Cabo del Servicio de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamento Diputación Foral de Gipuzkoa · OP2026/17

Grupo Riesgos tecnológicos: temas 8 a 11

Resumen del temario específico para imprimir. Elaboración propia a partir de las bases, la normativa, los manuales citados en el temario y los procedimientos del servicio. No es documentación oficial.

Versión de 8 de septiembre de 2026 · iosu.online

Índice

Riesgos tecnológicos (temas 8 a 11)

Capítulo 8. Edificaciones: técnicas de estabilización de sistemas constructivos y terrenos (tema 8) 3
Capítulo 9. Riesgo eléctrico: caracterización, valoración e intervención (tema 9) 22
Capítulo 10. NRBQ: caracterización y técnicas de intervención (temas 10 y 11) 39

Capítulo 8. Edificaciones: técnicas de estabilización de sistemas constructivos y terrenos (tema 8)

Riesgos tecnológicos · temas 8 a 11

Este capítulo pertenece al grupo de riesgos tecnológicos del temario específico de la oposición de cabo y cubre el tema 8, edificaciones, técnicas de estabilización de sistemas constructivos y terrenos. La fuente es el Manual de riesgos tecnológicos y asistencias técnicas del CEIS Guadalajara y Grupo Tragsa, parte 1, edificaciones, capítulo 2. El manual ordena la materia en ocho apartados: estabilización de edificaciones con patologías, con marco legal, elementos y herramientas; técnicas de estabilización, entibaciones y apeos; pautas de ejecución de estructuras auxiliares por fases; técnicas de demolición; pautas de ejecución de demoliciones; intervenciones más frecuentes; desprendimiento de fachadas; y equipos de protección individual. Este resumen sigue ese orden y termina con las cifras y datos clave.

8.1. Generalidades, marco legal y elementos auxiliares de la edificación

Concepto. Identificado un proceso patológico en una edificación, ninguno de los agentes implicados, dueño, titular o usuario, suele admitir la reparación, con el frecuente resultado de la evolución de los daños y la ruina. Las competencias están diluidas entre las administraciones estatal, autonómica y local.

Marco legal. Dos normas fijan la responsabilidad del propietario:

- Ley de Ordenación de la Edificación, Ley 38/1999 de 5 de noviembre, artículo 16: los propietarios deben conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, y recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra, seguros y garantías.
- Ley del suelo, Ley 8/2007 de 28 de mayo, artículo 9: el derecho de propiedad comprende el deber de conservar y realizar las obras necesarias, con un límite máximo del 75 por 100 del coste de la edificación; alcanzado ese umbral el propietario puede solicitar el expediente contradictorio de ruina. La administración local tiene un doble papel: vigilar y hacer cumplir las obligaciones de conservación, y actuar de oficio y ejecutar con carácter subsidiario las acciones necesarias en situaciones de urgencia y grave peligro, inmuebles con posible desplome con afección a vías públicas, inmuebles cercanos o instalaciones. En este segundo supuesto legal se encuadra la intervención de los cuerpos de bomberos, con independencia de la legislación superior o sectorial, como las leyes de fuego.

Elementos auxiliares de la edificación. Los que forman parte del elemento constructivo únicamente durante la construcción o reparación del edificio: encofrados, cimbras, andamios y los apeos de estabilización, incluidos los de bomberos. Apeo es toda construcción auxiliar provisional que se realiza para detener movimientos incontrolados en un edificio, lesiones, y transmitir hasta el suelo o elemento análogo los esfuerzos que la estructura es incapaz de absorber debido a su estado.

Apuntalamientos y apeos. Según múltiples autores, en función de la velocidad de ejecución, del estudio previo y del empleo de piezas inclinadas, existen dos estructuras auxiliares distintas, apuntalamientos y apeos. El manual puede diferir de otras publicaciones porque un cuerpo de bomberos no puede ejecutar estructuras cuyo comportamiento y resistencia desconozca, y porque con los medios actuales las piezas inclinadas no retrasan la ejecución. Los bomberos deben conocer las características y resistencias de materiales y equipos; el alcance y limitaciones de las estructuras que pueden componer; unos modelos básicos estan-

darizados que permitan su automatización y reducir tiempos; y, si no pueden actuar con celeridad, proponer medidas preventivas, evacuación, perímetros de seguridad y corte de instalaciones en edificaciones aledañas, y plantear una solución técnica solicitando medios.

Tipología de estructuras auxiliares. Tres grupos: entibaciones, estabilización de estructuras enterradas; apeos, estabilización de estructuras aéreas; y saneamientos y demoliciones, derribo de los elementos cuya estabilización no es posible y constituyen peligro inminente para viandantes y edificios colindantes. El manual se centra en los materiales básicos y equipos homologados disponibles por todo cuerpo de bomberos, complementados con apeos con medios de fortuna para situaciones de extrema urgencia.

8.2. Elementos básicos: madera y puntales telescópicos

Concepto. Los elementos básicos de estabilización son la madera, en tablones, y el acero, en puntales telescópicos. Los elementos auxiliares hacen posible que los básicos realicen su función portante: templado, apoyo, unión y arriostramiento.

Madera estandarizada. Requisitos: clase resistente C18, norma UNE-EN 338 de 2008; especies pino silvestre, pinaster o insignis, UNE-EN 1912; calidad del grupo ME-2 según UNE 56544, con deformaciones admisibles de curvatura de cara menor de 20 milímetros, curvatura de canto menor de 12 milímetros, alabeo menor de 2 milímetros por cada 25 milímetros de anchura de cara y abarquillado menor de un veinticincoavo del ancho; y resistencias del anejo E del Código Técnico, documento de seguridad estructural madera, madera blanda de coníferas de baja resistencia. Rigidez: módulo de elasticidad paralelo o módulo de Young de 9,0 kilonewtons por milímetro cuadrado y módulo transversal de 0,56. Densidad media de 380 kilogramos por metro cúbico. Estos valores varían exponencialmente según la geometría.

De los postes al tablón. La madera ha pasado de los postes, fustes a los que apenas se han quitado las ramas, a los rollizos, fustes sin corteza y de diámetro uniforme, y a los tablones actuales, de las mismas características resistentes pero mecanizados y homogéneos, lo que permite combinar piezas idénticas conociendo su comportamiento. Por eso los bomberos, para estandarizar y entrenar, usan madera escuadrada.

Escuadrías estandarizadas. Dos secciones:

- Tablones, elementos portantes. El tablón es la pieza elemental para la ejecución de apeos de madera; mide unos 200 por 70 milímetros. La sección rectangular es ideal para elementos horizontales a flexión; la madera resiste muy bien a compresión y aceptablemente a tracción, pero la dificultad de ejecutar nudos y empalmes traccionados hace que en los apeos de emergencia no se planteen piezas a tracción. Las secciones cuadradas, ideales para elementos verticales, se obtienen acoplando tres tablones.
- Riostras, elementos de arriostramiento. Madera de menor sección que trabaja única y exclusivamente a tracción; a compresión pandearía. Secciones tradicionales inferiores a 100 por 50 milímetros. Se considera que las piezas arriostradas trabajan a compresión pura, simplificando los cálculos de los mandos. Conviene comprobar que la sección no sea inferior. El CEIS Guadalajara compra tablones de 205 por 76 milímetros y tabloncillos de 76 por 25, con longitudes de 1,5 y 3,0 metros.

Puntal telescópico regulable de acero. Apoyo provisional que trabaja a compresión, usado como soporte vertical temporal. Resistencia más limitada que la madera, pero su regulación y reutilización lo hacen uno de los recursos más usados. Debe estar certificado conforme a la norma EN 1065. Partes: placas de asiento, en contacto con sopandas y durmientes, con agujero central para una barra, redondo o clavo, y agujeros de fijación para clavarlo; tubo exterior, de mayor diámetro, con un extremo roscado; tubo interior, con agujeros para el ajuste aproximado; dispositivo de ajuste de longitud con prisionero, perno, espiga o pasador, tuerca de ajuste y agujeros en ambos tubos; y empuñadura para el ajuste fino.

Clases y resistencias EN 1065. Se clasifican por resistencia característica nominal y longitud máxima de extensión, clases A a E y longitudes de 2,50 a 5,50 metros. Clase A: A25 20,4 kilonewtons, A30 17,0, A35 14,6, A40 12,8. Clase B: B25 27,2, B30 22,7, B35 19,4, B40 17,0, B45 15,1, B50 13,6, B55 12,4. Clase C: C25 40,8, C30 34,0, C35 29,1, C40 25,5, C45 22,7, C50 20,4, C55 18,6. Clase D: D40 34,0. Clase E: E40 51,0 kilonew-

tons. El puntal estandarizado del manual es el A30, clase A de 3 metros, el de mayor comercialización y disponibilidad, aportable incluso por una obra próxima; su resistencia mínima nominal garantizada es de 17 kilonewtons. Todos los apeos del CEIS se calculan con A30, indicando equivalencias para B, C y D. Ejemplo: un forjado unidireccional de vivienda con carga total de 6 kilonewtons, 3 de peso propio, 1 de solado y 2 de uso, podría soportarse en caso extremo con puntales a máxima extensión cada 3 metros, pero la inestabilidad y las lesiones reducen la separación a en torno a 1 metro. La longitud de 3 metros permite apear desde un forjado estándar hasta un hueco de aproximadamente 1,60 metros.

Precauciones con puntales. Desplome por carga excesiva: puntales insuficientes, poco resistentes o deteriorados por corrosión, fatiga del material, o mal instalados, mal aplomados o sin el pasador bien insertado. Desplazamiento horizontal de la carga: mal arriostramiento, esfuerzos laterales por mal aplomado o de origen diverso, y superficies inestables. Según los fabricantes, la capacidad de un puntal se reduce entre un 25 y un 50 por 100 con una excentricidad de carga de solo 2,5 centímetros. Sistemas contra el desplome: guías de encofrado horizontales, perfiles metálicos con pernos equidistantes en techo y suelo que actúan además como sopanda continua; bridas metálicas comerciales, fijas a 90 grados o móviles, poco usadas por bomberos; y medios de fortuna, cables o cuerdas conectados por los agujeros del puntal.

8.3. Elementos auxiliares: unión, templado, apoyo y arriostramiento

Clavos. Piezas metálicas largas y delgadas con cabeza y punta. Unen de forma rápida y aceptable, pero al abrirse paso separan las fibras y debilitan la unión. Con pretaladros de dos tercios a tres cuartos del diámetro del clavo la resistencia aumenta un 50 por 100. La penetración en la última pieza debe ser al menos ocho veces el diámetro. Clavos lisos para apeos:

- De 6 milímetros de diámetro y 120 de longitud, para unir tablones de 70 por 200 por sus tablas, las caras anchas: 1,0 kilonewton por clavo sin pretaladro y 1,5 kilonewtons con pretaladro.
- De 6 por 100 milímetros, para clavar tabloncillo de 50 por 150 a tablón por sus tablas o unir dos riostras; misma resistencia a cortante por tener igual sección.
- De 4 por 100 milímetros, para clavar riostras al tablón por el canto; deben evitarse, por pequeños y poco resistentes, y no perforar el canto porque debilita la sección. Se colocan a tresbolillo, con separación entre ejes de series consecutivas de 4 a 5 centímetros y de 8 a 10 centímetros entre series de la misma alineación.

Bridas. Dos pletinas de acero más largas que el ancho del tablón, taladradas en los extremos y unidas con dos tornillos o varillas roscadas que aprisionan los tablones para que trabajen por rozamiento como un único elemento. La distancia entre bridas determina la resistencia a compresión con pandeo: al reducirla de un metro a la mitad, la capacidad puede cuadruplicarse. Nunca se disponen a más de un metro, es recomendable no superar los 50 centímetros en piezas comprimidas con pandeo, y siempre se coloca una brida a unos 10 centímetros de los extremos. Se montan oblicuas al eje, con los tornillos en contacto con el canto del tablón, apretadas hasta una pequeña deformación de la pletina sin clavarse en la madera. Se colocan contrapeadas, inclinadas alternativamente en sentidos contrarios, para arriostrar en todas las direcciones; el apriete se revisa semanalmente por las dilataciones perpendiculares a las fibras; en zonas de paso o con pandeo previsible, uno de los dos tornillos va taladrado en los tablones trabajando a cortante. No taladrar innecesariamente: ranuras de 3 centímetros pueden reducir la resistencia hasta un tercio. Los pernos no son comunes por su mayor tiempo de montaje; si son el único medio, van por parejas cada 50 centímetros, con una pareja a 10 centímetros de los extremos, y su resistencia es la mitad de la de los tablones embridados.

Cuñas, elemento de templado. Piezas de madera de sección triangular y espesor variable que ajustan pies derechos, tornapuntas o codales y permiten su entrada en carga progresiva y controlada. Deben apoyar perfectamente sobre las caras; a mayor sección de cuña, menor longitud de pieza. Se colocan contrapuestas, golpeándolas hasta que el elemento quede ajustado con ligera presión y no pueda moverse con las manos;

templado y nivelado el apeo, se introduce un clavo por cuña. La madera se destempla, por lo que son imprescindibles revisiones periódicas y retemplados; las cuñas deben ser de la misma calidad que los tablones.

Ejiones, elemento de apoyo. Piezas de madera cosidas a otra que sirven de tope, apoyo o contención de un segundo elemento. Pueden ser un simple trozo de tablón; trabajan a compresión axial paralela a las fibras y sin pandeo, con capacidad muy alta, limitada por las uniones metálicas; su longitud depende del número de clavos necesarios. Para apeos de bomberos, con vida útil máxima de 6 meses: 1,0 kilonewton por clavo sin pretaladro y 1,5 con pretaladro.

Elementos de arriostramiento. El error más frecuente es arriostrar solo en la dirección de los elementos verticales, dejando la perpendicular sin arriostrar, conjunto inestable ante impactos laterales. Se arriostra con triangulaciones de pequeña sección que trabajan solo a tracción.

- Riostras: tabloncillos en aspas que forman una triangulación indeformable en ambos sentidos, evitando desplazamientos perpendiculares y excentricidades. Si dificultan el tránsito, se elevan a la zona alta del apeo con codales que eviten movimientos a la altura de la cabeza.
- Cables de acero: enorme resistencia a tracción con reducido diámetro; lo singular es su unión y anclaje con ojales, preferiblemente con guardacabos. Bomberos usa cables de 8 a 10 milímetros, con referencia a la NTP 186 para secciones menores de 12 milímetros. Los del CEIS son de 10 milímetros, composición 6 por 19 más 1, con 40,0 kilonewtons en cargas estáticas y 20,0 en dinámicas. Unión con abrazaderas o perrillos: mínimo cuatro para cables de hasta 12 milímetros; adecuadas al diámetro, porque las pequeñas aplastan el cable y las grandes deslizan; el ramal a tracción en la garganta del cuerpo y el inerte en la del estribo; separación entre abrazaderas de 6 a 8 veces el diámetro, unos 5 centímetros para cable de 8 milímetros; apriete gradual y alternativo, verificado tras una primera carga. Por su complejidad se usan en las estabilizaciones más complejas, cubiertas y arcos y bóvedas, donde falta la fuerza horizontal de contrarresto. Tirantes en cubiertas: a la molinera, entre los muros que soportan las correas; par y picadero, en los pares, más eficaz cuanto más cerca de la coronación del muro; par e hilera y par y nudillo, entre los estribos o en la parte inferior de los pares. En arcos y bóvedas, cuanto más cerca de los arranques, la imposta, más efectivos; cuanto más esbelto el arco, menores esfuerzos horizontales. Se tensan progresivamente.

Pasadores. Barras de corrugado de 6 a 10 milímetros tensadas con ranas de encofrado que unen el apeo a la estructura dañada. Cada par de tensores resiste como máximo 3,5 kilonewtons; se colocan cada 50 centímetros; el pasador sobresale unos 10 centímetros de la rana para que no la escupa. Sin ellos la solidaridad apeo-muro se produce en un solo punto y, ante un incremento de cargas, el apeo desliza y el elemento puede desplomarse sin que la estructura auxiliar entre en carga; basta un desplazamiento de pocos centímetros. Aseguran la solidaridad con la estructura, el aprovechamiento de toda la capacidad del apeo, el no deslizamiento y la absorción de pequeñas flexiones. Si fallan, no se rompe la barra sino la fijación de la rana. También en muros a una cara o anclaje de durmientes a soleras, los redondos sin ranas mejoran el apeo.

8.4. Herramientas y equipos

Concepto. Tres grupos: medición, corte, y unión y separación.

- Medición: cinta métrica plástica de 5, 10, 20 o 50 metros; flexómetro metálico de 2, 3, 5 o 10 metros con resorte y freno; medidor láser de distancias, superficies y volúmenes; plomada para verticalidad y aplomo; nivel de burbujas; escuadra de dos brazos desiguales a 90 grados; falsa escuadra de hoja corrediza ajustable a un ángulo; y escantillón, tres tubos telescópicos de acero con palomillas y placas regulables para ángulos y longitudes.
- Corte: motosierra, de explosión o eléctrica, para cortes sin gran precisión como tablones; serrucho de hoja trapezoidal; sierra de costilla con listón de refuerzo que da precisión pero limita la profundidad; y

formón, hoja acerada de 4 a 40 milímetros de ancho, unos 20 centímetros de longitud y filo de 25 a 40 grados, mayor cuanto más dura la madera.

- Unión y separación: martillo de orejas, con doble uña para extraer clavos, y de bola; maza con mocheta de nailon y mazo de madera para golpear formones y gubias sin deformarlos; pata de cabra o barra de uñas, palanca para desclavar; y martillo percutor eléctrico para demolición y perforación de muros.

8.5. Técnicas de estabilización: objetivos y entibaciones

Objetivos. Evitar poner en riesgo vidas humanas; desalojar a los ocupantes con seguridad; evitar el efecto dominó sobre edificaciones aledañas; y corregir la causa de la inestabilidad. Se distinguen entibaciones, estabilización bajo la rasante del terreno; apeos, sobre la rasante; y demoliciones, si es imposible estabilizar.

Entibación, concepto. Las excavaciones comprometen la estabilidad del terreno más que los rellenos, porque la retirada de material convierte los empujes en reposo en empujes activos; si el terreno no compensa el desequilibrio, el talud desliza hacia la excavación. En zanjas son frecuentes los accidentes graves o mortales por desprendimiento. Si el ángulo de rozamiento teórico del terreno es mayor que el del talud, el desnivel es estable; si es menor, hay que entibar. Entibación es el apeo del terreno con riesgo de desplazamiento por inestabilidad natural o inducida por desmontes, vaciados, zanjas, pozos o galerías; se usa cuando no es posible realizar un talud, pendiente natural de equilibrio. Sirve para estabilizar terrenos con riesgo de colapso y rescatar víctimas sepultadas.

Elementos de la entibación. Travesaños, largueros o velas: piezas verticales adosadas a las paredes de la zanja que recogen las tensiones del terreno a flexión. Tablas o cabeceros: piezas horizontales en contacto con el terreno o que recogen las cargas de los largueros y las transmiten a los codales. Codales: piezas horizontales a compresión que contrarrestan los empujes de ambos paramentos.

Entibaciones en zanjas. Geometría: reflejar el intradós del terreno, reproduciendo las formas paralelepipédicas de la cuchara de la retroexcavadora, con dos superficies paralelas acodaladas perpendicularmente. Rigidez: con codales largos y grandes empujes puede aparecer pandeo, que se combate con tornapuntas inclinadas entre cabecero y codal; los puntales metálicos son muy útiles como codales por rapidez y disponibilidad. Tipología, tres tipos según la NTE-ADZ, de aplicación supletoria mientras el Código Técnico no regule la materia: entibación cuajada, con cabeceros, largueros y codales y el 100 por 100 de la superficie revestida, para terrenos de baja cohesión y con agua; semicuajada, con el 50 por 100 revestido, para terrenos con mayor cohesión; y ligera, largueros y codales sin cabeceros, para terrenos de ángulo de rozamiento muy alto y gran cohesión. Ejecución: método Pronto, montaje de marcos de velas y cabeceros en superficie, introducción a mano o con grúa y acodalado desde arriba; método Quillery, pieza a pieza dentro de la zanja, recomendable hasta 3,50 metros en terrenos de buena cohesión. Las piezas se introducen con ayuda de escalera, tablón o perfil; si la profundidad supera 2 a 2,50 metros, el panel se hace en dos fases hasta los 3,50 metros recomendados.

Entibaciones en pozos. Se reproduce el intradós para estabilizar y dejar un hueco de acceso o supervivencia. Por la reducida dimensión no suele haber pandeo, pero los codales se colocan contrapeados. Se usan tableros de madera y puntales metálicos. Ejecución en cuatro pasos: primero, en los tablones se colocan clavos enfrentados a unos 40 centímetros para sujetar los puntales y otro clavo detrás que sostiene el tablón, que debe sobresalir unos 20 centímetros sobre el pozo a modo de rodapié; segundo, colocados los tablones, que se sostienen solos evitando acopio de gente alrededor, se insertan los puntales en los clavos uno frente a otro; tercero, se repite perpendicularmente con otros dos tablones formando una cruz; cuarto, se van colocando puntales mientras se desciende con seguridad.

Profundidades de entibado. Referencia: NTP 278 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene y NTE-ADZ. Se considera peligrosa toda excavación que alcance 0,80 metros en terrenos corrientes y 1,30 metros en terrenos consistentes, profundidad con la que el tórax quedaría oprimido en un desprendimiento; también toda excavación con pendiente superior a su talud natural. Aunque la norma marca entibar a partir de 1,30 metros, en emergencia se empieza a entibar cuando una persona quede completamente cubierta, alre-

dedor de 1,50 metros; antes se ejecuta un hueco para su respiración y, si no puede liberarse directamente, se entiba. Por terreno: gravas y arenas, no cohesivos, entibar siempre; arcillas, cohesivos, entibar automáticamente si la zanja o pozo está a menos de dos veces su profundidad de un vial, cimentación u otro elemento que pueda causar el derrumbe. Tabla de Bomberos Unidos Sin Fronteras: terreno coherente sin solicitación, zanja no necesita hasta 1,30 metros, ligera de 1,30 a 2,00, semicuajada de 2,00 a 2,50 y cuajada desde 2,50; pozo no necesita hasta 1,30, semicuajada de 1,30 a 2,00 y cuajada desde 2,00. Coherente con vial: zanja ligera hasta 1,30, semicuajada de 1,30 a 2,00, cuajada desde 2,00; pozo semicuajada hasta 1,30 y cuajada desde 1,30. Coherente con cimentación y terreno suelto con cualquier solicitación: cuajada siempre.

Precauciones bajo la cota del terreno. Identificar el terreno; examinar las instalaciones enterradas, agua, alta tensión, gas; no penetrar en alcantarillados, pozos o aljibes sin comprobar la atmósfera o sin equipos de respiración; no usar motores de explosión en excavaciones estrechas o profundas y comprobar los gases de escape; no almacenar materiales en el borde; colocar una escalera como vía de escape; paneles verticales y codales a 90 grados respecto al panel para evitar esfuerzos verticales; y recordar que a mayor profundidad, mayor presión sobre los codales de la parte baja.

8.6. Apeos: elementos simples, compuestos y de emergencia

Concepto. Apeos son las estructuras auxiliares que estabilizan los elementos constructivos sobre la rasante, ampliando la estructura dañada con otra que le dé la estabilidad necesaria. Los apeos de bomberos se clasifican según la velocidad de ejecución: apeos ordinarios y apeos de urgencia con medios de fortuna. Los elementos simples son piezas de uno o varios tablones estandarizados que, arriostradas mediante triangulaciones, se calculan como piezas a compresión con nudos articulados; la excepción es la aguja, que trabaja a flexión. Los elementos compuestos son apeos autorresistentes para situaciones complejas o de mayor carga.

Elementos verticales.

- Postes: fustes sin mecanizar, no escuadrados, aislados; gran altura, más de 6 metros, hasta dos plantas; difícil hacer elementos compuestos; compresión axial.
- Rollizos: fustes sin corteza y diámetro uniforme, de hasta 3 o 4 metros, una planta; compresión axial.
- Pie derecho: pieza escuadrada vertical que recibe las cargas de una sopanda y las transmite a un durmiente; compresión axial; como mínimo dos piezas normalizadas y tres bridas; casi cualquier longitud.
- Puntales: piezas verticales de sección rectangular en madera o circular en acero que transmiten al durmiente; el de madera es una única pieza, altura máxima una planta, adosado a un muro para evitar pandeo.
- Virotillo: pie derecho de pequeña longitud, para huecos de luz reducida o como auxiliar; compresión axial.
- Velas: piezas escuadradas verticales que reciben cargas horizontales y las transmiten a tornapuntas, codales o jabalcones; tocan el suelo.
- Zapatas murales: reciben las cargas del elemento dañado al que se adosan y las transmiten al apeo; no tocan el suelo. Mecánicamente la zapata mural trabaja como una sopanda, transmitiendo a un único elemento, y es de dimensiones reducidas; la vela transmite a dos elementos, uno horizontal y otro inclinado, con mayor estabilidad y longitud.

Elementos horizontales. Sopanda: recoge las cargas de vigas y viguetas y las transmite a los verticales del apeo; a mayor dimensión, más flexión. Durmiente: descansa sobre el terreno y reparte las cargas, a compresión normal. Codal: pieza de sección cuadrada o circular entre dos apoyos que mantiene su separación, a compresión axial. Puentes: piezas cortas de unión, separación o arriostramiento entre verticales, normalmente a compresión; no confundir con el puente de apeo, que trabaja a flexión. Agujas: piezas que perforan un muro y lo mantienen, apoyadas en verticales, a flexión.

Elementos inclinados. Tornapuntas: piezas inclinadas construidas como un pie derecho que transmiten el esfuerzo de un elemento vertical a uno horizontal, a compresión axial. Jabalcón: idéntico a la tornapunta, pero transmite de un elemento horizontal a uno vertical. Riostra: mantiene en posición los elementos resistentes.

Elementos complementarios. Mangueta o abrazadera: une dos o más tornapuntas reduciendo su pandeo; articulada o fija, siempre a tracción. Muletillas: piezas escuadradas, a menudo no estandarizadas, que se adosan o encajan en los muros, en un mechinal, para recibir cargas uniformemente; en ladrillo o mampostería el nudo con el jabalcón queda a un tercio del grueso del muro; si el muro tiene carreras se usan como muletillas; recurso para espacios interiores. Oreja: trozo de tablón que coarta el movimiento lateral y el giro de piezas como las agujas.

Pie derecho. Elemento principal de los apeos de madera: dos o más tablones unidos por bridas, y a veces pernos, asociado a sopanda y durmiente. Los de un solo tablón no se usan aislados por su limitada capacidad y pandeo; el tablón aislado, puntal, se limita a adosamientos a muros o pequeñas alturas, el enano. Los cortes de los extremos deben ser perpendiculares, para evitar fuerzas horizontales que pierdan la verticalidad y para alinear los tablones en un mismo plano; las diferencias se compensan con el acuñado. El ajuste se hace con cuñas en la parte inferior y la verticalidad se garantiza con el arriostrado. Encepado: cuando la altura supera la longitud de los tablones, se colocan a testa sin que coincida más de una unión en la misma sección, lo que aumenta el pandeo y dificulta la transmisión; si el cálculo lo exige, se refuerza el empalme con un trozo de tablón embridado a ambos lados. Resistencias orientativas: dos tablones embridados, 226 kilonewtons a 1 metro con 3 bridas, 92 a 2 metros con 5 bridas, 57 a 3 metros con 8 bridas y 23 a 5 metros con 13 bridas; tres tablones, 482, 274, 201 y 94 kilonewtons a 1, 2, 3 y 5 metros; cuatro tablones, 375 a 2 metros, 341 a 3 metros y 175 a 5 metros.

Durmiente. Pieza horizontal que recibe las cargas verticales de pies derechos o inclinadas de tornapuntas y las reparte al terreno; también ata las bases de los pies derechos. El más socorrido es el tablón de 200 por 70 colocado a tabla, durmiendo, que se adapta muy bien al terreno. Debe resistir la compresión y repartirla con presiones admisibles. Inconvenientes: menor resistencia que el pie derecho por trabajar a compresión normal a las fibras y limitada capacidad de reparto. Resistencias: un tablón, que no se embrida, 49 kilonewtons; dos tablones 71; tres 101; cuatro 134. Si la presión es excesiva se amplía la superficie de descarga en pirámide, con rigidizadores o con superficie ampliada.

