo los desplazamientos. Las etiquetas con el nombre, el código y la localización del producto se imprimen para su utilización por los selectores de pedido, que deben cumplimentarlo. Aunque estos avances contribuyen claramente a la mejora del servicio al cliente y de la eficacia, constituyen condiciones previas importantes relativas a las *normas del trabajo planificado* (NTP), que pueden plantear nuevos riesgos para la salud y la seguridad a los operarios de las carretillas elevadoras y los selectores de pedidos.

La información sobre cada pedido (número de cajas, distancias de los recorridos, etc.) generada por el programa de expedición de pedidos puede combinarse con los tiempos normales o permitidos de cada actividad para calcular un tiempo general normalizado necesario para la selección de un pedido concreto; resultaría extremadamente complejo y requeriría mucho tiempo obtener esta información sin utilizar bases de datos y equipos informáticos. Por tanto, el seguimiento efectuado por ordenador puede emplearse para registrar el tiempo dedicado a cada pedido, comparar el tiempo real con el utilizado y calcular un índice de eficacia a disposición de supervisores o gestores con sólo apretar unas cuantas teclas en su equipo informático.

Las NTP para almacenes se han extendido de Estados Unidos a Australia, Canadá, Reino Unido, Alemania, Austria, Finlandia, Suecia, Italia, Sudáfrica, Países Bajos y Bélgica. Aunque los sistemas de NTP no plantean necesariamente por sí mismos nuevos riesgos para la salud y la seguridad, hay datos significativos que indican que el aumento de la carga de trabajo, la falta de control sobre el ritmo de la actividad y la repercusión del aumento de la frecuencia de levantamiento contribuyen en gran medida al agravamiento del riesgo de lesión. Además, la presión sobre la disponibilidad de tiempo ejercida por las normas de trabajo puede obligar a los trabajadores a tomar atajos peligrosos y dejar de aplicar los métodos de trabajo seguros y adecuados. Estos riesgos y peligros se describen a continuación.

Riesgos

En el almacén más básico, con independencia del nivel de tecnología y de informatización, hay cientos de riesgos elementales para la salud y la seguridad. Los SGA modernos pueden vincularse a un variedad de éstos diferente.

Tabla 102.13 • Lesiones de espalda y generales y enfermedades en el lugar de trabajo de los selectores de pedidos de dos almacenes de alimentos analizados por el NIOSH, 1987-1992.

Año	Almacén A: total de lesiones en (%)	Almacén B: total de lesiones en (%)	Almacén A: sólo lesiones de espalda en (%)	Almacén B: sólo lesiones de espalda en (%)
1987	79	N/D	28	N/D
1988	88	N/D	31	N/D
1989	87	62	39	21
1990	81	62	31	31
1991	52	83	28	29
1992	N/D	86	N/D	17

Fuentes: NIOSH 1993a, 1995.

Estudios de las lesiones de los selectores de pedidos de alimentos realizados por el NIOSH de Estados Unidos

El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) llevó a cabo estudios sobre las lesiones por levantamiento de cargas y otras tareas afines en dos almacenes de alimentos (a los que se hará referencia en adelante como "almacén A" y "almacén B") (NIOSH 1993a; NIOSH 1995). Ambos establecimientos habían establecido normas técnicas respecto a las cuales se medía el rendimiento de los selectores de pedidos; los trabajadores que obtenían resultados inferiores a lo estipulado en estas normas eran objeto de medidas disciplinarias. Los datos que figuran en la Tabla 102.13 se expresan en porcentajes del grupo de selectores solo, y se refieren tanto al conjunto de lesiones como sólo a las de espalda registradas cada año.

Con el riesgo de generalizar estos datos más allá de su contexto, con independencia del modo en que se estimen, la magnitud de los porcentajes de lesiones y enfermedades registradas en estos almacenes es considerablemente superior a la que corresponde a los datos totales del sector y al conjunto de las categorías profesionales. Mientras que el total de lesiones experimenta una ligera reducción en el almacén A, en el almacén B se registra un aumento. Por su parte, las lesiones de espalda, con excepción de 1992 en el almacén B, son significativas y tienen una evolución estable. En general, estos datos indican que la probabilidad de que un selector de pedidos sufra una lesión de espalda que requiera tratamiento médico o suponga pérdida de horas de trabajo es del 30 % anual.

El grupo industrial de Estados Unidos National Association of Grocery Warehouses of America (NAGWA), informó que las lesiones de espalda constituían un 30 % del total de las lesiones registradas en almacenes de alimentos y que un tercio de los trabajadores de estos establecimientos (no sólo los selectores de pedidos) sufre una lesión susceptible de registro al año. Estos datos son coherentes con los estudios del NIOSH. Además, el NAGWA estimó que el coste de estas lesiones (fundamentalmente indemnizaciones a trabajadores) ascendía a 0,61 dólares por hora en el período comprendido entre 1990 y 1992 (casi 1.270 dólares por trabajador y año). Asimismo, determinó que el levantamiento manual constituía la principal causa de lesión en la espalda en un 54 % de los casos analizados.

