



## Riesgos químicos en incendios estructurales y su relación con los equipos de respiración autónoma: Basado en el cuerpo de Bomberos El Triunfo.

*Chemical risks in structural fires and their relationship with self-contained breathing apparatus: Based on El Triunfo Fire Department.*

Cristhian Isaac Macías Pilozo <sup>1</sup> 

the-chriss93@hotmail.com

**Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)**

Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez <sup>2</sup> 

benjaminquito@bqc.com.ec

**Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)**

Riobamba, Ecuador

Segundo Martín Quito Cortez <sup>3</sup> 

martinquito@bqc.com.ec

**Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)**

Riobamba, Ecuador

**Recepción: 06-11-2024**

**Aceptación: 16-06-2025**

**Publicación: 29-07-2025**

**Como citar este artículo:** Macias, C; Quito, B; Quito, S. (2025) **Riesgos químicos en incendios estructurales y su relación con los equipos de respiración autónoma: Basado en el cuerpo de Bomberos El Triunfo.** Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios, 6 (1), pp. 1836-1869.

<sup>1</sup> Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO); Maestrante en Herramientas de Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo. (ITSO).

<sup>2</sup> Abogado, Magister en Educación (Universidad Bicentenario de Aragua) Venezuela, Magister en Ciencias Gerenciales (Universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Doctor en Ciencias de la Educación PHD (UBA) Venezuela, Doctor en Ciencias Gerenciales PHD (universidad internacional del caribe y América latina) Curacao, Postdoctorado en Ciencias de la Educación (UBA) Venezuela.

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo (UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA), Magister en Desarrollo Local, Mención Planificación, Desarrollo y Ordenamiento Territorial (UNIVERSIDAD CATOLICA DE CUENCA); Doctor en Ciencias de la Educación (UNIVERSIDAD BICENTENARIO DE ARAGUA) VENEZUELA, Rector Instituto Superior Tecnológico CIC YASUNI Docente.



### Resumen

El presente artículo de investigación tiene la finalidad de realizar un análisis exhaustivo de los peligros químicos asociados con los incendios estructurales y cómo se relacionan con el uso de equipo de respiración autónoma, ERA. Se aplicó el método de investigación cualitativa y se realizó un análisis de los principales riesgos químicos. Los incendios estructurales generan una amplia variedad de sustancias tóxicas entre las principales: monóxido de carbono, CO, cianuro de hidrógeno, HCN, dióxido de nitrógeno, NO<sub>2</sub>, compuestos orgánicos volátiles, COV, que representan una amenaza significativa para la salud de los bomberos. Se abordó la importancia de utilizar ERA, para evitar que los bomberos respiren estas sustancias nocivas, sin embargo una serie de factores, como el diseño del ERA, su mantenimiento adecuado y capacitación de bomberos en su uso, afectan su eficacia debido a que ofrecen una fuente de aire respirable que reduce la inhalación de compuestos peligrosos, los ERA, son esenciales para la protección de bomberos en esta situación. Los riesgos estructurales durante un incendio, son las principales amenazas tanto para los ocupantes del edificio como para los bomberos. El entendimiento y el desarrollo de estrategias de intervención más seguras y efectivas. Al abordar estos riesgos, se deben tener en cuenta el tipo de material de construcción, las condiciones del incendio, las estrategias de ventilación y el uso adecuado de los equipos de protección personal, la preparación y capacitación de los bomberos para hacer frente a estos peligros son cruciales para salvar vidas y reducir los daños en las estructuras. **Palabras clave:** Incendios estructurales, riesgos químicos, equipo de respiración autónoma, gases, humo y bombero.

### Abstract

This research article aims to provide a comprehensive analysis of the chemical hazards associated with structural fires and how they relate to the use of Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA). A qualitative research method was applied, focusing on the main chemical risks firefighters face in such situations. Structural fires generate a wide variety of toxic substances, including carbon monoxide (CO), hydrogen cyanide (HCN), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), and volatile organic compounds (VOCs), all of which pose a significant threat to firefighter health. These chemicals can be inhaled during the fire, leading to severe health issues and even fatalities if not properly managed. The article discusses the importance of using SCBA to prevent firefighters from inhaling these harmful substances. However, several factors affect SCBA effectiveness, such as the design, proper maintenance, and training of firefighters in its use. SCBAs provide a breathable air source, which reduces the inhalation of dangerous compounds, and is essential for protecting firefighters in these hazardous environments. Structural risks during a fire represent the primary threats to both building occupants and firefighters. Understanding and developing safer, more effective intervention strategies are critical. When addressing these risks, it is essential to consider the type of building material, fire conditions, ventilation strategies, and the proper use of personal protective equipment. Firefighter preparation and training to manage these hazards are essential to saving lives and minimizing structural damage. A comprehensive approach to fire safety involves evaluating all aspects, from equipment to tactics, to enhance firefighter protection and improve overall fire response effectiveness. **Keywords:** Structural fires, chemical hazards, self-contained breathing apparatus, gases, smoke, and firefighter.



## **Introducción.**

Hoy en día, los incendios estructurales suponen un riesgo importante debido a las amenazas químicas que producen, además del daño físico que pueden provocar a los edificios. El monóxido de carbono, CO, el cianuro de hidrógeno, HCN, y otras sustancias químicas volátiles de alto riesgo se encuentran entre los contaminantes peligrosos liberados durante la combustión de materiales utilizados en estructuras residenciales, comerciales e industriales. (Catalán, 2021)

Una de las situaciones más complicadas y peligrosas a las que se enfrentan los bomberos son los incendios estructurales. Los bomberos se enfrentan a una serie de peligros químicos durante estas intervenciones como resultado de la quema de materiales sintéticos y sustancias peligrosas que se encuentran en el entorno. (Bolaños, 2017)

Las reacciones de oxidación son reacciones químicas que ocurren con el oxígeno y producen nuevas sustancias químicas. La salud de los bomberos puede verse gravemente afectada por estas reacciones, que pueden provocar intoxicación aguda, trastornos respiratorios a largo plazo e incluso efectos cancerosos a largo plazo. (Muñoz, 2020)

Una de las formas más importantes de evitar que los bomberos respiren estas sustancias nocivas es utilizar equipo de respiración autónomos, ERA. (Carrasco, 2019) Sin embargo, una serie de factores, como el diseño del ERA, su longevidad, su uso y mantenimiento adecuados y la capacitación de los bomberos en su uso, afectan su eficacia.