Sopanda. Pieza horizontal que recoge las cargas de los elementos horizontales y las conduce a los verticales, atando además las cabezas de los pies derechos. Resiste flexión y la compresión al entregar a los pies derechos; se adapta a las deformaciones. Se coloca adosada a la parte inferior del elemento a apear, sobre los puntales o cabezas de pies derechos en toda su anchura, con tablones de 200 por 70. Su limitada resistencia a flexión obliga a muchos pies derechos a corta distancia. En forjados unidireccionales hay que prever el punzonamiento de bovedillas; el tablón horizontal puede reforzarse con otro vertical, oreja, perpendicular a las viguetas, que obliga a pies derechos de tres tablones, o bien aumentar el número de puntales. La tabla de sopandas se aplica también a agujas y puentes de apeo.

Tornapunta. Pieza inclinada que traslada las cargas de un elemento vertical a otro horizontal por compresión axial, igual que un pie derecho, y se calcula igual. Puntos de apoyo: elementos sólidos, zanjas en el terreno o acodalamientos a otras edificaciones. Puntos de apeo según la patología: giro de muro, a dos tercios de la altura, preferiblemente por encima del canto del forjado; empuje horizontal del forjado, a la altura del canto del forjado; pandeo, en el punto de máxima deformación, preferiblemente por debajo del canto. Trabaja igual frente al cedimiento vertical y frente al vuelco. Su problema es que, por la tercera ley de Newton, aparecen reacciones horizontales y verticales en base y coronación y tiende a resbalar sobre el muro hacia arriba. Soluciones: el embarbillado o boca de perro, encaje en el elemento que impide subir, pero la madera trabaja a hienda, el peor esfuerzo, 0,5 newtons por milímetro cuadrado, y obliga a perforar el muro; y el atado mediante ranas de encofrado, la más efectiva, que cose la vela o zapata mural al muro con pasador

atirantado y permite añadir un ejión como tope sin perforar el muro. Modalidades: en paralelo, tornapuntas paralelas; en abanico, arranque común; en jineta, la superior apoya en la inferior. La más desaconsejable es la jineta, porque genera flexiones en la tornapunta inferior.

Elementos compuestos.

- Recercados de huecos en muros de carga: contrarrestan daños locales, rotura de un dintel, o colaboran en la estabilización general, cedimiento diferencial. Si una grieta atraviesa un hueco de ventana, lo mejor es darle continuidad con una tornapunta, porque en la dirección de la grieta están las isostáticas de compresión. Buena solución es la cruz de San Andrés, recercado en aspas, que recoge esfuerzos de todas direcciones; otros modelos son simple, simple reforzado, en uve para esfuerzos ascendentes, diagonal, con jabalcones y con puente de apeo en dintel.
- Puentes de apeo: una pieza horizontal a flexión, la aguja, y dos verticales, pies derechos; muy prácticos para muros de fachada recogiendo cargas en perpendicular; la aguja se ancla con orejas.
- Apeo en asnillas: pareja de tornapuntas con tirantes en la base contra los empujes horizontales de su inclinación, unidas en cabeza por una aguja y arriostradas transversalmente; por su complejidad solo se ejecuta cuando es estrictamente necesario.

Apeos de emergencia. Cuando el deterioro implica riesgo de colapso inmediato y no hay tiempo para técnicas ordinarias, se emplean medios de fortuna que dan un grado mínimo de estabilidad para, acto seguido, ejecutar los apeos ordinarios. Única premisa: elevada velocidad de ejecución con elementos de disponibilidad inmediata. Dos técnicas: sistemas comprimidos y traccionados.

Sistemas comprimidos. Estabilizan verticales y horizontales y aseguran huecos de vida.

- Apeo en llave: tablones contrapeados, apoyados y no clavados, que forman un prisma de base cuadrada, para que todas las piezas tengan idéntica medida y distribuyan las cargas simétricamente en dos direcciones. La altura no debe sobrepasar tres veces el lado de la base; se adapta en altura con cuñas. El precálculo carece de validez porque las piezas van simplemente apoyadas; es una primera actuación preventiva. Ventajas: optimiza la madera disponible, gran velocidad, medios mínimos, sierras o motosierras, sin uniones mecánicas, y basta una persona en zona no segura. Inconveniente: para varios forjados requiere gran cantidad de madera.
- Materiales ensacados: áridos o grano en sacos, excelentes a compresión, como demuestra la arquitectura con tierra ensacada; sirven para apeos horizontales similares a la llave y para macizar huecos. Los sacos más abundantes son de polipropileno, hasta 100 kilogramos. La resistencia del sistema se estima en la mitad de la nominal del material, para áridos seleccionados no más de 4 kilogramos por centímetro cuadrado. Materiales abundantes pero poco homogéneos y de comportamiento difícil de predecir.

Sistemas traccionados o atirantados. En edificaciones antiguas de cascos históricos, ante desplome paulatino de la directriz de los elementos y riesgo inminente de colapso, se atiranta formando triángulos de fuerza con:

- Cuerdas semiestáticas de trabajos verticales: resistencia de cálculo de unos 25 kilonewtons, algo más de 2.500 kilogramos, reducida un 20 por 100 por los nudos, unos 20 kilonewtons por tirante, unos 2.000 kilogramos. Muy efectivo en cubiertas con fallo de tracciones.
- Tracteles: tensado manual de cables de acero, con capacidad mucho mayor. En el CEIS, Tirfor T13 con cable de 11,5 milímetros y rotura de 8.000 kilogramos, 78,4 kilonewtons, y T35 con cable de 16,3 milímetros y 16.000 kilogramos, 156,8 kilonewtons.
- Cintas de carraca: cintas textiles con tensor manual, presentes en cualquier vehículo de mercancías; aconsejadas para zunchar pilares o depósitos, aumentando la resistencia a compresión por contención lateral. Se protegen salientes y esquinas, se disponen tablones perimetrales sujetos por las cintas y se tensan progresiva y uniformemente. Las estandarizadas del CEIS soportan 35 kilonewtons.

8.7. Modelos de apeo según el elemento a apear

Apeos de forjados. Apeo por el interior: el más sencillo; pies derechos o puntales telescópicos con sopandas y durmientes bajo la zona afectada, perpendiculares a las viguetas, apeando también zonas intermedias en grandes luces. Como el apeo forma un plano vertical sin seguro lateral, al menos el durmiente se acodala contra las paredes en varios puntos. Continuidad estructural: siempre que se apea un forjado se apean los situados debajo, como mínimo los dos forjados sanos por debajo del dañado, hasta terreno firme o nivel resistente.

Apeo para forjado sin apoyo en el piso inferior. En estructuras adinteladas de muros de fábrica, cuando no se puede transmitir al nivel inferior: apeo de puente alta, la sopanda apoya en un puente jabalconado y cada jabalcón en la base de los muros de la crujía; apeo en aspa, sin puente, los jabalcones apean directamente en la sopanda; apeo de pescante, un madero atraviesa el muro y queda en voladizo simétrico a ambos lados, recibiendo las sopandas de las dos crujías contiguas, y si el vuelo es muy marcado se jabalcona a la base del muro; apeo viga-puente, una viga o jácena apoya en el centro a la sopanda y entrega en los muros de crujía. Evitan elementos en plantas inferiores y facilitan el trabajo, frente al bosque de maderos de los anteriores, pero son muy elaborados y lentos. El apeo de forjados en voladizo, ménsulas o aleros, tiene como elemento característico el jabalcón.

Apeos de jácenas y vigas maestras. Pies derechos con sopanda y durmiente perpendiculares a los nervios de la estructura, continuados hasta terreno firme o un mínimo de dos forjados sanos por debajo. Si el apeo directo no es posible se descargan todos los forjados que soporta; en vigas de gran carga con movimientos laterales, asnillas o puentes de apeo; si sobre la jácena carga un muro, se apea con tornapuntas o viga aguja sobre sopandas y pies derechos.

Apeo de muros. El más variado, con apuntalamientos horizontales, verticales, inclinados o combinados:

- Tornapuntas simples: contra el cedimiento o desplome de un muro de fachada; tornapuntas de doble o triple tablón acodaladas entre suelo y muro con durmiente y vela o zapata mural; el apoyo en el muro debe recaer bajo las carreras o bajo el forjado; según esbeltez, tornapuntas paralelas en un plano sobre una zapata mural.
- Tornapuntas a varias alturas o en abanico: para gran altura, recibiendo esfuerzos en una zona vertical más amplia; paralelas en el mismo plano y a menudo con muletillas en vez de zapatas murales.
- Apeo con asnillas: descarga la parte inferior de un muro dañado con agujas en huecos pasantes sobre la lesión, apoyadas en pies derechos o parejas de tornapuntas sobre durmientes.
- Apuntalamientos en muros interiores: se apean las vigas o forjados que descansan en el muro, como en los pilares.
- Acodalado de muros: contra el vuelco, apoyándose en un segundo muro o estructura paralela; longitud máxima de 8 metros; libera la base del elemento; codales auxiliados por tornapuntas sobre zapatas murales que no tocan el suelo.
- Muros de contención: deslizamiento, acodalar la base y reforzar el codal con tornapuntas a media altura; vuelco, tornapuntas en la parte superior.
- Recercados: refuerzo de los puntos débiles de los muros de carga.

Apeo de pilares. Dos pies derechos con orejas adosados al pilar, que recogen la carga y la transmiten a las vigas del forjado inmediatamente inferior. En plantas altas, sin firme resistente, los pies derechos o puntales deben alinearse en todas las plantas calando al forjado mediante taladro y debe calcularse la capacidad del forjado. Se descargan todos los elementos que acometen al pilar. Dos soluciones: tornapuntado de la cabeza con transmisión a la base de un muro de carga próximo; o puente o tornapuntas apeando en vertical hasta un mínimo de tres forjados sanos bajo el apeo o hasta el terreno. El apeo se construye de abajo hacia arriba y se templa progresivamente.

Apeo de cimientos. Derivar todas las acciones gravitatorias combinando sistemas a compresión, tornapuntas y puntales, y a flexión, agujas. Zapatas corridas accesibles por ambos lados, agujas; medianeras, agujas en palanca, solo con escasa carga. Zapatas aisladas: centrales, dos a cuatro tornapuntas hacia otras cimentaciones o terreno resistente acodalado; de medianería, puntales paralelos a la medianería; de esquina, puntales por el interior y tornapuntas por el exterior en planta baja.

Arcos, bóvedas y cúpulas. El apeo debe reproducir el intradós, permitir el asiento de los materiales y el descimbrado, y ser indeformable transmitiendo a carreras y puntales. Para arcos se obtiene una plantilla de la generatriz; con vanos y cargas relevantes se arriostra transversalmente contra el vuelco. Bóvedas por sucesión de cimbras a lo largo de la traslación del arco; cúpulas por giro del arco.

Apeos estandarizados del CEIS. Igual que se estandarizan procedimientos de incendios o rescates, se implantan apeos sencillos con resistencia contrastada, tiempos controlados y automatizados por todo el personal. El esquema del manual muestra vela en trasdós y durmientes vertical y horizontal con tablones de 20 por 7 centímetros clase C18, ranas de tesado de 6 milímetros con varilla pasante, tresbolillo uniforme de 14 clavos de 4 pulgadas, cajeado de 100 por 50 milímetros, puntal telescópico C30 EN 1065 de 3 metros y 34 kilonewtons, y capacidad del conjunto de 20 kilonewtons de carga puntual; si no es accesible el trasdós, anclaje con 5 varillas pasantes de 10 milímetros y 500 milímetros.

8.8. Pautas de ejecución de estructuras auxiliares por fases

Concepto. Un apeo se construye con piezas sueltas que trabajan como uniones articuladas, por lo que los enlaces no deben desplazarse. Diez fases:

- Dimensionado: número de puntales, separación y tamaño de durmientes según las cargas a transmitir al terreno, conociendo la resistencia de tablones y puntales; preferir sistemas estandarizados y predefinidos.
- Toma de medidas y cortes: con cintas, escuadras y escantillones; a la longitud total se restan dos gruesos de tablón, de sopanda y durmiente, más un margen de dos centímetros para el acuñado; los cortes se trazan con escuadra de carpintero evitando encuentros en ángulo o cruce que mermen la sección.
- Embridado: las piezas principales, pies derechos, tornapuntas y codales, en grupos de dos o tres tablones embridados, para evitar pandeos anormales por nudos u otros defectos.
- Sujeción de los durmientes: zona de apoyo resistente, impidiendo el deslizamiento mediante cajeado, riostras en todos los durmientes, codales contra los muros de carga o anclaje con redondos.
- Piezas en contacto con muros: donde pueda haber cizallamiento, puntales, pies derechos o agujas, se interpone una pieza de madera, a poder ser anclada con pasadores y ranas.
- Montaje: se clavan las piezas horizontales a las verticales de arriba abajo; la sopanda se clava a dos pies derechos, se eleva el conjunto, se sitúa sobre el durmiente y se aploma; después el resto de pies derechos, cuñas y riostras.
- Aplomado: las piezas verticales completamente aplomadas; si hay varios pies derechos en fila, perfectamente alineados.
- Acuñado: pies derechos o tornapuntas se sierran ligeramente más cortos y el hueco con el durmiente se maciza con dos cuñas enfrentadas apretadas a la vez para templar el apeo.
- Ejecución de piezas: se aseguran con clavos para evitar movimientos por humedad y variaciones térmicas, que pueden desplazar totalmente las piezas.
- Arriostramiento: siempre triangulando pies derechos o tornapuntas con riostras a tracción y cruces de San Andrés, para que trabajen de forma conjunta.

8.9. Demoliciones, fases, intervenciones frecuentes, fachadas y equipos de protección

Concepto. Derribo o demolición es la destrucción o desmontaje de un elemento constructivo; es el último recurso para evitar su desprendimiento o colapso ante la imposibilidad de estabilizarlo o apearlo. Total, si se abate toda la edificación, o parcial, si afecta a subsistemas o elementos concretos; el parcial es el más habitual en rehabilitación.

Demolición elemento a elemento. Para derribos de pequeña envergadura o como preparación de la total. Es el método más común porque los edificios están entre medianerías. Es gradual, sin desplomes parciales; continuo, sin dejar elementos inestables; y ordenado, de arriba abajo sin acumular escombros ni sobrecargar. Los elementos resistentes se derriban en orden inverso a su construcción: descendiendo planta a planta, aligerando las plantas de forma simétrica, aligerando la carga que gravita sobre cada elemento antes de demolerlo, contrarrestando los empujes horizontales, apuntalando los voladizos si es necesario y manteniendo los arriostramientos.

Demolición por colapso con medios mecánicos. Por empuje: con buldócer o retroexcavadora; el empuje se produce siempre en el cuarto superior de la altura de los elementos verticales y por encima de su centro de gravedad; limitado a planta baja o primera; los bomberos no disponen de esa maquinaria. Por tracción: eficaz con suficiente distancia de seguridad; los elementos se debilitan previamente en las zonas sensibles y se derriban por tracciones progresivas, preferiblemente con excavadoras, buldóceres o tractores sobredimensionados. Por corte y perforación: para desmontar pequeños elementos, saneamiento, o preparar derribos mayores, con motosierra, motosierra de salvamento, tronzadoras, equipos hidráulicos de corte y separación y sierra sable.

Fases de la demolición. Un derribo descontrolado puede provocar una auténtica catástrofe. Cuatro fases: recogida de datos y aviso, descartando la afectación estructural y conociendo la cota o número de plantas, dato que puede modificar el tren de salida, vehículos en altura, y los medios, apeos, cuerdas y anclajes; inspección, la fase más importante, contrastando la información con propietarios, vecinos, testigos, planos o fotos, con datos básicos de antigüedad, estructura general, materiales y edificios medianeros; evaluación del derribo, síntomas de la lesión, desprendimiento, grietas o abombamiento, elemento implicado estructural o complementario, accesibilidad, causas y riesgos sobre terceros o vía pública; y organización de los trabajos, delimitando las áreas de riesgo de intervención, socorro y apoyo, a veces bastan cintas o vallas, pidiendo personal, vehículos y herramientas, protegiendo y consolidando edificios colindantes, anulando instalaciones, ejecutando apeos si procede y derribando según el método.

Intervenciones más frecuentes. Desprendimiento de acabados de fachada, alicatados, aplacados y continuos; grietas, fisuras y desprendimientos en cubiertas, petos, aleros y hastiales; daños en balcones y voladizos; daños en barandillas y balaustradas; y canalones, carteles y luminosos, aire acondicionado, antenas y toldos.

Desprendimiento de fachadas. Es sin duda la intervención por demolición más frecuente, por la exposición a los agentes meteorológicos. Dos modelos de inestabilidad:

- Local, en los puntos singulares: cornisas, parte superior y más saliente que evita que la lluvia incida en el muro y remata el edificio; aleros, parte de la cubierta que sobresale sobre la fachada; gárgolas, desagües sobresalientes que proyectan el agua fuera de la vertical del muro; albardilla, tejadillo en la parte superior de los muros; y frentes de forjado, piezas prefabricadas de hormigón polímero que cubren el frontal de cada planta, balcones y terrazas, evitando filtraciones.
- General, según la conexión con los forjados: fachadas que en cada nivel se apoyan en los forjados, las tradicionales, elevadas de forjado a forjado con menor espesor a la altura del canto, las más seguras, que solo sufren desprendimientos de los materiales entre forjado y fachada, reparables con un saneado; y fachadas que se desarrollan por delante del canto del forjado, más modernas, de fábrica continua por delante del canto y ancladas a este con grapas y barras de acero; los anclajes ocultos acaban fallando,

son las más problemáticas, sufren desprendimientos de paños completos, son realmente peligrosas y de reparación compleja.

Equipos de protección individual. Casco conforme a EN 397, con fijación completa de red rachet, barbuquejo y barbuquejo de tres puntos y gafas de protección incorporadas. Chaquetilla y pantalón: los bomberos, equipos multirriesgo, usan la ropa de intervención salvo riesgo específico, recomendándose refuerzos en codos, hombros y espalda, y vadeadores si hay agua o socavones. Botas conforme a EN 345-2, de intervención, con caña alta, puntera antideformación de acero y plantilla antiperforación, suficientes frente a riesgo eléctrico, NBQ y humedad limitada. Guantes conforme a EN 388 con protección mínima 4 en abrasión, 5 en corte por cuchilla, 4 en desgarro y 1 en perforación.

8.10. Cifras y datos clave

Deber de conservación del propietario hasta el 75 por 100 del coste, Ley del suelo 8/2007 artículo 9; Ley 38/1999 artículo 16. Tres grupos: entibaciones bajo rasante, apeos sobre rasante, saneamientos y demoliciones. Madera C18, pino, ME-2; curvatura de cara menor de 20 milímetros, de canto menor de 12, alabeo menor de 2 por cada 25 de ancho, abarquillado menor de un veinticincoavo; Young 9,0 kilonewtons por milímetro cuadrado, transversal 0,56, densidad 380 kilogramos por metro cúbico. Tablón, pieza elemental portante, 200 por 70 milímetros; riostras menores de 100 por 50, solo a tracción; CEIS 205 por 76 y 76 por 25, longitudes 1,5 y 3,0 metros. Puntal EN 1065; A30, 3 metros y 17 kilonewtons; C30 34 kilonewtons; excentricidad de 2,5 centímetros reduce la resistencia del 25 al 50 por 100; hueco mínimo 1,60 metros; forjado de vivienda 6 kilonewtons, puntales a 1 metro. Clavos de 6 por 120, 1,0 kilonewton sin pretaladro y 1,5 con pretaladro de dos tercios a tres cuartos del diámetro, más 50 por 100; penetración 8 diámetros; tresbolillo 4 a 5 centímetros y 8 a 10 entre series. Bridas nunca a más de 1 metro, recomendable 50 centímetros, una a 10 centímetros de los extremos; reducir a la mitad cuadruplica; revisión semanal; ranuras de 3 centímetros reducen hasta un tercio; pernos, mitad de resistencia. Ejiones, vida útil 6 meses. Cables 8 a 10 milímetros, NTP 186, 6 por 19 más 1, 40 kilonewtons estáticos y 20 dinámicos, mínimo 4 abrazaderas separadas de 6 a 8 diámetros. Pasadores de 6 a 10 milímetros, 3,5 kilonewtons por par de ranas, cada 50 centímetros, sobresalen 10 centímetros. Formón de 4 a 40 milímetros, 20 centímetros, filo de 25 a 40 grados. Entibación: velas o largueros verticales a flexión, cabeceros horizontales, codales a compresión y a 90 grados; cuajada 100 por 100, semicuajada 50 por 100, ligera sin cabeceros; Pronto y Quillery, 3,50 metros, dos fases desde 2 a 2,50 metros; peligrosa a 0,80 metros en terrenos corrientes y 1,30 en consistentes; en emergencia entibar a 1,50 metros; gravas y arenas siempre; arcillas con vial o cimentación a menos de dos veces la profundidad; pozos, clavos a 40 centímetros y rodapié de 20. Postes más de 6 metros, dos plantas; rollizos 3 a 4 metros; pie derecho mínimo dos tablones y tres bridas; virotillo, pie derecho corto; vela toca el suelo, zapata mural no; tornapunta de vertical a horizontal, jabalcón de horizontal a vertical; aguja a flexión; muletilla a un tercio del grueso del muro. Durmiente 49, 71, 101 y 134 kilonewtons con 1 a 4 tablones. Tornapunta: giro de muro a dos tercios de la altura, empuje horizontal al canto del forjado, pandeo en la máxima deformación; hienda 0,5 newtons por milímetro cuadrado; jineta desaconsejable. Llave, altura máxima tres veces el lado de la base; sacos de polipropileno 100 kilogramos, áridos 4 kilogramos por centímetro cuadrado; cuerdas 25 kilonewtons menos 20 por 100, 20 kilonewtons; Tirfor T13 78,4 y T35 156,8 kilonewtons; cintas de carraca 35 kilonewtons. Forjados y jácenas, mínimo dos forjados sanos por debajo; pilares, mínimo tres, construidos de abajo hacia arriba; acodalado de muros máximo 8 metros; sin apoyo en piso inferior: puente alta, aspa, pescante y viga-puente. Cortes: restar dos gruesos de tablón más 2 centímetros. Empuje en el cuarto superior y sobre el centro de gravedad. Cuatro fases de demolición: datos, inspección, evaluación y organización. Fachadas por delante del canto del forjado, ancladas con grapas, las más problemáticas. Casco EN 397, botas EN 345-2, guantes EN 388 niveles 4, 5, 4 y 1.

Cuadros y esquemas para el estudio impreso

Cuadro 1. Elementos del apeo: posición, esfuerzo y función

Elemento	Posición	Esfuerzo	Función y detalle clave
Poste	Vertical, aislado	Compresión axial	Fuste sin mecanizar; más de 6 m, hasta dos plantas
Rollizo	Vertical	Compresión axial	Fuste sin corteza, 3 a 4 m, una planta
Pie derecho	Vertical	Compresión axial	Elemento principal; mínimo 2 tablones y 3 bridas; de sopanda a durmiente
Puntal	Vertical	Compresión	Madera (un tablón, una planta, adosado a muro) o acero telescópico EN 1065
Virotillo	Vertical corto	Compresión axial	Pie derecho de poca longitud, huecos reducidos o auxiliar
Vela	Vertical, toca el suelo	Recibe cargas horizontales	Transmite a tornapuntas, codales o jabalcones
Zapata mural	Vertical, no toca el suelo	Como una sopanda	Adosada al elemento dañado, transmite al apeo; dimensiones reducidas
Sopanda	Horizontal, arriba	Flexión y compresión	Recoge cargas de vigas y viguetas; ata cabezas de pies derechos
Durmiente	Horizontal, abajo	Compresión normal a fibras	Reparte al terreno; ata las bases; tablón 200 x 70 "a tabla"
Codal	Horizontal	Compresión axial	Mantiene la separación entre dos apoyos; máximo 8 m en acodalado de muros
Puente	Horizontal corto	Compresión	Unión o arriostramiento entre verticales (no confundir con puente de apeo, a flexión)
Aguja	Horizontal, atraviesa el muro	Flexión	Única pieza simple a flexión; se ancla con orejas
Tornapunta	Inclinada	Compresión axial	De un elemento vertical a uno horizontal
Jabalcón	Inclinada	Compresión axial	De un elemento horizontal a uno vertical
Riostra	Inclinada, en aspa	Solo tracción	Triangulación indeformable; menor de 100 x 50 mm
Mangueta	Complementario	Tracción	Une tornapuntas y reduce su pandeo
Muletilla	Complementario	Compresión	Encajada en mechinal; nudo con el jabalcón a 1/3 del grueso del muro
Oreja	Complementario	Tope	Coarta el movimiento lateral y el giro (agujas)
Ejión	Complementario	Compresión axial	Tope clavado: 1,0 kN por clavo sin pretaladro, 1,5 kN con pretaladro; vida útil 6 meses
Cuña	Templado	Compresión	Contrapuestas; entrada en carga progresiva; un clavo por cuña; retemplar

Cuadro 2. Cifras de resistencia de materiales y uniones

Elemento	Dato normativo o dimensional	Resistencia o regla
Madera	Clase C18 (UNE-EN 338), pino, calidad ME-2 (UNE 56544)	Young 9,0 kN/mm2; transversal 0,56; densidad 380 kg/m3
Deformaciones admisibles	Cara menor de 20 mm; canto menor de 12 mm	Alabeo menor de 2 mm por 25 mm; abarquillado menor de 1/25
Tablón	200 x 70 mm (CEIS: 205 x 76; tabloncillo 76 x 25)	Longitudes 1,5 y 3,0 m; sección cuadrada = 3 tablones
Puntal A30	Clase A, 3 m, EN 1065	17 kN garantizados; hueco mínimo 1,60 m
Puntal C30	Clase C, 3 m	34 kN; E40 llega a 51 kN
Excentricidad del puntal	2,5 cm	Reduce la capacidad del 25 al 50 %
Clavo 6 x 120	Tablón a tablón por las tablas	1,0 kN sin pretaladro; 1,5 kN con pretaladro (2/3 a 3/4 del diámetro, +50 %)
Clavado	Penetración mínima 8 diámetros	Tresbolillo: 4 a 5 cm entre series, 8 a 10 cm en la misma alineación
Bridas	Nunca a más de 1 m; recomendable 50 cm; una a 10 cm del extremo	Reducir de 1 m a 0,5 m cuadruplica la capacidad; revisión semanal
Ranuras y pernos	Ranura de 3 cm	Reduce hasta 1/3; pernos por parejas cada 50 cm, mitad de resistencia
Cable de acero	10 mm, 6 x 19 + 1, NTP 186	40 kN estático, 20 kN dinámico; mínimo 4 abrazaderas a 6 a 8 diámetros
Pasadores	Corrugado 6 a 10 mm con ranas	3,5 kN por par de ranas; cada 50 cm; sobresalen 10 cm
Pie derecho 2 tablones	1 / 2 / 3 / 5 m	226 / 92 / 57 / 23 kN (3, 5, 8 y 13 bridas)
Pie derecho 3 tablones	1 / 2 / 3 / 5 m	482 / 274 / 201 / 94 kN
Pie derecho 4 tablones	2 / 3 / 5 m	375 / 341 / 175 kN
Durmiente	1 / 2 / 3 / 4 tablones	49 / 71 / 101 / 134 kN
Hienda (embarbillado)	Peor esfuerzo de la madera	0,5 N/mm2
Cuerda semiestática	25 kN de cálculo	Menos 20 % por nudos: unos 20 kN por tirante
Tractel Tirfor	T13 cable 11,5 mm; T35 cable 16,3 mm	78,4 kN (8.000 kg); 156,8 kN (16.000 kg)
Cinta de carraca	Estandarizada CEIS	35 kN; para zunchar pilares y depósitos
Sacos	Polipropileno hasta 100 kg	Áridos: no más de 4 kg/cm2 (mitad de la nominal)

Cuadro 3. Entibación: elementos, tipos, profundidades y métodos

Concepto	Contenido
Elementos	Velas o largueros (verticales, flexión); tablas o cabeceros (horizontales, contra el terreno); codales (horizontales, compresión, a 90 grados)

Concepto	Contenido
Cuajada	100 % de superficie revestida; terrenos de baja cohesión y con agua
Semicuajada	50 % revestido; terrenos con mayor cohesión
Ligera	Largueros y codales sin cabeceros; ángulo de rozamiento muy alto y gran cohesión
Método Pronto	Marcos montados en superficie, introducidos a mano o con grúa, acodalados desde arriba
Método Quillery	Pieza a pieza dentro de la zanja; hasta 3,50 m en terreno de buena cohesión; dos fases desde 2 a 2,50 m
Profundidad peligrosa	0,80 m en terreno corriente; 1,30 m en consistente (tórax oprimido)
En emergencia	Entibar cuando la persona queda cubierta, unos 1,50 m; antes, hueco para respirar
Por terreno	Gravas y arenas: siempre; arcillas: si vial o cimentación a menos de 2 veces la profundidad
Pozos	Clavos enfrentados a 40 cm; tablón sobresale 20 cm (rodapié); puntales en cruz

