



Estandarización de Procesos de Descontaminación de Equipos de Protección Individual del Personal Operativo del Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Cuenca

Standardization of Decontamination Processes of Personal Protective Equipment of the Operational Personnel of the Fire Department of the City of Cuenca

Christian Patricio Paredes Zaruma¹

pachydj001@hotmail.com

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Benjamín Gabriel Quito Cortez²

benjaminquito@bqc.com.ec

Instituto Tecnológico Superior Universitario Oriente (ITSO)

Riobamba, Ecuador

Segundo Martin Quito Cortez³

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: Paredes, C; Quito, B; Quito, S.(2025) **Estandarización de Procesos de Descontaminación de Equipos de Protección Individual del Personal Operativo del Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Cuenca.** *Metrópolis. Revista de Estudios Globales Universitarios*, 6 (1), pp. 2355-2403

¹ Tecnólogo en seguridad y salud ocupacional. Instituto Superior Tecnológico Oriente (ITSO); Maestrante en Herramientas de Seguridad Industrial y Salud en el Trabajo. (ITSO); BOMBERO DE PROFESIÓN CON VARIOS CURSOS Y CAPACITACIONES DESARROLLADAS Y ADQUIRIDAS EN EL ÁMBITO DE INCENDIOS, PARAMEDICINA, DENTRO DE LA ARTE OPERATIVA EN BOMBEROS DE LA CIUDAD DE CUENCA.

² 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.

³ 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 personal operativo del Cuerpo de Bomberos enfrenta una constante exposición a contaminantes derivados de los incendios y emergencias prehospitales. Por tal razón, la ausencia de un protocolo estandarizado de descontaminación de los equipos de protección individual (EPI) compromete la salud de los bomberos y la durabilidad de los equipos, aumentando el riesgo de enfermedades ocupacionales y costos operativos. Este estudio tiene como finalidad determinar la estandarización de los procesos de descontaminación de Equipos de Protección Individual del Personal Operativo del Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Cuenca. Para ello, se emplea una metodología de enfoque mixto, combinando una revisión bibliográfica, observación y encuestas al personal operativo para identificar la situación con respecto a los procesos de descontaminación de los equipos de protección individual después de atender algún incidente. De los resultados obtenidos se evidencia que en los equipos de protección individual existe la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles y agentes biológicos. Además, se detecta la falta de uniformidad en las prácticas de descontaminación, con métodos que varían la eficacia y frecuencia. También, un considerable porcentaje de bomberos reporta procedimientos inadecuados, resaltando la necesidad de medidas de descontaminación más estrictas. En conclusión, se constata que el desarrollo de un protocolo de descontaminación estandarizado, reduciría la exposición a agentes peligrosos, mejoraría la seguridad del personal y optimizaría los recursos destinados a la reposición de equipos; además la capacitación continua y la adopción de tecnologías avanzadas son esenciales para garantizar la efectividad del proceso y prolongar la vida útil de los EPI. **Palabras claves:** Bomberos, Descontaminación, Equipos, Procesos, Protección.

Abstract

The operational personnel of the Fire Department face constant exposure to pollutants derived from fires and pre-hospital emergencies. For this reason, the absence of a standardized protocol for the decontamination of personal protective equipment (PPE) compromises the health of firefighters and the durability of the equipment, increasing the risk of occupational diseases and operating costs. The purpose of this study is to determine the standardization of the decontamination processes of Personal Protective Equipment of the Operational Personnel of the Fire Department of the city of Cuenca. To this end, a mixed approach methodology is used, combining a bibliographic review, observation and surveys of operational personnel to identify the situation with respect to the decontamination processes of personal protective equipment after attending to an incident. From the results obtained, it is evident that in personal protective equipment there is the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons, volatile organic compounds and biological agents. In addition, the lack of uniformity in decontamination practices is detected, with methods that vary in effectiveness and frequency. Also, a considerable percentage of firefighters report inadequate procedures, highlighting the need for stricter decontamination measures. In conclusion, it is found that the development of a standardized decontamination protocol would reduce exposure to hazardous agents, improve personnel safety and optimize the resources allocated to the replacement of equipment; in addition, continuous training and the adoption of advanced technologies are essential to ensure the effectiveness of the process and extend the useful life of PPE. **Keywords:** Firefighters, Descontamination, Teams, Processes, Protection.