Debido a que ofrecen una fuente de aire respirable que reduce la inhalación de compuestos peligrosos, los equipos de respiración autónomos son



esenciales para la protección de los bomberos en esta situación. La tecnología y la capacidad de filtrado de los ERA son importantes, pero también lo son otros elementos, como qué tan bien están capacitados los bomberos para usarlos, qué tan bien se mantiene el equipo y qué tan bien se siguen los procedimientos de descontaminación después de haber estado expuestos a un incendio. (SST, 2024)

Con respecto a la metodología, al ser este estudio académico de revisión bibliográfica, se aplicará el método cualitativo, porque es fundamental en la investigación científica y académica, este permite comprender en profundidad las percepciones, experiencias y motivaciones del estudio. (Sampieri, 2020) Se realizaron búsquedas en bases de datos académicas reconocidas como Scopus, Web of Science, Google Scholar y SciELO.

La finalidad de este artículo es realizar un análisis exhaustivo de los peligros químicos asociados con los incendios estructurales y cómo se relacionan con el uso de ERA, a partir de estas consideraciones, la pregunta de investigación es: ¿Cuáles son los principales riesgos químicos presentes en incendios estructurales y cómo influye el uso de ERA en la protección del Cuerpo de Bomberos de El Triunfo?

### **Marco Teórico.**

Cuando los materiales se queman en incendios estructurales, se liberan una serie de compuestos químicos peligrosos. Numerosas investigaciones indican que los siguientes son los principales riesgos químicos:



El CO es un gas peligroso que es incoloro, inodoro, insípido y no irritante. Pertenece a la familia de los asfixiantes químicos. En tan sólo unos minutos, puede noquear a alguien o incluso matarlo. Conocido como el asesino silencioso, se crea cuando los materiales carbonosos orgánicos, como el carbón, la madera, el papel, el petróleo, el gas y la gasolina, se queman de forma incompleta. (Lacerda, 2005).

Cianuro de hidrógeno, HCN: En general, el cianuro se puede encontrar como un gas llamado cianuro de hidrógeno o como cristales como el cianuro de potasio, KCN, o el cianuro de sodio, NaCN. El cianuro generalmente tiene un olor a "almendra amarga", sin embargo, no todos pueden olerlo y no siempre lo tiene. (Guerrero, 2005).

El nitrógeno y el oxígeno se combinan para generar una clase de sustancias químicas conocidas como dióxidos de nitrógeno ,NO<sub>2</sub>, y óxidos de nitrógeno ,NO<sub>x</sub>. Dado que a partir de ellos se producen el resto de especies químicas, el NO y el NO<sub>2</sub> se destacan entre otros bajo la fórmula NO<sub>x</sub>. Aunque también ocurren naturalmente en tormentas eléctricas, quema de biomasa y actividad microbiana del suelo, sus fuentes de emisión son creadas por el hombre. (Rivas, 2015).

Los equipos de rescate, bomberos y otro personal que opera en entornos con niveles bajos de oxígeno deben utilizar el dispositivo ERA. A diferencia del equipo de buceo o buceo, estos dispositivos no están hechos para usarse bajo el agua. (Echegaray, 2017) Las partes principales de un dispositivo respiratorio autónomo suelen incluir:

Aire comprimido en una botella o recipiente con una presión de 200 a 300 atmósferas.



Un mecanismo para controlar la presión.

Una mascarilla que ayuda al usuario a respirar el aire de la botella y exhalar el aire que ha respirado previamente aislándose del aire exterior.

Para facilitar el transporte, el resto de componentes se fijan a un enrejado.

Los ERA generalmente se pueden dividir en dos categorías:

La característica principal de los equipos de circuito abierto es que el aire que se inhala proviene de un tanque y se descarga a la atmósfera circundante al exhalar. Los bomberos son quienes emplean estos equipos.

Utilizando filtros químicos y botellas de oxígeno que eliminan el CO<sub>2</sub> y la humedad producida al respirar y los reponen con oxígeno, los equipos de circuito cerrado le permiten respirar el mismo aire continuamente. Protección de brazos y manos. Protección de piernas y pies. Cinturones de seguridad para trabajos a gran altura. Vestimenta de trabajo. Ropa de protección. (Echegaray, 2017)

Varias organizaciones han establecido criterios para el uso de ERA en incendios estructurales dentro del marco de normas y protocolos de seguridad. Entre las leyes más pertinentes se encuentran las siguientes:

El comité técnico de ERA creó la norma de 1981 de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios, NFPA, sobre ERA de circuito abierto para servicios de emergencia, que luego fue publicada por el comité de correlación técnica sobre equipos y prendas de protección para servicios de emergencia y bomberos. Revoca todas las ediciones anteriores y fue publicada por el Consejo de Normas el 1 de diciembre de 2006, con fecha



de vigencia el 20 de diciembre de 2006. El 20 de diciembre de 2006, NFPA 1981 fue aceptada como norma nacional en los Estados Unidos. (OPCI, 2007).

Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño, el rendimiento, las pruebas y la certificación de los elementos del conjunto para la protección del cuerpo en la lucha contra el fuego estructural y en la lucha contra el fuego de proximidad: chaquetas, pantalones, trajes de una sola pieza, capuchas, cascos, guantes, calzado y elementos de interfaz como muñequeras. La edición de 2018 de la NFPA 1971 reemplazó la edición de 2013, y todas las ediciones anteriores.

La edición de 2018 fue aprobada como Norma Nacional Americana el 1 de agosto de 2017, con una fecha de entrada en vigor del 21 de agosto de 2017, y todos los fabricantes de elementos de conjunto de protección tuvieron hasta el 21 de agosto de 2018 para cumplir con la edición de 2018. (NFPA, 2018).

La definición de "capucha de barrera protectora", un componente de interfaz opcional del equipo de protección personal, EPP, que ofrece protección térmica, física y de barrera restringida a la zona de interfaz de la chaqueta, el casco y la mascarilla ERA, se agregó a la edición de 2018, que eliminó todas las referencias a requisitos QBRN opcionales.

La revisión de 2018 también agregó estándares de desempeño opcionales para la defensa del conjunto de protección personal contra contaminantes líquidos y partículas. Aunque la palabra "opcional" sugiere que ciertas especificaciones no son requeridas, un fabricante debe probar y certificar



el EPP para satisfacer los requisitos opcionales de la norma si desea reclamar estas cualidades. (NFPA, 2018).

## Estado del Arte

Numerosos estudios científicos han examinado el uso de ERA y el análisis de los peligros químicos en incendios de edificios. Algunas de las principales investigaciones y hallazgos pertinentes se enumeran a continuación:

Las cantidades de subproductos de la combustión en el aire local y en las personas se describen en un estudio de Fent (2018). Estos subproductos se producen durante los incendios domésticos controlados con muebles, típicos de las viviendas unifamiliares construidas en el siglo XXI. En el lugar del incendio, cuando el personal trabajaba sin protección respiratoria, y durante el incendio activo y revisión, post-extinción, se tomaron mediciones del aire del área de la estructura.