Tabla de Bomberos Unidos Sin Fronteras (terreno coherente):

Situación	Hasta 1,30 m	1,30 a 2,00 m	2,00 a 2,50 m	Desde 2,50 m
Zanja sin solicitación	No necesita	Ligera	Semicuajada	Cuajada
Pozo sin solicitación	No necesita	Semicuajada	Cuajada	Cuajada
Zanja con vial	Ligera	Semicuajada	Cuajada	Cuajada
Pozo con vial	Semicuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada
Con cimentación o terreno suelto	Cuajada	Cuajada	Cuajada	Cuajada

Cuadro 4. Tornapuntas y modelos de apeo según el elemento dañado

Elemento o patología	Solución de apeo	Regla numérica
Giro de muro	Tornapunta a 2/3 de la altura, por encima del canto del forjado	Atado con ranas mejor que embarbillado
Empuje horizontal del forjado	Tornapunta a la altura del canto del forjado	Modalidades: paralelo, abanico, jineta (desaconsejable)
Pandeo de muro	Tornapunta en el punto de máxima deformación, bajo el canto	Apoyo bajo carreras o forjado
Forjado	Pies derechos o puntales con sopanda y durmiente, perpendiculares a viguetas; durmiente acodalado	Apear también los 2 forjados sanos inferiores
Forjado sin apoyo inferior	Puente alta, aspa, pescante, viga-puente	Voladizos: jabalcón
Jácena o viga maestra	Pies derechos, sopanda y durmiente perpendiculares a los nervios	Mínimo 2 forjados sanos por debajo
Pilar	Dos pies derechos con orejas adosados; se descargan todos los elementos que acometen	Mínimo 3 forjados sanos; de abajo hacia arriba
Vuelco de muro	Acodalado contra muro paralelo, con tornapuntas sobre zapatas murales	Longitud máxima del codal 8 m

Elemento o patología	Solución de apeo	Regla numérica
Muro de contención	Deslizamiento: acodalar la base; vuelco: tornapuntas arriba	Codal reforzado a media altura
Hueco en muro de carga	Recercado; cruz de San Andrés recoge todas las direcciones	Grieta en hueco: tornapunta en su dirección
Cimientos	Zapata corrida: agujas; aislada central: 2 a 4 tornapuntas; esquina: puntales interior y tornapuntas exterior	Medianera: agujas en palanca solo con escasa carga
Arcos, bóvedas, cúpulas	Cimbra que reproduce el intradós; bóveda por traslación, cúpula por giro	Tirantes más eficaces cerca de la imposta
Apeo en llave (urgencia)	Tablones contrapeados apoyados, prisma de base cuadrada	Altura máxima 3 veces el lado de la base

Cuadro 5. Fases de ejecución del apeo (10) y fases de la demolición (4)

Fase del apeo	Regla clave
1. Dimensionado	Puntales, separación y durmientes según cargas; sistemas estandarizados
2. Medidas y cortes	Restar 2 gruesos de tablón (sopanda y durmiente) más 2 cm para el acuñado
3. Embridado	Pies derechos, tornapuntas y codales en grupos de 2 o 3 tablones
4. Sujeción de durmientes	Cajeado, riostras, codales contra muros o redondos
5. Piezas en contacto con muros	Interponer madera, anclada con pasadores y ranas
6. Montaje	Horizontales clavadas a verticales de arriba abajo; se eleva el conjunto y se aploma
7. Aplomado	Verticales aplomadas y alineadas
8. Acuñado	Piezas algo más cortas; dos cuñas enfrentadas apretadas a la vez
9. Ejecución de piezas	Clavos contra movimientos por humedad y temperatura
10. Arriostramiento	Triangular siempre con riostras a tracción y cruces de San Andrés

Fase de la demolición	Contenido
1. Recogida de datos y aviso	Afectación estructural, cota o número de plantas (modifica el tren de salida)
2. Inspección	La más importante: propietarios, vecinos, planos, antigüedad, estructura, medianeros
3. Evaluación del derribo	Síntomas (desprendimiento, grietas, abombamiento), elemento, accesibilidad, riesgos a terceros
4. Organización	Áreas de intervención, socorro y apoyo; medios; consolidar colindantes; anular instalaciones; apear; derribar

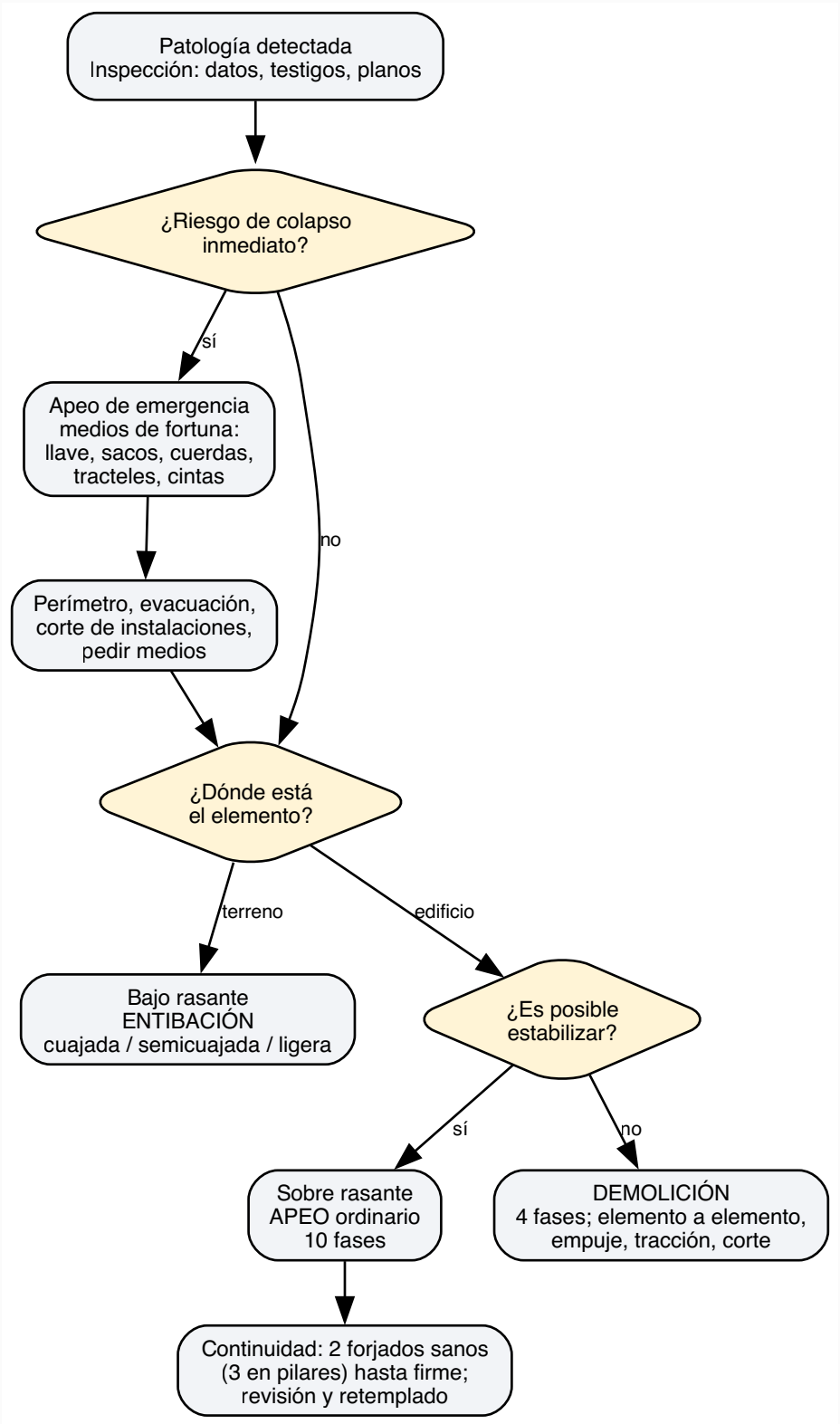
Métodos de demolición: elemento a elemento (gradual, continuo, ordenado, orden inverso a la construcción); por empuje (cuarto superior, sobre el centro de gravedad, planta baja o primera); por tracción (debilitar zonas sensibles, distancia); por corte y perforación.

Cuadro 6. Fachadas y equipos de protección individual

Tipo de inestabilidad de fachada	Dónde se produce	Riesgo
Local	Cornisas, aleros, gárgolas, albardillas, frentes de forjado	Desprendimiento puntual
General, fachada apoyada en forjados	Tradicional, elevada de forjado a forjado, más delgada en el canto	La más segura; solo se desprende el material entre forjado y fachada; saneado
General, fachada por delante del canto	Moderna, fábrica continua anclada con grapas y barras	La más problemática: fallan los anclajes, caen paños completos

EPI	Norma	Requisito
Casco	EN 397	Red rachet, barbuquejo de tres puntos, gafas incorporadas
Botas	EN 345-2	Caña alta, puntera de acero, plantilla antiperforación
Guantes	EN 388	Niveles mínimos 4 abrasión, 5 corte, 4 desgarro, 1 perforación
Ropa	Intervención	Refuerzos en codos, hombros y espalda; vadeadores si hay agua

Esquema 1. Árbol de decisión ante una edificación con patología



Ideas clave

Deber de conservación del propietario hasta el 75 % del coste (Ley del suelo 8/2007, art. 9); Ley 38/1999, art. 16. Tres grupos: entibaciones bajo rasante, apeos sobre rasante, demoliciones si no se puede estabilizar. Madera C18, pino, ME-2; tablón 200 x 70 mm; riostras solo a tracción. Puntal estándar A30: 3 m y 17 kN (EN 1065); C30, 34 kN; 2,5 cm de excentricidad restan del 25 al 50 %. Bridas nunca a más de 1 m, mejor 50 cm, una a 10 cm del extremo; reducir la distancia a la mitad cuadruplica la resistencia. Tornapunta: de vertical a horizontal; jabalcón: de horizontal a vertical; aguja: la única pieza simple a flexión. Entibar:

> peligroso a 0,80 m (corriente) y 1,30 m (consistente); en emergencia a 1,50 m; gravas y arenas siempre. Forjados y jácenas: 2 forjados sanos por debajo; pilares: 3, construidos de abajo hacia arriba; acodalado máximo 8 m.

Capítulo 9. Riesgo eléctrico: caracterización, valoración e intervención (tema 9)

Riesgos tecnológicos · temas 8 a 11

Este capítulo pertenece al grupo de riesgos tecnológicos del temario específico de la oposición de cabo y cubre el tema 9, riesgo eléctrico, caracterización, valoración e intervención. La fuente es el Manual de riesgos tecnológicos y asistencias técnicas del CEIS Guadalajara y Grupo Tragsa, parte 6, riesgo eléctrico, completa: el capítulo 1, caracterización, con los conceptos básicos de electricidad, las redes eléctricas, las medidas de seguridad, los efectos de la electricidad en el organismo y la normativa; y el capítulo 2, valoración e intervención en incidentes con riesgo eléctrico, con los protocolos de alta y baja tensión y la valoración dinámica. El resumen sigue ese orden y termina con las cifras y datos clave.

9.1. Conceptos básicos sobre electricidad

El átomo y la carga eléctrica. El átomo es la unidad más pequeña de una sustancia, divisible en partículas menores: un núcleo con protones, de carga positiva, y neutrones, rodeado de electrones, de carga negativa. La carga eléctrica o cantidad de electricidad se representa por la letra Q y se expresa en culombios, símbolo C. Los electrones tienen todos la misma carga y los protones una carga igual y opuesta. La presencia de carga da lugar a la fuerza electromagnética: objetos de la misma polaridad se repelen y de distinta polaridad se atraen. La electricidad estática se genera por la separación de dos materiales que han estado en contacto o por fricción, por ejemplo al descargar hidrocarburos o al bajar por un tobogán de plástico, y puede producir calambres o incluso incendios.

Intensidad. La intensidad de la corriente, comúnmente llamada corriente, es la cantidad de carga eléctrica que circula por un conductor en la unidad de tiempo; se mide en amperios, símbolo A. La ley de Ohm dice que la intensidad es igual a la tensión dividida por la resistencia: directamente proporcional a la diferencia de potencial e inversamente proporcional a la resistencia. Por convenio la circulación es del positivo al negativo. Dos precauciones: la corriente a través de una resistencia produce aumento de temperatura, el efecto Joule, aprovechado en hornos, tostadoras y soldadoras pero indeseado en ordenadores; y al desconectar un circuito con carga puede generarse un arco voltaico que causa daños graves. El aparato de medida es el amperímetro, que se intercala en serie abriendo el circuito, respetando la polaridad en corriente continua y fase y neutro en alterna; en caso de duda se elige el campo máximo de medida y se va bajando.

Potencial eléctrico. Un cuerpo con exceso de electrones los cede hacia donde hay menos carga negativa; cuanto mayor es la carga acumulada en un punto respecto a otro, mayor energía para el desplazamiento de cargas. Es la diferencia de potencial o tensión, que se mide en voltios, símbolo V, con el voltímetro, conectado en paralelo y sin interrumpir el circuito; en continua se respeta la polaridad y en alterna la conexión es indistinta.

Resistencia eléctrica. Dificultad que presenta un conductor al paso de la corriente; magnitud inversa a la conductancia. Depende de la resistividad, directamente proporcional a la longitud e inversamente a la sección. La conductividad se designa con sigma minúscula y se mide en siemens por metro; la resistividad con rho minúscula en ohmios por metro. Colocar una resistencia muy grande entre un conductor y una persona

que cierra circuito con tierra por los pies es el efecto de guantes aislantes, botas aisladas, banqueta y pértiga. Si se quita la resistencia, pasa toda la intensidad y se produce el cortocircuito, equivalente a unir dos conductores de resistencia nula a distinto potencial. Materiales según conductividad:

- Superconductores: conducen sin resistencia ni pérdida por debajo de su temperatura crítica, como estaño, aluminio, aleaciones y semiconductores dopados.
- Conductores: metales y aleaciones; también grafito, soluciones salinas como el agua de mar y cualquier material en estado de plasma. El más empleado es el cobre; alternativamente el aluminio, peor conductor, con un 60 por 100 de la conductividad del cobre, pero menos denso y más adecuado para líneas de alta tensión; el oro para aplicaciones especiales.
- Semiconductores: su conductancia se controla variando su estado, de conductor a aislante; placas de silicio, diodos y transistores.
- Dieléctricos: no conducen y sirven de aislantes: vidrio, cerámica, plásticos, goma, mica, cera, papel, madera seca, porcelana, algunas grasas y baquelita. No son absolutamente aislantes. El aire seco a temperatura ambiente es aislante, pero puede convertirse en conductor.

Tipos de circuito. En serie, los receptores van uno tras otro; la corriente es la misma en todos y la tensión se reparte entre las resistencias; son divisores de tensión; si un elemento se rompe, el circuito queda abierto, como las lámparas en serie; las baterías de camión en serie suman 24 voltios con dos de 12 y mantienen la capacidad en amperios hora. En paralelo, cada receptor se conecta de forma independiente; son divisores de intensidad; la tensión es igual en todos y la intensidad se reparte; si un elemento se rompe el circuito no se interrumpe pero aumenta la intensidad del resto; baterías en paralelo mantienen la tensión y suman la intensidad. En alterna los cálculos requieren fasores.

Corriente continua y alterna. La continua es el flujo de carga entre dos puntos de distinto potencial que no cambia de sentido; la necesitan los equipos electrónicos, mediante fuentes de alimentación que rectifican la alterna. La alterna varía cíclicamente en magnitud y sentido, normalmente en oscilación sinusoidal, aunque existen la triangular o la cuadrada; se genera con facilidad en valores elevados para el transporte y se transforma mediante transformadores. En la red española se emplea alterna a 220 o 230 voltios entre fase y neutro y 380 o 400 voltios entre fases, a 50 hercios.

Corriente trifásica. La forma más común y eficaz de aprovechar los conductores, usada sobre todo en industrias: tres señales sinusoidales idénticas desfasadas 120 grados, generadas por un alternador con tres bobinas simétricas en el estátor. El retorno de las tres fases se acopla en el neutro, donde la suma de las tres corrientes es cero si el sistema está equilibrado, y el transporte se hace con solo tres cables: conexión en estrella. En la conexión en triángulo o delta los hilos de línea parten de los vértices.

Potencia eléctrica. Capacidad de un dispositivo para realizar trabajo, energía entregada o absorbida en un tiempo. Se mide en vatios con el vatímetro, aunque la unidad habitual es el kilovatio hora, medido en el contador. En continua, potencia igual a intensidad por tensión. En alterna se añade el factor de potencia, coseno de fi. Triángulo de potencias:

- Potencia activa, P, debida al consumo por resistencias; se mide en vatios. Es la que se factura y la que realiza trabajo.
- Potencia reactiva, Q, debida al consumo de bobinas y condensadores; se mide en voltiamperios reactivos.
- Potencia aparente, S, que coincide con la activa cuando no hay reactiva; se mide en voltiamperios. El desfase entre tensión e intensidad es el factor de potencia; las suministradoras penalizan a las empresas con factor alejado de la unidad, por lo que instalan baterías de condensadores en paralelo para aproximarlo a la unidad.

9.2. Redes eléctricas

Alta y baja tensión. Instalaciones de alta tensión: producción, transformación, transmisión, distribución o utilización con tensiones nominales superiores a 1.000 voltios en alterna y 1.500 voltios en continua; las tensiones más utilizadas en alta van de 11 a 380 kilovoltios. Instalaciones de baja tensión: inferiores a 1.000 voltios en alterna y 1.500 en continua; las más utilizadas son 380 voltios trifásica, 220 y 125 voltios. Las centrales, de renovables, solar, hidráulica o térmica, y no renovables, nuclear, tienen alternadores que producen trifásica a 20 kilovoltios entre fases, y una estación con transformador elevador que eleva la tensión entre 66 y 380 kilovoltios.

Líneas de transporte y distribución en alta tensión. Transportan la energía a gran distancia desde las centrales a las subestaciones, entre 66 y 380 kilovoltios entre fases. Se consideran de alta tensión las superiores a 1 kilovoltio; según su reglamento hay tres categorías:

- Líneas de tensión superior a 66 kilovoltios: de las centrales a las grandes subestaciones; conductores dobles, triples o cuádruples por fase, casi todas dobles; son las más altas, con apoyos de celosía que sustentan tres conductores o múltiplo de tres; pueden llevar uno o dos conductores superiores de menor sección como pararrayos, el hilo de guarda; aisladores de vidrio, normalmente más de seis, a unos 10.000 voltios por aislador. Pueden sufrir reenganches automáticos: la maniobra de apertura se cierra automáticamente tras un tiempo predeterminado; un reenganche si más del 70 por 100 de la red es subterránea, dos entre el 30 y el 70 por 100, y tres con menos del 30 por 100; se producen en un máximo de tres minutos, tras los cuales la compañía comienza pruebas.
- Líneas entre 30 y 66 kilovoltios: de las grandes subestaciones a las medianas y pequeñas; aéreas o subterráneas; las subterráneas se distinguen por el color rojo de sus cables, o marrón en las antiguas de aceite; entre cuatro y seis aisladores.
- Líneas de más de 1 y hasta 30 kilovoltios: de las pequeñas y medianas subestaciones a los centros de transformación industriales o urbanos; sin hilo de guarda; enterradas en ciudades y aéreas en zonas interurbanas; postes bajos y menos de tres aisladores.

Subestación transformadora. Tiene líneas de entrada y salida con interruptor para maniobras y protecciones. Tres secciones principales: medición, cuchillas de paso e interruptor. Por tamaño: grandes subestaciones, grandes parques eléctricos telemandados desde una central que transforman entre las líneas de primera y segunda categoría; reciben de 66 a 380 kilovoltios y transforman la alta tensión de transporte en media tensión de distribución, entre 10 y 45 kilovoltios, mediante transformadores o trafos; acceso restringido. Pequeñas o medianas: entre segunda y tercera categoría; no vigiladas permanentemente, telemandadas desde las grandes. Por función: elevadoras, junto a las centrales, elevan hasta 132, 220 o incluso 400 kilovoltios; reductoras, reducen hasta 15, 20, 45 o 66 kilovoltios para la red de distribución. La maniobra más habitual y peligrosa es la apertura y cierre de interruptores, porque el carácter inductivo de los circuitos rechaza el corte y aparecen arcos; se usan zapatos y guantes dieléctricos y traje contra destello de arco. Los interruptores blindados cortan en hexafluoruro de azufre, SF6, que impide el arco y la propagación de la llama.

Líneas de distribución en media tensión. Aéreas o subterráneas, a 11 o 20 kilovoltios; parten de las subestaciones hacia los centros de reparto y de estos a los centros de transformación o a clientes abonados en alta tensión. Partes: celdas de entrada de media tensión, celdas de salida y embarrado.

Centros de transformación. Reducen la media tensión, 11 o 20 kilovoltios, a la de consumo o baja tensión: trifásica con 380 voltios entre fases o monofásica con 220 entre fase y neutro. Las redes de media que llegan a los centros se tienden en anillo; también sirven de centro de seccionamiento. En ellos comienza el consumo y sufren mayor calentamiento, por lo que es donde los bomberos intervienen con mayor frecuencia. Tipos por ubicación física: intemperie, alejados de núcleos, de baja potencia, sobre postes de hormigón o acero; prefabricados de hormigón, en polígonos y zonas rurales, con rejillas de ventilación y cables rojos enterrados; subterráneos, en nuevas urbanizaciones, centros comerciales, monumentos o edificios públicos; y de obra civil, en bajos de edificios y locales. Por ubicación en la red: de punta, al final de una línea o

único en ella, con una entrada aunque se instalan dos celdas; de paso, en un punto medio, con celda de entrada y salida; y de anillo, alimentados por los dos extremos, la configuración más usada en ciudades y polígonos por su fiabilidad. Por propiedad: de cliente o abonado, que compra en alta tensión y transforma en sus instalaciones; y de compañía o distribución, que alimenta a varios clientes en baja.

Componentes del centro de transformación. Celdas de entrada y salida en media tensión con seccionador: celda del interruptor de línea, con interruptor de aceite o hexafluoruro que corta el anillo; celda de derivación; celda de medida; celda del interruptor del centro, antes del primario del transformador, de aceite o seccionador en carga; y celda de transformador. El transformador reduce la tensión; suele llevar seis bobinas, tres en alta y tres en baja; núcleo de hierro dulce con devanado primario y secundario cuyos campos magnéticos se concatenan por inducción electromagnética, según la ley de Faraday; la relación de transformación es el cociente entre espiras del primario y del secundario. Tipos: de aceite, algunos con piraleno, que al arder produce humos tóxicos y cancerígenos y cuya retirada se ha obligado por ley en España; y seco, con bobinas en resina epoxi autoextinguible. Cuadro de baja tensión: interruptor a la salida del secundario, aparatos de medida e interruptores de salida de las líneas de baja, con fusibles de protección.

Centros de transformación especiales. Plantas industriales, fábricas y hospitales, con centro propio por su gran demanda; la acometida es siempre trifásica, única, y llega a la caseta receptora donde se ramifica a los transformadores de alumbrado y fuerza; el alumbrado monofásico se reparte entre fases para equilibrar. Vías férreas: tren, tranvía y metro con motor de continua, normalmente a 3 kilovoltios, salvo alta velocidad, hasta 20 a 25 kilovoltios en alterna a 50 hercios; el pantógrafo toma la corriente de la catenaria, conjunto de cables alimentadores, apoyos y elementos de tracción y suspensión, donde está el polo positivo, siendo el negativo los raíles; excepción, los trolebuses, con retorno por un segundo cable. Protecciones en continua: cable de tierra o guarda, descargadores de sobretensiones, tomas de tierra, conexiones equipotenciales entre estructuras y carril, viseras, pantallas y barreras, y frenos y bloqueos contra la caída de la línea; en alterna similares. En alta velocidad, 25 kilovoltios en alterna y catenaria más tensa para que la onda mecánica sea más rápida que el tren. Alumbrado público: red mallada o en anillo por fachadas o subterránea; cada lámpara con su fusible, en caja o en la base de la farola con tierra; llegan las tres fases a la base y sube una con el neutro, repartiendo farolas por fase.

Instalaciones de enlace. Unen la red de distribución con las instalaciones interiores: acometida y elementos de protección en baja, caja general de protección, línea general de alimentación, contadores centralizados y derivación individual.

- Acometida: entre la red de distribución y la caja general de protección; según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión la construye la compañía y la inspecciona. Únicas por edificio por cada 160 kilovatios o fracción; aéreas, con conductores normalmente aislados y trenzados en haz, o subterráneas por vías principales.
- Caja general de protección: aloja las protecciones de la línea repartidora y señala el inicio de la propiedad del usuario; una por cada 160 kilovatios o fracción; fusibles calibrados, cilíndricos hasta 80 amperios y de cuchilla para mayores intensidades; el neutro no lleva fusible.
- Línea general de alimentación: enlaza la caja general con la centralización de contadores; tres conductores de fase con fusible y neutro sin fusible.
- Contadores centralizados: hasta 16 contadores en una pared de paso común; con más, cuarto específico con puerta cortafuegos e interruptor de corte general. Cuentan con interruptor general de maniobra que deja sin tensión los contadores, embarrado con fusible y embarrado de salida. En vivienda unifamiliar el contador va en el exterior junto a los fusibles, precintado, y la línea general y el contador forman la caja de protección y medida.
- Derivación individual: de la centralización al cuadro de mando y protección de cada abonado, obligatorio en todas las viviendas y locales, normalmente detrás de la puerta de entrada. Contiene: interruptor de control de potencia, dispositivo unipolar de corte automático que coloca precintado la compañía para que salte si el consumo excede el contratado, con rearme manual; interruptor general automático, que protege la derivación individual frente a sobrecargas y cortocircuitos, rearme manual;

interruptor diferencial, que actúa ante derivación a masa o tierra, necesita una fuga a tierra superior a su sensibilidad y normalmente se instala de alta sensibilidad, 30 miliamperios, el valor umbral; y pequeños interruptores automáticos, PIA, magnetotérmicos de corte bipolar, fase y neutro, u omnipolares en trifásica, que protegen cada circuito frente a sobrecargas y cortocircuitos. La red de tierra une el edificio con los cimientos y la tierra mediante picas, dando la referencia cero para que los diferenciales salten; se mide con el telurómetro, obligatorio para instaladores según el reglamento y la norma UNE-EN 61557-5.

Grado de electrificación de la vivienda. Carga eléctrica que debe soportar la instalación; se calcula sumando las potencias de todos los receptores y aplicando una reducción del 40 por 100 por no simultaneidad. Grado básico: potencia no inferior a 5.750 vatios a 230 voltios, con cinco circuitos: C1 iluminación; C2 tomas generales y frigorífico; C3 horno y cocina; C4 lavadora, lavavajillas y termo; C5 baño y auxiliares de cocina. Grado elevado: no inferior a 9.200 vatios a 230 voltios, añadiendo C6 iluminación adicional, C7 tomas adicionales, C8 calefacción eléctrica, C9 aire acondicionado, C10 secadora, C11 domótica y C12 adicionales de tipo C3, C4 o C5.

9.3. Medidas de seguridad con riesgo eléctrico

Concepto. La tensión más baja que ha ocasionado la muerte a alguna persona es de 60 voltios; la red española da 220 voltios en los enchufes; hay constancia de descargas de 120.000 voltios trifásicos.

Contacto eléctrico directo. La persona toca un conductor en tensión, metal de bombilla o base de enchufe rota, y la electricidad pasa a tierra por su cuerpo. Hay que impedir el paso o limitar la corriente a un valor no peligroso, inferior a 1 miliamperio, mediante: separación de las partes activas, retirándolas, elevándolas a 2,5 metros o enterrándolas a 1 metro; interposición de obstáculos o barreras, delimitando y balizando; y aislamiento de las partes en tensión.

