

Navegacion y Movimiento en Alcantarillado y Tuneles

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Química Práctica

Etiquetas: Sin etiquetas

Navegacion y Movimiento en Alcantarillado y Tuneles

Los sistemas subterráneos de alcantarillado, tuneles de metro y galerías de servicio constituyen una red de movilidad alternativa que ha sido utilizada en conflictos y emergencias a lo largo de la historia. Durante la batalla de Stalingrado (1942-1943), ambos bandos emplearon el sistema de alcantarillado para flanquear posiciones enemigas. En la Guerra de Vietnam, los tuneles de Cu Chi (más de 250 km de extensión) permitieron al Viet Cong mantener operaciones bajo intenso bombardeo. Más recientemente, durante el asedio de Mariupol en 2022, civiles y combatientes usaron sistemas subterráneos para moverse entre posiciones y evacuar heridos. En Madrid, la red de alcantarillado se extiende más de 10.500 km, mientras que París cuenta con 2.600 km y Londres con 32.000 km. Estas redes ofrecen cobertura frente a observación aérea y terrestre, protección contra agentes atmosféricos y acceso a puntos que serían inaccesibles en superficie. Sin embargo, el movimiento subterráneo conlleva riesgos graves: atmósferas tóxicas, inundación súbita, desorientación y colapso estructural.

Riesgos atmosféricos y protección respiratoria

El peligro más inmediato y letal en espacios subterráneos confinados es la atmósfera. Según la normativa europea EN 12056 y el NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de EE.UU.), los principales gases peligrosos en alcantarillado son: sulfuro de hidrógeno (H_2S), generado por descomposición anaeróbica de materia orgánica, detectable por su olor a huevos podridos a concentraciones bajas (0,01-0,3 ppm) pero que provoca anosmia (pérdida del olfato) a partir de 100 ppm y muerte en minutos a 500 ppm; metano (CH_4), inodoro e inflamable entre el 5% y el 15% de concentración en aire; y dióxido de carbono (CO_2), más denso que el aire, que se acumula en puntos bajos y desplaza el oxígeno.

La concentración de oxígeno en aire normal es del 20,9%. Por debajo del 19,5% se considera atmósfera deficiente en oxígeno y por debajo del 16% aparecen síntomas graves: confusión, pérdida de coordinación y pérdida de consciencia. A menos del 10% la muerte ocurre en minutos. Un detector multigas portátil (O_2 , H_2S , CH_4 , CO) es el equipo ideal. En su ausencia, el método tradicional de los "canarios" puede improvisarse observando insectos: la ausencia total de cucarachas y ratas en una sección de alcantarillado donde normalmente abundan es un indicador serio de atmósfera peligrosa.

Como protección mínima, una máscara con filtro ABEK (gases orgánicos e inorgánicos, ácidos y amoníaco) protege contra H_2S a concentraciones moderadas pero no suplente la falta de oxígeno. Para atmósferas con deficiencia de oxígeno o concentraciones altas de tóxicos se requiere equipo de respiración autónoma (ERA/SCBA). En emergencia sin equipo, moverse agachado pero no a ras de suelo (el H_2S es ligeramente más denso que el aire pero el CH_4 es más ligero) y avanzar siempre en la dirección del flujo de aire, que

indica la salida mas cercana o la entrada de ventilacion.

Orientacion y navegacion subterranea

La desorientacion subterranea es un fenomeno documentado: sin referencias visuales externas, el ser humano tiende a caminar en circulos con un radio de desviacion de aproximadamente 20 metros, segun investigaciones del Instituto Max Planck de Cibernetica Biologica (Souman et al., 2009). Las brujulas funcionan en alcantarillado de hormigon y ladrillo pero son poco fiables en tuneles con gran cantidad de acero estructural o en proximidad de lineas electricas de metro.

El metodo principal de navegacion es el seguimiento del flujo de agua. En un sistema de alcantarillado, el agua siempre fluye cuesta abajo hacia la estacion depuradora o punto de vertido. Seguir el flujo aguas arriba generalmente conduce a ramales mas pequenos y finalmente a registros de superficie (tapas de alcantarilla). Seguir el flujo aguas abajo conduce a colectores principales de mayor seccion. Las marcas de nivel de agua en las paredes indican el caudal maximo historico: nunca acampar o detenerse por debajo de esa linea.