Se atacaron seis llamas interiores y seis de transición utilizando dos estrategias distintas de ataque de fuego, y se compararon las exposiciones entre las estrategias. Para cada uno de los 12 incendios, los bomberos se emparejaron para realizar cada tarea, excepto la revisión que fue realizada por 4 bomberos. Los compuestos muestreados incluyeron hidrocarburos aromáticos policíclicos, HAP, compuestos orgánicos volátiles, VOC, cianuro de hidrógeno, HCN, y partículas.

Con la excepción del HCN, que fue medido por los bomberos que buscaron el incendio, las concentraciones personales medias en el aire de los bomberos que atacaron y buscaron el incendio fueron típicamente significativamente más altas que los límites de exposición ocupacional a



corto plazo relevantes. Después de la extinción, las concentraciones de todas las sustancias químicas analizadas en el aire de la zona disminuyeron.

Las dos estrategias de ataque no difirieron estadísticamente significativamente en términos de concentraciones personales en el aire. Los hallazgos resaltan lo crucial que es usar un ERA al realizar reparaciones o realizar tareas de ventilación exterior.

Además, el estudio de Kirk (2021) sobre la exposición de los bomberos a los productos de la combustión se ha centrado en incendios estructurales reales o simulados; se midió las concentraciones atmosféricas de una variedad de compuestos orgánicos volátiles, COV, gases ácidos e hidrocarburos aromáticos policíclicos, HAP, producidos durante incendios en instalaciones industriales simuladas, así como la deposición de HAP en los equipos de extinción de incendios estructurales.

Kirk (2021) descubrió que las muestras de aire personales tomadas fuera de los equipos estructurales de extinción de incendios contenían una variedad de gases ácidos, como cloruro de hidrógeno y cianuro de hidrógeno, así como valores de benceno de hasta 23 mg/m<sup>3</sup> y concentraciones totales de HAP de 1,7 a 8,6 mg/m<sup>3</sup>.

Se descubrieron grados de protección más bajos para los productos de combustión gaseosos, como el benceno, el xileno, el cianuro de hidrógeno y el ácido clorhídrico, en comparación con los HAP. El grado de protección observado no fue consistente en todos los productos de combustión examinados.

Se encontró que se depositaban varios compuestos de HAP en el exterior de los aparatos estructurales de extinción de incendios, con



concentraciones totales de HAP que variaban entre 161 y 347 ng/cm<sup>2</sup>. Si bien los productos de combustión similares están involucrados en las exposiciones de los bomberos durante los incendios residenciales e industriales, las tasas de deposición de HAP pueden ser sustancialmente más altas durante la extinción de incendios industriales.

Otro estudio reciente de Bolaji y McQuerry (2024) confirma el efecto de los aparatos respiratorios autónomos en los espacios de aire en la ropa protectora individual contra incendios estructurales. Utilizando un escáner corporal tridimensional, se escanearon nueve bomberos varones en servicio activo en cuatro configuraciones diferentes de prendas: compresión, capas base, traje protector y protección ERA. Los resultados mostraron que el uso del traje protector sobre las capas base aumentaba el volumen del torso en un 59%, mientras que el uso del ERA lo disminuía en un 1,2%. Además, el cambio en el volumen y la distancia del espacio aéreo desde el torso fue mínimo cuando se implementó la ERA.

Los estudios revisados coinciden en que los incendios estructurales generan compuestos químicos tóxicos, como el CO y el HCN, los cuales representan un riesgo significativo para la salud de los bomberos. Se ha demostrado que la exposición prolongada a estos contaminantes incrementa la probabilidad de desarrollar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, lo que resalta la necesidad de mejorar las estrategias de protección y mitigación de riesgos en el combate de incendios.

La ciencia evidencia, la eficiencia de los ERA depende de varios factores, incluida la calidad del equipo, la formación de los bomberos y el mantenimiento adecuado. A pesar de los avances tecnológicos, la autonomía y la idoneidad de estos dispositivos para su uso en entornos



hostiles siguen siendo limitadas. Para garantizar una mayor seguridad de los bomberos, es fundamental actualizar las reglas y mejorar los programas de capacitación.

## **Desarrollo.**

### **Los incendios estructurales.**

#### **Definiciones.**

A diferencia de los incendios de vegetación o cobertura forestal, los incendios estructurales están asociados a incendios urbanos, rurales e industriales y son los que ocurren en viviendas, edificios, espacios comerciales, etc. (Vásquez y García, 2020).

Percances domésticos, desperfectos eléctricos, manejo inadecuado de líquidos combustibles, fugas de gas, acumulación de basura, velas y cigarrillos mal apagados, aparatos de calefacción en mal estado y niños jugando con fósforos son algunas de las principales causas de estos incendios. (Loteró, 2021)

La incertidumbre que se desarrolla durante la consecución de una meta se conoce como riesgo de incendio. En esencia, se trata de situaciones, sucesos o eventos desfavorables que obstaculizan el funcionamiento regular de una estructura y, en general, tienen consecuencias financieras para los responsables. (Volonté, 2020)

#### **Causas comunes de incendios estructurales.**

El hombre es responsable de la gran mayoría de los incendios estructurales, ya sea por descuido, uso imprudente del fuego o abandono de los sistemas de gas y eléctricos (Castro y Jiménez, 2020). Los incendios



eléctricos son causados por sobrecargas de circuitos, cortocircuitos y fallas en la instalación eléctrica.

Las fallas del sistema de calefacción incluyen chimeneas, calentadores, etc. rotos o con un mantenimiento inadecuado. Los incendios relacionados con la cocina pueden iniciarse por chispas, aceites calientes, fugas de gas, etc.

Llamas iniciadas intencionalmente: incendios relacionados con vandalismo o intencionados. Gas, aceites, solventes y productos químicos son ejemplos de fugas de líquidos inflamables.

Un cortocircuito es el cierre de un circuito en un punto entre dos conductores o un conductor y tierra. Los incendios eléctricos también se encuentran entre las causas frecuentes de flagelos estructurales. (Anero, 2021).

### **Riesgos estructurales durante un incendio.**

Es crucial comprender cómo las llamas afectan las estructuras y cómo deben gestionarse estos peligros para proteger tanto a los bomberos como a los civiles.

#### **colapso de una estructura durante un incendio.**

El colapso de la estructura es una de las principales preocupaciones en un incendio estructural. Dependiendo de la intensidad del incendio y el tiempo de exposición al calor, el fuego puede degradar la estructura de un edificio y comprometer la integridad de los componentes constructivos. (Catalán, 2021).