Contacto eléctrico indirecto. La persona toca un elemento que a su vez está en contacto con la fuente, como un electrodoméstico con un cable suelto o aislamiento fallido. Medidas de clase A, que impiden el paso de la corriente al cuerpo: separación de circuitos; pequeñas tensiones de seguridad; aislamiento de partes activas y masas; elementos que eviten la simultaneidad de conductores y masas, goma o alfombra aislante; recubrimiento de masas; y conexiones equipotenciales, unir las partes metálicas para que estén a la misma tensión, como el pájaro posado en un cable de alta tensión, obligatorias en locales húmedos como cuartos de baño. Medidas de clase B, basadas en el corte automático ante un defecto: puesta a tierra de las masas con picas; dispositivos de corte por intensidad de fuga, diferenciales calibrados por debajo del umbral de seguridad; puesta a tierra de masas con corte por intensidad de defecto; y puesta a neutro de masas con corte por defecto, cuando no existe red de tierras.

Las cinco reglas de oro. La legislación laboral española establece cinco reglas o pautas de actuación, en este orden:

- Primera: abrir con corte visible todas las posibles fuentes de tensión. Obligatoria en alta y en baja tensión.
- Segunda: enclavar los aparatos de corte abiertos anteriormente. Obligatoria en alta; en baja, siempre que sea posible.
- Tercera: comprobar la ausencia total de tensión en cada uno de los conductores tras el corte. Obligatoria en alta y en baja.
- Cuarta: poner en corto y a tierra todas las posibles fuentes de tensión. Obligatoria en alta; recomendable en baja.
- Quinta: acotar y señalizar la zona de trabajo. Obligatoria en alta; recomendable en baja. Para aplicarlas se emplean equipos de protección específicos: botas, casco, guantes de protección eléctrica, banqueta y alfombra aislante, pértiga de salvamento o maniobra y herramienta aislante. Todas las operaciones se

realizan con el equipo completo, pantalón, camiseta, cubrepantalón, botas, chaquetón, guantes y casco, y el material de riesgo eléctrico, banquetas, pértiga y alfombrilla.

Distancias de seguridad. Al trabajar en proximidad de instalaciones con grúas, andamios o aparatos de transporte, no se sobrepasan estas distancias: con tensión superior a 66.000 voltios, mínimo cinco metros; con tensión inferior a 66.000 voltios, mínimo tres metros. Si no pueden mantenerse, contactar con el responsable de la instalación para dejarla sin tensión o construir obstáculos. En instalaciones subterráneas: con herramientas manuales, 0,5 metros; con herramientas o útiles mecánicos, un metro. En trabajos en presencia de tensión, que no aplica a rescates, la distancia según la tensión en alterna es: hasta 1 kilovoltio, 0,5 metros; hasta 10, 0,8 metros; hasta 15, 0,9; hasta 20, 0,95; hasta 25, 1 metro; hasta 30, 1,1; hasta 45, 1,2; hasta 66, 1,4; hasta 110, 1,8; hasta 132, 2 metros; hasta 220, 3 metros; hasta 380 kilovoltios, 4 metros.

Protección de las subestaciones. Las de intemperie se protegen con pórticos metálicos de entrada y salida bajo los que hay fusibles y seccionadores cilíndricos de más de un metro, con aceite o hexafluoruro para apagar los arcos; los de aceite pueden arder si se calientan; los transformadores se refrigeran con aceite mineral y disponen de sumidero de recogida y pozo apagaincendios, con detección y extinción automáticas, aunque las altas temperaturas pueden comprometer la estabilidad del edificio. Las urbanas no tienen pórticos, se alimentan por líneas subterráneas con celdas en armarios metálicos autoextinguibles con hexafluoruro, detección automática y extinción por agua nebulizada o gases inertes. Los prefabricados y subterráneos son parecidos.

Frecuencia y clasificación de accidentes. La mayoría de los incendios en viviendas se deben a la electricidad, sobre todo cortocircuitos por rotura de aislamientos y sobrecargas por ladrones de salidas múltiples. Casuística: líneas de baja desde el centro de transformación hasta la caja general de protección; empalmes en líneas aéreas; roedores y humedad en subterráneas; instalación de enlace; centralización de contadores; maquinaria de ascensores y plataformas de garaje; y líneas repartidoras. Tres ámbitos estadísticos: trabajo en empresas industriales, profesionales del sector eléctrico y accidentes domésticos. Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: el 35 por 100 de los accidentes eléctricos son por contacto directo, el 17 por 100 por contacto indirecto y el 48 por 100 por arco eléctrico. Causas: el 26 por 100 conocía la tensión pero desestimó el riesgo; el 23 por 100 manipuló incorrectamente los aparatos de maniobra; el 20 por 100 desconocía la existencia de electricidad; el 16 por 100 usó herramientas no aisladas; el 15 por 100 desconocía la instalación. Según Iberdrola hay más de 2.000 accidentes eléctricos al año; solo el 0,4 por 100 de los accidentes laborales con incapacidad son eléctricos, pero casi el 6 por 100 de los mortales lo son.

9.4. Efectos de la electricidad en el organismo

Concepto. Los accidentes eléctricos no son numerosos pero son muy graves, sobre todo cuando la corriente atraviesa el corazón o los pulmones. Los electrocutados deben tratarse cuanto antes, aunque no haya lesiones aparentes ni pérdida de conocimiento, porque el daño puede aparecer horas o días después. Las maniobras de reanimación se aplican en el intervalo entre la muerte aparente, en la que los signos vitales parecen faltar sin ser definitiva, y la muerte real. Con frecuencia hay fracturas o contusiones por contracciones musculares o proyección, sobre todo de cráneo, columna y miembros. Si se salva la vida no suelen quedar huellas. La norma UNE 20572-1 de 1997, basada en la CEI 479 partes 1 y 2, recoge los efectos de la corriente en el cuerpo. Efectos apreciables a primera vista: sacudida sin pérdida de conocimiento, lesiones traumáticas, muerte aparente, quemaduras y lesiones locales, parálisis y convulsiones, y trastornos de los sentidos. Efectos no apreciables, que requieren personal sanitario:

- Tetanización muscular: con la corriente límite o umbral de no soltar, 10 miliamperios, se impide la separación del punto de contacto al anular la capacidad muscular.
- Paro respiratorio: cuando la corriente circula de la cabeza a algún miembro del sistema nervioso respiratorio; a veces se necesita respiración artificial durante horas.
- Asfixia: la corriente atraviesa el tórax e impide la contracción del diafragma.

- Fibrilación ventricular: ruptura del ritmo cardiaco por paso de corriente por el corazón; se interrumpe la circulación y en pocos minutos hay lesiones cerebrales irreversibles.
- Quemaduras: por la energía liberada en forma de calor, medida en julios. Los efectos dependen de la intensidad y del tiempo de paso, de forma no lineal, y del trayecto, la frecuencia, la tensión de contacto y la humedad de la piel. Signos de muerte: enfriamiento, rigidez y livideces cadavéricas. Mecanismos de muerte más frecuentes: parálisis de los centros nerviosos superiores, fibrilación ventricular y parálisis de los músculos respiratorios por tetanización.

Intensidad. La máxima intensidad que una persona puede soportar sin peligro, independientemente del tiempo de exposición, se llama umbral de seguridad y se ha establecido en 30 miliamperios. La intensidad es la que mata. La norma técnica 400 del Instituto, la UNE 20572-1 y la CEI 479 fijan los efectos según intensidad y tiempo. En alterna, cuatro zonas: zona 1, hasta 0,5 miliamperios, habitualmente ninguna reacción; zona 2, desde 0,5 miliamperios, habitualmente ningún efecto peligroso; zona 3, habitualmente ningún daño orgánico, aunque con duración superior a dos segundos pueden producirse contracciones musculares que dificultan la respiración y paradas temporales del corazón sin fibrilación; zona 4, por encima de la curva c1, riesgo de parada cardiaca por fibrilación ventricular, parada respiratoria o quemaduras graves. En continua, cuatro zonas: zona 1, hasta 2 miliamperios, ninguna reacción salvo ligera picazón al establecer e interrumpir; zona 2, desde 2 miliamperios, ningún efecto peligroso; zona 3, ningún daño orgánico, con posibles perturbaciones reversibles de formación y conducción de impulsos cardiacos; zona 4, efectos patofisiológicos peligrosos como quemaduras profundas.

Resistencia del cuerpo. Para una tensión fija, la corriente depende de la resistencia del organismo, muy variable según espesor y dureza de la piel, tensión, presión y superficie de contacto, recorrido y estado fisiológico. La piel actúa como un condensador; frente a la continua presenta mayor resistencia que frente a la alterna. Los límites normales de la resistencia de la piel están entre 1.000 y 100.000 ohmios. Valores medios a 50 hercios: 1.600 ohmios en medio seco, 800 en medio húmedo y 200 con el cuerpo sumergido. En los bomberos la resistencia baja de los 1.000 ohmios por la sudoración que provocan los equipos de protección. La presión sobre el punto de contacto reduce la resistencia; en baja tensión el contacto puntiforme genera gran densidad de corriente y, al fallar la piel por quemaduras, solo queda la resistencia interna. Ejemplo de la ley de Ohm del manual: con 220 voltios y 1.000 ohmios circulan 220 miliamperios, muy por encima de los 30 del umbral de seguridad, con riesgo de muerte muy elevado. Cuadro de Dalziel, según Iberdrola 2007: con resistencia de 500 a 1.000 ohmios, a 100 voltios supervivencia posible con quemaduras ligeras, a 1.000 voltios muerte probable con quemaduras evidentes y a 10.000 voltios muerte cierta con quemaduras serias; con 5.000 ohmios, a 100 voltios shock molesto sin lesiones, a 1.000 muerte probable con quemaduras ligeras y a 10.000 muerte segura con quemaduras serias; con 50.000 ohmios, a 100 voltios sensación apenas perceptible, a 1.000 shock molesto sin lesiones y a 10.000 muerte segura con quemaduras ligeras. La resistencia disminuye en enfermos, con lesiones en la piel o en situaciones de hambre, sueño, sed, fatiga o preocupaciones.

Tensión de seguridad. Tensión límite de seguridad, UL, es aquella por debajo de la cual no hay peligro. Según la norma UNE 20460, en alterna: 50 voltios en locales secos, 25 voltios en locales húmedos y 12 voltios en locales mojados, por ejemplo obras en el exterior. Ejemplo: con 30 miliamperios y 2.500 ohmios en local seco, 75 voltios; con 1.000 ohmios en local húmedo, 30 voltios; por debajo de 50 voltios en seco y 25 en húmedo el margen de seguridad es amplio.

Frecuencia y forma de la corriente. Según UNE 20572: con alterna de frecuencia superior a 100 hercios, cuanto más aumenta la frecuencia más disminuye el riesgo de fibrilación ventricular, aunque aumenta el de quemaduras; la protección contra contactos indirectos se considera idéntica a 400 hercios que a 50 o 60, pudiéndose usar los mismos diferenciales; el factor de frecuencia aumenta con la frecuencia. La corriente produce el daño máximo a 50 o 60 hercios: la intensidad de tetanización, 10 miliamperios a 50 hercios, pasa a 90 miliamperios en continua y a 80 miliamperios a 5 kilohercios; de 10 a 100 kilohercios el umbral de percepción sube de 10 a 100 miliamperios eficaces. La corriente continua es menos peligrosa que la alterna: es más fácil soltar la mano y el umbral de fibrilación es mucho más elevado; en general sus efectos

son cuatro veces menos peligrosos que los de la alterna a 50 hercios a igualdad de tensión y corriente. Las ondas con componente continua superpuesta tienen efectos intermedios. Las corrientes impulsionales, de descargas de condensadores, provocan fibrilación según la cantidad de electricidad, I por t, o la energía, I al cuadrado por t, para choques inferiores a 10 milisegundos; el umbral del dolor es del orden de 50 a 100 por 10 elevado a 6 amperios al cuadrado por segundo. Por encima de 1.000 hercios los umbrales aumentan y los aparatos médicos de alta frecuencia solo producen efecto térmico.

Tiempo de contacto y trayectoria. Con intensidades bajas pero superiores al umbral de no soltar, 10 miliamperios, se producen contracciones sin pérdida de control; para que se produzca fibrilación ventricular el tiempo de contacto debe ser de al menos un segundo. La corriente fluye por el camino de menor resistencia; los trayectos de mayor riesgo son de mano derecha a izquierda, de mano izquierda a derecha, de la cabeza a las manos y de la cabeza a los pies. Si se toca con la palma, la tetanización cierra la mano sobre el conductor, por lo que en rastreos sin visibilidad se palpa con el revés de la mano. Con tensiones altas la norma son quemaduras más o menos graves; las tensiones por debajo de 2.000 voltios son las que suelen producir fibrilación ventricular.

9.5. Normativa

Reglamentos. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, REBT, Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto; Reglamento de líneas de alta tensión; Reglamento de centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación; Ley de acometidas eléctricas; Ley de verificaciones eléctricas; normativa de las compañías; recomendaciones UNESA; normas UNE-EN; y reglamentación municipal.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Su artículo 1 establece las condiciones técnicas y garantías de las instalaciones conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión para preservar la seguridad de personas y bienes, asegurar el normal funcionamiento y prevenir perturbaciones, y contribuir a la fiabilidad técnica y eficiencia económica. Artículo 2: se aplica a instalaciones de distribución, generadoras para consumo propio y receptoras con alterna igual o inferior a 1.000 voltios y continua igual o inferior a 1.500 voltios; a las nuevas, sus modificaciones y ampliaciones, y a las existentes con modificaciones o reparaciones de importancia, en régimen de inspecciones y cuando impliquen riesgo grave a juicio del órgano autonómico. No se aplica a minas, tracción, automóviles, navíos, aeronaves, comunicaciones y usos militares. La muy baja tensión, menos de 50 voltios en alterna y hasta 75 en continua, como redes informáticas, solo tiene prescripciones específicas. Clasificación de tensiones del artículo 4: muy baja tensión, hasta 50 voltios alterna y 75 continua; tensión usual, de 50 a 500 en alterna y de 75 a 750 en continua; tensión especial, de 500 a 1.000 en alterna y de 750 a 1.500 en continua. Tensiones nominales de distribución: 230 voltios entre fases en redes trifásicas de tres conductores; 230 entre fase y neutro y 400 entre fases en redes de cuatro conductores. Tipos de suministro, artículo 10: normal, en un solo punto por toda la potencia contratada; y complementarios o de seguridad, de socorro, 15 por 100 del contratado; de reserva, 25 por 100, para un servicio restringido de elementos indispensables; y duplicado, más del 50 por 100. La acometida es responsabilidad de la suministradora, artículo 15. Instalaciones de enlace: caja general de protección, principio de la propiedad del usuario; línea general de alimentación; elementos para contadores; derivación individual; caja para interruptor de control de potencia; y dispositivos generales de mando y protección. Las compañías facilitan las potencias o corrientes de cortocircuito máximas previsibles.

Instrucciones técnicas complementarias. Son 51, de la ITC-BT-01, terminología, a la ITC-BT-51, automatización y domótica. Destacables: 06 y 07, redes aéreas y subterráneas de distribución; 08, conexión del neutro y masas; 09, alumbrado exterior; 10, previsión de cargas; 11, acometidas; 12 a 16, instalaciones de enlace, esquemas, cajas generales, línea general, derivaciones individuales y contadores; 17, dispositivos generales de mando y protección e interruptor de control de potencia; 18, puesta a tierra; 22, 23 y 24, protección contra sobreintensidades, sobretensiones y contactos directos e indirectos; 25, número de circuitos en viviendas; 27, locales con bañera o ducha; 28, locales de pública concurrencia; 29, locales con riesgo de in-

cendio o explosión; 31, piscinas y fuentes; 33, instalaciones provisionales de obras; 36 y 37, muy baja tensión y tensiones especiales; 38, quirófanos; 40, instalaciones generadoras; 47, motores; y 48, transformadores y condensadores.

Otras fuentes. El Reglamento de líneas aéreas de alta tensión se aplica a las de alterna trifásica a 50 hercios con tensión eficaz entre fases igual o superior a 1.000 voltios, clasificadas en tres categorías. El Reglamento de centrales, subestaciones y centros de transformación fija sus condiciones de seguridad. UNESA, Asociación Española de la Industria Eléctrica, agrupa a Iberdrola, Endesa, Unión Fenosa, Hidroeléctrica del Cantábrico y Viesgo, y elabora normas de las compañías para estandarizar instalaciones y reducir costes.

9.6. Valoración e intervención en incidentes con riesgo eléctrico

Valoración. Comienza con la llamada de aviso, recabando información; en el lugar, el mando pone en marcha el plan de acción valorando riesgos, envergadura, personal y material, y lo reconduce ante imprevistos. Hay que determinar si es alta o baja tensión, con o sin corriente, en intemperie, local, caseta o subsuelo, donde habrá gran acumulación de humos tóxicos combustibles. Pautas para reconocer la tensión: las líneas entre ciudades y pueblos suelen ser de alta y las del interior de baja; se calculan unos 10 kilovoltios por aislador; cuanto más altas y grandes las torres, mayor tensión, más aisladores, mayor distancia entre conductores y más de uno por fase.

Protocolo general en alta tensión. Cuatro pasos: valoración del tipo de incidente; corte de suministro, solicitado a la compañía con los datos de la placa y el número de subestación o centro de transformación, y en centros de intemperie o vegetación el número de apoyo; el personal de la compañía suele acudir físicamente para asegurar el corte visible de todas las líneas de entrada y salida; si no se puede cortar, se trabaja a distancia con monitores de agua o espuma; distancias de seguridad; y zonificar y balizar con cintas, impidiendo el acceso de personas y vehículos.

Protocolo específico de incendio en alta tensión. Los siniestros en subestaciones o centros forestales los provocan cables caídos o incendios de vehículos por contacto directo. Tras el protocolo general:

- Verificar el corte de energía: comunicado el corte, se comprueba que no hay tensión en las fases. En subestaciones se verifica que las líneas entrantes y salientes están en descargo, a tierra y en cortocircuito, con cuidado con transformadores e interruptores con gran volumen de aceite, que pueden romperse violentamente por sobrepresión. En centros cerrados de superficie o subterráneos, confirmado el corte, se solicita la puesta a tierra y el cortocircuito de las líneas que lo alimentan. En centros de intemperie con transformador al descubierto, si está clara la caja general de protección, se corta la baja tensión retirando fusibles rápidamente para evitar el cebado del arco o abriendo el interruptor; permanece tensión en bornas de entrada, por lo que se pide el corte a la empresa. El descargo es el estado particular de instalación fuera de servicio, con puesta a tierra y en cortocircuito por personal de la compañía presente, para trabajar con seguridad.
- Control de la propagación: aislar el incendio en un área, valorar riesgos cercanos y balizar según la tensión y la posible explosión de aparamenta. Con tensión se usan vehículos y monitores a ráfagas discontinuas de agua o espuma a gran distancia; sin tensión, desde el vehículo con instalación de manguera de 45 milímetros a salida de vehículo, bifurcación de 45 a 25 y mangajes de 25 con lanza de agua pulverizada, o directamente la salida de 45.
- Extinción: asegurada la zona y eliminada la tensión. Las subestaciones de gran tensión requieren trabajar a una distancia mínima de cinco metros con monitores; en las urbanas subterráneas se evacua el edificio y, aunque haya extinción automática, se actúa una vez cortado el suministro como en un incendio de interior sin visibilidad por los plásticos; los materiales suelen ser autoextinguibles salvo el aceite. Con transformadores en postes metálicos fuera de población, distancia de al menos vez y media la altura del poste y extinción con agua una vez cortada la alimentación; en casetas prefabricadas no emplear agua hasta verificar el corte. Si hay que intervenir con corriente, chorro discontinuo de espuma y control de gases calientes, sin acceder al centro aunque esté sin tensión; se emplea ventilación con la

instalación en descargo. En centros de transformación con presencia eléctrica, delimitar la zona de alta y baja: en baja cortar y extinguir; en alta esperar el descargo. En intemperie, en descargo se usa agua o espuma; con suministro, chorro discontinuo para evitar la propagación.

- Vuelta a la normalidad: nueva evaluación, la compañía se encarga de la reparación y los bomberos emiten el parte. Los ocho pasos de un incendio de alta tensión: valoración; solicitar el corte aportando datos de placa y número de subestación o centro; respetar la distancia de seguridad; zonificar y balizar; verificar el corte; controlar la propagación; extinguir; y restablecer la normalidad.

Protocolo de rescate en alta tensión. Casuística desde una grúa en contacto con líneas hasta accidentes en alumbrado. El rescate de personas es prioritario frente a la extinción y exige prudencia pese a la presión mediática, porque la electricidad no se ve. Pasos: valorar recursos, pértiga aislante, detector de tensión para pértiga luminoso o acústico-luminoso, pértiga y gancho de rescate, alfombrilla y banqueta aislantes y guantes dieléctricos; valorar riesgos inminentes, incendio por conductor caído en suelo forestal, explosión del depósito de un transformador o interruptor, latigazo de un cable roto por reenganche, y evitar la caída de la víctima; proceder al rescate: si la víctima no está en contacto con partes en tensión se la aleja manteniendo distancias; si permanece en contacto, antes de rescatar hay que confirmar el corte con la suministradora y que la instalación esté en descargo, a tierra y en corto, y si no hay confirmación se retira con medios adecuados. En alumbrado público se localiza el armario o cuadro general de baja que alimenta la instalación y se abre el interruptor general o los magnetotérmicos retirando los fusibles; si no es posible de día, se actúa en las farolas anterior y posterior desconectando o cortando los cables de los cuatro bornes de su caja de conexión; si es urgente de noche, se retira con destornillador aislado la tapa y se cortan con cizalla dieléctrica dos o más cables a la vez provocando un cortocircuito que dispare los magnetotérmicos, dejando los cables cortados en contacto por si hubiera rearme. Maquinista no afectado por contacto de su máquina con una línea: cortado el suministro se retira la máquina y se le avisa de que permanezca dentro, protegido por el efecto jaula de Faraday; si no hay corte y la máquina arde, debe saltar lo más lejos posible sin tocarla y alejarse con pasos cortos o a saltitos con los pies juntos. Después, primeros auxilios, extinción si procede con medios adecuados a la tensión y vuelta a la normalidad con informe.

Protocolo general en baja tensión. Corte del suministro vía compañía si el incendio está fuera del centro de transformación y dentro de su propiedad, o por el equipo de intervención si es dentro de la vivienda. Formas de corte:

- Líneas de distribución: buscar el cuadro de baja y retirar los fusibles rápidamente; después cortar el trenzado soltando las bridas, separando los cables con herramienta aislante y cortando los conductores uno a uno, el neutro en último lugar, con cizalla dieléctrica.
- Caja general de protección: cortar con cizalla dieléctrica el cable de acometida; las entradas suelen ser por arriba y las salidas por abajo.
- Centralización de contadores: retirar los fusibles de la caja general que alimentan el cuadro; al quitar el interruptor general de maniobra quedan fuera de servicio ascensores y ventilación forzada de garajes.
- Vivienda: localizar la caja general y retirar uno o tres fusibles según el grado de electrificación; si no, interruptor general de maniobra del cuarto de contadores; si tampoco, abrir diferencial, interruptor general y PIA del cuadro de la vivienda.
- Vivienda unifamiliar o industria: armario de protección y medida en fachada junto a la entrada; abrir el interruptor general de maniobra y retirar los fusibles uno a uno lo más rápido posible para evitar el cebado del arco; comprobar que no hay generadores. Y observar la distancia de seguridad recomendada.

Extinción en baja tensión. Control de la propagación refrigerando con extintores de polvo químico, CO_2 y polvo polivalente ABC; sin corriente, también agua pulverizada o espumas. Extinción cortado el suministro con manguera de 45 milímetros, bifurcación 45 a 25 y lanza de 25 en intemperie; en gran envergadura, mangajes de 45 y monitores; en caseta, local o subterráneo, extintores de CO_2 o ABC, o agua o espuma con ventilación. En líneas trenzadas, polvo químico seco o polivalente; si hay cortocircuitos es más difícil y hay que cortar; agua pulverizada con corte rápido para enfriar el aislamiento y chorro discontinuo si está a altu-

ra inaccesible. En la caja general, polvo, y con cortocircuitos, cortar, o agua pulverizada de corte rápido. En la centralización de contadores, siempre que sea posible CO_2 y, si no es eficaz, polvo ABC; con cortocircuitos, cortar y agua pulverizada. Vuelta a la normalidad: puede que no se pueda rearmar el cuadro si se han destruido las protecciones; el propietario repara; informe.

Rescate en baja tensión. Material: alfombra aislante, extractor de fusibles, cizalla aislante, llaves de cruceta y alicate aislados, cortacables aislado, destornilladores de estrella y plano aislados, guantes dieléctricos y de trabajo, pinza amperimétrica, comprobador de tensión o polímetro y traje de protección. En centros de transformación se guarda la distancia de seguridad con banqueta, pértiga y guantes; nunca contacto a mano descubierta con partes desnudas o ropas mojadas de la víctima. En viviendas no es necesaria distancia de seguridad, pero sí el equipo de protección. Rescate con primeros auxilios inmediatos; extinción si procede; avisar a la empresa eléctrica para estadísticas y mantenimiento; informe.

Valoración dinámica. El plan de acción original puede empeorar la situación: si en el incendio de un transformador con miles de litros de aceite se vierte agua y desborda la balsa, se propaga el incendio como en un fuego de hidrocarburos. Si las acciones no conducen al fin pretendido hay que reevaluar y cambiar el plan. Tres posibilidades de actuación: defensiva para cortar la propagación, ofensiva para un corte efectivo y rescate, o una mezcla de ambas.

9.7. Cifras y datos clave

Carga eléctrica Q en culombios; intensidad en amperios, amperímetro en serie; tensión en voltios, voltímetro en paralelo; resistencia en ohmios; conductividad sigma en siemens por metro, resistividad rho en ohmios por metro; ley de Ohm, intensidad igual a tensión partido por resistencia; efecto Joule. Potencia activa en vatios, por resistencias, la que se factura; reactiva en voltiamperios reactivos, por bobinas y condensadores; aparente en voltiamperios; factor de potencia coseno de fi; baterías de condensadores en paralelo. Aluminio, 60 por 100 de la conductividad del cobre. Red española 230 voltios fase-neutro y 400 entre fases, 50 hercios; trifásica con desfase de 120 grados, estrella y triángulo. Alta tensión más de 1.000 voltios alterna y 1.500 continua; generación a 20 kilovoltios, transporte de 66 a 380; categorías más de 66, de 30 a 66 y de 1 a 30 kilovoltios; 10.000 voltios por aislador, más de seis, cuatro a seis y menos de tres; hilo de guarda; reenganches uno, dos o tres según red subterránea mayor del 70, entre 30 y 70 o menor del 30 por 100, en máximo tres minutos; media tensión 10 a 45 kilovoltios, distribución a 11 o 20; centros de transformación a 380 y 220 voltios; elevadoras a 132, 220 o 400; reductoras a 15, 20, 45 o 66; SF6; piraleno prohibido; ferrocarril 3 kilovoltios continua, alta velocidad 25 kilovoltios alterna. Acometida y caja general por cada 160 kilovatios; fusibles cilíndricos hasta 80 amperios; hasta 16 contadores; ICP unipolar precintado, IGA, diferencial de 30 miliamperios, PIA bipolares; electrificación básica 5.750 vatios con C1 a C5, elevada 9.200 vatios con C6 a C12; reducción del 40 por 100; telurómetro. Muerte a partir de 60 voltios; contacto directo, limitar a menos de 1 miliamperio, elevar a 2,5 metros o enterrar a 1 metro; clase A impide el paso, clase B corta. Cinco reglas de oro: abrir con corte visible, enclavar, comprobar ausencia de tensión, poner en corto y a tierra, acotar y señalizar; en baja, la segunda cuando sea posible y la cuarta y quinta recomendables. Distancias: 5 metros sobre 66.000 voltios, 3 metros por debajo; subterráneas 0,5 metros manual y 1 metro mecánico; tabla de 0,5 metros hasta 1 kilovoltio a 4 metros hasta 380. Accidentes: 35 por 100 directo, 17 indirecto, 48 arco; 2.000 al año, 0,4 por 100 de los laborales con incapacidad y 6 por 100 de los mortales. Umbral de no soltar 10 miliamperios; umbral de seguridad 30 miliamperios sin límite de tiempo; alterna zona 1 hasta 0,5 miliamperios, continua hasta 2; fibrilación con al menos un segundo; resistencia de la piel 1.000 a 100.000 ohmios, 1.600 seco, 800 húmedo, 200 sumergido, bomberos menos de 1.000; tensión de seguridad 50, 25 y 12 voltios; tetanización 10 miliamperios a 50 hercios, 90 en continua, 80 a 5 kilohercios; continua cuatro veces menos peligrosa; máximo daño a 50 o 60 hercios; fibrilación por debajo de 2.000 voltios; palpar con el revés de la mano. REBT Real Decreto 842/2002; muy baja tensión hasta 50 alterna y 75 continua, usual hasta 500 y 750, especial hasta 1.000 y 1.500; suministros de socorro 15 por 100, reserva 25, duplicado más del 50; ITC-BT-17 ICP, 18 tierra, 25 circuitos, 28 pública concurrencia, 29 riesgo de incendio; 51 instrucciones. Intervención: ocho pasos en incendios de alta tensión; monitores a mínimo 5

metros; poste, vez y media su altura; manguera de 45 con bifurcación 45-25 y lanzas de 25; corte de conductores uno a uno, neutro el último; farolas, cortar dos o más cables a la vez; jaula de Faraday, saltar con pies juntos; contadores, CO_2 y luego ABC.

