



BOMBEROS C.E.I.S. de la REGIÓN DE MURCIA

TEMA 3 PARTE ESPECÍFICA

1. PROTECCIÓN RESPIRATORIA. PELIGROS RESPIRATORIOS: TIPOS Y DESCRIPCIÓN.
2. ATMÓSFERA Y TOXICIDAD DE UN INCENDIO.
3. FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES DE LOS EQUIPOS AUTÓNOMOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA DE CIRCUITO ABIERTO Y DE CIRCUITO CERRADO.
4. NORMAS BÁSICAS DE USO Y ACTUACIÓN CON ERA'S.
5. CALCULO DE CONSUMO DEL AIRE; AUTONOMÍA Y CONSUMOS DE REFERENCIA.
6. EL BODY-GUARD COMO ELEMENTO DE SEGURIDAD DEL BOMBERO.

1. PROTECCIÓN RESPIRATORIA. PELIGROS RESPIRATORIOS: TIPOS Y DESCRIPCIÓN.

Los equipos destinados a la protección respiratoria tienen por objeto disminuir la concentración de los contaminantes por debajo de los niveles de exposición recomendados para el usuario de los mismos. Estos equipos actúan en la zona de inhalación del usuario, lugar por donde los contaminantes penetran rápida y directamente en el organismo a través del sistema circulatorio.

Dentro del catálogo de riesgos a los que se enfrenta un bombero durante sus intervenciones se encuentran las relacionadas con la *exposición a atmósferas nocivas para la salud, la disminución de la concentración de oxígeno existente en el aire, o la inhalación de vapores a altas temperaturas.*

Reducción de Oxígeno

El ser humano necesita un suministro continuo de aire, libre de elementos contaminantes, con unas determinadas características y proporciones en su composición. Entre los elementos que podemos encontrar en % de volumen, en estado seco, en el aire encontramos: Nitrógeno (78%), Oxígeno (20,9%), Argón (0,93%) o el Dióxido de Carbono (0,03%).

En el momento que un bombero entra en una atmósfera donde el nivel de oxígeno se encuentra por debajo del 20,93% como consecuencia del desplazamiento de este por otros gases o bien por combustión, se producen una serie de efectos muy negativos que podrían producirle incluso la muerte.

Atmósferas nocivas para la salud

Por otra parte, la penetración por las vías respiratorias de contaminantes en el organismo también puede provocar efectos nocivos para la salud.

En un incendio se generan numerosos gases y humos, responsables directos de un importante número de víctimas. Estos gases contienen fundamentalmente *monóxido de carbono, dióxido de carbono y vapor de agua*, y otra serie de sustancias dependiendo del tipo de combustible como por ejemplo: *sulfuro de hidrógeno, ácido cianhídrico, ácido clorhídrico, óxido nitroso, fosgeno, acroleína, etc.*

CO
CO₂
Vapor H₂O

Los diferentes gases que podemos encontramos en un incendio varían en función de cuatro factores:

1. Naturaleza del combustible.
2. Temperatura del combustible.
3. Temperatura de los gases.
4. Concentración de oxígeno. O₂

Temperaturas elevadas.

La exposición en ambientes con elevadas temperaturas, supone otro de los peligros respiratorios, especialmente en situaciones de incendio. Si un exceso de calor alcanza rápidamente los pulmones, puede producir una drástica caída de la presión sanguínea, junto con el colapso de vasos sanguíneos, que conduzcan a un fallo circulatorio. Así mismo, el calor intenso puede originar la acumulación de fluido en los pulmones.

2. ATMÓSFERA Y TOXICIDAD DE UN INCENDIO.

El estudio de los gases generados en un incendio puede realizarse desde una doble vertiente: el de la toxicidad, y el de la inflamabilidad de varios de ellos.

Atendiendo a este último criterio, podemos clasificarlos:

⇒ **Gases no inflamables.** Producto de pirólisis y combustión completa. Principalmente **dióxido de carbono y vapor de agua.** CO_2 y H_2O

⇒ **Gases inflamables.** Resultado de pirólisis a mayor temperatura y la combustión incompleta. El **monóxido de carbono** es el más representativo. CO CTE

Por lo que respecta a la toxicidad, consideraremos el binomio "**concentración-tiempo de exposición**".

La concentración de un contaminante en la atmósfera podemos expresarla en % de volumen de aire (o en ppm actualmente), o bien en peso (mg/m^3) cuando hablemos de partículas sólidas en suspensión.