Además de revisar las estadísticas sobre lesiones y enfermedades, el NIOSH propuso un cuestionario repartido a todos los selectores de pedidos de alimentos. En el almacén A, de los 38 selectores a tiempo total encuestados, un 50 % declaró haber sufrido al menos una lesión en los 12 meses anteriores, mientras que, en el caso de las lesiones específicas de espalda, la cifra correspondiente descendía al 18 %. En el almacén B, esas mismas proporciones, estimadas con los datos de 19 selectores a tiempo total, fueron del 63 y del 47 %, respectivamente. Un 70 % de los trabajadores a tiempo total del almacén A y un 47 % de los selectores de pedidos a tiempo total del almacén B señalaron haber padecido dolores de espalda de intensidad considerable en el año anterior al estudio. Estos datos aportados por los miembros de

las plantillas son muy similares a los obtenidos en las encuestas sobre lesiones y enfermedades.

Aparte de examinar los datos relativos a las lesiones de espalda, el NIOSH aplicó su ecuación revisada sobre levantamiento de cargas a una muestra de tareas vinculadas a esta actividad y realizadas por los selectores de pedidos y concluyó que, en todas las tareas analizadas, se sobrepasaba el límite de peso recomendado por márgenes significativos, lo que indica que estas labores eran altamente estresantes desde un punto de vista ergonómico. Además, se estimó que todas las fuerzas de compresión ejercidas sobre el disco vertebral L5/S1 excedían el límite biomecánico recomendado de 3,4 kN (kilonewtons), establecido como tope máximo para la protección de la mayoría de los trabajadores frente al riesgo de lesión lumbar.

Por último, el NIOSH, utilizando simultáneamente las metodologías de gasto de energía y de consumo de oxígeno, estimó la demanda de energía a la que hacían frente los selectores de pedidos de ambos almacenes. Las cifras medias de esta magnitud excedían el criterio establecido de 5 kcal/minuto (4 METS) para jornadas de 8 horas, considerado equivalente a un trabajo entre moderado y pesado para la mayor parte de los trabajadores sanos. En el almacén A, la tasa metabólica de trabajo oscilaba entre 5,4 y 8,0 kcal/minuto, y el índice cardiaco de trabajo iba de 104 a 131 pulsaciones por minuto; en el B, las cifras correspondientes variaban, respectivamente, de 2,6 a 6,3 kcal/minuto, y de 138 a 146 pulsaciones por minuto. Es probable que las demandas de energía afrontadas por los selectores de pedido y debidas al ejercicio continuo provocado por una tasa de levantamientos de 4,1 a 4,9 por minuto causarían fatiga muscular, sobre todo en turnos de trabajo de 10 o más horas. Estos datos ilustran con claridad el coste fisiológico del trabajo realizado en los dos almacenes estudiados hasta la fecha. Al recapitular sus resultados, el NIOSH llegó a las siguientes conclusiones respecto a los riesgos que corren los selectores de pedidos en los almacenes de alimentos:

En resumen, todos los selectores de pedidos corren un riesgo elevado de padecer trastornos musculoesqueléticos, incluidas molestias lumbares, debido a la combinación de factores profesionales adversos que contribuyen a la fatiga, la elevación de la carga metabólica y la incapacidad de los trabajadores para regular su ritmo de trabajo a causa de los requisitos de la actividad. De acuerdo con criterios admitidos que definen la capacidad de los trabajadores y el riesgo correspondiente de padecer lesiones lumbares, las tareas efectuadas por los selectores de pedidos en los lugares de trabajo analizados sitúan a estos profesionales, incluso al personal sometido a procesos rigurosos de selección, en una situación de riesgo potencial de desarrollar el tipo de lesiones mencionado. Además, consideramos que, en general, las normas vigentes sobre rendimiento fomentan y contribuyen a la exigencia de estos niveles excesivos de esfuerzo (NIOSH 1995).

Los riesgos básicos para la salud comienzan con los materiales potencialmente tóxicos que pueden conservarse en los almacenes, como los productos petrolíferos, los disolventes y los tintes. Estas sustancias requieren un etiquetado adecuado, la formación del trabajador y la formulación de un programa de comunicación de riesgos eficaz (incluidas las FTS) destinado a todos los trabajadores afectados, cuyos conocimientos sobre los efectos para su salud de los productos que manejan suelen ser

insuficientes, y aún más escasos si se trata de los procedimientos de manipulación, control de vertidos y limpieza adecuados. (Véase, por ejemplo, el Convenio (núm. 170) de la OIT sobre sustancias químicas, 1990 y la Recomendación (núm. 177), 1990. Emiten ruidos las carretillas elevadoras de motor de gasolina o de gas licuado de petróleo, las cintas transportadoras, los sistemas de ventilación y los equipos accionados por aire comprimido. Además, los trabajadores que utilizan estos equipos

pueden verse expuestos a vibraciones que afectan a todo el cuerpo. (Véase, por ejemplo, el Convenio (núm. 148) de la OIT sobre el medio ambiente de trabajo (contaminación del aire, ruido y vibraciones), 1977 y la Recomendación (núm. 156), 1977.)

Tanto los operarios de carretillas elevadoras como los selectores pueden verse expuestos a los gases de escape de motores diesel y de gasolina procedentes de estos vehículos y de los camiones de los muelles de carga y descarga. Puede que la iluminación no sea la adecuada para el tráfico de estas carretillas y otros vehículos o para garantizar la identificación oportuna de los productos solicitados por los clientes. El personal asignado a las áreas de almacenamiento de refrigeración y congelación pueden verse afectados por el estrés por frío debido a la exposición a temperaturas bajas y a los sistemas de recirculación del aire; las temperaturas en muchas de estas áreas puede acercarse a los -20°C , incluso sin considerar la influencia del viento. Por otra parte, dado que son pocos los almacenes que disponen de aire acondicionado durante los meses calurosos, su personal, sobre todo los dedicados a la manipulación manual de materiales, pueden padecer estrés por calor.