La madera y otros materiales pueden quemarse rápidamente y perder su capacidad de soportar peso, lo que aumenta la posibilidad de colapso. A



pesar de su resistencia, el acero se debilita significativamente a temperaturas superiores a 500 °C, lo que si se manipula incorrectamente, puede provocar fallos estructurales. El concreto es resistente al fuego, pero el calor extremo puede causar que se agriete o se desintegre si no se tiene el tratamiento adecuado, como el uso de aditivos resistentes al fuego.

Cuanto más dura un incendio, más se deteriora la estructura. Las vigas, columnas y otros componentes cruciales pueden verse afectados por el fuego, especialmente en incendios de larga duración. Las temperaturas elevadas tienen la capacidad de alterar las características físicas de los materiales de construcción, provocando deformaciones, fracturas o deterioro de los componentes estructurales. La ventilación de los edificios también influye en el comportamiento del fuego. El fuego puede intensificarse y colapsar más rápidamente si se descubre una vía de escape.

Los suelos y techos son las zonas más peligrosas porque tienen más probabilidades de derrumbarse, especialmente si los sistemas metálicos o las vigas de madera se dañan con el calor. Una estructura puede colapsar rápida y catastróficamente si las paredes que la sostienen resultan dañadas. La evacuación se vuelve riesgosa o incluso imposible si un incendio daña escaleras o pasillos.(Catalán, 2021).

### **Principales riesgos químicos en incendios estructurales y sus características.**

#### **El monóxido de carbono.**

El CO es miembro de la familia de los asfixiantes químicos, es un gas peligroso, incoloro, inodoro, insípido y no irritante que puede dejar a una persona inconsciente o incluso matarla en cuestión de minutos. (Lacerda, 2005) Llamado el asesino silencioso, se produce por la combustión



incompleta de materiales carbonosos orgánicos, como carbón, madera, papel, petróleo, gas y gasolina. Las principales fuentes humanas de CO son las emisiones de los tubos de escape de los automóviles y los electrodomésticos que utilizan gas o madera de forma inadecuada, mientras que algunas fuentes naturales incluyen los volcanes y los incendios forestales.

La mayoría de las intoxicaciones por este compuesto se producen en habitaciones con ventilación inadecuada y por inhalación de gases provocados por una mala combustión del carbón, butano y propano. Por lo general, presentan síntomas neurológicos como dolores de cabeza, desorientación y alteración de la conciencia, así como síntomas estomacales que incluyen náuseas, vómitos y malestar abdominal. (Fent, 2018).

La intoxicación por monóxido de carbono o “asesino silencioso” es la intoxicación mortal más común, encontrándose en fuentes de exposición muy comunes como los automóviles, el tabaquismo y la combustión de gases o combustibles. La fuerte afinidad del gas por la hemoglobina es su principal propiedad extremadamente dañina, aunque sus interacciones con otras proteínas son las que causan sus consecuencias a largo plazo. Ante el cuadro clínico inespecífico, se debe tener un alto grado de sospecha diagnóstica, para iniciar el tratamiento adecuado u oxigenoterapia normobárica o hiperbárica según corresponda. (Bolaños, 2017).

La intoxicación por CO es muy frecuente en nuestro medio a pesar de las mejoras ambientales llevadas a cabo en los últimos años y afecta con frecuencia a población infantil. Los controles de los sistemas de combustión de gases es la mejor medida preventiva. (Fleta, 2022)



## **Cianuro de hidrógeno, HCN.**

La industria minera utiliza con frecuencia cianuro como producto químico para disolver o lixiviar metales valiosos, particularmente oro. Debido a su alto nivel de toxicidad, puede causar importantes problemas ambientales y es una sustancia muy peligrosa si no se maneja adecuadamente. (Guerrero, 2005).

El cianuro se conoce como cianuro de hidrógeno, cianuro y sus sales. Los cianuros se encuentran en la naturaleza y se producen en forma de sales en la industria. Son sustancias que pueden resultar mortales en periodos cortos de exposición, incluso en dosis modestas. El principal órgano al que se dirige es el sistema nervioso. Tanto las personas como los animales experimentan consecuencias neurotóxicas graves y letales tras la ingestión, inhalación o contacto. (Ramírez, 2010).

Los problemas de tiroides, dolores de cabeza, vértigo, náuseas, vómitos, dermatitis y altas exposiciones son causados por exposición ocupacional; a corto tiempo, terminan en paro respiratorio y muerte. Algunos compuestos de cianuro en pequeñas cantidades son indispensables para la vida. (Ramírez, 2010).

En general, el cianuro se puede encontrar como gas cianuro de hidrógeno o como cristales como el cianuro de potasio, KCN, o el cianuro de sodio, NaCN. Generalmente se describe que el cianuro tiene un olor a "almendra amarga", aunque no siempre es así y no todos pueden sentirlo. (Guerrero, 2005).

El término "cianuro" se usa coloquialmente para referirse al cianuro de hidrógeno, al ácido cianhídrico, HCN, y sus sales, como el cianuro de



potasio o sodio, además de la raíz química cianuro, CLN, que es la fuente del nombre. Los glucósidos cianogénicos son una sustancia orgánica que se encuentra naturalmente en varias plantas o semillas de frutas. Ciertas bacterias, hongos y algas también los producen. (Ramirez, 2010)

### **Dióxidos de nitrógeno, NO<sub>2</sub>, y óxido de nitrógeno, NO<sub>x</sub>.**

Son un grupo de sustancias formado por oxígeno y nitrógeno. Dado que a partir de ellos se producen el resto de especies químicas, el NO y el NO<sub>2</sub> se destacan entre otros bajo la fórmula NO<sub>x</sub>. Aunque también ocurren naturalmente en tormentas eléctricas, quema de biomasa y actividad microbiana del suelo, sus fuentes de emisión son artificiales. (Rivas, 2015)

Después de formar oxidantes fotoquímicos mediante reacciones con hidrocarburos y luz solar, el dióxido de nitrógeno o NO<sub>2</sub> contribuye a la contaminación del aire. La acumulación atmosférica de NO<sub>2</sub> puede ocurrir de diversas formas. Entre ellos se encuentran el uso inadecuado de fertilizantes, la aplicación de ácido nítrico, el funcionamiento de generadores de diversas clases, el movimiento de automóviles y el uso de explosivos para romper rocas y otros. (Grijalva, 2020).

La contaminación química puede tener un impacto significativo en la salud humana, la seguridad, la felicidad y el valor del medio ambiente. El dióxido de carbono, el metano, el hexafluoruro de azufre, los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos, el óxido nitroso y los óxidos de nitrógeno, son ejemplos de contaminantes del aire. Al elevar la temperatura de la tierra, la atmósfera y los océanos, estos gases contribuyen al cambio climático al provocar fluctuaciones impredecibles en las precipitaciones, aumento del nivel del mar y fenómenos meteorológicos extremos. (Grijalva, 2020)



## **Tipos e importancias de equipo de respiración autónomo en incendios estructurales.**

El ERA, es una herramienta utilizada por bomberos, escuadrones de rescate y otro personal que opera en entornos con niveles bajos de oxígeno. A diferencia del equipo de buceo o de buceo, estos artículos no están hechos para usarse bajo el agua. (Echegaray, 2017).