Los efectos agudos se consideran de naturaleza accidental, atribuible a circunstancias anormales, aun cuando la cantidad absorbida pueda ser suficiente para causar la muerte. Sin embargo, son de mayor importancia los efectos crónicos que se producen después de exposiciones repetidas, aun a concentraciones relativamente bajas.

Por ello, en todas las reglamentaciones existentes, se fija siempre el **límite máximo tolerable** de un agente químico contaminante (sea en peso o en volumen), que no es otra expresión que la concentración máxima que puede ser soportada sin ninguna consecuencia por un individuo sano expuesto durante su jornada de trabajo. Recibe varias denominaciones, siendo la más usual **Concentración Máxima Admisible (C.M.A. o M.A.C., en inglés).**

Respecto al factor tiempo, se utilizan los **Valores Límite Ambientales (VLA)**, como valores de referencia para las concentraciones de agentes químicos en el aire, y representan condiciones en las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud (**VLA-ED y VLA-EC**). ⇒ Exposición corta duración.

Además de los todos valores expuestos, otro criterio de valoración de agentes tóxicos con amplia difusión es el valor **IPVS (Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud)**, y que corresponde a la máxima concentración de contaminante en la atmósfera a la cual, en caso de ausencia o fallo del equipo respiratorio, se podría escapar en un plazo de 30 minutos sin que la exposición suponga secuelas irreversibles.

3. FUNCIONAMIENTO Y COMPONENTES DE LOS EQUIPOS AUTÓNOMOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA DE CIRCUITO ABIERTO Y DE CIRCUITO CERRADO.

Una vez reseñados los peligros respiratorios que pueden derivarse de un incendio, es evidente la necesidad de una protección respiratoria que incremente la operatividad de las dotaciones implicadas. Los **objetivos básicos** de esta protección pueden concretarse:

- ⇒ Salvaguardar la vida de los bomberos u otras personas que puedan utilizar los equipos protectores.

- ⇒ Proporcionar un mayor rendimiento en las intervenciones al mejorar las condiciones respiratorias y visuales, con el consiguiente beneficio para la salvaguarda de personas y bienes.

Para que la protección respiratoria sea eficaz, deben cumplirse las siguientes bases fundamentales:

- ⇒ **Conocimiento de los peligros respiratorios.**
- ⇒ **Utilizar equipos de protección respiratoria adecuados.**
- ⇒ **Inspección y buen mantenimiento de los equipos.**
- ⇒ **Un entrenamiento eficaz.**

Realizada la primera de las premisas, paso a describir los principales sistemas de protección respiratoria, lo que permite elegir el más adecuado al ambiente y condiciones en que se debe actuar. De acuerdo con la norma **EN-133**, se establecen dos grandes grupos de equipos protectores, determinados por la existencia en la atmósfera de productos contaminantes y el volumen de oxígeno presente: **dependientes del medio ambiente** (equipos filtrantes), e **independientes del medio ambiente** (equipos aislantes). Estos últimos los encontramos de circuito abierto y de circuito cerrado. Ambos suministran una atmósfera respirable con independencia de la que reine en el lugar de la intervención, siendo los de circuito abierto los más habituales en los Servicios de Bomberos.

Los **filtros** respiratorios tienen como misión purificar el aire y retener los tóxicos respiratorios, pero no proporcionan, por sí mismos, ni aire respirable ni oxígeno. Igualmente, los filtros solos no constituyen un equipo protector respiratorio, únicamente en unión de conexiones respiratorias puede ser utilizados como aparatos de filtro. Sólo deben emplearse en ambientes que contengan, como mínimo, un 17% en volumen de oxígeno y en ambientes contaminados con concentraciones que el equipo pueda reducir. Los hay de tres tipos: **físicos, químicos y mixtos.**

Dentro de los **equipos independientes del medio ambiente**, cabe destacar por su sencillez los equipos semiautónomos o "**narguilles**". La intervención con este tipo de equipos, viene limitada en muchos casos no por la duración del aire, sino por la propia longitud del tubo umbilical, presentando como principal ventaja el tiempo ilimitado de uso y la ligereza. Y como inconveniente la longitud del latiguillo, así como la interrupción del suministro de aire si falla el tubo.