Los riesgos para la seguridad también son múltiples y variados. Aparte de los más obvios debidos a la presencia en la misma zona de trabajo de peatones y vehículos de motor,

muchas de las lesiones sufridas por el personal de almacén se deben a resbalones, tropezones y caídas provocadas por el estado de suelos que no se limpian de hielo, agua o productos derramados o cuyo mantenimiento es deficiente. Algunos de los accidentes producidos afectan a operarios de carretillas elevadoras que resbalan o caen al cargar o descargar sus vehículos. Los trabajadores suelen exponerse a la caída de productos de los estantes superiores. Pueden resultar atrapados por los mástiles, las horquillas o la carga de las carretillas elevadoras, lo que provoca lesiones físicas graves. Los palets de madera manejados por los trabajadores tienen astillas y provocan fácilmente heridas punzantes. El empleo de cuchillos para desembalar cajas y otros recipientes suele provocar cortes y laceraciones. Los trabajadores que cargan y descargan cajas o contenedores en las máquinas transportadoras pueden exponerse a la acción de elementos punzantes en movimiento. Los selectores, montadores y otros trabajadores dedicados a la manipulación manual de materiales corren en diversos grados el riesgo de padecer lumbalgia y otras lesiones similares. Las normativas y los métodos recomendados respecto al izado de pesos se analizan en otros capítulos de la presente *Enciclopedia*.

Por ejemplo, los accidentes registrados y las jornadas de trabajo perdidas en el sector del almacenamiento en Estados Unidos son considerablemente superiores a los del resto de la industria.

Tabla 102.14 • Análisis de la seguridad en el trabajo: operarios de carretillas elevadoras.

Elementos del trabajo o tareas	Riesgos	Medidas de protección recomendadas
Carga y descarga de carretillas elevadoras	Resbalones sobre el suelo (grasa, agua, cartones) durante las operaciones de carga y descarga; tensiones en la espalda o los hombros por la reiteración de entradas o salidas incorrectas y golpes de la cabeza en las estructuras de protección	Mantenimiento y limpieza adecuados de los suelos, sobre todo en las áreas de mayor tráfico; adopción de precauciones al cargar y descargar; utilización del método de tres puntos para montar y desmontar el puesto de conducción de las carretillas, procurando no golpearse la cabeza en la estructura superior de protección: agarrar las barras del soporte de dicha estructura con ambas manos, colocar el pie izquierdo en su apoyo (si está instalado) y empujar con el pie derecho para salir del puesto de conducción.
Conducción con y sin carga	Cruce repentino de las trayectorias de peatones y vehículos; iluminación insuficiente; ruido y vibración; giro del cuello adaptando posturas incómodas; tensión de la muñeca al sostener el volante, retorcimientos o fuerza excesiva; la situación de los pedales del freno y del acelerador suelen exigir la adopción de posturas incómodas de los pies y de las piernas, así como las operaciones de carga estática	Disminución de la velocidad en las áreas de tráfico elevado; espera y activación del claxon en todas las intersecciones con otras zonas; adopción de precauciones al cruzarse con peatones, observancia de los límites de velocidad; instalación de una iluminación adecuada y mantenimiento de la misma mediante inspecciones periódicas; instalación y mantenimiento de materiales que atenúen el ruido y la vibración en todos los vehículos y los equipos; realización de pruebas de ruido periódicas; conveniencia de girar el torso y la cintura, no el cuello, sobre todo al observar los espejos retrovisores instalados en la carretilla y en el conjunto de las instalaciones; adquisición, renovación y mantenimiento de los volantes de dirección asistida y ordinarios regulables en altura para facilitar su adaptación y evitar malas posturas; establecimiento de descansos frecuentes para recuperarse de la fatiga que provoca la carga estática; consideración del diseño de los pedales de los vehículos para reducir el ángulo del pie (extensión) mediante la articulación de los pedales del acelerador respecto al suelo
Elevación o descenso de las horquillas elevadoras con o sin carga	Inclinación y giro del cuello para ver la carga con claridad; necesidad de estirarse para alcanzar los controles manuales con el resultado de una extensión o un retorcimiento excesivos	Giros o inclinaciones de la cintura, no del cuello; selección de horquillas elevadoras que faciliten una visibilidad adecuada sobre el mástil y que dispongan de controles manuales de fácil alcance (situados a un lado del operario, no en el panel de control cercano al volante), pero no ubicados tan cerca o en una posición tan elevada que obliguen a retorcerse; adaptación de estos equipos con el permiso del fabricante.
Llenado de depósitos de gas y cambio de baterías	El llenado de depósitos de GPL o gasolina y el cambio de baterías pueden exigir maniobras de levantamiento excesivas o incómodas	Utilización de al menos dos trabajadores para realizar las maniobras de levantamiento o aplicación de un elevador mecánico; plantear el rediseño de las horquillas elevadoras para facilitar una localización más accesible del depósito de combustible.

Tabla 102.15 • Análisis de la seguridad en el trabajo: selectores de pedidos.