Los bomberos, los equipos de rescate y los profesionales de la industria utilizan con frecuencia ERA, un dispositivo diseñado para operar en entornos con bajos niveles de oxígeno y/o presencia de gases nocivos. Además de proteger el rostro del usuario de impactos y salpicaduras con toda la mascarilla, este equipo protege el sistema respiratorio del usuario dando aire de alta calidad. (SST, 2024)

Los sistemas de aire respirable personales y portátiles se conocen como ERA. Se pueden utilizar para respirar aire que contiene contaminantes o atmósferas con bajos niveles de oxígeno. Los bomberos, equipos de rescate, profesionales médicos o equipos de trabajo suelen utilizarlo en entornos muy contaminados o no respirables. (KPN , 2022)

Por sus siglas en inglés se denominan equipos, SCBA, pero es perfectamente equivalente a los equipos ERA. En general están compuestos por una botella de aire respirable que se coloca en una mochila, una máscara para respirar con su conexión y los mandos para regular la presión en la mascarilla y vigilar la cantidad de aire disponible.(KPN, 2022)

## **Clasificación de los equipo de respiración autónoma.**

De forma general, los ERA pueden clasificarse en dos grupos:



El quipos de circuito abierto: La principal característica de estos equipos es que el aire que se inhala proviene de un depósito y, al ser exhalado, se libera a la atmósfera exterior. Estos tipos de dispositivos son los utilizados por personal de Bomberos.

El equipo de circuito abierto es el más utilizado, el aire se exhala directamente a la atmósfera. El aire que el usuario respira proviene de una botella presurizada que el propio usuario transporta. Este aire es despresurizado antes de que llegue a la máscara y sea inhalado. (SST, 2024)

Con el uso de filtros químicos y botellas de oxígeno que eliminan el CO<sub>2</sub> y la humedad producida al respirar y lo reponen con oxígeno, los equipos de circuito cerrado permiten respirar el mismo aire continuamente. Protección de brazos y manos. Protección de piernas y pies. Cinturones de seguridad para trabajos a gran altura. Vestimenta de trabajo ropa protectora. (Echegaray 2017).

El aire exhalado se recicla mediante equipos de circuito cerrado; tras pasar por un tanque de soda cáustica que elimina el CO<sub>2</sub>, se introduce oxígeno desde un minúsculo recipiente. El aparato modifica la mezcla de esta manera, asegurando que el aire tenga la cantidad adecuada de oxígeno. (SST, 2024).

### **Características generales de los Equipo de respiración autónoma.**

Un ERA suele tener como componentes principales:

Una botella o recipiente de aire comprimido que puede estar entre las 200 y 300 atmósferas de presión, un sistema de regulación de la presión, una máscara que aísla al usuario de la atmósfera exterior y facilita la inhalación del aire que proviene de la botella y la exhalación del aire ya respirado y



una espaldera a la que va acoplado el resto de los elementos para facilitar su transporte. (Echegaray, 2017).

La botella ó cilindro es el recipiente donde se introduce el aire a alta presión que respirará el usuario, normalmente a 200 – 300 bar. de presión y las encontraremos en diferentes tamaños, 6 litros, 9 litros, etc. Se fabrican en acero o materiales compuestos; las botellas de acero son algo más pesadas para la misma capacidad que las de composite, pero a cambio son más resistentes a los golpes o un trato duro. (SST, 2024)

Las botellas de aire comprimido utilizadas en los equipos de respiración autónoma requieren una inspección anual. Durante este proceso, se vacían y se retira la válvula para llevar a cabo una revisión visual tanto de su interior como de su exterior. Si en su interior se detecta la presencia de óxido o suciedad, es necesario pulirlas y lavarlas antes de secarlas, reinstalar la válvula y rellenarlas nuevamente. (Loteró, 2021).

Cada tres años, estas botellas deben someterse a una prueba hidrostática en la que se les aplica una presión aproximada de 450 bar para evaluar su capacidad de dilatación. Los valores obtenidos en la prueba deben ajustarse a los límites establecidos por el fabricante; de lo contrario, la botella debe ser retirada de uso. (SST, 2024).

El sistema neumático o regulador de presión se encuentra fijado a la espaldera y tiene la función de extraer el aire de la botella, disminuir su presión y distribuirlo a través de la válvula a demanda hacia la máscara del usuario. Este mecanismo está compuesto por mangueras o latiguillos, un reductor, un manómetro con silbato de advertencia y la válvula a demanda. (SST, 2024).



La máscara es el componente que el usuario coloca en su rostro y debe ajustarse correctamente para evitar fugas de aire. Para garantizar un buen sellado, es fundamental elegir la talla adecuada, ajustar correctamente el atalaje y evitar el uso de barba, ya que podría comprometer la estanqueidad del sistema. (Cuerpo de Bomberos Guayaquil, 2016)

En su interior, la máscara cuenta con una mascarilla que cubre la zona buco-nasal, lo que facilita la respiración al dirigir el flujo de aire hacia las vías respiratorias del usuario y prevenir la acumulación de CO<sub>2</sub> durante la exhalación. Algunos fabricantes han incorporado innovaciones como sistemas de comunicación o cámaras térmicas, lo que resulta especialmente útil en condiciones de visibilidad reducida. (SST, 2024)

Por otro lado, la espaldera y su atalaje están diseñados para distribuir el peso del equipo sobre los hombros y caderas del usuario, facilitando su transporte. Está fabricada con materiales plásticos altamente resistentes y cuenta con un diseño ergonómico que se adapta a la curvatura de la espalda, lo que contribuye a reducir la fatiga del usuario. (SST, 2024).

Antes de utilizar el equipo de respiración autónoma, es necesario llevar a cabo una serie de verificaciones: comprobar que las correas estén correctamente extendidas y sin enredos, asegurarse de que la válvula de demanda esté bloqueada para evitar la salida de aire al activar el sistema, abrir la válvula de la botella y permitir la presurización del equipo. Luego, se debe cerrar la botella y revisar la presión en el manómetro, que no debería disminuir más de 10 bar en un minuto. Posteriormente, se purga el circuito y se verifica el funcionamiento de la alarma a 55 bar de presión. Para finalizar, se abre completamente la válvula del cilindro y se cierra media vuelta para prevenir bloqueos en caso de impactos, se verifica



nuevamente la presión en el manómetro, se escucha la alarma de advertencia y finalmente, se coloca el equipo. (OPCI, 2007).