Para evitar perderse, se aplica la "regla de la mano": mantener siempre contacto con la pared derecha (o izquierda, pero siempre la misma) garantiza recorrer todo el perimetro de cualquier sistema de galerias conectadas y regresar al punto de partida, aunque por un camino potencialmente largo. Complementar con marcado fisico: tiza, cinta adhesiva reflectante o muescas en la pared cada 50 metros con flechas direccionales. Los sistemas modernos de alcantarillado europeos suelen tener placas identificativas en intersecciones con codigos alfanumericos que se corresponden con planos municipales; fotografar o anotar estos codigos permite triangular la posicion si se consigue un plano de la red.

Riesgo de inundacion y protocolos de seguridad

La inundacion subita es la causa principal de muerte en alcantarillado. Un aguacero en superficie puede multiplicar por 50 el caudal en un colector principal en menos de 20 minutos. En Madrid, la DANA de agosto de 2023 elevo el nivel del agua en colectores principales de 30 cm a mas de 3 metros en cuestion de minutos. En Paris, las crecidas del Sena de junio de 2016 provocaron la inundacion completa de amplios sectores del alcantarillado.

Antes de entrar, verificar siempre la prevision meteorologica para las siguientes 6-12 horas. Cualquier probabilidad de lluvia, por pequena que sea, desaconseja la entrada en sistema de alcantarillado pluvial o unitario (que mezcla aguas residuales y pluviales, que es el tipo mas comun en ciudades europeas). Dentro del sistema, las senales de crecida inminente incluyen: aumento del ruido del agua, vibracion en las paredes, aparicion de espuma, y un descenso subito de la temperatura del agua que indica aporte de agua fria de lluvia.

El protocolo de evacuacion ante crecida es: moverse inmediatamente hacia arriba (buscar escaleras de acceso, registros verticales o ramales ascendentes). Nunca intentar nadar contra corriente en un colector: la velocidad del agua en un colector principal durante tormenta puede superar los 3 m/s, suficiente para arrastrar a una persona adulta a partir de 50 cm de profundidad. Si no hay escape vertical disponible, buscar un recodo o expansion del tunel donde la velocidad del agua sea menor y aferrarse a elementos

estructurales (escalones de pozo, anclajes metalicos, escaleras fijas) hasta que baje el nivel. Llevar siempre un cabo o cuerda de al menos 15 metros con mosqueton para asegurarse a puntos fijos.

Iluminacion y equipamiento para movimiento subterraneo

La oscuridad total es la condicion por defecto en sistemas subterraneos. Una linterna frontal (headlamp) con al menos 200 lumenes y modo de luz roja para preservar la vision nocturna es el equipo minimo. La redundancia es critica: llevar al menos dos fuentes de luz independientes y baterias de repuesto. Las linternas de mano no son adecuadas como fuente primaria porque ocupan una mano necesaria para equilibrio y agarre en superficies resbaladizas.

Las barras de luz quimica (cyalume/chemlights) son ideales como marcadores de ruta y luz de emergencia: duran entre 8 y 12 horas, no generan chispa (seguro en atmosferas con metano), son impermeables y funcionan a cualquier temperatura entre -20 C y 60 C. Colocar una en cada bifurcacion explorada facilita enormemente el retorno.

El calzado debe ser de cana alta e impermeable, con suela antideslizante especifica para superficies mojadas y cubiertas de biofilm bacteriano. Las botas de agua tipo Wellington con puntera reforzada son la opcion mas practica. Los guantes de nitrilo grueso o neopreno protegen contra el contacto con aguas residuales que contienen bacterias patogenas (E. coli, Salmonella, Leptospira). La leptospirosis, transmitida por orina de rata en contacto con piel con heridas, es un riesgo real: la OMS reporta mas de un millon de casos graves anuales en el mundo. Cualquier herida abierta debe cubrirse con aposito impermeable antes de entrar y desinfectarse a fondo al salir.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.