Elementos del puesto de trabajo o tareas	Riesgos	Medidas de protección recomendadas
Carga y descarga de los elevadores de palets	Resbalones y tropezones en el suelo (grasa, agua, cartón) durante las operaciones de carga y descarga	Mantenimiento y limpieza adecuados de los suelos, sobre todo en las áreas de mayor tráfico; adoptando las medidas de precaución oportunas al cargar y descargar
Desplazamiento en las zonas de carga	Cruce repentino de las trayectorias de peatones y de otros vehículos; iluminación; ruido	Reducción de la velocidad en áreas de tráfico denso; espera y activación del claxon en todas las intersecciones con otras zonas; adopción de precauciones respecto a otros peatones; cumplimiento de los límites de velocidad; equipamiento y mantenimiento de la iluminación adecuada; instalación y mantenimiento de materiales que atenúen el ruido y la vibración en todos los vehículos y los equipos; realización de pruebas periódicas para comprobar los niveles de ruido
Selección del embalaje en la estantería, desplazamiento hasta el palet, colocación en éste del embalaje	Lesiones por movimientos de elevación de pesos, tensiones de hombro, espalda y cuello; golpes de la cabeza contra las estanterías; estrés por calor; estrés por frío en congeladores y salas de refrigeración	Colaboración con los proveedores para reducir el peso de los contenedores en la medida de lo posible e instalar asas o mejores asideros en productos voluminosos o pesados; almacenamiento de productos pesados a la altura de los nudillos o superior; no colocar productos cuya manipulación exija mucho esfuerzo por encima de la altura del hombro, o disposición de escaleras o plataformas; utilización de palets giratorios para evitar los estiramientos excesivos; modificación de los carros o los elevadores para que alcancen mayores alturas y, de este modo, reducir al mínimo la necesidad de doblarse e inclinarse al situar los productos en estos dispositivos; restricción de la altura de los palets para reducir al mínimo las elevaciones por encima del hombro; realización de un seguimiento periódico de los casos de estrés por calor y por frío; disposición de los líquidos adecuados, programas de acondicionamiento, ropas y descansos frecuentes
Separar los palets para envolver, marcar o colocar en los muelles de carga	Resbalones y tropezones (grasa, agua, cartones en el suelo) durante las operaciones de carga y descarga	Mantenimiento y limpieza adecuados de los suelos, sobre todo en las áreas de tráfico elevado; adopción de precauciones al cargar y descargar

No hay datos nacionales ni internacionales sobre lesiones (y en particular, sobre las que afectan a la espalda) de los selectores de pedidos de alimentos, que constituyen el grupo con mayor riesgo de sufrir lesiones relacionadas con los levantamientos. No obstante, el NIOSH de Estados Unidos, ha estudiado éstas y otras lesiones en dos almacenes de alimentos en dicho país (véase el cuadro adjunto) y ha llegado a la conclusión de que “todos los selectores de pedidos corren un riesgo elevado de sufrir trastornos musculoesqueléticos, entre ellos dolor de espalda, debido a la combinación de factores profesionales adversos que contribuyen a la fatiga, a una carga metabólica alta y a la incapacidad de los trabajadores para regular su ritmo de trabajo debido a las demandas planteadas por éste” (NIOSH 1995).

La aplicación exhaustiva de los principios ergonómicos a los almacenes no debe limitarse a los levantamientos y a los selectores de pedidos. Es necesario ampliar el número de cuestiones abordadas, perfeccionando el análisis de los puestos de trabajo, las mediciones y la evaluación (parte de este análisis comienza con los estudios de seguridad en el puesto de trabajo descritos más adelante). Debe considerarse desde una perspectiva más general el diseño de las estanterías, y conviene establecer una relación laboral más estrecha con los proveedores, con el fin de diseñar o renovar los controles de las carretillas elevadoras de forma que se reduzcan los factores de riesgo ergonómico (necesidad de estirarse para alcanzar los mandos, flexión y extensión de los pies, giro, posiciones incómodas de tronco y cuello), y desarrollar recipientes menos pesados y voluminosos, con asideros para reducir el riesgo asociado al izado de cargas.

Acciones correctivas

Riesgos básicos para la salud

Las empresas, los trabajadores y los sindicatos deben cooperar en el desarrollo y la aplicación de un programa de comunicación de riesgos eficaz en el que se haga hincapié en los tres principios fundamentales siguientes:

1. etiquetado adecuado de las sustancias tóxicas;
2. disponibilidad de FTS detalladas en las que se ofrezca información pormenorizada sobre efectos para la salud, prevención de incendios, reactividad, EPI, primeros auxilios, limpieza de vertidos y otros procedimientos de emergencia; y
3. formación periódica y adecuada de los trabajadores sobre la manipulación adecuada de estas sustancias.

La ausencia de un programa de comunicación de riesgos eficaz es una de las infracciones más frecuentes de las normas en este sector citada por la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de Estados Unidos.

El ruido y la vibración generados por equipos mecánicos, máquinas de transporte y otras fuentes exigen la realización de pruebas frecuentes y la formación de trabajadores, así como la imposición de controles técnicos cuando sea necesario. La mayor eficacia de estos controles se consigue mediante su aplicación en las fuentes en forma de aislantes, silenciadores y otros dispositivos (como la mayoría de los operarios de carretillas elevadoras se sientan encima del motor, la atenuación del ruido en este punto suele resultar sumamente eficaz). La iluminación debe comprobarse con frecuencia y mantenerse en niveles

Figura 102.20 • Un dispositivo de protección superior instalado en una carretilla elevadora.