En la inspección anual, se realizan pruebas detalladas para evaluar el estado del equipo. A través del equipo de pruebas dinámicas, los técnicos pueden medir las presiones de entrada y salida del reductor, comprobar el funcionamiento de la válvula a demanda, detectar posibles fugas, verificar el ajuste de la alarma, evaluar la estanqueidad de la máscara y la presión positiva, así como ejecutar una prueba funcional completa del sistema y registrar los resultados obtenidos. (SST, 2024).

### **Normativa Legal de los equipo de respiración autónoma.**

Los cuerpos de bomberos suelen adoptar estándares internacionales para garantizar la seguridad y eficacia en el uso de los ERA. Entre estos estándares se destacan:

NFPA 1981: Norma sobre Aparatos de Respiración Autocontenidos de Circuito Abierto para Servicios de Emergencia.

NFPA 1852: Norma sobre selección, cuidado y mantenimiento de aparatos de respiración autónomos de circuito abierto.

NFPA 1500: Especifica los requisitos mínimos de un programa de seguridad y salud ocupacional para los cuerpos de bomberos u organizaciones que prestan servicios de rescate y supresión de incendios.

Es importante señalar que, aunque no exista una ley nacional específica que regule el uso de los ERA por parte de los bomberos, la combinación de regulaciones laborales nacionales y la adopción de estándares



internacionales proporcionan un marco sólido para su utilización adecuada en el país.

En el contexto de las Normativas y Protocolos de Seguridad, diversas organizaciones han establecido estándares para el uso de ERA en incendios estructurales. Algunas de las normativas más relevantes incluyen:

National Fire Protection association, NFPA, 1981 es una norma sobre ERA de circuito abierto para servicios de emergencia, fue preparada por el comité técnico sobre ERA y publicada por el comité de correlación técnica sobre vestuario y equipo protector para incendios y servicios de emergencia. Fue expedida por el consejo de normas el 1 de diciembre del 2006, con fecha efectiva, 20 de diciembre de 2006 y anula todas las ediciones anteriores. Esta edición de NFPA 1981 fue aprobada como una norma nacional americana el 20 de diciembre de 2006. (OPCI, 2007)

Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño, el rendimiento, las pruebas y la certificación de los elementos del conjunto para la protección del cuerpo en la lucha contra el fuego estructural y en la lucha contra el fuego de proximidad: chaquetas, pantalones, trajes de una sola pieza, capuchas, cascos, guantes, calzado y elementos de interfaz como muñequeras. La edición de 2018 de la NFPA 1971 reemplazó la edición de 2013, y todas las ediciones anteriores.

La edición de 2018 fue aprobada como Norma Nacional Americana el 1 de agosto de 2017, con una fecha de entrada en vigor del 21 de agosto de 2017, y todos los fabricantes de elementos de conjunto de protección tuvieron hasta el 21 de agosto de 2018 para cumplir con la edición de 2018. (NFPA, 2018).



La edición de 2018 eliminó todas las referencias a los requisitos opcionales QBRN, pero incorporó una definición para la “capucha de barrera protectora”, el elemento de interfaz opcional del equipo de protección personal, EPP, que proporciona una protección térmica, física y de barrera limitada a la zona de interfaz de la casaca, casco, mascarilla del ERA.

Además, la revisión de 2018 incluyó requisitos de desempeño opcionales para la protección contra contaminantes líquidos y de partículas para el conjunto de protección personal. El término “opcional” indica que estos requisitos no son obligatorios, pero si un fabricante quiere reclamar estos atributos, el EPP debe ser probado y certificado para cumplir con los requisitos opcionales establecidos en la norma. (NFPA, 2018).

En Ecuador, la normativa legal para el uso de los ERA por parte de los bomberos se basa en regulaciones nacionales y estándares internacionales reconocidos.

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393) establece en su artículo 11, numeral 5, que el empleador debe proporcionar gratuitamente a sus trabajadores el vestuario adecuado y los medios de protección personal necesarios para su labor.

Los cuerpos de bomberos de diversas ciudades han desarrollado procedimientos internos específicos para el uso de los ERA. Por ejemplo: El Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil cuenta con el "Procedimiento Uso del EPP, que detalla las directrices para el uso adecuado de estos equipos. (Cuerpo de Bomberos Guayaquil, 2016)



El Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito dispone del "Instructivo para la Inspección y Uso de ERA", que proporciona directrices mínimas para el uso obligatorio de los ERA en diferentes ejercicios prácticos. (Cuerpo de Bomberos Quito, 2016)

Otra normativa que se puede tomar en cuenta a la hora de la utilización de los Equipos de respiración autónoma son la 136:2004 para equipos de protección respiratoria, máscaras completas. Requisitos, ensayos, marcado, también la 12021 – Equipos de protección respiratoria. Aire comprimido para equipos de protección respiratoria aislantes y la 137:2007 Equipos de respiración autónomos de circuito abierto de aire comprimido con máscara completa. Requisitos, ensayos, marcado. (SST, 2024)

## **Discusión**

La literatura científica ha documentado ampliamente la investigación de los peligros químicos en los incendios de edificios y sus efectos sobre la salud de los bomberos. Según investigaciones, los incendios estructurales liberan una mezcla compleja de sustancias químicas y partículas peligrosas que suponen un grave riesgo para la salud laboral de los bomberos. (Fent, 2018) Entre las sustancias más peligrosas se encuentran el CO, el HCN y los COV, que pueden provocar cáncer y trastornos respiratorios crónicos si se inhalan durante un período prolongado. (Grijalva, 2020).

Se ha demostrado que los dispositivos respiratorios autónomos son una táctica exitosa en esta situación para reducir la exposición a estas sustancias nocivas. Los ERA actuales están diseñados para bloquear eficazmente los contaminantes del aire en áreas de alto riesgo, de conformidad con NFPA 1981. (NFPA, 2019) Sin embargo, su eficiencia



depende no sólo de la tecnología y el diseño del aparato, sino también de qué tan bien estén capacitados los bomberos para manipularlo y conservarlo. Según investigaciones, los usuarios pueden estar expuestos a peligro si reciben una formación inadecuada o si hay inconsistencias en las evaluaciones periódicas de los ERA. (Kirk, 2021).

Además de la presencia de materiales inflamables, la temperatura y los niveles de ventilación pueden afectar la toxicidad de los incendios estructurales. Según investigaciones, la combustión incompleta en áreas cerradas puede producir mayores concentraciones de compuestos extremadamente peligrosos, aumentando la posibilidad de exposición. (Grant, 2010) En este sentido, las evaluaciones continuas de los incendios y la instalación de dispositivos de monitoreo de la calidad del aire podrían generar datos vitales para la seguridad de los bomberos en tiempo real.