Cuadros y esquemas para el estudio impreso

Cuadro 1. Magnitudes eléctricas, unidades y aparatos de medida

Magnitud	Símbolo	Unidad	Aparato y conexión	Nota
Carga eléctrica	Q	Culombio (C)	-	Cantidad de electricidad
Intensidad	I	Amperio (A)	Amperímetro, en serie	"La intensidad es la que mata"
Tensión o diferencia de potencial	V (U)	Voltio (V)	Voltímetro, en paralelo	En continua respetar polaridad
Resistencia	R	Ohmio	-	Proporcional a longitud, inversa a sección
Conductividad	sigma	Siemens por metro	-	Aluminio: 60 % de la del cobre
Resistividad	rho	Ohmio por metro	-	Inversa de la conductividad
Potencia activa	P	Vatio (W)	Vatímetro; kWh en el contador	Por resistencias; la que se factura
Potencia reactiva	Q	Voltiamperio reactivo (VAr)	-	Por bobinas y condensadores
Potencia aparente	S	Voltiamperio (VA)	-	Igual a P si no hay reactiva
Factor de potencia	cos fi	Adimensional	-	Se corrige con baterías de condensadores en paralelo
Frecuencia	f	Hercio (Hz)	-	Red española 50 Hz

Circuitos: serie, misma intensidad y la tensión se reparte (divisor de tensión; dos baterías de 12 V dan 24 V). Paralelo, misma tensión y la intensidad se reparte (divisor de intensidad; baterías suman capacidad). Trifásica: tres fases desfasadas 120 grados, conexión en estrella (neutro) o en triángulo.

Fórmulas

Ley de Ohm: I = V / R (V = I x R ; R = V / I)

Potencia en continua: P = V x I

Potencia activa en alterna: P = V x I x cos fi (W)

Potencia aparente: S = V x I (VA)

Potencia reactiva: Q = V x I x sen fi (VAr)

Triángulo de potencias: S al cuadrado = P al cuadrado + Q al cuadrado

Factor de potencia: cos fi = P / S

Relación de transformación: espiras del primario / espiras del secundario

Ejemplo del manual: 220 V / 1.000 ohmios = 0,22 A = 220 mA (umbral de seguridad 30 mA)

Tensión de seguridad: U = I x R ; 30 mA x 2.500 ohmios = 75 V (seco) ; 30 mA x 1.000 ohmios = 30 V (húmedo)

Tensión por aislador en alta tensión: unos 10.000 V por aislador

Término	Significado
I	Intensidad en amperios (1 A = 1.000 mA)
V, U	Tensión en voltios
R	Resistencia en ohmios
cos fi	Factor de potencia (desfase entre tensión e intensidad)
Efecto Joule	Calor generado por la corriente al atravesar una resistencia

Cuadro 2. Red eléctrica por niveles de tensión

Tramo	Tensión	Rasgos identificativos
Generación (alternador)	20 kV trifásica	Estación elevadora junto a la central: 66 a 380 kV (132, 220 o 400 kV)
Transporte, 1.ª categoría	Más de 66 kV	Torres de celosía altas; conductores dobles por fase; hilo de guarda; más de 6 aisladores; reenganches automáticos
Transporte, 2.ª categoría	30 a 66 kV	Aéreas o subterráneas (cables rojos; marrón las antiguas de aceite); 4 a 6 aisladores
Distribución, 3.ª categoría	Más de 1 kV hasta 30 kV	Sin hilo de guarda; postes bajos; menos de 3 aisladores; enterradas en ciudad
Subestación reductora	De 66 a 380 kV a 10 a 45 kV	Tres secciones: medición, cuchillas de paso e interruptor; corte en SF6
Media tensión	11 o 20 kV	Anillo hacia centros de reparto y transformación
Centro de transformación	De 11 o 20 kV a 400 / 230 V	Punta, paso o anillo (el más fiable); transformador de aceite (piraleno prohibido) o seco
Baja tensión	400 V entre fases; 230 V fase-neutro; 50 Hz	Límite alta tensión: más de 1.000 V alterna o 1.500 V continua
Ferrocarril	3 kV continua; alta velocidad 25 kV alterna	Catenaria positivo, raíles negativo

Reenganches automáticos (máximo 3 minutos): 1 si más del 70 % de la red es subterránea; 2 entre el 30 y el 70 %; 3 con menos del 30 %.

Clasificación REBT (RD 842/2002, art. 4): muy baja tensión hasta 50 V alterna y 75 V continua; usual de 50 a 500 V y de 75 a 750 V; especial de 500 a 1.000 V y de 750 a 1.500 V. Suministros complementarios: socorro 15 %, reserva 25 %, duplicado más del 50 %.

Cuadro 3. Instalación de enlace y cuadro de la vivienda

Elemento	Dónde está	Función y datos
Acometida	De la red a la caja general de protección	La construye la compañía; una por cada 160 kW o fracción

Elemento	Dónde está	Función y datos
Caja general de protección (CGP)	Inicio de la propiedad del usuario	Fusibles calibrados: cilíndricos hasta 80 A, de cuchilla por encima; el neutro sin fusible
Línea general de alimentación (LGA)	De la CGP a los contadores	Tres fases con fusible y neutro sin fusible
Centralización de contadores	Pared común hasta 16; más, cuarto con puerta cortafuegos	Interruptor general de maniobra (deja sin tensión ascensores y ventilación de garajes)
Derivación individual	De contadores al cuadro de cada abonado	Tras la puerta de entrada
ICP	Cuadro de la vivienda, precintado	Corte unipolar automático si se excede la potencia contratada; rearme manual
IGA	Cuadro de la vivienda	Interruptor general automático: sobrecargas y cortocircuitos de la derivación individual
Diferencial	Cuadro de la vivienda	Salta por fuga a tierra; alta sensibilidad 30 mA (umbral)
PIA	Cuadro de la vivienda	Magnetotérmicos bipolares (fase y neutro) por circuito: sobrecargas y cortocircuitos
Red de tierra	Picas en cimientos	Referencia cero para que salten los diferenciales; se mide con telurómetro (UNE-EN 61557-5)

Grado de electrificación (reducción del 40 % por no simultaneidad): básico, no inferior a 5.750 W a 230 V, circuitos C1 iluminación, C2 tomas y frigorífico, C3 horno y cocina, C4 lavadora, lavavajillas y termo, C5 baño y cocina; elevado, no inferior a 9.200 W, añade C6 a C12 (calefacción C8, aire acondicionado C9, secadora C10, domótica C11).

Cuadro 4. Efectos de la corriente en el organismo

Intensidad o umbral	Efecto	Observación
Hasta 0,5 mA (alterna)	Zona 1: ninguna reacción	En continua, zona 1 hasta 2 mA
Menos de 1 mA	Valor no peligroso a limitar en contactos directos	Separar (2,5 m de altura, 1 m enterrado), obstáculos, aislar
10 mA	Umbral de no soltar: tetanización muscular	A 50 Hz; 90 mA en continua; 80 mA a 5 kHz
Más de 2 s en zona 3	Contracciones, dificultad respiratoria, paradas temporales sin fibrilación	Sin daño orgánico habitual
30 mA	Umbral de seguridad, sin límite de tiempo	Sensibilidad del diferencial doméstico
Zona 4 (sobre curva c1)	Fibrilación ventricular, parada respiratoria, quemaduras graves	Fibrilación con contacto de al menos 1 s
220 mA (220 V / 1.000 ohmios)	Riesgo de muerte muy elevado	Ejemplo del manual

Factor	Dato
Tensión mínima que ha causado muerte	60 V
Resistencia de la piel	1.000 a 100.000 ohmios; 1.600 seco, 800 húmedo, 200 sumergido; bomberos menos de 1.000 por sudor

Factor	Dato
Tensión de seguridad UL (UNE 20460)	50 V local seco; 25 V húmedo; 12 V mojado
Frecuencia más peligrosa	50 a 60 Hz; sobre 100 Hz baja la fibrilación y suben las quemaduras
Continua frente a alterna	Continua unas 4 veces menos peligrosa; más fácil soltar; umbral de fibrilación más alto
Tensión y fibrilación	Por debajo de 2.000 V: fibrilación; altas tensiones: quemaduras
Trayectos más graves	Mano a mano, cabeza a manos, cabeza a pies; palpar con el revés de la mano
Cuadro de Dalziel (500 a 1.000 ohmios)	100 V supervivencia posible; 1.000 V muerte probable; 10.000 V muerte cierta
Mecanismos de muerte	Parálisis de centros nerviosos, fibrilación ventricular, parálisis respiratoria por tetanización
Accidentes (INSHT)	35 % contacto directo, 17 % indirecto, 48 % arco eléctrico; 0,4 % de los laborales con baja y casi 6 % de los mortales

Cuadro 5. Distancias de seguridad

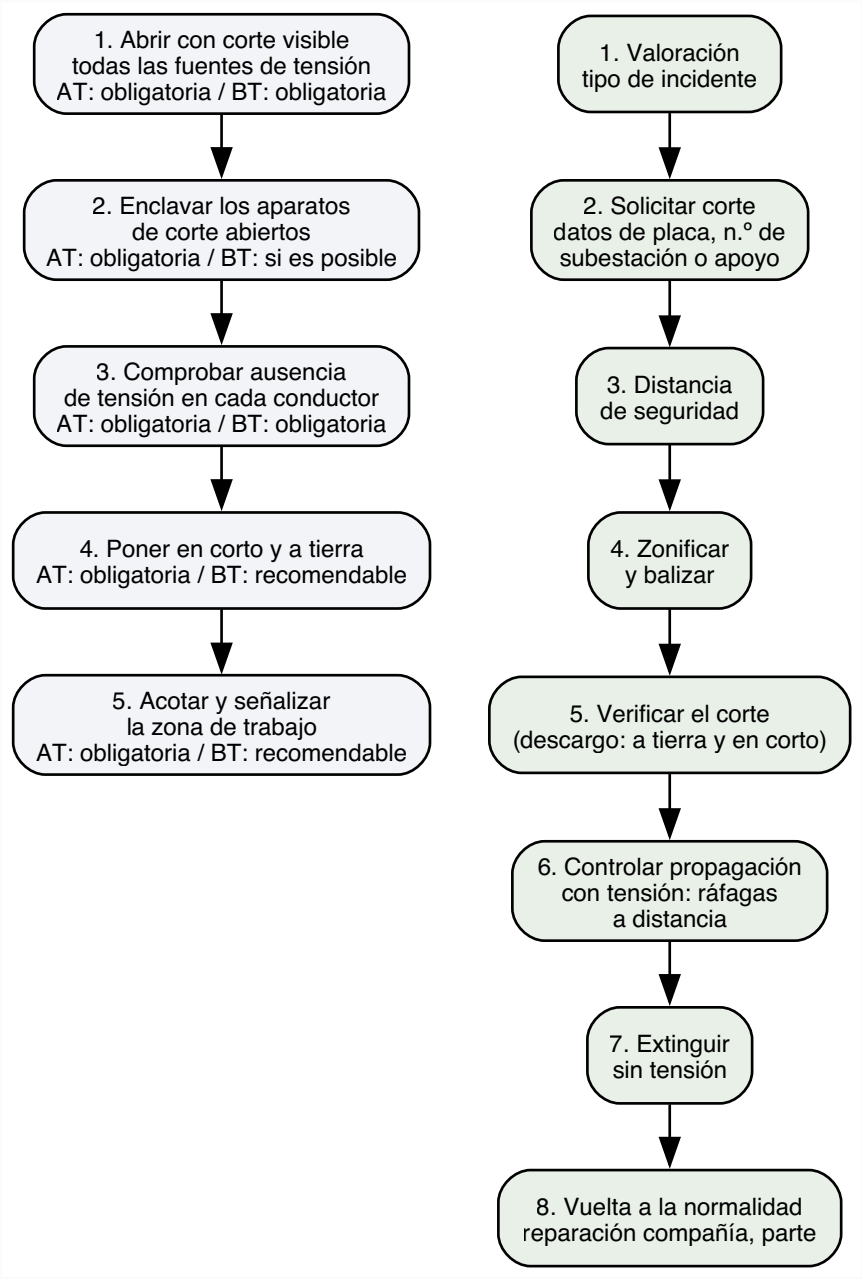
Situación	Distancia mínima
Proximidad con grúas, andamios o transporte, más de 66.000 V	5 m
Proximidad con grúas, andamios o transporte, menos de 66.000 V	3 m
Instalaciones subterráneas, herramienta manual	0,5 m
Instalaciones subterráneas, útiles mecánicos	1 m
Monitores en subestaciones de gran tensión	5 m
Transformador en poste metálico fuera de población	1,5 veces la altura del poste

Trabajos en presencia de tensión (no aplica a rescates), tensión alterna y distancia:

Hasta	Distancia	Hasta	Distancia
1 kV	0,5 m	45 kV	1,2 m
10 kV	0,8 m	66 kV	1,4 m
15 kV	0,9 m	110 kV	1,8 m
20 kV	0,95 m	132 kV	2 m
25 kV	1 m	220 kV	3 m
30 kV	1,1 m	380 kV	4 m

Corte en baja tensión: retirar fusibles rápidamente (evitar cebado del arco); cortar conductores uno a uno con cizalla dieléctrica, el neutro el último; en farolas de noche, cortar dos o más cables a la vez para provocar el cortocircuito que dispare los magnetotérmicos. Extinción: polvo, CO_2 o ABC con tensión; agua pulverizada o espuma sin tensión; contadores, primero CO_2 y después ABC; manguera de 45 mm, bifurcación 45-25 y lanzas de 25.

Esquema 1. Las cinco reglas de oro y el protocolo de incendio en alta tensión



Ideas clave

Ley de Ohm: I = V / R; 220 V con 1.000 ohmios dan 220 mA, muy por encima del umbral de seguridad de 30 mA. Umbral de no soltar 10 mA; umbral de seguridad 30 mA (sensibilidad del diferencial); fibrilación con al menos 1 s. Alta tensión: más de 1.000 V alterna o 1.500 V continua; unos 10.000 V por aislador; reenganches en máximo 3 minutos. Red: 230 V fase-neutro, 400 V entre fases, 50 Hz; trifásica desfasada 120 grados. Cinco reglas de oro en orden: abrir con corte visible, enclavar, comprobar ausencia de tensión, poner en corto y a tierra, acotar y señalizar. Distancias: 5 m sobre 66 kV, 3 m por debajo; subterráneas 0,5 m manual y 1 m mecánico. Tensión de seguridad: 50 V seco, 25 V húmedo, 12 V mojado; la continua es unas 4 veces menos peligrosa. Cuadro de vivienda: ICP (precintado), IGA, diferencial 30 mA, PIA; electrificación básica 5.750 W y elevada 9.200 W.

Capítulo 10. NRBQ: caracterización y técnicas de intervención (temas 10 y 11)

Riesgos tecnológicos · temas 8 a 11

Este capítulo pertenece al grupo de riesgos tecnológicos del temario específico de la oposición de cabo y cubre los temas 10 y 11: riesgo NRBQ, caracterización, y técnicas de intervención. La fuente es el Manual de riesgos tecnológicos y asistencias técnicas del CEIS Guadalajara y Grupo Tragsa, parte 7, NRBQ, capítulo 1, caracterización, con conceptos previos y normativa, propiedades físico-químicas, clasificación de mercancías peligrosas, recipientes de transporte y reconocimiento e identificación; y capítulo 2, técnicas de intervención, con medios de protección, acciones de mitigación y descontaminación. El resumen sigue ese orden y termina con las cifras y datos clave.

10.1. Conceptos previos y normativa aplicable

Concepto. El riesgo tecnológico, según la Escuela Nacional de Protección Civil, es la posibilidad de que se den consecuencias indeseables de un acontecimiento relacionado con el acceso o uso de la tecnología cuya aparición no se pueda determinar a priori. El uso, transporte y manufactura de sustancias químicas peligrosas es riesgo tecnológico. Debe existir un plan con el catálogo de riesgos, el índice de probabilidad y la vulnerabilidad. Riesgos potenciales:

- Nucleares: las centrales, en España 8 reactores en funcionamiento, son fuente potencial de radiación y contaminación.
- Radiológicos: menos devastadores pero mucho más probables; en España hay unos 1.300 centros autorizados para usar radionucleidos, con traslados entre ellos; instalaciones destacadas son la fábrica de combustible de Juzbado en Salamanca, la planta de concentrados de uranio de Salamanca, el almacén de El Cabril en Córdoba y el Almacén Temporal Centralizado de Villar de Cañas en Cuenca.
- Químicos: establecimientos industriales que emplean, almacenan o generan sustancias peligrosas.
- Transporte de mercancías peligrosas: el riesgo tecnológico que más intervenciones de protección civil requiere.

Normativa nuclear y radiológica. Internacional: Directiva 2013/59 EURATOM de 5 de diciembre de 2013, normas básicas de protección contra radiaciones ionizantes. Española: Real Decreto 1440/2010, Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear; Real Decreto 783/2001, Reglamento de protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, modificado por el 1439/2010; Real Decreto 102/2014, gestión del combustible gastado y residuos radiactivos; Real Decreto 1564/2010, Directriz básica de planificación ante el riesgo radiológico; Ley 25/1964 de 29 de abril sobre energía nuclear; Ley 15/1980 de creación del Consejo de Seguridad Nuclear, reformada por la Ley 33/2007; Real Decreto 1836/1999, Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas, modificado por el 35/2008; Real Decreto 1546/2004, Plan Básico de Emergencia Nuclear, modificado por el 1428/2009; Orden INT/1695/2005, Plan de emergencia nuclear del nivel central de respuesta y apoyo; y los planes exteriores a las centrales: PENGUA para José Cabrera y Trillo en Guadalajara, PENTA para Ascó y Vandellós en Tarragona, PENBU para Garoña en Burgos, PENVA para Cofrentes en Valencia y PENCA para Almaraz en Cáceres.

Normativa química. Comunitaria: Directiva 2012/18/UE de 4 de julio de 2012, conocida como Seveso III, que deroga la 96/82/CE. Española: Real Decreto 1254/1999, medidas de control de accidentes graves con sustancias peligrosas, modificado por los reales decretos 119/2005 y 948/2005 y por la Orden PRE/1206/2014; Real Decreto 1196/2003, Directriz básica de protección civil ante accidentes graves con sustancias peligrosas; y Real Decreto 1070/2012, Plan estatal de protección civil ante el riesgo químico.

Normativa del transporte. Orden INT/3716/2004 de 28 de octubre, fichas de intervención para accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril; Real Decreto 387/1996, Directriz básica de planificación ante accidentes en el transporte por carretera y ferrocarril, con el boletín de notificación y el boletín estadístico; Resolución de 6 de octubre de 2011, teléfonos de notificación; Real Decreto 97/2014, que regula el transporte de mercancías peligrosas por carretera, ADR; y planes especiales autonómicos, como el PETCAM de Castilla-La Mancha.

10.2. La materia, estados de agregación y propiedades físicas

Átomos e isótopos. El átomo es la parte más pequeña en que se puede dividir un elemento sin perder sus propiedades. El núcleo contiene protones, con carga positiva, y neutrones, sin carga. El número de protones distingue a los elementos y se llama número atómico, letra Z; sumado al de neutrones da el número másico, letra A. La corteza tiene electrones, de carga negativa, con masa 2.000 veces inferior a la del protón. Un átomo neutro tiene igual número de protones y electrones; si le sobra un electrón queda negativo. Los isótopos tienen el mismo número de protones y distinto de neutrones, mismo Z y distinto A; el hidrógeno tiene protio, deuterio y tritio con 0, 1 y 2 neutrones. Los núcleos con neutrones en exceso o defecto son inestables y se desintegran emitiendo radiaciones. Las moléculas son grupos de átomos; los elementos tienen un solo tipo de átomo y se representan con símbolos; los compuestos tienen varios tipos y se representan con fórmulas.

Estados de agregación. Sólido, líquido y gaseoso, según presión y temperatura; las condiciones de referencia son 20 grados y una atmósfera. Sólidos: volumen y forma constantes, fuerzas de atracción. Líquidos: volumen constante y forma variable, atracción. Gases: volumen y forma variables, repulsión.

Cambios de estado. A presión constante ocurren a una temperatura fija para cada sustancia. Progresivos, aportando energía: fusión, de sólido a líquido, en el punto de fusión; el volumen aumenta salvo en agua, hierro y bismuto; en los sólidos que se dilatan al fundir el punto de fusión sube con la presión, y en los que se contraen baja. Vaporización o evaporación, de líquido a gas, paulatina y superficial; la ebullición afecta a toda la masa con burbujas, en el punto de ebullición. Sublimación, de sólido a gas sin pasar por líquido, poco frecuente en condiciones ordinarias; el hielo seco de CO_2 sublima a presión atmosférica. Regresivos, por enfriamiento: solidificación, condensación, licuación cuando es por aumento de presión, y sublimación regresiva, de gas a sólido, como la nieve carbónica al descargar un extintor de CO_2. Puntos de fusión y ebullición: agua 0 y 100 grados; alcohol menos 117 y 78; hierro 1.535 y 3.000; gasolina menos 193 y 130. El agua hierve a 100 grados a nivel del mar y 101 kilopascales, a 98 a 500 metros, a 96 a 1.000 metros y a 92 a 2.500 metros; en olla a presión hasta 130 grados.

Diagrama de fases. Punto triple: equilibrio de las tres fases; en el agua a 0,01 grados y 0,06 atmósferas. Punto crítico: máxima temperatura a la que coexisten líquido y gas; por encima la sustancia solo puede existir como gas por mucho que se aumente la presión; en el agua 374 grados y 218 atmósferas. El dióxido de carbono sublima a menos 78 grados a 1 atmósfera, punto triple a menos 56,4 grados y 5,2 atmósferas, y crítico a 31,1 grados y 73 atmósferas. La curva sólido-líquido es negativa en el agua y positiva en el CO_2; por eso el hielo flota y el CO_2 no funde sino que sublima.

Densidad. Masa por unidad de volumen, símbolo rho, en kilogramos por metro cúbico o gramos por centímetro cúbico: hierro 8.700, agua 1.000 y oro 19.300 kilogramos por metro cúbico. En gases depende de presión y temperatura. Leyes: Boyle-Mariotte, a temperatura constante el volumen es inversamente proporcional a la presión; Charles, el volumen es directamente proporcional a la temperatura; Gay-Lussac, a

volumen constante la presión es directamente proporcional a la temperatura; la ecuación general de los gases ideales las reúne. En un siniestro la densidad de las mercancías depende más de la presión y temperatura que del tamaño.

Densidad relativa. Relación adimensional entre la densidad de la sustancia y la de referencia: agua a 4 grados y 1 atmósfera para líquidos y sólidos; aire a 0 grados y 1 atmósfera para gases. Alcohol 0,78 como líquido, flota y el agua lo propaga, y 1,60 como vapor, se fija en la zona inferior; gasolina 0,8 y 4,00, sus vapores son cuatro veces más densos que el aire y se quedan en el suelo; hidrógeno 0,07 y 0,07; gas natural comprimido 0,46 y 0,55.

Presión de vapor. Presión a la que, a cada temperatura, líquido y vapor están en equilibrio, independiente de las cantidades; fases líquido saturado y vapor saturado. Depende solo de la naturaleza de la sustancia y de la temperatura; el agua hierve a 100 grados porque su presión de vapor iguala la atmosférica. Aumenta exponencialmente con la temperatura: agua 4,41 milímetros de mercurio a 0 grados, 18,35 a 20, 55,50 a 40 y 731,26 a 100 grados. A mayor presión de vapor, mayor volatilidad y menor temperatura de ebullición. Gasóleos 3 milímetros de mercurio, alcohol etílico 43, gasolina 171; la gasolina es mucho más volátil que el gasoil.

Solubilidad. Capacidad de diluirse en otra sustancia; depende de temperatura, presión y naturaleza de soluto y disolvente. Los sólidos aumentan su solubilidad con la temperatura; los gases la reducen; la solubilidad de un gas es proporcional a su presión sobre la disolución. Las sustancias son solubles en medios de polaridad semejante; el agua es polar y disuelve azúcar o etanol, pero no aceite ni gasolina, apolares; polares hidrosolubles o hidrófilas, no polares hidrófobas. Se expresa en gramos por 100 gramos de agua: muy soluble de 10 a 99 por 100, amoniaco con 51; medianamente soluble de 1 a 10, butano con 3,15; poco soluble de 0 a 1, cloro con 0,70.

Viscosidad. Resistencia de un fluido a fluir; unidad el poise; varía inversamente con la temperatura. Acetona 0,306 centipoises, agua 0,894, mercurio 1,526. Un líquido muy viscoso se extiende con dificultad y se controla más fácilmente.

Conductividad eléctrica. En siemens por metro: agua desionizada 5,5 por 10 elevado a menos 6, no conductora; agua potable de 0,0005 a 0,05; agua de mar 5; vidrio de 10 elevado a menos 10 a menos 14; cobre 5,96 por 10 elevado a 7. Una sustancia mala conductora acumula electricidad estática; una simple chispa puede inflamar mezclas explosivas. La electricidad estática se produce al separarse superficies en contacto; depende del material, temperatura, humedad, presión y velocidad de separación; la baja humedad invernal la aumenta.

10.3. Propiedades químicas: pH, inflamabilidad, toxicología y reactividad

Tabla periódica y pH. La tabla clasifica 105 elementos en 18 columnas o grupos, con la misma valencia y propiedades similares, y filas o períodos. Propiedades de interés para bomberos: reactividad, pH, oxidación, reducción y poder calorífico. El pH mide la concentración de iones hidrógeno de 0 a 14; 7 es neutro, sin confundir con el pH de la piel, 5,5; se mide con papel tornasol durante dos segundos. Ácidos: aportan iones H más; pH de 1 a 6; cambian el tornasol de azul a rojo; sabor agrio, irritan la piel, corrosivos, disuelven metales, conducen la electricidad en disolución, reaccionan con metales activos dando sal e hidrógeno, con bases dando sal y agua, y se detectan por el olfato; los halógenos del grupo VII con hidrógeno forman ácidos hídricos, clorhídrico o sulfhídrico. Ácidos fuertes, pH de 0 a 3, clorhídrico, perclórico y sulfúrico; débiles, pH de 5 a 7. No confundir ácido fuerte con ácido concentrado, que es el que está casi puro sin disolver. Bases: aportan iones hidróxido OH menos; pH de 8 a 14; tornasol de rojo a azul; sabor amargo, deslizantes al tacto, cáusticas, neutralizan ácidos. Fuertes, pH de 12 a 14, sosa cáustica o hidróxido de sodio, lejía e hidróxido de potasio; débiles, pH de 8 a 11, amoniaco y metilamina.

Inflamabilidad. Tres puntos de vista: rango de inflamabilidad, punto de inflamación y energía mínima de activación. Rango: límite inferior de inflamabilidad, concentración mínima de vapor en aire para inflamarse; límite superior, concentración máxima, por encima no hay aire suficiente. Butano de 1,8 a 8,4 por 100; gasolina de 1,4 a 7,6; hidrógeno de 4,1 a 75,6, el más peligroso por su rango mayor. Una fuga de gas está fuera de rango junto al orificio, entra en rango al mezclarse con aire y vuelve a salir por debajo del límite inferior al alejarse. Punto de inflamación: temperatura inferior de un líquido a la que sus vapores forman mezcla combustible con el aire. Según la instrucción técnica de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles: líquido combustible, punto de inflamación igual o superior a 38 grados; líquido inflamable, inferior a 38 grados; el peligro es mayor en los inflamables. Energía mínima de ignición, EMI: la mínima para generar la combustión de una mezcla inflamable, máxima cerca de la concentración estequiométrica; butano 0,25 milijulios a 1 atmósfera, hidrógeno 0,017, gas natural 0,28, luego el butano se inflama más fácilmente que el gas natural; con oxígeno se reduce enormemente, de 0,26 milijulios en aire a 0,002 en oxígeno. Es vital evitar las cargas electrostáticas.