Veiligheidsinstituut, Amsterdam

suficientes para reducir los accidentes entre peatones y vehículos y garantizar una lectura sencilla de las etiquetas de los productos y otras informaciones. Deben aplicarse programas de prevención del estrés por calor (o por frío) en lugares de trabajo situados en climas cálidos y húmedos y prestar especial atención a los selectores y operarios de carretillas elevadoras asignados a salas de almacenamiento mediante refrigeración y congelación, al objeto de garantizar que los trabajadores disfrutaran de los descansos, las bebidas, la formación y la información esenciales y que se adoptan otras medidas preventivas. Por último, en los casos en que se utilicen combustibles diesel o petroquímicos, los sistemas de escape deben someterse a pruebas periódicas para analizar las emisiones de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno y asegurarse de que se mantienen en niveles seguros. Un mantenimiento correcto de los vehículos y la restricción de su uso a las áreas dotadas de ventilación adecuada también contribuirá a reducir el riesgo de sobreexposición a estas emisiones.

Riesgos para la seguridad de operarios de carretillas elevadoras y otros vehículos

Los accidentes entre peatones y vehículos constituyen un riesgo constante en cualquier almacén. Las vías de paso de los primeros deben señalizarse claramente y respetarse. Todos los conductores deben recibir formación sobre el funcionamiento seguro de los vehículos, incluidas las normas de tráfico y los límites de velocidad; asimismo, debe considerarse la oferta de cursos de reciclaje. Deben instalarse espejos en los cruces más transitados y en las esquinas sin visibilidad, para que los conductores puedan observar la presencia de peatones u otros vehículos y, después

de hacer sonar su claxon, sigan adelante; además se considerará la instalación de señales acústicas u ópticas al accionar la marcha atrás. Las placas utilizadas en el transporte desde los muelles de carga y descarga a camiones, vagones o barcasas deben reunir las características adecuadas para soportar las mercancías y fijarse de manera adecuada.

En la Tabla 102.14 se ofrece un análisis de la seguridad en el puesto de trabajo de los operarios de carretillas elevadoras y se formulan recomendaciones.

La aplicación de soluciones ergonómicas exige una coordinación más estrecha con los fabricantes de carretillas elevadoras y vehículos; confiar únicamente en la formación del operario y en las normas de tráfico no eliminará los riesgos. Además, los organismos reguladores de la salud y la seguridad han elaborado normas de obligado cumplimiento para el diseño y la utilización de este tipo de carretillas (por ejemplo, la instalación de dispositivos de protección superior contra la caída de objetos (véase la Figura 102.20).

Riesgos para la seguridad de los selectores de pedidos

La Tabla 102.15 consta de un análisis de la seguridad en el trabajo en el que se refieren la mayor parte de las acciones correctoras necesarias para reducir los riesgos para la seguridad y relacionados con las operaciones de levantamiento de los selectores de pedidos. No obstante, al igual que la mejora del diseño de las carretillas elevadoras encaminada a atenuar los factores de riesgo ergonómico exige una coordinación más estrecha con los fabricantes de vehículos, la corrección de los riesgos que corren los selectores requiere una coordinación similar con los diseñadores de los sistemas de estanterías, los consultores que desarrollan e instalan los sistemas de control de almacenamiento y de normas técnicas y los proveedores que conservan sus productos en los almacenes. A estos últimos se les puede solicitar que proyecten productos menos voluminosos, de menor peso y con mejores asideros. Los fabricantes de estanterías pueden resultar de gran ayuda si conciben y adaptan sistemas que permitan al selector permanecer de pie al realizar su trabajo.

Es necesario sensibilizar a los consultores respecto a los riesgos para la salud y la seguridad vinculados al efecto de la intensificación del trabajo sobre las lesiones provocadas por la manipulación de materiales. El NIOSH (1993a, 1995) ha recomendado la utilización de formas más objetivas de determinar la tolerancia a la fatiga, como el consumo de oxígeno o el ritmo cardiaco. Asimismo, ha aconsejado que la altura de la paleta que se esté cargando se limite a un máximo de 150 cm, y que se establezca una "interrupción de pedidos" después de la carga de una paleta por el selector, aumentando así la frecuencia de los períodos de recuperación entre pedidos. Además de la ampliación del número de descansos, el NIOSH ha recomendado la restricción de las horas extraordinarias basadas en las normas de trabajo planificado, así como la consideración de la rotación de trabajadores y la adopción de programas de "tareas ligeras" para los selectores de pedidos que vuelven a la actividad tras una lesión o un permiso.