En los **equipos de protección respiratoria independientes del medio ambiente de circuito abierto**, conocidos como **E.R.A.'s**, el usuario transporta una determinada carga de aire, comprimida en un cilindro a una presión de 200-300 bar, y va respirando de ella, con la única limitación en cuanto a su autonomía, que el propio consumo. El aire viciado procedente de la respiración se evacúa directamente al exterior por medio de un juego de válvulas que evitan la entrada de aire ambiente contaminado, motivo por el cual se les denomina de **circuito abierto**. Igualmente, incorporan dispositivos para reducir la alta presión contenida en el cilindro en una presión respirable, proceso que puede realizarse en una o dos etapas.

En estos equipos, el suministro de aire a la máscara está regulado por una válvula de entrada que puede actuar por **demanda del usuario** (presión normal) y a **sobrepresión**, o presión positiva. Estos últimos presentan un grado de seguridad más elevado que los de presión normal, y son los que actualmente se utilizan en los servicios contra incendios. Los elementos de los que consta son: 11

1. **Máscara respiratoria.**

Debe garantizar la estanqueidad, la [↑]visibilidad y la comunicación oral. Las utilizadas en el Consorcio son de la casa Dräger modelo Panorama Nova de presión positiva, que cubren por completo la cara, los ojos y las vías respiratorias, y están fabricadas en neopreno o, como alternativa, en ^{caucho sintético o silicona,} silicona, no ejerciendo ningún tipo de acción adversa a la piel y de gran resistencia a los agentes químicos, grasas, aceites, ozono o disolventes. ^{hipoalérgico, resistente a las agresiones químicas.}

2. Soporte dorsal o espaldadera con atalaje.

Fabricado en fibra de carbono, de gran resistencia a los agresivos químicos y a la temperatura. La parte inferior de la misma está recubierta con goma aislante, generando una protección añadida para el manorreductor. Dispone de dos asas laterales que permite un transporte cómodo. El diseño de la espaldadera hace que el peso del equipo se distribuya sobre las caderas fundamentalmente, lo que facilita el trabajo del usuario y disminuye el esfuerzo físico; esto se traduce en un menor consumo y una mayor rentabilidad del tiempo en la zona de trabajo.

El atalaje de sujeción de botellas está realizado en Kevlar, y su sistema de cierre impide la caída accidental de la botella a pesar de su posible desconexión. Los atalajes de ajuste del equipo son de material ignífugo de gran resistencia y van dotados de sistema de ajuste rápido.

3. Botella de aire comprimido.

Es un recipiente diseñado para contener en su interior aire respirable a alta presión. Está fabricada ^(de tubo de aleación de acero al cromo-molibdeno estirado sin soldaduras o, actualmente también,) en composite de fibra de carbono, con o sin envase interior. Exteriormente lleva varias capas de pintura como protección.

4. Grifo.

El grifo de la botella va conectado a ella mediante rosca cónica, y está fabricado en latón con acabado exterior anticorrosión. Va dotado de diversos sistemas de control y seguridad. Tiene como misión abrir o cerrar el paso de aire.

5. Manorreductor.

El manorreductor o válvula reductora de presión está fabricado en latón y va adosada directamente a la parte inferior de la espaldadera mediante mecanismo basculante. La presión de prueba del bloque es de 450 bar, y puede trabajar con botellas de 200 ó 300 bar de presión, garantizando en ambos casos un óptimo funcionamiento. Este componente del equipo realiza la primera etapa de reducción mediante émbolo de presión compensada, de 200/300 bar a una presión media estable de 5'5 bar durante la duración del suministro de aire. Permite un flujo de 1000 litros/minuto.

6. Válvula de seguridad.

Incorporada en el manorreductor, se activará en caso de mal funcionamiento del mismo para limitar el valor de la presión media. En este caso no excedería nunca el valor de 12 bares.

7. Alarma acústica.

Avisa al usuario del equipo autónomo de la proximidad de finalización de la carga de aire de la botella. Está construida en acero inoxidable y se encuentra situada junto al manómetro. La alarma inicia su funcionamiento cuando la presión de la botella es de unos

Según norma 12/437

55 $\pm$ 5 bar, y permanece sonando hasta el vaciado total del aire contenido en la misma. El consumo de aire para hacer sonar el silbato es de unos 4 l/min. y tiene una intensidad aproximada de 90 dB.

8. Línea de alta presión: (Conectada al manómetro).

9. Manómetro.

Es el elemento que nos permite conocer el aire remanente en la botella en cualquier momento de la intervención. Va conectado a la etapa de alta del manorreductor mediante un latiguillo y, guiado por encima de la hombrera izquierda, queda situado de forma que permite una fácil comprobación de la presión de la botella. Está protegido con una funda de goma y su numeración es fluorescente, garantizando la visibilidad de información, aún en lugares oscuros. Dispone de una válvula de seguridad en la parte posterior para evitar sobrepresiones en el cristal que pudieran hacerlo estallar con posibles daños para el usuario. Así mismo, en su acoplamiento al manorreductor lleva un taladro calibrado para que, en caso de rotura, el caudal máximo no sea superior a 25 l/min.