Toxicología. Disciplina que identifica y cuantifica los efectos nocivos de la exposición a agentes. Exposición más toxicidad igual a riesgo para la salud; la exposición depende del tiempo y la concentración; la toxicidad es inherente a cada producto. La acción tóxica depende de la vía de entrada; una misma dosis puede ser inocua, terapéutica o letal. Dosis de exposición: concentración en aire inhalada durante un intervalo. Dosis absorbida: cantidad presente en el cuerpo. Umbral de dosis: nivel por debajo del cual no hay efecto. Efectos agudos: tras exposición limitada, horas o días; crónicos: tras exposición prolongada. Conceptos:

- Dosis letal 50, DL50: dosis que causa la muerte del 50 por 100 de una población animal; mide la toxicidad aguda; cuanto más baja, más potente.
- Dosis efectiva 50, DE50: genera un efecto en el 50 por 100 sin causar la muerte.
- NOEL o NOAEL: nivel sin efecto adverso observado. LOAEL: dosis mínima que produce algún efecto.
- Concentración letal 50, CL50: concentración inhalada que mata al 50 por 100 de la muestra, referencia una hora; en partes por millón para gases y vapores y en miligramos por metro cúbico para polvos.
- Partes por millón: unidades por cada millón; 10.000 partes por millón equivalen al 1 por 100.
- Dosis máxima tolerada: la más elevada que, produciendo toxicidad, no afecta a la supervivencia. Clasificación comunitaria por propiedades toxicológicas: muy tóxicos, en cantidades muy pequeñas; tóxicos, en cantidades pequeñas; nocivos, en cantidades no pequeñas; corrosivos; irritantes; sensibilizantes; carcinogénicos; mutagénicos; tóxicos para la reproducción; y peligrosos para el medio ambiente. Límites de exposición: normativa sueca, LLV, promedio máximo en un día de trabajo, y CLV, promedio en 15 minutos. Normativa americana: TLV STEL, concentración para trabajos de no más de 15 minutos, no más de cuatro veces al día y con al menos 60 minutos entre exposiciones; si no está determinado, tres veces el TLV para media hora al día. TLV C, concentración que no debe sobrepasarse en ningún instante sin protección; si no está determinado, cinco veces el TLV TWA. IPVS o IDLH, nivel de peligro inmediato para la vida o la salud; unos instantes pueden causar la muerte o daño irreversible; si no está determinado, diez veces el TLV TWA; en España es el IPVS y se usa en los detectores de gases. Dióxido de carbono: el aire tiene un 0,04 por 100; al 1,5 por 100 aumenta la frecuencia cardiaca; al 4 por 100 hay peligro inmediato para la vida, IDLH.

Reactividad. La reactividad de los metales crece de derecha a izquierda y de arriba abajo en la tabla periódica; la de los no metales de izquierda a derecha y de abajo arriba. Si la órbita más alejada tiene un número par de electrones el elemento es estable; si es impar es reactivo. Indicios de reacción: cambio de color, formación de sólido o burbujas, desprendimiento o absorción de calor y llamas.

10.4. Sustancias químicas, residuos tóxicos y clasificación ADR de mercancías peligrosas

Concepto. Existen más de nueve millones de sustancias químicas. Sustancia simple, un solo elemento; compuesta, varios. Según el Reglamento CE 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado, las sustancias peligrosas o materias peligrosas son elementos o compuestos que durante su fabricación, almacenamiento, transporte o uso pueden desprender humos, gases, vapores, polvos o fibras de naturaleza explosiva, inflamable, tóxica, infecciosa, radiactiva, corrosiva o irritante con probabilidad de causar daños; son más de 13.000. Mercancías peligrosas son las sustancias peligrosas transportadas cuyo traslado regulan acuerdos internacionales: ADR carretera, RID ferrocarril, ADN navegación interior, IATA OACI aviación e IMO IMDG marítimo. El ADR clasifica casi 3.000 sustancias, aunque se mueven unas 17.000 sustancias químicas.

Residuos tóxicos y peligrosos. Ley 20/1986 de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos: materiales sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos en recipientes que, resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor destine al abandono y contengan sustancias del anexo en cantidades que representen riesgo. Etiqueta mínima de 10 por 10 centímetros con código de identificación, nombre, dirección y teléfono del titular, fecha de envasado y pictogramas negros sobre fondo amarillo naranja: explosivo E, bomba explosionando; comburente O, llama sobre un círculo; inflamable F, llama, y F más para fácilmente y extremadamente inflamable; tóxico T, calavera; nocivo Xn y irritante Xi, cruz de San Andrés; corrosivo C, ácido actuando. El productor notifica el traslado al órgano autonómico con al menos diez días de antelación. Códigos del Real Decreto 833/1988: 9 mezclas aceite agua, 15 pirotécnicos, 38 baterías y pilas, Q9 residuos de control de contaminación, H7 cancerígeno.

Definiciones ADR de estados. Sólido: materia con punto de fusión superior a 20 grados a 101,3 kilopascales. Líquido: materia que a 50 grados tiene presión de vapor de hasta 300 kilopascales, 3 bares, y no es completamente gaseosa a 20 grados; o con punto de fusión igual o inferior a 20 grados; o líquida según la prueba ASTM D 4359-90 o no pastosa según el penetrómetro. Gas: completamente gaseosa a 20 grados y 101,3 kilopascales, o con presión de vapor superior a 300 kilopascales a 50 grados.

Clase 1, materias y objetos explosivos. Riesgo principal la explosión por temperatura, chispas o impacto. Materias explosivas, que por reacción química desprenden gases a temperatura, presión o velocidad dañinas; materias pirotécnicas, con efectos luminosos, sonoros, gaseosos, fumígenos o caloríficos por reacciones exotérmicas no detonantes; y otros objetos. Divisiones de mayor a menor peligro: 1.1, la más peligrosa, 1.5, 1.2, 1.3, 1.6 y 1.4, la menos peligrosa.

Clase 2, gases. Licuados, comprimidos o disueltos. Códigos: A asfixiante, O comburente, F inflamable, T tóxico, C corrosivo, TF tóxico inflamable, TC tóxico corrosivo, TO tóxico comburente, TFC tóxico inflamable corrosivo, TOC tóxico comburente corrosivo. Riesgos: inhalación de gases tóxicos, asfixiantes o corrosivos y atmósferas explosivas.

Clase 3, líquidos inflamables. Punto de inflamación igual o inferior a 60 grados; también sólidos fundidos transportados en caliente por encima de su punto de inflamación y explosivos desensibilizados líquidos. Grupos de embalaje: I, muy peligrosas, punto de ebullición inferior a 35 grados; II, medianamente peligrosas, ebullición superior a 35 grados e inflamación inferior a 23 grados; III, poco peligrosas, ebullición superior a 35 e inflamación entre 23 y 60 grados.

Clase 4. 4.1, materias sólidas inflamables, materias autorreactivas sólidas o líquidas, sólidas explosivas desensibilizadas y relacionadas con las autorreactivas; se inflaman fácilmente con una fuente de ignición. 4.2, materias que pueden experimentar inflamación espontánea o calentamiento espontáneo en contacto con el aire sin aporte de energía; subdivisión sin riesgo subsidiario, corrosivas, tóxicas, comburentes o que con agua exhalan gases inflamables. 4.3, materias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables que forman mezclas explosivas; no emplear agua ni como extintor ni para diluir.

Clase 5. 5.1, materias comburentes, que pueden producir incendios o explosiones y vapores perjudiciales; no arden pero favorecen la combustión. 5.2, peróxidos orgánicos, compuestos de carbono con enlace oxígeno oxígeno; riesgo de ignición y explosión, fuertes oxidantes, pueden ser tóxicos o corrosivos. Los hay con regulación de temperatura, P2, y sin ella, P1, según la carta de porte. Temperatura de descomposición autoacelerada, TDAA, la más baja a la que una materia embalada puede descomponerse autoaceleradamente durante el transporte; temperatura máxima de almacenamiento seguro, MMST, superada la cual puede explotar.

Clase 6. 6.1, materias tóxicas, sólidas o líquidas que dañan por inhalación u otra vía. Grupos de embalaje según la dosis letal 50: I, muy tóxicas, ingestión menor de 5 miligramos por kilo, cutánea menor de 50 y inhalación menor de 0,2 miligramos por litro; II, tóxicas, de 5 a 50, de 50 a 200 y de 0,2 a 2; III, menos tóxicas, de 50 a 300, de 200 a 1.000 y de 2 a 4. Riesgos combinados: TF, TC, TO, TS con calentamiento espontáneo, TW con agua, TFC y TFW. Son las más numerosas del ADR; cuidado si el umbral de olor supera el IPVS. 6.2, materias infecciosas, con agentes patógenos: muestras de diagnóstico, materias infecciosas para personas, vacunas, para animales y residuos clínicos; el grupo menos numeroso, con 3 materias.

Clase 7, materias radiactivas. Causan radiaciones ionizantes superiores a 70 kilobecquerelios por kilogramo y pueden contaminar a los intervinientes; tiempo, blindaje y distancia delimitan los daños. Reguladas por el ADR y la OIEA. Bultos: exceptuados, para cantidades muy pequeñas y condiciones rutinarias; industriales, IP-1, IP-2 e IP-3, para materiales de baja actividad específica, BAE, u objetos contaminados superficialmente, OCS; tipo A, actividades relativamente pequeñas; tipo B, actividades superiores a A1, encapsulado especial, y A2, no encapsulado, resistentes a accidentes graves; tipo C, vía aérea, superan además el accidente aéreo. Índice de transporte, IT: nivel de radiación máximo a un metro de la superficie del bulto; su valor es la intensidad de dosis en microsieverts por hora dividida por 10. Tasa de dosis: rapidez de absorción de la dosis, en sieverts por hora. Tiempos máximos de exposición: menos de 1 milisievert por hora, 50 horas; de 1 a 10, 5 horas; de 10 a 20, 2 horas y 30 minutos; de 20 a 30, 1 hora y 39 minutos; de 30 a 40, 1 hora y 15 minutos; de 40 a 50, 1 hora; más de 50, 30 minutos. Categorías de etiqueta según el Consejo de Seguridad Nuclear: I blanca, IT menor de 0,05, hasta 0,005 milisieverts por hora en superficie; II amarilla, IT hasta 1, de 0,005 a 0,5 milisieverts por hora; III amarilla, IT de 1 a 10, de 0,5 a 2 milisieverts por hora; uso exclusivo, IT mayor de 10, de 2 a 10 milisieverts por hora. Un milisievert por hora son 1.000 microsieverts por hora.

Clase 8, materias corrosivas. Peligrosidad según la diferencia con el pH neutro; peligro por inhalación de vapores o quemaduras en piel, ojos y mucosas. Los ácidos tienen gran poder destructivo sobre materiales, pero las bases, pH de 9 a 14, son más dañinas para los tejidos humanos. Grupos: I muy corrosivas, II corrosivas, III menos corrosivas. Pueden ser inflamables, calentarse espontáneamente o desprender gases con el agua.

Clase 9. Materias y objetos peligrosos diversos, menos severos: amianto, pilas de litio, aparatos de salvamento.

Preponderancia de peligros. Si una materia tiene varios peligros se clasifica en el mayor. Orden ADR: 1 radiactivos clase 7; 2 explosivos clase 1; 3 gases clase 2; 4 explosivos líquidos desensibilizados clase 3; 5 autorreactivas y sólidas explosivas desensibilizadas clase 4.1; 6 pirofóricas clase 4.2; 7 peróxidos orgánicos clase 5.2; 8 tóxicos y líquidos inflamables tóxicos clases 6.1 y 3; 9 infecciosas clase 6.2.

10.5. Recipientes de transporte y almacenaje

Modalidades de transporte. En bultos, envasadas en cajas, botellas, jerricanes o bidones; en cisternas, el vehículo es el envase para gases o líquidos; y a granel, sólidos sin envasar. El ADR ordena las materias por número ONU en la tabla A y alfabéticamente en la tabla B. Envases:

- Bidón: cilíndrico de fondo plano o combado, de metal, cartón, plástico o contrachapado; capacidad máxima 400 kilogramos.

- Jerrican o cuñete: sección rectangular o poligonal, metálico o de plástico; máximo 60 litros o 120 kilogramos.
- Caja: lados rectangulares o poligonales; máximo 400 kilogramos, 60 si es de plástico expandido.
- Saco: flexible, de papel, plástico o textil; máximo 50 kilogramos.
- Embalaje compuesto: recipiente interior de plástico, vidrio, porcelana o gres con embalaje exterior; conjunto inseparable.
- Embalaje metálico ligero: paredes de hasta 0,5 milímetros, por ejemplo hojalata.
- GRG, gran recipiente para mercancías a granel, IBC: rígido o flexible, manipulable mecánicamente; no para clase 7, 6.2 ni gases de clase 2; capacidad máxima de 3 metros cúbicos para sólidos y líquidos de los grupos II y III, 1,5 metros cúbicos para sólidos del grupo I en GRG flexibles, de plástico rígido, compuestos, cartón o madera, 3 metros cúbicos para sólidos del grupo I en metálicos y 3 metros cúbicos para radiactivos.
- Aerosol: recipiente no recargable con gas comprimido, licuado o disuelto y dispositivo de disparo; puede generar más de 6,3 bares; máximo 1.000 mililitros si es de metal y 500 si es de plástico o vidrio.
- Recipientes de gases: botellas, hasta 150 litros; las bombonas domésticas de butano y propano almacenan 26 litros de gas; tensión de vapor del butano comercial a 20 grados cercana a 3 atmósferas absolutas y del propano 8,5; llevan válvula Kosangas que alimenta la instalación a 28 gramos por centímetro cuadrado y libera presión antes de los 30 kilos por centímetro cuadrado para los que está preparada la botella, 26 a 28. Bloques de botellas: botellas de un único gas unidas por tubería colectora en armazón; máximo 3.000 litros, 1.000 para gases tóxicos. Tubo: sin soldaduras, de 150 a 3.000 litros. Recipiente criogénico: aislado térmicamente para gases licuados refrigerados, hasta 1.000 litros. Bidón a presión: soldado, de 150 a 1.000 litros.

Cisterna, estructura. El ADR define cisterna como un depósito con sus equipos de servicio y de estructura; engloba contenedores cisterna, cisternas portátiles, desmontables y fijas y las de vehículos batería o CGEM. El depósito o cuba se hace con chapas moldeadas y soldadas, virolas, cerradas por fondos o casquetes. Estructura interna: mamparos, tabiques que dividen en compartimentos para distintos productos y asumen carga; las cisternas de gases no tienen mamparos pero sí rompeolas; rompeolas, tabiques que dejan pasar la materia para repartir la masa y evitar el efecto ola en frenadas, con superficie mínima del 70 por 100 de la sección y espesor al menos igual al del depósito; separación entre refuerzos adyacentes hasta 1,75 metros en cisternas circulares y algunas elípticas; los depósitos de líquidos o gases licuados no divididos en secciones de máximo 7.500 litros deben circular casi llenos, más del 80 por 100, o casi vacíos, menos del 20; mamparos y rompeolas son cóncavos en el sentido de marcha y con profundidad mínima de 10 centímetros; anillos de refuerzo, soldados por el interior. Estructura externa: anclajes de izado en cisternas intermodales; refuerzos exteriores contra impactos; elementos protectores de válvulas, aros, capotas y caperuzas; parachoques traseros obligatorios, del ancho del vehículo y separados unos 100 milímetros.

Sección de la cisterna. Policéntrica: poca presión, máxima carga con menos longitud, uso urbano, lateral poco resistente. Ovalada: poca presión, costados más resistentes, habitual en petrolíferos. Circular con fondo semiesférico: mercancías muy peligrosas, por ejemplo grandes líquidos corrosivos, presurizadas pero no a gran presión. Circular con fondo esférico: presión interior alta, gases comprimidos o licuados, la que mejor soporta presiones y accidentes. Especial: mayor volumen, granulados, con cuello de cisne.

Presiones y grado de llenado. Presión de cálculo: ficticia, al menos igual a la de prueba, para determinar el espesor de las paredes. Presión de prueba: la de la prueba de presión, control inicial y periódico. Presión de servicio: la estabilizada de un gas comprimido a 15 grados. Presión máxima de servicio: la mayor entre la de llenado, la de vaciado y la efectiva del contenido a temperatura máxima; no debe ser inferior a la tensión de vapor de la materia a 50 grados. Grado de llenado: relación entre la masa de gas y la de agua a 15 grados que llena el recipiente; oxígeno líquido 98 por 100, gasóleo 97, gases licuados del petróleo 85, por el equilibrio de fases a 50 grados.

Materiales y espesores. Propiedades exigidas: resistencia mecánica, estabilidad térmica, pueden contactar con criogénicos a menos 170 grados o con fuego, y resistencia química. Acero al carbono, poco frecuente y en desuso; acero inoxidable, químicos, corrosivos y alimentarios; aluminio, 99 por 100 de los hidrocarburos y pulverulentos; plásticos reforzados, en España casi solo como refuerzo del acero en corrosivos. Espesores mínimos según diámetro hasta 1,80 metros y mayor: inoxidables austeníticos 2,5 y 3 milímetros; austeno-ferríticos 3 y 4; otros aceros 3 y 4; aleaciones de aluminio 4 y 5; aluminio puro al 99,80 por 100, 6 y 8 milímetros.

Tipos de cisterna. Por compartimentos: un único depósito para gases y pulverulentos, con rompeolas; compartimentadas para líquidos, de 2 a 7 compartimentos, con bocas por compartimento; el panel naranja o la carta de porte indican si transporta uno o varios productos. Por forma, capacidad y uso: contenedor cisterna, depósito con equipos, más de 450 litros para gases, con posible calefacción, presión o refrigeración; cisterna portátil, multimodal IMDG, más de 450 litros para gases, con elementos de izado y bancada que permiten trasbordarla llena; cisterna desmontable, más de 450 litros, no diseñada para transporte sin operaciones intermedias, se manipula en vacío; cisterna fija, más de 1.000 litros, fijada al vehículo o parte del chasis; contenedor de gas con elementos múltiples, CGEM, elementos, botellas, tubos, bidones a presión, botellones o bloques, conectados por tubería colectora y montados en un cuadro no fijado permanentemente al vehículo, incluidas cisternas de más de 450 litros para gases; en intervención se acciona la maneta de emergencia que cierra la tubería general de descarga; vehículo batería, recipientes unidos por colectora y montados permanentemente en el vehículo, para gases muy peligrosos; cisternas de residuos que operan al vacío, las chuponas; y vehículos caja para radiactivos, estancos, sin riesgo si el material sigue embalado. Por aislamiento térmico: sin aislamiento, diésel, gasolina, queroseno y corrosivos; aisladas con elementos, lana de roca o vidrio y poliuretano, para materias calefactadas por encima de 100 grados; aisladas al vacío, para gases criogénicos, oxígeno, nitrógeno o CO2, con depósito interno de inoxidable y externo de acero al carbono; y calefactadas o refrigeradas, con resistencias eléctricas o serpentines de vapor, o motores de frío.

Equipamiento de seguridad y servicio. Equipo de estructura, fijaciones y refuerzos; equipo de servicio, dispositivos de llenado, vaciado, aireación, seguridad, calefacción, aislamiento y medida. Elementos:

- Boca de hombre: en la parte superior, para limpieza, inspección y carga por gravedad. Si se abre manualmente transporta líquidos y debe tener bandeja antiderrames; si requiere herramientas específicas, la materia presenta riesgos importantes por presión o toxicidad. Alrededor se agrupan válvula de cinco efectos, recuperación de gases, orificio de medición de nivel y tapín, que en gasolina es boca de inspección y a 250 a 280 milibares actúa como válvula de sobrellenado, con diámetro superior a 250 milímetros.
- Orificio de limpieza: en la parte inferior, por encima del nivel del líquido, con bridas ciegas; en cisternas de butano las presiones rondan los 20 bares.
- Válvula de seguridad de depresión: resorte que evita el vacío interior y el agrietamiento.
- Disco de ruptura: dispositivo de alivio sin cierre repetido que estalla por diferencia de presión; suele preceder a la válvula de seguridad, con manómetro entre ambos; se usa con productos de aumento rápido de presión, con tóxicos que no pueden escapar por una válvula y con mercancías que deterioran las válvulas.
- Válvula de seguridad de presión: resorte automático contra sobrepresión; si en una intervención deja escapar producto, reevaluar distancia y técnicas.
- Válvula de cinco efectos: en cisternas atmosféricas, obligatoria una por compartimento con gasolina. Aireación de 55 a 90 milibares, pequeño caudal; sobrepresión de 220 a 275 milibares, más de 1,2 bares, gran caudal para que no reviente; depresión de 10 a 15 milibares, entra aire; antivuelco, se cierra a partir de 27 a 37 grados de inclinación; y apagallamas, rejilla exterior. Si la cisterna ha volcado y la presión supera el límite, permite el escape por sobrepresión, porque la explosión es peor que el derrame.

- Válvula de exceso de flujo: deja pasar líquido o gas licuado en condiciones normales y se cierra si el flujo supera un límite; reabre al igualarse presiones por un pequeño orificio; si se rompe una conducción sigue cerrada con pequeña pérdida.
- Aberturas de carga y descarga: las inferiores con código de cisterna letra A, mínimo dos cierres en serie, obturador externo con tubo deformable y tapón, brida ciega o similar; con letra B, tres cierres en serie, obturador interno o válvula de fondo, obturador externo y dispositivo de cierre; con letras C o D, aberturas por encima del nivel del líquido, sin tuberías por debajo, aunque la C admite orificios de limpieza inferiores. La válvula de fondo se abre manual, hidráulica o neumáticamente y en accidente puede forzarse con llave fija o destornillador. La válvula de fase gaseosa es de menor diámetro que la de líquido; el tubo buzo baja al fondo para descargar en fase líquida. El cloro, código L10DH, solo tiene aberturas superiores. Los GLP descargan por la parte inferior por su menor toxicidad.
- Parasol: plancha curvada a unos 4 centímetros del depósito que ocupa como máximo un tercio del diámetro, evita la sobrepresión por radiación solar; característico de las cisternas de GLP.
- Indicadores: manómetros en bares o kilos por centímetro cuadrado; vacuómetros de 0 a menos 1 bar; termómetros analógicos; indicadores de nivel de flotador, varilla calibrada o galga rotativa para GLP o amoniaco, que se gira hasta que sale líquido.
- Escaleras y barandillas indican operaciones por arriba: las tienen las de hidrocarburos y no las de GLP, que cargan y descargan por abajo. Armarios de conducciones laterales en líquidos y sólidos, no en gases. Armario trasero con panel de control, típico de criogénicas y también de gas natural. Compresor para descargar sólidos pulverulentos; no confundir las tomas de presión con las de vapor para líquidos viscosos; algunos sólidos descargan por gravedad basculando por el cono trasero. Válvula de recuperación de vapores, cerrada en marcha y abierta con la válvula de fondo abierta, enclavada. Apagallamas contra el retroceso de llama en venteos. Puesta a tierra en carga y descarga de inflamables, que solo permite conectar si la resistencia a tierra es inferior a 20 ohmios. Válvulas de corte hidráulico COH, cuyo fusible se funde con fuego exterior y cierran instantáneamente.
- Equipamiento a bordo obligatorio: un calzo por vehículo, dos señales de advertencia autoportantes, líquido lavaojos, y por tripulante chaleco fluorescente, linterna, guantes y protección ocular; además, máscara de evacuación por tripulante para clases 2.3 y 6.1, y pala, recipiente colector y obturador de alcantarilla para sólidos y líquidos de etiquetas 3, 4.1, 4.3, 8 y 9.

Código de cisterna. Cuatro letras. Primera, tipo: L líquidos o sólidos fundidos; S sólidos pulverulentos o granulados; C gases comprimidos; P gases licuados o disueltos; R gases licuados refrigerados. Segunda, presión de cálculo: G atmosférica para líquidos, X según legislación para gases, o un número con la presión mínima en bares. Tercera, aberturas: A en el fondo con dos cierres; B en el fondo bajo el nivel del líquido con tres cierres; C en la parte superior y solo orificios de limpieza por debajo; D en la parte superior sin aberturas por debajo del nivel. Cuarta, seguridad: V con dispositivo de respiración sin protección contra el fuego; F con respiración y protección contra el fuego o resistente a la explosión; N con válvula de seguridad, no cerrada herméticamente; H cerrada herméticamente. Ejemplos: cloro, ONU 1017, clase 2 código TOC, etiquetas 2.3, 5.1 y 8, cisterna P22DH, gas licuado a 22 bares con aberturas solo superiores y cerrada herméticamente, vehículo AT, número de peligro 265; ácido sulfúrico, ONU 1830, clase 8, L4BN, peligro 80; gasolina ONU 1203, clase 3, LGBF, vehículo FL, peligro 33; gasóleo ONU 1202, LGBF, peligro 30; butano ONU 1011 y GLP ONU 1965, PxBN, peligro 23; hidrógeno ONU 1971 comprimido, CxBN; gas natural licuado refrigerado ONU 1972, RxBN, peligro 223; nitrógeno licuado refrigerado ONU 1977, RxBN, peligro 22. Cuadro del protocolo del CEIS: sólidos granulados, aluminio o inoxidable, un compartimento, sección circular o especial, presión de cálculo 1,5 bares; líquidos inflamables, aluminio de 4 milímetros, de 1 a 6 compartimentos, elíptica, 1,4 bares de cálculo, llenado 97 por 100, cinco efectos; corrosivos, inoxidable, circular, 4 bares, con disco de ruptura; gases licuados, acero al carbono o inoxidable de 10 milímetros, circular con fondos esféricos, 10 a 27 bares de cálculo, hasta 20 de trabajo, 85 por 100, galga rotativa; criogénicos, acero de más de 3 milímetros, hasta 5 bares de cálculo y 3 de trabajo, 95 por 100, termómetro; gases comprimidos, hasta 9 y 7 bares, 85 por 100.

Rotura de recipientes. Uno de los mayores peligros es el estallido, que genera onda de presión y fragmentos y obliga a zonas de planificación. Causas de sobrepresión: incendio externo, la que requiere mayor caudal de alivio; efectos ambientales, radiación solar y dilatación de la fase líquida; actuaciones incorrectas con válvulas; fallos de instrumentación; y fallos de válvulas. La rotura puede deberse a debilidad estructural, corrosión, erosión o fatiga, impactos o aumento de presión; el incendio externo aumenta la presión y debilita el material a la vez. La fuga puede producir bola de fuego, explosión de nube de vapor, incendio flash o nube tóxica. Fragmentos primarios, del recipiente, y secundarios, de estructuras. Roturas dúctiles, las más habituales, pocos fragmentos grandes de alto potencial dañino; frágiles, fragmentos pequeños. Por debilitamiento, normalmente 2 fragmentos en cilindros y 2 a 5 en esferas. Las esferas producen de 3 a 19 fragmentos, lo más frecuente 8 a 10; hasta 35 en algún caso. Los cilindros, los más usados en España, rompen en dirección axial y luego circular, con dos o tres fragmentos; en el 75 por 100 de los estallidos, promedio de 2,7 fragmentos. Accidentes: Feyzin, esfera de propano de 13,3 metros, fragmentos a 325 metros los grandes y de 600 a 800 los pequeños; Los Alfaques, camión de 45 metros cúbicos con 25 toneladas de propileno a 8 bares sin alivio, fragmentos a 300 metros; San Juan Ixhuatepec, 600 metros; Tivissa, gas natural licuado, explosión equivalente a 75 kilos de TNT y fragmento a 257 metros; Beijing, esfera de etileno en 7 fragmentos, uno de 14 toneladas a 840 metros.

Contenedores. Elemento permanente, diseñado para transporte sin operaciones intermedias, con dispositivos de estiba y trasbordo, de llenado sencillo y volumen interior no inferior a 1 metro cúbico, salvo radiactivos. El flexitank es una bolsa de plástico de un solo uso de 24.000 litros para líquidos a granel no peligrosos.

10.6. Reconocimiento e identificación

Concepto. Las decisiones para controlar la emergencia se basan en identificar las materias; hay información visible a distancia, tipo y forma de cisternas, placas, etiquetas, logos y panel naranja, que permite trabajar sin acercarse. El sistema de marcación ONU permite conocer envases, propiedades y riesgo; el Departamento de Transporte de Estados Unidos clasifica las hazmat en 13 clases.