Referencias

- American National Standards Institute (ANSI). 1967. *Illumination*. ANSI A11.1-1967. Nueva York: ANSI.
- Anton, DJ. 1988. Crash dynamics and restraint systems. En *Aviation Medicine*, 2ª edición, dirigido por J Ernsting y PF King. Londres: Butterworth.
- Beiler, H, U Tränkle. 1993. Fahrerarbeit als Lebensarbeitsperspektive. En *Europäische Forschungsansätze zur Gestaltung der Fahrtätigkeit im ÖPNV* (S. 94-98) Bundesanstalt für Arbeitsschutz. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Bureau of Labor Statistics (BLS). 1996. *Safety and Health Statistics*. Washington, DC: BLS.
- Canadian Urban Transit Association. 1992. *Ergonomic Study of the Driver's Workstation in Urban Buses*. Toronto: Canadian Urban Transit Association.
- Decker, JA. 1994. *Health Hazard Evaluation: Southwest Airlines, Houston Hobby Airport, Houston, Texas*. HETA-93-0816-2371. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- DeHart RL. 1992. Aerospace medicine. En *Public Health and Preventive Medicine*, 13 edición, dirigida por ML Last y RB Wallace. Norwalk, Connecticut: Appleton and Lange.
- DeHart, R, KN Beers. 1985. Aircraft accidents, survival, and rescue. En *Fundamentals of Aerospace Medicine*, dirigido por RL DeHart. Filadelfia, Pensilvania: Lea and Febiger.
- Eisenhardt, D, E Olmsted. 1996. *Investigation of Jet Exhaust Infiltration into a Building Located on John F. Kennedy (JFK) Airport Taxiway*. Nueva York: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Division of Federal Occupational Health, Nueva York Field Office.
- Firth, R. 1995. Steps to successfully installing a warehouse management system. *Industrial Engineering* 27(2):34-36.
- Friedberg, W, L Snyder, DN Faulkner, EB Darden, Jr., K O'Brien. 1992. *Radiation Exposure of Air Carrier Crewmembers II*. DOT/FAA/AM-92-2.19. Oklahoma City, OK: Civil Aeromedical Institute; Washington, DC: Federal Aviation Administration.
- Gentry, JJ, J Semeijn, DB Vellenga. 1995. The future of road haulage in the new European Union—1995 and beyond. *Logistics and Transportation Review* 31(2):149.
- Giesser-Weigt, M, G Schmidt. 1989. *Verbesserung des Arbeitssituation von Fahrern im öffentlichen Personennahverkehr*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Glaister, DH. 1988a. The effects of long duration acceleration. En *Aviation Medicine*, 2ª edición, dirigida por J Ernsting y PF King. Londres: Butterworth.
- . 1988b. Protection against long duration acceleration. En *Aviation Medicine*, 2ª edición, dirigida por J Ernsting y PF King. Londres: Butterworth.
- Haas, J, H Petry y W Schühlein. 1989. *Untersuchung zur Verringerung berufsbedingter Gesundheitsrisiken im Fahrdienst des öffentlichen Personennahverkehrs*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- International Chamber of Shipping. 1978. *International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals*. Londres: Witherby.
- Joyner, KH, MJ Bangay. 1986. Exposure survey of civilian airport radar workers in Australia. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy* 21(4):209-219.
- Landsbergis, PA, D Stein, D Iacopelli, J Fruscella. 1994. Work environment survey of air traffic controllers and development of an occupational safety and health training program. Presentado en la American Public Health Association, 1 noviembre, Washington, DC.
- Leverett, SD, JE Whinnery. 1985. Biodynamics: Sustained acceleration. En *Fundamentals of Aerospace Medicine*, dirigido por RL DeHart. Filadelfia, Pensilvania: Lea and Febiger.
- Magnier, M. 1996. Experts: Japan has the structure but not the will for intermodalism. *Journal of Commerce and Commercial* 407:15.
- Martin, RL. 1987. AS/RS: From the warehouse to the factory floor. *Manufacturing Engineering* 99:49-56.
- Meifort, J, H Reiners, J Schuh. 1983. *Arbeitsbedingungen von Linienbus- und Strassenbahnfahrern des Dortmunder Staatswerke Aktiengesellschaft*. Bremen: Wirtschaftsverlag.
- Miyamoto, Y. 1986. Eye and respiratory irritants in jet engine exhaust. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 57(11):1104-1108.
- National Fire Protection Association (NFPA). 1976. *Fire Protection Handbook*, 14th edition. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1976. *Documented Personnel Exposures from Airport Baggage Inspection Systems*. DHHS (NIOSH) Publication 77-105. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- . 1993a. *Health Hazard Evaluation: Big Bear Grocery Warehouse*. HETA 91-405-2340. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- . 1993b. *Alert: Preventing Homicide in the Workplace*. DHHS (NIOSH) Publication 93-108. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- . 1995. *Health Hazard Evaluation: Kroger Grocery Warehouse*. HETA 93-0920-2548. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- National Safety Council. 1988. *Aviation Ground Operation Safety Handbook*, 4ª edición. Chicago, Illinois: National Safety Council.
- Nicogossian, AE, CL Huntoon, SL Pool (dirs.). 1994. *Space Physiology and Medicine*, 3ª edición. Filadelfia, Pensilvania: Lea and Febiger.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1992. *Recent Developments in Inland Transportation*. Report I, Sectoral Activities Programme, Twelfth Session. Ginebra: OIT.
- . 1996. *Accident Prevention on Board Ship at Sea and in Port*. Repertorio de Recomendaciones prácticas de la OIT. 2ª edición. Ginebra: OIT.
- Peters, Gustavsson, Morén, Nilsson, Wenäll. 1992. *Förarplats I Buss, Etapp 3; Kravspecifikation*. Linköping, Sweden: Väg och Trafikinstitutet.
- Poitrast, BJ, deTreville. 1994. Occupational medical considerations in the aviation industry. En *Occupational Medicine*, 3ª edición, dirigido por C Zenz, OB Dickerson y EP Hovarth. St. Louis, Misuri: Mosby.
- Register, O. 1994. Make Auto-ID work in your world. *Transportation and Distribution* 35(10):102-112.
- Reimann, J. 1981. *Beanspruchung von Linienbusfahrern. Untersuchungen zur Beanspruchung von Linienbusfahrern im innerstädtischen Verkehr*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Rogers, JW. 1980. *Results of FAA Cabin Ozone Monitoring Program in Commercial Aircraft in 1978 and 1979*. FAA-EE-80-10. Washington, DC: Federal Aviation Administration, Office of Environment and Energy.
- Rose, RM, CD Jenkins, MW Hurst. 1978. *Air Traffic Controller Health Change Study*. Boston, Massachusetts: Boston University School of Medicine.
- Sampson, RJ, MT Farris, DL Shrock. 1990. *Domestic Transportation: Practice, Theory, and Policy*, 6ª edición. Boston, Massachusetts: Houghton Mifflin Company.
- Streekvervoer Nederland. 1991. *Chauffeurscabine* [Cabin del conductor]. Amsterdam, Países Bajos: Streekvervoer Nederland.
- US Department of Transportation (DOT). 1995. Senate Report 103-310, June 1995. Washington, DC: GPO.
- US Senate. 1970. *Air Traffic Controllers (Corson Report)*. Senate Report 91-1012. 91st Congress, 2ª sesión, 9 julio. Washington, DC: GPO.
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen. 1996. *Fahrer Arbeitsplatz im Linienbus* [Puesto de trabajo del conductor en los autobuses]. *VDV Schrift 234 (Entwurf)*. Cologne, Germany: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen.
- Violland, M. 1996. Whither railways? *OECD Observer* No. 198, 33.
- Wallentowitz H, M Marx, F Luczak, J Scherff. 1996. *Forschungsprojekt. Fahrer Arbeitsplatz im Linienbus—Abschlussbericht* [Proyecto de investigación. Puesto de trabajo de los conductores de autobuses—Informe final]. Aquisgrán, Alemania: RWTH.
- Wu, YX, XL Liu, BG Wang, XY Wang. 1989. Aircraft noise-induced temporary threshold shift. *Aviation Space and Medicine* 60(3):268-270.