10. Línea de media presión.

11. Pulmoautomático o regulador:

Constituye la segunda etapa de reducción, y es el dispositivo que suministra al usuario el aire que necesita, en función del esfuerzo respiratorio realizado. Está construido en plástico de alta resistencia y con un tamaño reducido.

El regl. mide y regula los modelos R 90 o R 100

Los reguladores empleados actualmente en el Consorcio son de **presión positiva**. Disponen de una membrana y un mecanismo combinado de balancín oscilante y pistón compensado que mantiene una ligera sobrepresión en la pieza facial, lo que impide la entrada de aire contaminado, en el caso de pequeños desajustes en la misma, por golpes o caídas.

Este dispositivo no precisa de ningún accionamiento manual; cuando el usuario realiza la primera inspiración, atrae hacia sí la membrana, accionando el sistema de sobrepresión de forma automática. A partir de este momento, la válvula mantiene una sobrepresión en el interior de la máscara, aportando el caudal de aire que requiere el usuario y según la demanda del mismo. Cuenta, así mismo, con un pulsador para bloqueo de la presión positiva, y otro pulsador que anula la válvula suministrando un flujo constante de aire.

Para finalizar este punto, mencionaré a los **equipos autónomos independientes del medio ambiente de circuito cerrado**, en los que el aire se mantiene continuamente en un circuito cerrado sin entrar en contacto con el aire ambiente. El aire exhalado por el usuario, con un porcentaje pobre de O₂ y alto de CO₂, no es expulsado al exterior; vuelve al interior del equipo donde se purifica para que pueda ser nuevamente inspirado.

Podemos encontrarlos de dos tipos:

- De **regeneración química**, donde se utiliza el peróxido potásico para convertir el vapor de agua y CO₂ exhalado en oxígeno.
- De **adición de O₂**, con un cartucho de cal sodada que actúa absorbiendo el CO₂ exhalado. Lleva además una pequeña botella de O₂ para enriquecer el aire resultante.

Ambos equipos disponen de un depósito de aire donde se almacena el aire que se va regenerando (bolsa de aire). También suelen llevar un depósito con hielo y un serpentín para enfriar el aire y aumentar el confort respiratorio del usuario.

De esta manera se consigue un equipo menos pesado que el Equipo Autónomo de Circuito Abierto. Poseen una autonomía de 3 ó 4 horas en algunos modelos, pero presentan el inconveniente de que el aire, conforme recircula, se va secando y calentando, pudiendo llegar a los 50° C. Estos equipos son más caros y más complicados de usar, por lo que requieren un entrenamiento constante para que los bomberos se habitúen a su uso. Las principales aplicaciones en los Servicios de Bomberos son: intervenciones en túneles, grandes espacios de almacenes y edificios de gran altura.

TGA

5. NORMAS BÁSICAS DE USO Y ACTUACIÓN CON ERA's.

La utilización de equipos de protección respiratoria, por existir atmósferas tóxicas, implica una situación con riesgo muy elevado para los usuarios, y esta es una circunstancia que con frecuencia es infravalorada. Igualmente, las personas que tengan que emplear estos equipos deben ser los primeros interesados en tener y utilizar las medidas de seguridad necesarias para no poner en peligro su salud e integridad.

Para evitar que los riesgos asociados al uso de los equipos de respiración autónomos causen daños innecesarios para la salud, es importante tener en cuenta una serie de **medidas** que aseguren la eficacia del equipo para que de esta forma cumpla con su función de protección al cien por cien:

- Realizar una elección adecuada del equipo respiratorio.
- Comprobar que todos y cada uno de los componentes del equipo cumplen su función correctamente y con garantías.
- Asegurar un conocimiento exhaustivo al usuario del equipo y de todos sus componentes, conociendo sus prestaciones y limitaciones, así como los peligros que encierra, y cumplir con las condiciones de uso, manipulación y mantenimiento de los mismos.
- Adiestramiento y entrenamiento continuado, simulando situaciones similares a siniestros reales, para habituarse a su uso, lograr la máxima eficacia y evitar los riesgos.
- Atención y vigilancia permanente del usuario del equipo durante sus intervenciones.
- Adecuada manipulación y transporte de los equipos, evitando golpes y toda clase de agresiones que puedan deteriorarlo.
- Mantenimiento periódico adecuado de los equipos, revisando, limpiando, desinfectando, probando y sustituyendo, en su caso, cualquier componente defectuoso.
- Recargar las botellas mediante procedimientos seguros que garanticen la operación y la calidad del aire respirable.