Panel naranja. Retrorreflectante, rectangular de 40 centímetros de base y 30 de altura, con ribete negro de 1,5 centímetros, dividido opcionalmente por una línea negra; resistente a la intemperie y sin separarse tras 15 minutos de incendio. Dos paneles, delante y detrás, perpendiculares al eje del vehículo, y a veces en los costados. Si no hay superficie, se reduce a 30 centímetros de base, 12 de altura y 1 de reborde; cifras de 6,5 centímetros de altura y 1 de grosor de trazo; en ese caso los radiactivos de uso exclusivo solo requieren el número ONU. Arriba, el número de identificación de peligro, NIP; abajo, el número ONU. En vehículos caja con bultos y cisternas de menos de 3.000 litros no son obligatorios los números pero sí los paneles. Contenedores de sólidos a granel, contenedores cisterna, CGEM y cisternas portátiles pueden sustituir la placa por hoja adhesiva o pintura. Las unidades con sólidos a granel o radiactivos de uso exclusivo con un solo número ONU llevan además paneles numerados en los costados. No están obligadas las cisternas con ONU 1202, 1203 o 1223, ni carburante de aviación 1268 o 1863; entonces los paneles indican el ONU de la materia más peligrosa, la de punto de inflamación más bajo. Si los paneles de contenedores no son visibles desde el exterior, se colocan también en los costados del vehículo. Colocación: vehículo cisterna con una mercancía, 2 paneles numerados y 3 placas; con varias, 2 neutros más laterales numerados; contenedor cisterna, 4 numerados y 4 placas; vehículo caja con bultos, 2 neutros y 3 placas si no son visibles; a granel, 2 numerados.

Número de identificación de peligro, NIP o código Kemler. Dos o tres dígitos. Cifras: 1 emanación de gases por presión o reacción; 2 inflamabilidad de líquidos, vapores y gases o líquido con autocalentamiento; 3 inflamabilidad de sólidos o sólido con autocalentamiento; 4 comburente; 5 toxicidad o riesgo de infección; 6 radiactividad; 7 corrosividad; 8 reacción violenta espontánea, explosión, descomposición o polimerización; 9 no figura en la lista general. La duplicación de una cifra intensifica el peligro; si basta una cifra se completa con cero; la X delante indica que reacciona peligrosamente con el agua, que solo pueden usar expertos. En clase 1 el NIP es el código de clasificación, división más grupo de compatibilidad. Números particulares:

22 gas licuado refrigerado asfixiante; 323 líquido inflamable que reacciona con agua desprendiendo gases inflamables; 333 líquido pirofórico; 362 líquido inflamable tóxico que reacciona con agua; 382 líquido inflamable corrosivo que reacciona con agua; 423 sólido que reacciona con agua desprendiendo gases inflamables; 44 sólido inflamable fundido a temperatura elevada; 446 sólido inflamable y tóxico fundido; 462 sólido tóxico que reacciona con agua; 482 sólido corrosivo que reacciona con agua; 539 peróxido orgánico inflamable; 606 materia infecciosa; 623 tóxico líquido que reacciona con agua; 642 tóxico sólido que reacciona con agua; 823 corrosivo líquido que reacciona con agua; 842 corrosivo sólido que reacciona con agua; 90 peligroso para el medio ambiente o diversos; 99 diversos transportados en caliente.

Número ONU. Cuatro dígitos del libro naranja de Naciones Unidas, transpuesto en Europa por el ADR, que identifica una materia sin dudas en todos los países. Gasolina 1203, acetona 1090, carburo de calcio 1402, peróxido de hidrógeno estabilizado 2015, ácido clorhídrico 1789, ácido sulfúrico 1830. Un mismo número puede englobar sustancias de peligrosidad semejante.

Placas y etiquetas. Los bultos llevan etiquetas de peligro y los contenedores, cisternas y vehículos placas etiqueta. Marcas sobre bultos: número ONU precedido de las letras UN, de al menos 12 milímetros de altura, o 6 milímetros en envases de hasta 30 litros o 30 kilos y botellas de hasta 60 litros. Los bultos de clase 7 indican el tipo, IP-1, IP-2, IP-3, A, B o C. Las etiquetas son cuadrados apoyados en un vértice de 10 centímetros de lado, una al lado de otra si hay varios peligros. Marca de sustancia peligrosa para el medio ambiente, símbolo negro sobre fondo blanco de 10 por 10 centímetros, no exigida en envases de menos de 5 litros o 5 kilos. Etiqueta de cantidades exceptuadas, 10 por 10. Cantidades limitadas, marca de 10 por 10, reducible a 5 por 5, con rombo de línea de 2 milímetros; exentas de la carta de porte. Placas etiqueta en unidades de transporte, mínimo 25 por 25 centímetros. Marca de materia transportada en caliente, triángulo rojo de lados de al menos 25 centímetros, en laterales y trasera de vehículos y en los cuatro lados de contenedores.

Otras marcas. Rombo NFPA 704 o diamante de peligro, de Estados Unidos: azul salud, rojo inflamabilidad, amarillo reactividad o inestabilidad, cada uno de 0 sin peligro a 4 máximo; blanco para indicaciones especiales, oxidante, corrosivo, reactivo con agua o radiactivo; ejemplo rojo 3, punto de inflamación inferior a 37 grados. Código HAZCHEM, del Reino Unido y la Commonwealth, placa naranja en cinco secciones: código de acción de emergencia, número de 1 a 4 más hasta dos letras, siendo 1 chorro pleno, 2 niebla o agua pulverizada, 3 espuma y 4 agentes secos, nunca agua; puede usarse un medio superior al indicado pero nunca inferior; letras W, X, Y y Z contener el producto; P, R, S y T diluir y drenar; P, R, W y X protección completa con equipo autónomo y traje químico; S, T, Y y Z uniforme completo y equipo autónomo, en negativo solo uniforme; P, S, W e Y reacción violenta, actuar a cubierto y valorar evacuación. Resto de secciones: número ONU, etiqueta de peligro principal, logotipo de la empresa y teléfono de emergencia.

Lugar, logo, señales y colores. Hay cinco zonas con productos peligrosos; el servicio de prevención es fundamental para conocer mercancías, localización y medios de extinción. La herramienta FEAT, Flash Environmental Assessment Tool, de OCHA, identifica impactos agudos de fugas químicas. El logo corporativo permite deducir la materia; ante un depósito fijo de gas, el estado, los riesgos y la situación. Pictogramas CLP del Reglamento 1272/2008, basado en el Sistema Globalmente Armonizado: desde el 1 de junio de 2015 los pictogramas naranja solo para mezclas y desde el 1 de junio de 2017 todo con el nuevo etiquetado; rombos de bomba explosiva, botella de gas a presión, llama inflamable, llama sobre círculo comburente, calavera toxicidad aguda, signo de exclamación irritante o narcótico, silueta con estrella peligro para la salud a largo plazo, corrosión, medio ambiente, radiactividad e infecciosas. Colores: rojo inflamable, naranja explosivo, amarillo oxidante, verde gas no inflamable, azul reactivos al agua. Forma del contenedor: vehículos caja solo bultos; cisterna elíptica de fondos planos, líquidos o sólidos a baja presión, petrolíferos; circular con fondos planos, muy peligrosos como corrosivos, presurizados pero no a gran presión; circular con fondos esféricos, gases comprimidos o licuados a presiones muy altas. Parasol, GLP; tubos de descarga laterales, líquidos o sólidos; compresor, materia no presurizada que requiere presión.

Tuberías y botellas. Tuberías según la norma DIN 2403: color básico, naturaleza del fluido, junto a válvulas y empalmes; color complementario, estado del fluido, sobre el básico, con anillo de anchura al menos igual al diámetro; sentido con flecha blanca o negra o extremo puntiagudo de la banda. Botellas según UNE-EN 1089-3: el color de riesgo va en la ojiva, monocolor para industriales; gases medicinales con color por gas; las ojivas actualizadas llevan dos letras N; el cuerpo es de libre aplicación salvo medicinales según ISO 32; la única información concreta es la etiqueta; no se aplica a extintores ni GLP. Regla general del nuevo código: tóxico o corrosivo amarillo, antes verde; inerte verde intenso, antes amarillo; inflamable rojo; oxidante azul claro, antes blanco. No cambian: oxígeno blanco, nitrógeno negro, hidrógeno rojo, dióxido de carbono gris, óxido nitroso azul, helio marrón.

Los sentidos. La vista aporta el 83 por 100 de lo percibido y es fundamental; gusto y olfato no deben usarse porque se lleva protección respiratoria; el tacto solo indica frío o calor; el oído avisa de escapes y roturas. Olores característicos: picante, agrio, almendras amargas; gas natural, butano e hidrógeno no huelen y se odorizan.

Documentos. Carta de porte: prueba del contrato de transporte, obligatoria salvo cantidades limitadas; en carretera en la cabina con las instrucciones escritas; en ferrocarril en la máquina, con fichas de emergencia de Renfe; en mar, manifiesto de cargas peligrosas en el puente de mando; en aire, listado de carga en cabina. En la lengua del país expedidor y, si no es inglés, francés o alemán, también en uno de estos; sin modelo oficial pero con datos obligatorios: número ONU, designación, etiqueta, grupo de embalaje, grado de llenado y cantidad. Fichas de datos de seguridad, MSDS: obligatorias en todos los vehículos con mercancías peligrosas, con 16 apartados: identificación de la sustancia y empresa, composición, peligros, primeros auxilios, lucha contra incendios, vertido accidental, manipulación y almacenamiento, control de exposición, propiedades físico-químicas, estabilidad y reactividad, toxicológica, ecológica, eliminación, transporte, reglamentaria y otras. Además del ONU, número CAS de la Sociedad Americana de Química y número EINECS de la lista europea, ELINCS para sustancias nuevas, también número EC. Fichas del Ministerio del Interior publicadas en el BOE, localizables por número ONU o por nombre, comprobando ONU, NIP y nombre. Fichas del Gobierno Vasco, descargables por ONU o materia. CANUTEC, guía de respuesta a emergencias canadiense revisada cada 4 años, para los primeros intervinientes. Fichas ERIC de CEFIC, formato estándar con características, peligros, protección personal, intervención general, derrames e incendio, primeros auxilios, recuperación del producto y precauciones posteriores; solo para accidentes de transporte con gran cantidad de producto, sin sustituir a la información específica. Instrucciones escritas ADR en la cabina, en idioma comprensible para el conductor, con indicaciones por clase: explosivos, refugiarse y alejarse de las ventanas; gases, refugiarse y alejarse de zonas bajas.

Aparatos de detección y medida. Prismáticos y anemómetro para viento. Explosímetro, en todos los vehículos de primera salida: mide la concentración de gases y vapores inflamables sin distinguir sustancias; se calibra con un gas patrón, normalmente metano, por lo que con otros vapores hay que multiplicar la lectura por un factor de corrección del fabricante, buscando factores cercanos a 1; indica también el oxígeno. Tubos colorimétricos: viales con reactivo que cambia de color; la longitud de la mancha indica la concentración en partes por millón o por 100; lectura inmediata; no distinguen compuestos similares; se rompen ambos extremos y se aspira con bomba; detectan CO2, etileno, sulfhídrico o amoniaco; se conservan refrigerados y caducan. Cámara térmica: detecta la radiación infrarroja de cuerpos por encima del cero absoluto, menos 273,15 grados; no ve el interior pero permite conocer el nivel de líquido de una cisterna por la diferencia de temperatura superficial. Radiámetro: mide rayos X y gamma en microsieverts por hora y algunos la contaminación alfa y beta en cuentas por segundo; zonificación verificada por el Consejo de Seguridad Nuclear: zona caliente, tasa de dosis superior a 100 milisieverts por hora; zona templada, superior a 1 milisievert por hora; zona fría, inferior a 0,3 milisieverts por hora. Medidores de pH, por colores. Cuadro de fiabilidad: a mayor número de banderas rojas, mayor riesgo; a mayor número de verdes, mejor identificación.

10.7. Medios de protección, herramientas y equipos

Industria frente a transporte. En establecimientos industriales hay asesoramiento técnico, protección activa y pasiva y emplazamiento adecuado, pero grandes cantidades; en carretera y ferrocarril, personal no cualificado, medios limitados, desconocimiento de la mercancía y lugar inseguro, pero cantidades limitadas.

Protección química. Las etiquetas, frases R de riesgo y S de prevención, fichas de seguridad y fichas de intervención informan del riesgo y las vías de absorción. La norma UNE EN 340 recoge los requisitos generales de toda ropa de protección. El Real Decreto 1407/92, marcado CE, clasifica los EPI en categorías I, II y III; la ropa de bomberos es de categoría III junto con la de protección química y la de frío por debajo de menos 50 grados. Niveles de protección:

- Nivel I: equipo completo de incendios urbanos, chaquetón, cubrepantalón, casco, botas, guantes y verdugo, sobre el traje de servicio, con equipo de respiración autónoma. Es el equipo mínimo para identificar o trabajar en zona caliente.
- Nivel II: equipo antisalpicaduras de corrosivos sobre el nivel I, o sobre el traje de servicio si el producto no es inflamable; impide que el nivel I absorba líquidos inflamables.
- Nivel III: traje de protección química estanco a gases, EPI de categoría III tipo 1, encapsulado o no, con ventilación y presión positiva, más equipo de respiración autónoma. Protección criogénica: guantes contra quemaduras por proyección o contacto; el frío extremo fragiliza los sólidos.

Tipos de traje según ISO 13688 de 2013, ratificada por AENOR en enero de 2014. Tipos 1 y 2, contra vapores y gases, transpirables y resistentes a la permeación. Tipo 1: costuras y uniones herméticas, material impermeable; clase A con el equipo autónomo en el interior, encapsulado completo; B con el equipo autónomo externo; C de presión positiva alimentado por línea de aire exterior. Tipo 2: no herméticos, pero impiden la penetración de gases y vapores por presión positiva interna. Tipo 3: resistente a la penetración de un chorro de líquido a presión; no transpirable, con costuras y cremalleras protegidas; combinado con botas y guantes según el fabricante. Tipo 4: resistente a la penetración por pulverización de líquido, salpicaduras y no chorros presurizados; transpirable o no. Tipo 5: contra partículas sólidas en suspensión, desechables, por ejemplo amianto. Tipo 6: pulverización ligera de líquido. Los bomberos usan los tipos 1 a 4, que sustituyen a los 5 y 6.

Marcado y elección. Marcado según EN ISO 13688 apartado 7: marcado CE con el número del organismo de control, obligatorio en categoría III; pictograma de protección química con la norma fechada, pictograma de leer instrucciones y tallas; pictogramas de lavado UNE EN 23758; los desechables indican no reutilizar y dan la misma protección. Criterios de elección: protección frente al riesgo, durabilidad, descontaminación, comodidad, coste, transpirabilidad, protección radiactiva o biológica y retardo a la llama. Penetración: proceso físico por cremalleras, costuras o roturas; se valora con el Gutter Test, que da penetración y repelencia. Permeación: proceso químico a nivel molecular en tres fases, absorción, difusión y detección en la zona limpia. Tiempo de paso: desde el contacto hasta detectarse en el interior; en minutos, con una clase por tiempo; todos los tipos cumplen penetración y solo los de mayor protección, tipo 4 e inferiores, permeación. Ejemplos de nivel II según EN 369 y EN 374-3: ácido clorhídrico al 37 por 100, 45 minutos, clase 2; fluorhídrico al 50 por 100, 30 minutos, clase 2; fórmico 16 minutos, clase 1; fosfórico más de 480 minutos, clase 6; nítrico al 70 por 100, 15 minutos, clase 1; sulfúrico concentrado 180 minutos, clase 4; sosa, mercurio, anilina y cianuro de sodio más de 480, clase 6; naftalina 13 minutos, clase 1. Tiempo seguro mínimo hasta permeación: metanol clase 2, 240 minutos; ácido sulfúrico clase 8, 40 minutos. El mando decide el nivel para la zona caliente y para la descontaminación, que puede ser inferior. Entre nivel II y III se valora: volatilidad y expansión, a mayor volatilidad mayor nivel; grado de exposición; tiempo de exposición frente al tiempo de penetración; concentración y cantidad; y otros peligros. La ropa química sirve también frente a riesgo biológico o radiológico.

Protección nuclear y radiológica. Sin contaminación, solo irradiación externa: tiempo, limitar la exposición; distancia, alejarse de la fuente; y blindaje, interponer protección. Con contaminación: confinamiento, descontaminación, vestuario y protección respiratoria. Equipos: lentes, guantes y delantales plomados,

cuellos tiroideos y protectores de bismuto, fatigosos. Equivalencia de blindaje: 1 milímetro de plomo equivale a 12 milímetros de hormigón baritado de 3,2 gramos por centímetro cúbico, 93 de hormigón de 2,3 y 136 de ladrillo macizo de 1,8.

Herramientas y equipos de una unidad NRBQ. Venda de sellado de fugas para tuberías; lanza de sellado a distancia; kit de sellado de alta presión; pasta selladora hasta 0,4 bares; piscina de recogida de líquidos; contenedores de PRFV para líquidos agresivos; cojín hermetizador de alcantarillas hasta 2 metros de altura de líquido; cojín de drenaje de fugas; kit de emergencias en cisternas con sellado, cubo, gafas, guantes criogénicos si procede y obturador de alcantarilla; bomba peristáltica para trasvasar explosivos e inflamables; y herramientas antichispas de aluminio, bronce o cobre berilio.

10.8. Acciones de mitigación

Concepto. La elección depende del tipo de siniestro, escape o fuga, la mercancía y su estado, la meteorología, la ubicación y los medios. Los métodos pueden ser físicos o químicos.

Acciones físicas.

- Absorción: los materiales absorben y retienen líquidos por humectación, con aumento de volumen; arenas, arcillas, serrín, sepiolitas y fibras poliolefínicas; el líquido puede expulsarse por acciones mecánicas o térmicas y el absorbente pasa a ser residuo peligroso; para pequeños derrames.
- Cubrimiento: mitigación temporal, especialmente en biológicos y radiactivos, para reducir vapores por viento o evaporación; plástico de polietileno, sobre la materia o el recipiente.
- Dilución: aplicar agua a materiales solubles para bajar el riesgo; comprobar que no reaccionan con agua; aumenta el volumen a confinar; en inflamables o corrosivos solubles baja la inflamabilidad y corrosividad.
- Retención o contención: barreras o diques de tierra, cemento o sintéticos para impedir que llegue a alcantarillas o ríos; con GLP se combina con dispersión de vapor. Confinamiento en tierra, defensivo, conociendo dirección, velocidad y cantidad y la pendiente, cursos de agua y saneamiento; excavaciones con dique que dirija al hoyo, sellando el vertido si es volátil y tóxico; confinamiento en agua, según la densidad, barreras con cortina inferior si flota, valorando la solubilidad.
- Dispersión de vapor: en fugas de gases, con agua pulverizada; en GLP la turbulencia baja la concentración bajo el límite inferior; orienta nubes tóxicas hacia zonas de menor riesgo.
- Sobreempaquetamiento: introducir el recipiente dañado en otro hermético mayor, etiquetado; rápido en bidones y radiactivos.
- Taponamiento: la técnica más extendida; calzas, cojines neumáticos, cuñas de madera o teflón, pastas, bridas, separadores hidráulicos y parches magnéticos o adhesivos con cinchas; evitar cuñas metálicas en grietas de depósitos metálicos por las chispas.
- Trasvase: trasladar el producto a un recipiente en buen estado, manual, con bombas o por diferencia de presión; normalmente lo hacen los responsables del producto; con inflamables, material antideflagrante y tomas de tierra.
- Supresión de vapor o manto con espumas: baja expansión, fuerte y cohesiva, la más adecuada si el producto está inflamado; media expansión, cobertura rápida de derrames inflamables o tóxicos, óptima entre 30 a 1 y 55 a 1 para productos reactivos con agua; alta expansión, para inundar espacios confinados, no práctica en derrames. Debe tener velocidad de fluidez, resistencia al calor, resistencia química y resistencia a los alcoholes, ya que la espuma es al menos 90 por 100 agua. Dosificación del 0,1 al 6 por 100, habitualmente 3 por 100 para hidrocarburos y 6 por 100 para alcoholes. Tasa de aplicación estándar de 5 litros por minuto y metro cuadrado para hidrocarburos y 10 para polares; NFPA en vertidos sin dique: proteínica y fluoroproteínica 6,5 litros por minuto y metro cuadrado durante 15 minutos; AFFF y FFFP 4,1 durante 15 minutos; polares según fabricante. Aplicación: al impactar se degrada rápidamente, por lo que se dirige al mismo punto; luego forma una capa que fluye y reduce la

radiación; cubierta la superficie, seguir al menos 15 minutos más. Sobre líquido no incendiado, aplicación suave con rocío o contra un respaldo. Ejemplo con bomba de 3.500 litros: al 3 por 100, 105 litros de espumógeno; al 6 por 100, 210. Charco de 200 metros cuadrados de gasoil: 5 por 200 igual a 1.000 litros de espumante por minuto, 30 litros de espumógeno por minuto; con 6,5, 1.300 litros y 39 de espumógeno; 10 minutos requieren unos 300 litros, por eso conviene contener el producto.

- Venteo: con líquidos o gases comprimidos menos densos que el aire ante peligro de explosión o rotura; emisión controlada o apertura de válvula para reducir la presión y poder taponar.
- Relicuación: canalizar la fuga de gas licuado por PVC o mangueras a un recipiente o piscina cubierto con lona, donde vuelve a líquido; valorar la inflamabilidad; indicado para el amoniaco, gas no inflamable.

Acciones químicas.

- Adsorción: el líquido interactúa con la superficie de un sorbente sólido rígido, sin aumento de volumen, con producción de calor, solo en superficies activadas como carbón activado o alúmina.
- Dispersantes, agentes superficiales y aditivos biológicos: dividen el líquido en gotas finas, sobre todo en derrames sobre agua, con falta de contención y expansión del área; puede requerir aprobación ambiental.
- Gelificación: formación de un gel que espesa y estabiliza el líquido; el gel es residuo peligroso.
- Neutralización: aplicar ácidos a bases o bases a ácidos para obtener una sal neutra; el material puede dejar de ser peligroso, pero libera calor y puede haber reacciones violentas; existen formulaciones especiales; con sólidos se logra confinamiento, en grandes cantidades mejor absorción.
- Polimerización: hacer reaccionar el material con un catalizador, calor o luz, para formar una macromolécula; por adición, sin residuos, o por condensación, con residuo de agua o ácido clorhídrico.
- Solidificación: tratamiento químico que convierte el líquido en sólido, como los adsorbentes o formulaciones que forman una sal neutra; confina pequeños derrames con rapidez.
- Combustión controlada: dejar arder si el riesgo de extinguir supera el daño, por ejemplo una fuga de gas natural inflamada sin poder cortarla, o si la extinción genera gran cantidad de agua contaminada.
- Llamaradas: quemado controlado de líquidos de alta presión de vapor o gases licuados comprimidos para reducir la presión o eliminar el producto, como en pozos petrolíferos.
- Venteo y quemado: abrir una válvula para la salida controlada y quemar tras reducir la probabilidad de explosión.
- Supresión de vapor con sólidos activados, que forman un sólido de manejo más sencillo pero posiblemente peligroso. Notas del cuadro NFPA: usar la medida más estricta; presión de vapor baja de 10 a 1.500 milímetros de mercurio y alta desde 1.500 hasta la crítica; el venteo de gases radiológicos solo con emisores alfa o beta de vida corta y consulta a especialistas; los neutralizantes sólidos se usan con agua simultáneamente.

10.9. Descontaminación

Concepto. Según la NFPA, proceso químico o físico para reducir o prevenir la propagación de la contaminación de personas y equipos. Contaminación directa, más severa, contacto con ácido, requiere más tiempo; indirecta, menor concentración, camilla de una víctima contaminada, menos tiempo. Hay que reducir al máximo el tiempo de contacto. En la descontaminación general prima la minuciosidad sobre la rapidez; con gran volumen de personas se hace descontaminación masiva, rápida y con menos estaciones; no demorar el traslado de víctimas graves; equilibrio rapidez seguridad. Objetivos: impedir que los contaminados contaminen a otros; no propagar desde la zona caliente, de mayor riesgo y contacto con el producto, a la templada, donde están vehículos y medios de apoyo, ni a la fría, de descanso y avituallamiento; que los intervinientes no se contaminen al quitarse el traje; reducir la contaminación de las víctimas para su asistencia médica; y asegurar que EPI y herramientas pueden reutilizarse o retirarlos. Prioridades: primera, perso-

nas rescatadas o evacuadas; segunda, intervinientes de la zona caliente; tercera, personal de descontaminación; cuarta, equipos. La mejor descontaminación es prevenir: EPI adecuados, manejo correcto, ponerse en cuclillas en vez de arrodillarse, planificar movimientos y permanecer el mínimo tiempo en la fuga. Con frecuencia son más decisivos los medios de fortuna que el agente descontaminante.

Equipos y materiales. Cepillos de mango largo para cepillado y retirada; pulverizador de jardín para soluciones; bolsas de basura grandes para ropa contaminada; jabón; gamuzas o paños absorbentes; bidones para contención; ventilador para descontaminación seca de volátiles cuando el tiempo no permite hacerla al aire libre; bancos o sillas; cubos para guantes y botas; guantes y trajes para el equipo descontaminador; ducha con mangueras y lanzas para descontaminación húmeda; lona de plástico para delimitar y evitar contaminar el suelo; piscinas hinchables para contener el agua; soluciones químicas o biológicas; y señalización y balizas.

Métodos físicos. El contaminante conserva sus propiedades y riesgos. Cepillado del traje sin olvidar axilas y entrepierna, complementado con línea de agua. Absorción para productos adheridos. Lavado con agua, buen disolvente y disponible en grandes cantidades, el método más empleado, salvo materias que reaccionen. Venteo, permanecer al aire libre o en corriente de aire, para mercancías poco solubles en agua o muy volátiles, considerando su densidad respecto al aire. Aspiración para sólidos.

Métodos químicos. Matan contaminantes biológicos y neutralizan químicos para reducir toxicidad o corrosividad. Desinfección con compuestos fenólicos, cloro u ozono. Neutralización de corrosivos, ácido con base dando sal y agua, con hipoclorito sódico, hidróxido de sodio o óxido de calcio; si es inviable, cepillado y lavado concienzudos. Soluciones de la Escuela Nacional de Protección Civil: A, cáustica, 5 por 100 de carbonato de sodio y 5 por 100 de fosfato trisódico, para contaminantes desconocidos, ácidos inorgánicos, solventes y orgánicos; B, oxidante, 10 por 100 de hipoclorito de calcio, para cianuros, amoniaco y desechos inorgánicos no ácidos, neutralización y desinfección; C, cáustica suave, 5 por 100 de fosfato trisódico, para solventes y orgánicos; D, ácida, medio litro de ácido clorhídrico en 45 litros de agua, para bases inorgánicas, álcalis y desechos cáusticos; E, agua y jabón, para todas salvo las que reaccionan con agua, por dilución. La retirada de la ropa elimina el 80 por 100 del contaminante.

Descontaminación masiva. Para muchas víctimas en contacto con nubes tóxicas, prima la rapidez; sistemas integrados de contenedores o duchas con varias líneas, o agua pulverizada desde la parte alta de dos camiones enfrentados, de arriba abajo para arrastrar al suelo. Consideraciones: retener el agua con diques; proteger al equipo descontaminador; complementar con detergentes neutros mediante propak o premezcladores; cepillado suave; toallas o absorbente para el secado; sospechosos de contaminación severa, protocolo general; triaje sanitario después de descontaminar; con radiactivos, control a través del Consejo de Seguridad Nuclear.

Descontaminación general y corredor. Aislar el lugar desde el inicio con tres zonas señalizadas, caliente, templada y fría. El corredor de descontaminación, con estaciones sucesivas, se ubica en la zona templada y debe estar disponible desde que el primer grupo entra en la zona caliente; límites marcados con restricción de entrada y salida; para acceder a la zona fría hay que salir del corredor totalmente descontaminado. La entrada a la zona caliente se sitúa cerca del corredor para controlar a los grupos: presión de botella, estado de confort e idoneidad de la protección. El mando planifica ubicación, métodos con solución, equipo humano y material, control de aguas, asistencia médica y reposición de ropa y equipo. El agua utilizada debe tener pH entre 5 y 9; si no, se informa al organismo competente.

Etapas. Como mínimo una estación de lavado con ducha y cepillado dentro de una piscina hinchable; de fortuna, cubículo de mangotes con lona y lanza sobre escaleras. Lo ideal es un mínimo de cuatro estaciones:

- Primera, ducha extensa: antes de entrar, botas y guantes en cubetos; ducha abundante de la cabeza hacia abajo para arrastrar el contaminante y no salpicar a los descontaminadores; en corrosivos la dilución es muy efectiva; al terminar, levantar un pie hacia atrás para cepillar la bota antes de pasar a la siguiente estación, y luego el otro.