Otras lecturas recomendadas

- American Petroleum Institute (API). 1971. *Chemistry and Petroleum for Classroom Use in Chemistry Courses*. Washington, DC: API.
- . 1973. *Industrial Hygiene Monitoring Manual for Petroleum Refineries and Selected Petrochemical Operations*. Washington, DC: API.
- . 1980. *Facts about Oil*. Washington, DC: API.
- . 1984. *Safe Operation of Inland Bulk Plants*. Washington, DC: API.
- . 1984. *Service Station Safety*. Washington, DC: API.
- . 1988. *Design and Construction of LP Gas Installations*. Washington, DC: API.
- . 1995. *Overflow Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities*. Recommended Practice 2350. Washington, DC: API.
- . 1995. *Using the API Color Symbol System to Mark Equipment and Vehicles for Product Identification at Service Stations and Distribution Terminals*. Recommended Practice 1637. Washington, DC: API.
- Armistead, G, Jr. 1950. *Safety in Petroleum Refining and Related Industries*. Nueva York: John G. Simmons & Co.
- Aschof, J. 1981. Circadian rhythms: Interference with and dependence on work-rest schedules. En *Biological Rhythms, Sleep and Shift Work*, dirigido por L Johnson. Nueva York: SP Medical and Scientific Books.
- Association of American Railroads. 1982. *Manual of Standards and Recommended Practices, Specifications for Tank Cars*. Washington, DC: Association of American Railroads.
- Benenson, AS (dir.). 1995. *Control of Communicable Diseases Manual*, 16 edición. Washington, DC: American Public Health Association.
- Bowers, DG. 1983. What would make 11,500 people quit their jobs. *Organizational Dynamics* 5-19.
- Chevron Corporation. 1983. *It's Chevron Safety Time*. San Francisco, California: Chevron Corporation.
- Costa, G. 1992. A seven-point programme to reduce stress in air traffic controllers in Italy. En *Preventing Stress at Work. Conditions of Work Digest*. Vol. 11. Ginebra: OIT.
- Davis, RG. 1987. Providing effective warehouse lighting. *Plant Engineering* 41:88-90.
- Exxon Company. 1987. *Encyclopedia for the User of Petroleum Products*. Houston, Texas: Exxon Company.
- Gentry, JJ, J Semeijn, DB Vellenga. 1995. The future of road haulage in the new European Union—1995 and beyond. *Logistics and Transportation Review* 31(2):149.
- Graeber, RC. 1988. Aircrew fatigue and circadian rhythmicity. En *Human Factors in Aviation*, dirigido por Weiner and Nagel. San Diego, California: Academic Press.