Así mismo, en el momento de la intervención, el portador de equipo respiratorio debe tener presentes una serie de precauciones a añadir a las medidas enunciadas anteriormente, como son:

- ⇒ Trabajar siempre acompañado, como mínimo en pareja.
- ⇒ Mirar el manómetro y hacerse una idea del consumo y reserva que tiene.
- ⇒ Tener en mente el tiempo necesario para salir.
- ⇒ Salir del siniestro en cuanto suene el silbato de alarma o reserva.

- ↳ Estar entrenado en el uso compartido del equipo respiratorio.
- ↳ Disponer de equipos de reserva.
- ↳ Garantizar una adecuada y constante comunicación.
- ↳ Utilizar cuerda-guía en aquellos siniestros que lo requieran.
- ↳ Incluir en el equipo una alarma personal.
- ↳ Asegurarse de que existe una vigilancia exterior adecuada a su situación.

5. **CÁLCULO DE CONSUMO DEL AIRE; AUTONOMÍA Y CONSUMOS DE REFERENCIA**

La autonomía o duración de la provisión de aire de un equipo de respiración autónomo depende de la capacidad total de aire respirable que contiene la botella de aire comprimido y del consumo que haga el bombero durante la utilización del equipo. El volumen total de aire de la botella es un dato fácilmente medible, simplemente multiplicando la capacidad geométrica de la botella por la presión a la que se encuentra el aire comprimido:

$$\text{VOLUMEN DE AIRE} = \text{PRESIÓN ALMACENAJE} \times \text{CAPACIDAD BOTELLA}$$

Así, para una botella de composite con un volumen de 6,8 litros, cargada a una presión de 300 bar, tendríamos un volumen de aire a presión atmosférica de 2.040 litros. Ahora bien, para presiones tan elevadas es preciso considerar la desviación existente en el producto presión por volumen de los gases reales, que obliga a introducir un factor de corrección de un 8% aproximadamente (0,92). De este modo, el volumen se reduce a 1876 litros, que es un valor que se ajusta mucho más a la realidad.

Conocido este dato, podemos calcular la autonomía, sólo de forma teórica, mediante la siguiente operación:

$$\text{AUTONOMÍA} = \text{VOLUMEN DE AIRE ALMACENADO} / \text{CONSUMO}$$

Así pues, es fácil concluir que un equipo dotado con una botella de 6,8 litros cargada a 300 bar, y que va a ser utilizado a un consumo medio de 50 litros por minuto, tendrá una autonomía de unos 38 minutos.

De cualquier manera, mientras que la capacidad de aire de la botella es exacta y fácil de determinar, el consumo de aire que hará en un siniestro es un dato muy difícil de predecir. Igualmente, debe tenerse siempre en cuenta que la capacidad útil del equipo respiratorio incluye el aire de reserva, de modo que la alarma acústica silbará antes de haberse consumido esos litros, justo cuando la presión de la botella sea de unos 55 bar, es decir, cuando en una botella de 6,8 litros queden unos 340 litros de aire. Por tanto, la fórmula mencionada para calcular la autonomía debe tomarse como lo que es; simplemente teoría, ya que el consumo real está supeditado a múltiples y diferentes factores, tal y como han demostrado diversos estudios realizados al respecto.

6. **EL BODY-GUARD COMO ELEMENTO DE SEGURIDAD DEL BOMBERO.**

Sustituye al tradicional manómetro, y es un dispositivo que nos indica la presión de la botella, el aire que nos queda y una interpretación de la temperatura corporal del bombero tras el traje de intervención. El bodyguard hace una lectura digital de la presión de la botella y del tiempo que resta para alcanzar la reserva, disponiendo también de una alarma óptica al 50% del contenido de aire. Ayuda a calcular el tiempo de uso que nos queda a través de lecturas periódicas de tiempo de uso basadas en consumos reales.

Complementariamente dispone de una alarma de movimiento, un botón de alarma manual que activa el propio usuario y otra de reserva de aire, así como una señal de "hombre muerto" que se activa cuando el usuario está inmóvil por cierto tiempo. También avisa de la necesidad de mantenimiento.