Además, un elemento crucial que ha sido investigado por la comunidad científica es la descontaminación tras la intervención. Según estudios recientes, debido a la contaminación persistente en la piel y en el equipo de protección personal, los bomberos aún pueden estar expuestos a sustancias nocivas después de abandonar la zona del incendio. (Fent, 2018) La implementación de protocolos de descontaminación rigurosos, como el lavado inmediato de la piel y la limpieza de los equipos, es fundamental para reducir la carga tóxica y minimizar el riesgo de enfermedades a largo plazo.

Un aspecto fundamental a considerar es la necesidad de ajustar las normativas y estrategias de prevención a la realidad latinoamericana. En países como Ecuador, los cuerpos de bomberos enfrentan dificultades en la adquisición y mantenimiento de sus equipos de protección debido a restricciones presupuestarias y a la falta de regulaciones rigurosas. (NFPA,



2018) Esta situación pone de manifiesto la urgencia de fortalecer las políticas de seguridad laboral y asignar recursos adecuados para garantizar la protección de los bomberos en incendios estructurales.

El avance en el desarrollo de tecnologías para equipos de protección personal representa una oportunidad clave para reforzar la seguridad de los bomberos. La implementación de filtros de alta eficiencia, sensores para la detección de gases y materiales más resistentes al calor puede mejorar el rendimiento de los ERA y minimizar la exposición a agentes contaminantes peligrosos. (NFPA, 2018) Además, la incorporación de inteligencia artificial en el análisis de riesgos en tiempo real podría transformar la manera en que los bomberos afrontan emergencias, permitiéndoles tomar decisiones más seguras y fundamentadas.

Otro aspecto relevante es el desgaste físico que experimentan los bomberos durante sus intervenciones. La combinación de un esfuerzo físico intenso con la exposición a sustancias nocivas puede generar efectos adversos en su salud tanto a corto como a largo plazo. Investigaciones han señalado que el estrés térmico y la sobrecarga cardiovascular pueden agravar los impactos de la exposición a productos químicos, aumentando el riesgo de desarrollar enfermedades ocupacionales. (Bolaji y McQuerry, 2024) Por ello, es fundamental organizar adecuadamente las actividades operativas e implementar pausas estratégicas para mitigar la fatiga.

Asimismo, la investigación continua y la recopilación de datos epidemiológicos juegan un papel crucial en la protección de los bomberos. La creación de registros de salud y la aplicación de programas de monitoreo a largo plazo permitirán analizar los efectos acumulativos de la exposición a sustancias tóxicas y diseñar estrategias de prevención más



efectivas. (Kirk y Logan, 2015) La colaboración entre entidades científicas, organismos gubernamentales y cuerpos de bomberos es esencial para generar evidencia sólida que impulse políticas enfocadas en la seguridad y el bienestar del personal operativo.

En síntesis, la relación entre la exposición a riesgos químicos en incendios estructurales y el uso de ERA debe abordarse de manera integral, considerando la aplicación de tecnologías innovadoras, el cumplimiento de estándares internacionales y la capacitación constante del personal. La evidencia científica respalda la necesidad de optimizar las estrategias de prevención y respuesta para garantizar la seguridad y salud de los bomberos en el desempeño de sus funciones.

## **Conclusión**

El análisis de los riesgos químicos en incendios estructurales y su relación con los equipos de respiración autónoma en el Cuerpo de Bomberos de El Triunfo permite comprender la importancia de una adecuada protección respiratoria en entornos de emergencia. Los incendios estructurales generan una amplia variedad de sustancias tóxicas, como CO, HCN, NO<sub>2</sub> y COV, que representan una amenaza significativa para la salud de los bomberos.

Los riesgos estructurales durante un incendio son una de las principales amenazas tanto para los ocupantes del edificio como para los bomberos. El entendimiento y la evaluación de estos riesgos son esenciales para el desarrollo de estrategias de intervención más seguras y efectivas. Al abordar estos riesgos, se debe tener en cuenta el tipo de materiales de construcción, las condiciones del incendio, las estrategias de ventilación y el uso adecuado de equipos de protección. La preparación y la capacitación



de los bomberos para hacer frente a estos peligros son cruciales para salvar vidas y reducir los daños en la estructura.

El Cuerpo de Bomberos de El Triunfo, como muchas instituciones similares en América Latina, enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad y el mantenimiento de estos equipos. Si bien los ERA modernos, como los regulados por la NFPA 1981, ofrecen altos estándares de protección, su efectividad depende del cumplimiento riguroso de protocolos de uso, inspección y recambio de componentes. La capacitación continua y la concienciación sobre los peligros químicos en incendios estructurales son esenciales para que los bomberos hagan un uso óptimo de los equipos y comprendan su papel en la prevención de enfermedades ocupacionales.

En conclusión, la interrelación entre los riesgos químicos en incendios estructurales y el uso de equipos de respiración autónoma es un tema de vital importancia para la seguridad y salud ocupacional de los bomberos. Es fundamental que instituciones como el Cuerpo de Bomberos de El Triunfo fortalezcan sus estrategias de prevención y respuesta mediante la adquisición de equipos adecuados, la capacitación del personal y la implementación de políticas de descontaminación post-incendio. Solo a través de un enfoque integral y basado en la evidencia científica se podrá garantizar la protección efectiva de quienes arriesgan su vida en la primera línea de respuesta a emergencias.

## **Recomendaciones**

Es fundamental fortalecer la capacitación y el entrenamiento de los bomberos, asegurando que reciban formación constante sobre el uso, mantenimiento y limitaciones de los equipos de respiración autónoma. Además, la implementación de simulaciones realistas contribuiría a



mejorar su capacidad de respuesta en situaciones de alto riesgo y a garantizar el uso adecuado del equipo en escenarios críticos.

Asimismo, resulta imprescindible establecer protocolos estrictos de descontaminación, los cuales deben definir procedimientos estandarizados para la limpieza tanto del personal como de los equipos tras cada intervención. Esto implica el lavado inmediato de la piel, el reemplazo de la indumentaria contaminada y la desinfección de los ERA, reduciendo así la exposición prolongada a sustancias tóxicas.

El uso de dispositivos portátiles para la detección de gases y de sistemas de monitoreo ambiental en las operaciones es altamente recomendable. Estos permitirían evaluar en tiempo real la concentración de agentes contaminantes en el entorno, facilitando la toma de decisiones con base en información precisa y actualizada.

Además, es necesario incrementar la inversión en tecnología y equipamiento de protección, priorizando la adquisición de ERA con sistemas avanzados de alerta de baja presión, filtros de aire mejorados y materiales de alta resistencia térmica. De igual manera, es crucial implementar programas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar el óptimo desempeño de los equipos.