- Segunda, descontaminación con soluciones: cepillado especialmente importante con la solución; sin solución específica, detergente con agua; por contacto con víctimas de síndrome de Diógenes o causas bacteriológicas, desinfectante tipo Zorkil; a veces una zona intermedia de espera para que actúe; brazos en cruz mirando a la tercera estación, aplicación con pulverizador, dos personas cepillan, giros de 90 grados hasta completar la vuelta; limpieza de suelas en cada cambio, porque las botas son lo más expuesto y pasan agua contaminada de una fase a otra.
- Tercera, aclarado: eliminar la solución y restos, comprobando con dosímetro, medidor de pH u otro detector.
- Cuarta, retirada de trajes y monitoreo: retirada cuidadosa del traje; monitoreo, como mínimo de corrosividad y material radiactivo, antes de pasar a la zona fría; los servicios médicos evalúan. Equipos tras la intervención: se guardan en bolsas herméticas; se limpian in situ o en el parque y se reincorporan; los desechables, trajes antisalpicaduras, guantes de látex y mascarillas, se eliminan; los de nivel III los revisa personal especializado y, si el producto permeó, se informa y trata al interviniente en el hospital. Reponer los equipos cuanto antes.

10.10. Cifras y datos clave

España, 8 reactores y unos 1.300 centros con radionucleidos. Seveso III, Directiva 2012/18/UE; Real Decreto 1254/1999; Directriz química RD 1196/2003; plan estatal químico RD 1070/2012; fichas Orden INT/3716/2004; directriz de transporte RD 387/1996; ADR RD 97/2014; Consejo de Seguridad Nuclear Ley 15/1980; energía nuclear Ley 25/1964; PLABEN RD 1546/2004; Euratom 2013/59. Número atómico Z, protones; másico A, protones más neutrones; isótopos igual Z distinto A; electrón 2.000 veces más ligero. Condiciones normales 20 grados y 1 atmósfera. Agua funde a 0 y hierve a 100; punto triple 0,01 grados y 0,06 atmósferas; crítico 374 grados y 218 atmósferas; hielo seco sublima a menos 78; CO2 triple a menos 56,4 y 5,2 atmósferas, crítico 31,1 grados y 73 atmósferas; alcohol funde a menos 117 y hierve a 78; gasolina menos 193 y 130; hierro 1.535 y 3.000. Densidades 8.700 hierro, 1.000 agua, 19.300 oro. Densidad relativa alcohol 0,78 y 1,60; gasolina 0,8 y 4,00; hidrógeno 0,07; GNC 0,46 y 0,55. Presión de vapor gasóleo 3, alcohol 43, gasolina 171 milímetros de mercurio. Solubilidad amoniaco 51, butano 3,15, cloro 0,70 gramos por 100. pH neutro 7, piel 5,5; ácidos fuertes 0 a 3, débiles 5 a 7; bases fuertes 12 a 14, débiles 8 a 11; tornasol 2 segundos. Butano 1,8 a 8,4 por 100, gasolina 1,4 a 7,6, hidrógeno 4,1 a 75,6; combustible punto de inflamación igual o mayor de 38 grados, inflamable menor; EMI butano 0,25 milijulios, hidrógeno 0,017, gas natural 0,28; 0,26 en aire y 0,002 en oxígeno. CL50 a una hora; 10.000 partes por millón igual a 1 por 100; TLV STEL 15 minutos, 4 veces al día, 60 minutos entre exposiciones; TLV C 5 veces TWA; IPVS 10 veces TWA; CO2 0,04 por 100 normal, 1,5 taquicardia, 4 IPVS. Nueve millones de sustancias, 13.000 peligrosas, 3.000 en el ADR, 17.000 transportadas. Etiqueta de residuos 10 por 10 centímetros, notificación 10 días, Ley 20/1986. ADR: líquido presión de vapor hasta 300 kilopascales a 50 grados; clase 3 punto de inflamación hasta 60 grados, grupo I ebullición menor de 35, II inflamación menor de 23, III de 23 a 60; clase 1 orden 1.1, 1.5, 1.2, 1.3, 1.6, 1.4; clase 2 códigos A, O, F, T, C, TF, TC, TO, TFC, TOC; 4.1 autorreactivas, 4.2 espontánea, 4.3 agua; 5.2 peróxidos P1 y P2, TDAA; 6.1 grupo I DL50 oral menor de 5, cutánea menor de 50, CL50 menor de 0,2; 6.2 tres materias; clase 7 desde 70 kilobecquerelios por kilo; IT igual a microsieverts por hora a 1 metro entre 10; categorías I blanca IT menor de 0,05, II amarilla hasta 1, III amarilla hasta 10, uso exclusivo mayor de 10; tiempos 50 horas bajo 1 milisievert por hora, 5 horas de 1 a 10, 30 minutos sobre 50; bases pH 9 a 14 más dañinas para tejidos; orden de peligrosidad radiactivos, explosivos, gases. Bidón 400 kilos; jerrican 60 litros o 120 kilos; caja 400 o 60; saco 50; GRG 3 y 1,5 metros cúbicos; aerosol 1.000 y 500 mililitros, 6,3 bares; botella hasta 150 litros; bombona 26 litros, butano 3 atmósferas, propano 8,5, válvula a 28 gramos por centímetro cuadrado, alivio antes de 30 kilos; bloques 3.000 y 1.000 litros; tubo 150 a 3.000; criogénico 1.000; bidón a presión 150 a 1.000. Cisternas: rompeolas 70 por 100 y 10 centímetros, refuerzos cada 1,75 metros, secciones de 7.500 litros o llenado mayor del 80 o menor del 20 por 100, parachoques a 100 milímetros; llenado oxígeno 98, gasóleo 97, GLP 85 por 100; espesores inoxidable 2,5 y 3, aluminio 4 y 5, puro 6 y 8 milímetros; contenedor cisterna y portátil más de 450 litros, fija más de 1.000; 2 a 7 compartimentos; tapín 250 a 280 milibares; cinco efectos aireación 55 a 90, sobrepresión 220

a 275 milibares, depresión 10 a 15, antivuelco 27 a 37 grados, apagallamas; aberturas A dos cierres, B tres cierres, C y D superiores; parasol a 4 centímetros, un tercio del diámetro, GLP; tierra menor de 20 ohmios; código L, S, C, P, R; G, X, número; A, B, C, D; V, F, N, H; cloro 1017 P22DH peligro 265; sulfúrico 1830 L4BN 80; gasolina 1203 LGBF 33; gasóleo 1202 peligro 30; GLP 1965 peligro 23; nitrógeno 1977 peligro 22. Fragmentos: cilindros 2,7 de media en el 75 por 100; esferas 3 a 19, habitual 8 a 10; Los Alfaques 300 metros, Beijing 840. Contenedor mínimo 1 metro cúbico; flexitank 24.000 litros. Panel naranja 40 por 30, ribete 1,5, resiste 15 minutos, reducido 30 por 12 por 1, cifras 6,5 centímetros; NIP arriba, ONU abajo; NIP 1 gas, 2 líquido inflamable, 3 sólido inflamable, 4 comburente, 5 tóxico, 6 radiactivo, 7 corrosivo, 8 reacción violenta, 9 otros; X agua; 22, 333, 423, 539, 606, 90, 99. Etiquetas de bultos 10 centímetros; UN 12 o 6 milímetros; placas 25 por 25; caliente triángulo rojo 25 centímetros; cantidades limitadas 10 por 10 o 5 por 5, línea 2 milímetros; medio ambiente no en menos de 5 litros o kilos. NFPA azul salud, rojo inflamabilidad, amarillo reactividad, blanco especial, 0 a 4; HAZCHEM 1 chorro, 2 niebla, 3 espuma, 4 seco. Colores rojo inflamable, naranja explosivo, amarillo oxidante, verde no inflamable, azul agua; ojivas oxígeno blanco, nitrógeno negro, hidrógeno rojo, CO2 gris, óxido nitroso azul, helio marrón; tóxico amarillo, inerte verde, oxidante azul claro. Vista 83 por 100. Ficha de seguridad 16 apartados; CANUTEC cada 4 años; explosímetro calibrado con metano; cero absoluto menos 273,15; zonas radiológicas caliente más de 100 milisieverts por hora, templada más de 1, fría menos de 0,3. EPI categoría III; niveles I, II y III; tipos 1A, 1B, 1C, 2, 3 chorro, 4 pulverización, 5 partículas, 6 pulverización ligera; metanol clase 2 con 240 minutos, sulfúrico clase 8 con 40; blindaje plomo 1, hormigón baritado 12, hormigón 93, ladrillo 136. Pasta selladora 0,4 bares; cojín de alcantarilla 2 metros. Espuma media 30 a 1 a 55 a 1; dosificación 3 por 100 hidrocarburos y 6 alcoholes; 90 por 100 agua; tasas 5 y 10, NFPA 6,5 y 4,1 durante 15 minutos, seguir 15 minutos más; bomba de 3.500 litros, 105 o 210 litros de espumógeno. Descontaminación: prioridades víctimas, intervinientes, descontaminadores, equipos; corredor en zona templada; cuatro estaciones, ducha, soluciones, aclarado, retirada y monitoreo; ropa retirada elimina el 80 por 100; agua de pH 5 a 9; soluciones A cáustica 5 y 5 por 100, B hipoclorito de calcio 10 por 100, C fosfato 5 por 100, D medio litro de clorhídrico en 45 litros, E agua y jabón.

Cuadros y esquemas para el estudio impreso

Cuadro 1. Clases ADR de mercancías peligrosas

Clase	Materias	Pictograma o código	Datos clave y ejemplos
1	Explosivos y pirotécnicos	Bomba explosionando	Divisiones de mayor a menor peligro: 1.1, 1.5, 1.2, 1.3, 1.6, 1.4
2	Gases (comprimidos, licuados, disueltos)	Botella de gas	Códigos A asfixiante, O comburente, F inflamable, T tóxico, C corrosivo, TF, TC, TO, TFC, TOC
3	Líquidos inflamables	Llama	Punto de inflamación hasta 60 grados; grupos I (ebullición menor de 35), II (inflamación menor de 23), III (inflamación 23 a 60)
4.1	Sólidos inflamables, autorreactivos, explosivos desensibilizados	Llama sobre franjas	Se inflaman con una fuente de ignición
4.2	Inflamación espontánea	Llama	Se calientan o inflaman con el aire sin aporte de energía
4.3	Reaccionan con el agua desprendiendo gases inflamables	Llama	No usar agua ni para extinguir ni para diluir
5.1	Comburentes	Llama sobre círculo	No arden pero favorecen la combustión
5.2	Peróxidos orgánicos	Llama sobre círculo	Enlace O-O; P1 sin regulación de temperatura, P2 con ella; TDAA
6.1	Tóxicas	Calavera	Las más numerosas; grupo I DL50 oral menor de 5 mg/kg, cutánea menor de 50, CL50 menor de 0,2 mg/l
6.2	Infecciosas	Tres medias lunas sobre círculo	El grupo menos numeroso: 3 materias; muestras, vacunas, residuos clínicos
7	Radiactivas	Trébol	Más de 70 kBq/kg; bultos exceptuados, IP-1 a IP-3, A, B, C
8	Corrosivas	Ácido sobre mano y metal	Grupos I, II, III; las bases (pH 9 a 14) dañan más los tejidos
9	Peligrosos diversos	Franjas verticales	Amianto, pilas de litio, aparatos de salvamento

Preponderancia de peligros (orden ADR): radiactivos (7), explosivos (1), gases (2), explosivos líquidos desensibilizados (3), autorreactivos (4.1), pirofóricos (4.2), peróxidos (5.2), tóxicos (6.1 y 3), infecciosos (6.2). Cifras: más de 9 millones de sustancias, 13.000 peligrosas, casi 3.000 en el ADR, unas 17.000 transportadas.

Cuadro 2. Panel naranja, número de peligro y código de cisterna

Elemento del panel naranja	Dato
Dimensiones	40 x 30 cm, ribete negro de 1,5 cm; reducido 30 x 12 cm con reborde de 1 cm; cifras de 6,5 cm

Elemento del panel naranja	Dato
Resistencia	Retrorreflectante, intemperie, no se separa tras 15 minutos de incendio
Parte superior	Número de identificación de peligro (NIP o código Kemler), 2 o 3 cifras
Parte inferior	Número ONU, 4 cifras (libro naranja de la ONU)
Colocación	Delante y detrás, perpendiculares al eje; cisterna con una mercancía: 2 paneles numerados y 3 placas; con varias: 2 neutros y laterales numerados; contenedor cisterna: 4 y 4
Exenciones de número	Cajas con bultos y cisternas de menos de 3.000 litros; ONU 1202, 1203, 1223, 1268, 1863: se indica el de punto de inflamación más bajo

Cifra NIP	Peligro	Reglas
1	Emanación de gases por presión o reacción	Cifra repetida: peligro intensificado
2	Inflamabilidad de líquidos, vapores y gases	Una sola cifra se completa con 0
3	Inflamabilidad de sólidos	X delante: reacciona peligrosamente con el agua
4	Comburente	Clase 1: división más grupo de compatibilidad
5	Toxicidad o riesgo de infección	22 gas licuado refrigerado asfixiante
6	Radiactividad	333 pirofórico; 423 sólido que reacciona con agua
7	Corrosividad	539 peróxido orgánico inflamable; 606 infeccioso
8	Reacción violenta espontánea	90 medio ambiente o diversos; 99 diversos en caliente
9	No figura en la lista general	X323, X423 solo expertos

Letra del código de cisterna	Significado
1.ª: L, S, C, P, R	L líquidos o sólidos fundidos; S sólidos pulverulentos; C gases comprimidos; P gases licuados o disueltos; R gases licuados refrigerados
2.ª: G, X o número	G presión atmosférica (líquidos); X según legislación (gases); número: presión mínima de cálculo en bares
3.ª: A, B, C, D	A fondo con 2 cierres; B fondo bajo nivel con 3 cierres (válvula de fondo); C superior con orificios de limpieza abajo; D superior sin aberturas bajo el nivel
4.ª: V, F, N, H	V respiración sin protección al fuego; F respiración con protección al fuego; N válvula de seguridad, no hermética; H cerrada herméticamente

Materia	ONU	Clase y código	Cisterna	NIP
Cloro	1017	2, TOC (etiquetas 2.3, 5.1, 8)	P22DH, vehículo AT	265
Ácido sulfúrico	1830	8	L4BN	80
Gasolina	1203	3	LGBF, vehículo FL	33
Gasóleo	1202	3	LGBF	30
Butano / GLP	1011 / 1965	2	PxBN	23
Hidrógeno comprimido	1971	2	CxBN	-
Gas natural licuado refrigerado	1972	2	RxBN	223

Materia	ONU	Clase y código	Cisterna	NIP
Nitrógeno licuado refrigerado	1977	2	RxBN	22

Pistas visuales: sección elíptica de fondos planos, petrolíferos; circular con fondos planos, corrosivos; circular con fondos esféricos, gases a presión; parasol a 4 cm y un tercio del diámetro, GLP; escaleras y barandillas, carga por arriba (hidrocarburos), no en GLP; armario trasero con panel, criogénicos. Válvula de cinco efectos: aireación 55 a 90 mbar, sobrepresión 220 a 275 mbar, depresión 10 a 15 mbar, antivuelco a 27 a 37 grados, apagallamas.

Cuadro 3. Niveles de protección y tipos de traje

Nivel CEIS	Equipo	Uso
Nivel I	Equipo completo de incendios urbanos más equipo de respiración autónoma	Mínimo para identificar o trabajar en zona caliente
Nivel II	Antisalpicaduras de corrosivos sobre nivel I (o sobre traje de servicio si no es inflamable)	Impide que el nivel I absorba líquidos
Nivel III	Traje estanco a gases, categoría III tipo 1, presión positiva, más ERA	Gases y vapores; encapsulado o no

Tipo (ISO 13688)	Protege frente a	Detalle
1	Gases y vapores	Hermético; 1A con ERA interior (encapsulado), 1B con ERA exterior, 1C con línea de aire
2	Gases y vapores	No hermético; presión positiva interna
3	Chorro de líquido a presión	No transpirable; costuras y cremalleras protegidas
4	Pulverización y salpicaduras	No chorros presurizados; transpirable o no
5	Partículas sólidas en suspensión	Desechable, por ejemplo amianto
6	Pulverización ligera de líquido	Los bomberos usan los tipos 1 a 4, que sustituyen a 5 y 6

Penetración: proceso físico (costuras, cremalleras, roturas), Gutter Test. Permeación: proceso químico molecular (absorción, difusión, detección); tiempo de paso en minutos con una clase por tiempo: metanol clase 2 con 240 minutos; ácido sulfúrico clase 8 con 40 minutos; nítrico al 70 % 15 minutos (clase 1); fosfórico más de 480 (clase 6). Elección entre nivel II y III: volatilidad, exposición, tiempo frente a tiempo de penetración, concentración y otros peligros. EPI de categoría III (RD 1407/92): ropa de bomberos, química y frío por debajo de menos 50 grados.

Cuadro 4. Radiológico: unidades, índice de transporte, categorías y zonas

Concepto	Valor
Umbral clase 7	Más de 70 kBq/kg
Tasa de dosis	Rapidez de absorción, en Sv/h; 1 mSv/h = 1.000 microSv/h
Índice de transporte (IT)	microSv/h medidos a 1 m del bulto, dividido por 10

Concepto	Valor
Etiqueta I blanca	IT menor de 0,05; hasta 0,005 mSv/h en superficie
Etiqueta II amarilla	IT hasta 1; 0,005 a 0,5 mSv/h
Etiqueta III amarilla	IT de 1 a 10; 0,5 a 2 mSv/h
Uso exclusivo	IT mayor de 10; 2 a 10 mSv/h
Zona caliente (CSN)	Tasa de dosis superior a 100 mSv/h
Zona templada	Superior a 1 mSv/h
Zona fría	Inferior a 0,3 mSv/h
Protección sin contaminación	Tiempo, distancia y blindaje
Con contaminación	Confinamiento, descontaminación, vestuario y protección respiratoria
Blindaje equivalente a 1 mm de plomo	12 mm de hormigón baritado; 93 mm de hormigón; 136 mm de ladrillo macizo

Tasa de dosis	Tiempo máximo de exposición
Menos de 1 mSv/h	50 horas
1 a 10 mSv/h	5 horas
10 a 20 mSv/h	2 horas 30 minutos
20 a 30 mSv/h	1 hora 39 minutos
30 a 40 mSv/h	1 hora 15 minutos
40 a 50 mSv/h	1 hora
Más de 50 mSv/h	30 minutos

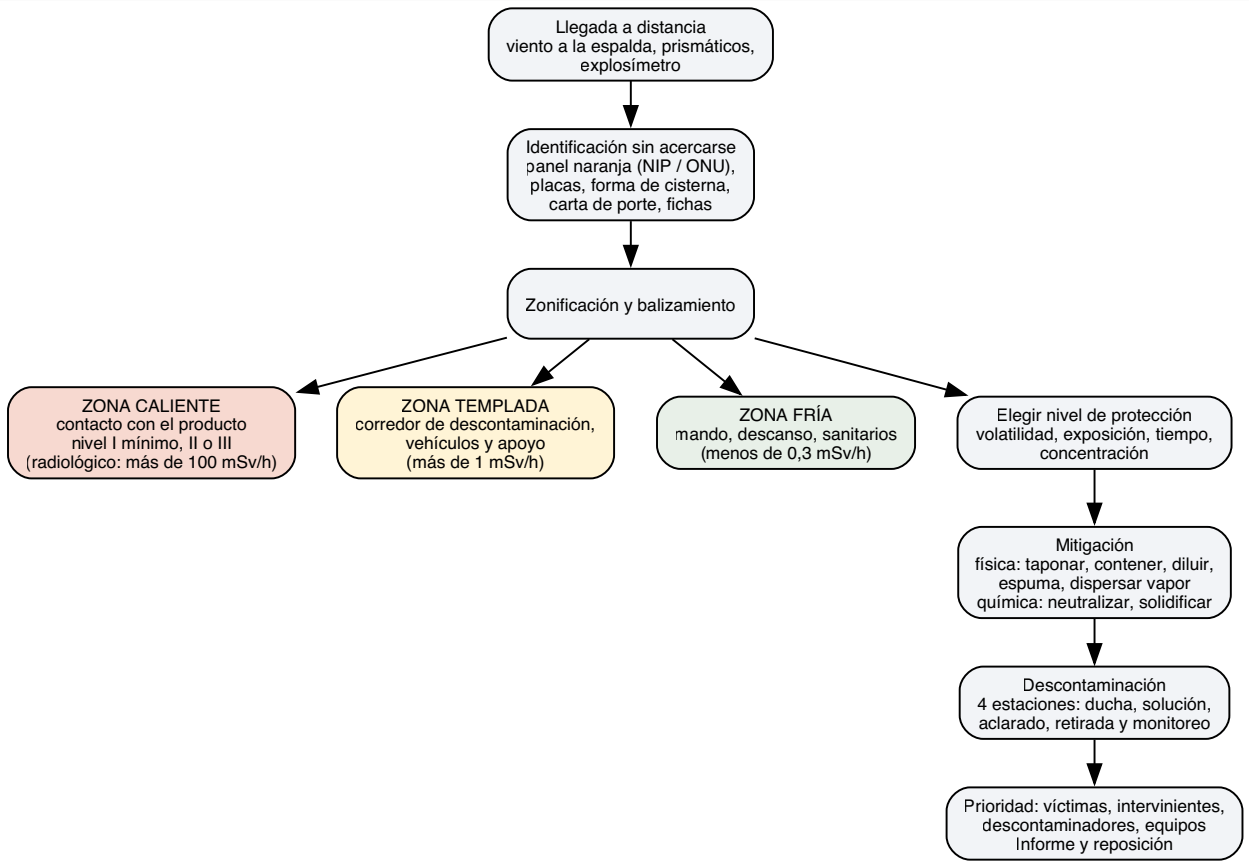
Cuadro 5. Mitigación y descontaminación

Acciones físicas	Idea	Acciones químicas	Idea
Absorción	Arenas, serrín, sepiolita; aumenta volumen; el absorbente pasa a residuo	Adsorción	Superficie activada (carbón, alúmina); sin aumento de volumen; calor
Cubrimiento	Plástico de polietileno; biológicos y radiactivos	Dispersantes	Gotas finas, sobre agua; aprobación ambiental
Dilución	Agua a solubles no reactivos; más volumen a confinar	Gelificación	Espesa y estabiliza; el gel es residuo peligroso
Retención o contención	Diques y barreras; en agua según densidad y solubilidad	Neutralización	Ácido con base da sal y agua; libera calor
Dispersión de vapor	Agua pulverizada; GLP bajo el límite inferior	Polimerización	Catalizador, calor o luz; macromolécula
Sobreempaquetamiento	Recipiente dañado dentro de otro mayor	Solidificación	Líquido a sólido; pequeños derrames
Taponamiento	La más extendida; cojines, cuñas de madera o teflón, pastas, parches; sin cuñas metálicas	Combustión controlada	Dejar arder si extinguir es peor (gas natural sin corte)

Acciones físicas	Idea	Acciones químicas	Idea
Trasvase	Bombas o presión; antideflagrante y tierra en inflamables	Llamaradas	Quemado controlado para reducir presión
Supresión de vapor con espuma	Baja expansión si arde; media (30:1 a 55:1) para derrames; 3 % hidrocarburos, 6 % alcoholes	Venteo y quemado	Salida controlada y quemado
Venteo	Gases menos densos que el aire, reducir presión para taponar	Sólidos activados	Forman un sólido de manejo sencillo
Relicuación	Canalizar gas licuado a piscina cubierta; amoniaco	-	-

Descontaminación	Contenido
Prioridades	1 rescatados y evacuados; 2 intervinientes de zona caliente; 3 personal de descontaminación; 4 equipos
Ubicación del corredor	Zona templada; disponible desde que entra el primer grupo; entrada a zona caliente cerca del corredor
Estación 1	Ducha extensa de cabeza a pies; botas y guantes en cubetos; cepillar bota levantando el pie
Estación 2	Soluciones y cepillado: brazos en cruz, giros de 90 grados, dos cepilladores; limpiar suelas en cada cambio
Estación 3	Aclarado; comprobar con dosímetro, pH u otro detector
Estación 4	Retirada de trajes y monitoreo (corrosividad y radiactividad como mínimo); evaluación médica
Solución A	Cáustica: 5 % carbonato de sodio y 5 % fosfato trisódico; desconocidos, ácidos inorgánicos, solventes
Solución B	Oxidante: 10 % hipoclorito de calcio; cianuros, amoniaco, desinfección
Solución C	Cáustica suave: 5 % fosfato trisódico; solventes y orgánicos
Solución D	Ácida: medio litro de clorhídrico en 45 litros de agua; bases y álcalis
Solución E	Agua y jabón; todo salvo lo que reacciona con agua
Cifras	Retirar la ropa elimina el 80 %; agua residual con pH entre 5 y 9; masiva: rapidez, camiones enfrentados

Esquema 1. Flujo de intervención NRBQ y zonificación



Fórmulas

Riesgo para la salud = exposición (tiempo x concentración) + toxicidad (propia del producto)

Índice de transporte: IT = (microSv/h a 1 m del bulto) / 10

1 mSv/h = 1.000 microSv/h

Partes por millón: 10.000 ppm = 1 %

Densidad relativa = densidad de la sustancia / densidad de referencia (agua a 4 grados; aire a 0 grados)

Número másico: A = Z (protones) + neutrones

Espumógeno necesario = volumen de espumante x dosificación (3.500 l al 3 % = 105 l; al 6 % = 210 l)

Caudal de espumante = tasa de aplicación x superficie (5 l/min/m2 x 200 m2 = 1.000 l/min; al 3 % = 30 l/min de espumógeno)

Límites si no están fijados: TLV STEL = 3 x TLV TWA ; TLV C = 5 x TLV TWA ; IPVS (IDLH) = 10 x TLV TWA

Término	Significado
DL50	Dosis que mata al 50 % de una población animal; cuanto más baja, más potente

Término	Significado
CL50	Concentración inhalada que mata al 50 %; referencia 1 hora; ppm en gases y mg/m3 en polvos
NOAEL / LOAEL	Nivel sin efecto adverso observado / dosis mínima con algún efecto
TLV STEL	Máximo 15 minutos, 4 veces al día, 60 minutos entre exposiciones
TLV C	Techo que no se sobrepasa en ningún instante
IPVS (IDLH)	Peligro inmediato para la vida o la salud; usado en los detectores de gases
CO2	0,04 % en aire; 1,5 % aumenta la frecuencia cardiaca; 4 % IPVS
Rango de inflamabilidad	Butano 1,8 a 8,4 %; gasolina 1,4 a 7,6 %; hidrógeno 4,1 a 75,6 %
EMI	Energía mínima de ignición: butano 0,25 mJ, hidrógeno 0,017, gas natural 0,28; en oxígeno 0,002
Líquido inflamable / combustible	Punto de inflamación menor de 38 grados / igual o mayor de 38 grados (ITC almacenamiento)

Ideas clave

> Panel naranja 40 x 30 cm: arriba el número de peligro (NIP, Kemler), abajo el número ONU; X delante, reacciona con el agua. Cifras NIP: 1 gas, 2 líquido inflamable, 3 sólido inflamable, 4 comburente, 5 tóxico, 6 radiactivo, 7 corrosivo, 8 reacción violenta, 9 otros. Código de cisterna: L, S, C, P, R; G, X o presión; A, B, C, D aberturas; V, F, N, H seguridad. Cloro P22DH y 265; gasolina LGBF y 33. Preponderancia: radiactivos, explosivos, gases; clase 1 de mayor a menor peligro 1.1, 1.5, 1.2, 1.3, 1.6, 1.4. Zonas radiológicas: caliente más de 100 mSv/h, templada más de 1, fría menos de 0,3; IT = microSv/h a 1 m dividido por 10. Trajes: tipo 1 estanco a gases (1A, 1B, 1C), 2 no hermético, 3 chorro, 4 pulverización, 5 partículas, 6 pulverización ligera. Descontaminación: prioridad víctimas, intervinientes, descontaminadores, equipos; corredor en zona templada; 4 estaciones; la ropa retirada elimina el 80 %. Espuma: 3 % hidrocarburos, 6 % alcoholes; tasa 5 l/min/m2 hidrocarburos y 10 polares; seguir 15 minutos tras cubrir.