- Gulf Publishing Company. 1964. *Petroleum Marketing and Transportation*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- Hakkola, M. 1994. Neuropsychological symptoms among tanker drivers with exposure to solvents. *Occupational Medicine* 44(5):243-246.
- Hertz, RP. 1988. Tractor-trailer driver fatality and the role of nonconsecutive rest in a sleeper berth. *Accident Analysis and Prevention* 20(6):431-439.
- Landsbergis, PA. 1986. Is air traffic control a stressful occupation? *Labor Studies Journal* 11:117-134.
- Lund, J. 1991. Computerised work performance monitoring and production standards: A review of labour law issues. *Labor Law Journal* 42(4):195-202.
- Marine Safety Agency. 1995. *Merchant Shipping Notice No. M.1607: The Merchant Shipping and Fishing Vessel (Medical Stores) Regulations 1995*. SI 1995 No 1802. Southampton, Reino Unido: Department of Transport.
- Mobil Oil Corporation. 1972. *Light Products Refining, Fuels Manufacture*. Mobil Technical Bulletin. Fairfax, Virginia: Mobil Oil Corporation.
- . 1974. *The Language of Oil*. Fairfax, Virginia: Mobil Oil Corporation.
- . 1990. *Handling, Storing and Dispensing Industrial Lubricants*. Mobil Technical Bulletin. Fairfax, Virginia: Mobil Oil Corporation.
- . 1992. *LPG Manual*. Fairfax, Virginia: Mobil Oil Corporation.
- National Fire Protection Association (NFPA). 1992. *National Fuel Gas Code*. NFPA 54. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- . 1992. *Liquefied Petroleum Gases Handbook*. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- . 1993. *Automotive and Marine Service Station Code*. NFPA 30A. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- . 1993. *Flammable and Combustible Liquids Code*. NFPA 30. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- . 1994. *Liquefied Natural Gas (LNG)*. NFPA 59A. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- . 1995. *Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases*. NFPA 58. Quincy, Massachusetts: NFPA.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1975. *Health and Safety Guide for Service Stations*. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- . 1994. *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*. NIOSH Publication 94-110. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- . 1994. *Workplace Use of Back Belts: Review and Recommendations*. Cincinnati, Ohio: NIOSH.
- National L-P Gas Association. 1968. *LP Gas Safety Handbook*. Chicago, Illinois: National L-P Gas Association.
- National Research Council. 1986. *The Airliner Cabin Environment: Air Quality and Safety*. Washington, DC: Committee on Airliner Cabin Air Quality, Board on Environmental Studies and Toxicology, Commission on Life Sciences, National Research Council, National Academy Press.
- National Safety Council. 1978. *Service Sense: A Guide to Safety around the Automotive Shop*. Itasca, Illinois: National Safety Council.
- . 1988. Motorized equipment. *Accident Prevention Manual for Industrial Operations: Administration and Programs*, 9ª edición. Itasca, Illinois: National Safety Council.
- . 1995. *Petroleum Section Safety and Health Fact Sheets: Service Station Safety Series, 1988-1995*. Itasca, Illinois: National Safety Council.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1977. *Occupational Health and Safety in Civil Aviation*. Tripartite technical meeting for civil aviation. Ginebra: OIT.
- . 1993. *Workers' Privacy, Part II: Monitoring and Surveillance in the Workplace*. *Conditions of Work Digest*. Vol. 12. Ginebra: OIT.
- . 1996. *International Labour Conventions and Recommendations 1919-1995*. 3 Vols. Ginebra: OIT.
- Ribak, J, RB Rayman and P Fromm (dirs.). 1995. *Occupational Health in Aviation: Maintenance and Support Personnel*. San Diego, California: Academic Press.
- Rosa, RR, MH Bonnet, RR Bootzin, CI Eastman, T Monk, PE Penn, DI Tepas, JK Walsh. 1990. Intervention factors for promoting adjustment to night-work and shiftwork. *Occ Med: State Art Rev* 5(2):391-414.
- Rosa, RR. 1993. Performance and alertness on 8 h and 12 h rotating shifts at a natural gas utility. *Ergonomics* 36:1177-1193.
- Schroeder, DJ, RR Rosa, LA Witt. *Effects of 8- vs. 1-hour Work Schedules on the Performance/alertness of Air Traffic Control Specialists*. Oklahoma City, Oklahoma: Civil Aeromedical Institute.
- Shostak, AB, D Skocik. 1986. *The Air Controllers Controversy*. Nueva York: Human Sciences Press.
- Transport and General Workers Union. 1993. *Good Bus Cab Design*. Code of Practice. Londres: Transport and General Workers Union.
- US Coast Guard. 1992. *Recommended Program for Protection of Merchant Mariners from Occupational Health Problems*. Navigation and Vessel Inspection Circular No. 3-92. COMDTPUB P6700.4. Washington, DC: US Coast Guard.
- . 1994. *International Safety Management Code for the Safe Operations of Ships and for Pollution Prevention*. Navigation and Vessel Inspection Circular No. 2-94. Washington, DC: US Coast Guard.
- . 1996. *Marine Safety Manual*. COMDTINST M16465.6. Washington, DC: Department of Transportation, US Coast Guard.
- US Department of Transportation (DOT). 1994. *Hazardous Materials Air Incidents by Date (January 1, 1992 to December 31, 1993)*. Washington, DC: DOT, Hazardous Materials Safety, Hazardous Materials Information System.
- . 1996. *Hazardous Materials Regulations*. 49 CFR 171-177. Washington, DC: DOT.
- US Public Health Service. 1996. *Ship's Medicine Chest and Medical Aid at Sea*. Washington, DC: Department of Health and Human Services.
- Witt, CE. 1992. Warehouse lighting brightens path to productivity. *Material Handling Engineering* 47:65-6.