Por otro lado, las normativas de seguridad deben ser revisadas y actualizadas para alinearse con estándares internacionales, como los establecidos por la NFPA. En este sentido, se recomienda el desarrollo de regulaciones específicas para la gestión de riesgos químicos en incendios estructurales, tomando en cuenta las particularidades del contexto ecuatoriano.



Finalmente, se debe fortalecer la cultura de seguridad dentro de los cuerpos de bomberos. La concienciación sobre los riesgos químicos y la correcta utilización de los ERA deben promoverse desde la formación inicial. La implementación de campañas de sensibilización y programas de educación continua ayudará a reforzar el compromiso del personal con su propia seguridad y la de sus compañeros.

## Referencias

- Anero, M. (2021). Técnicas de investigación de incendios : incendios de origen eléctrico. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Física.
- Bolaji, J., & McQuerry, M. (2024). Impact of Self-Contained Breathing Apparatus on Air Gaps in Structural Firefighting Personal Protective Clothing. *Applied Sciences*, 15(1), 6.
- Bolaños, P. (2017). Intoxicacion por monoxido de carbono. *Medicina Legal de Costa Rica* On-line version ISSN 2215-5287Print version ISSN 1409-0015.
- Carrasco, C. (2019). Evaluación de las condiciones de higiene y seguridad de los bomberos del cuartel central de la provincia del Neuquén, durante la extinción de incendios. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud.
- Castro, J., & Jimenez, D. (2020). DISEÑO DE UNA GUÍA PARA LA GESTIÓN DE RIESGO BIOMECÁNICO DURANTE LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ASOCIADAS A INCENDIOS ESTRUCTURALES EN EL PERSONAL DE BOMBEROS DE JAMUNDÍ. UNIVERSIDAD ANTONIO JOSÉ CAMACHO. Obtenido de



<https://repositorio.uniajc.edu.co/server/api/core/bitstreams/844650d3-9ffc-4d1c-9b9b-6e838c71a419/content>

Catalán, L. (2021). Seguridad frente al fuego de las estructuras. INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES.

Cuerpo de Bomberos Guayaquil. (2016). Benemérito Cuerpo de bomberos de Guayaquil. Obtenido de [https://www.bomberosguayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/2018/08/Procedimiento-Usos-Equipo-Proteccion-Personal.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.bomberosguayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/2018/08/Procedimiento-Usos-Equipo-Proteccion-Personal.pdf?utm_source=chatgpt.com)

Cuerpo de Bomberos Quito. (2016). Benemérito cuerpo de bomberos del distrito metropolitano de Quito. Obtenido de INSTRUCTIVO PARA LA INSPECCIÓN Y USO DE EQUIPOS DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMA - CBDMQ: <https://lotaip.bomberosquito.gob.ec/transparencia/2024/procedimientos/opsii4.pdf>

Echegaray, P. (2017). NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL EN BOMBEROS DE LA POLICÍA DE MENDOZA. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Faller, G. (2014). La seguridad ante incendio en edificios altos: Un enfoque múltiple. *Revista de Obras Publicas*, 161(3552), 65-70. Obtenido de [https://quickclick.es/rop/pdf/publico/2014/2014\\_marzo\\_3552\\_08.pdf](https://quickclick.es/rop/pdf/publico/2014/2014_marzo_3552_08.pdf)



- Fent, K. (2018). Contaminantes transportados por el aire durante incendios residenciales controlados. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* , 15 (5), 399-412.
- Fleta, J. (2022). Intoxicación por monóxido de carbono. *Anales de pediatría*, 587-590.
- Grant, C. (2010). Respiratory exposure study for fire fighters and other emergency responders. *Fire technology*, 46(3), 497-529.
- Grijalva, A. (2020). Contaminación del agua y aire por agentes químicos. *RECIMUNDO*, 4(4), 79-93. Obtenido de <https://doi.org/10.26820/recimundo/4>
- Guerrero, J. (2005). Cianuro: Toxicidad y destrucción biológica. . *El Ingeniero de minas*, 10(35), 22-25.
- Kirk, K. (2021). Productos de combustión generados en incendios industriales simulados. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 18 (10-11), 510-521. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/15459624.2021.1976410>
- Kirk, K., & Logan, M. (2015). Conjuntos de extinción de incendios estructurales: acumulación y liberación de gases de los productos de combustión. . *Revista de higiene ocupacional y ambiental*, 12 (6), 376-383.
- KPN . (2022). *REVISTA CONECTA*. Obtenido de Recomendaciones de uso de los equipos de respiración autónoma ERA: <https://www.kpnsafety.com/recomendaciones-equipos-respiracion-autonoma-era/>



Lacerda, A. (2005). Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 17(3).

Lotero, S. (2021). SISTEMA DE NOTIFICACIÓN DE EMERGENCIAS EN INCENDIOS ESTRUCTURALES APLICADOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS PRIVADAS DEL BARRIO EL POBLADO EN MEDELLÍN. UNIVERSIDAD CES. Obtenido de <https://repository.ces.edu.co/server/api/core/bitstreams/5b00500c-3635-4d72-9e79-cc18f39d9681/content>

Muñoz, G. (2020). *Riesgo químico: sus implicaciones en los incendios y las explosiones.* Cuba: Editorial Universitaria.

NFPA. (2018). *NFPA 1971 standard on protective ensemble for structural fire fighting, 2000 edition.* Quincy, MA.

OPCI. (2007). *NFPA 1981 Standard on Open-Circuit Self-contained Breathing Apparatus (SCBA).* Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios de Protección Contra Incendios.

Ramirez, A. (2010). Toxicidad del cianuro. Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre. *Anales de la Facultad de Medicina.* Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832010000100011&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1025-55832010000100011&script=sci_arttext&tlng=en)

Rivas, L. (2015). *El papel de los óxidos de nitrógeno en el Cambio Climático. Efectos sobre la salud.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid.



Sampieri, R. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Celaya, Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.

SST GLOBAL SOLUTION AND TRAINING. (2024). MANTENIENDO LA EFICACIA: LA IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN CONTINUA PARA BRIGADAS DE EMERGENCIA. Obtenido de <https://sstraining.es/2021/06/que-es-un-e-r-a/>

Vásquez , V., & García , S. (2020). Análisis de la vulnerabilidad física por incendio estructural del centro histórico de Manizales. RI-UCM. Obtenido de <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/2931>

Volonté, S. (2020). Implementation of a fire protection audit program in the kitchen area of The Lord restaurant. Universidad Empresarial Siglo 21. Obtenido de <https://repositorio.21.edu.ar/items/bda3d51f-31c4-4905-8304-17d39fdb4959>.