Introducción.

En todas las acciones que realiza el personal del cuerpo de bomberos vincula el uso de equipos especiales porque están expuestos a riesgos físicos y biológicos, pero en el caso de atender situaciones de emergencias prehospitalarias requieren utilizar los Equipos de Protección Individual (EPI), por tal razón se ven expuestos a una variedad de contaminantes, incluyendo partículas de hollín, compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y agentes biológicos. Estos residuos tóxicos, si no son eliminados de manera adecuada, pueden representar un riesgo tanto para la salud de los bomberos como para la efectividad operativa de los equipos, al comprometer su integridad estructural y funcional. (Drägerwerk, 2021).

Desde la realidad del espacio de estudio se pudo comprobar que la existencia de un protocolo de estandarizado de descontaminación es limitada, por lo cual la falta de un proceso uniforme con criterios técnicos validados puede generar deficiencias en la eliminación de contaminantes, aumentando el riesgo de enfermedades ocupacionales a largo plazo, como afecciones respiratorias, dermatitis por contacto y potenciales alteraciones cancerígenas asociadas a la exposición prolongada a sustancias tóxicas. Adicionalmente, la inadecuada descontaminación de los equipos de protección puede generar la reducción de la vida útil de los mismos, repercutiendo en la seguridad de los bomberos y causando una implicación de costos significativos en el reemplazo de los equipos en plazos cortos de lo esperado. (NFPA, 2018).

Desde el contexto analizado, se deduce que la posible implementación de un proceso de descontaminación estandarizado de equipos de protección



individual es una necesidad imperante que permitirá garantizar la salud y seguridad del personal. Si se analiza contextos de escenarios internacionales se puede evidenciar que han desarrollado protocolos de limpieza y descontaminación de los equipos que han dado resultados eficientes (NFPA, 2018). Es importante mencionar que, la estandarización del protocolo de descontaminación permitirá reducir la exposición del personal del cuerpo de bomberos a agentes peligrosos, además asegurará la optimización de los recursos logísticos y económicos destinados a la adquisición de equipos nuevos.

Con base a los antecedentes detallados se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influye la estandarización de un protocolo de descontaminación en la efectividad de la eliminación de factores contaminantes en los equipos de protección individual que utiliza el personal operativo del Cuerpo de Bomberos de Cuenca?

El estudio tuvo por objetivo analizar la validez de un protocolo de descontaminación para los EPI utilizados por los bomberos operativos de Cuenca considerando factores como la efectividad y la eliminación de agentes contaminantes.

Para el desarrollo del estudio se empleó una metodología de investigación de enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para garantizar el análisis de información de los procesos de descontaminación de los equipos de protección individual del personal operativo de los bomberos de Cuenca, se empleará un diseño descriptivo porque se analizarán protocolos actuales empleando la revisión bibliográfica y la observación, además se utilizarán complementariamente entrevistas con expertos en bioseguridad y gestión de riesgos, también se aplicarán



encuestas al personal operativo para identificar las prácticas y percepciones sobre los procedimientos de descontaminación existente en la institución.

Marco Teórico.

Al abordar el término descontaminar o desinfectar se hace referencia a la implicación significativa sobre la limpieza profunda y detallada que se realiza con la finalidad de destruir los microbios. Los desinfectantes son las soluciones antisépticas que se emplean para desinfectar. La desinfección de suministros y equipos ayuda a prevenir la propagación de microbios. (MedlinePlus, s. f.).

La descontaminación de los equipos de protección individual (EPI) constituye un proceso fundamental en la prevención de riesgos laborales y la seguridad del personal operativo del Cuerpo de Bomberos. Los EPI están diseñados para reducir la exposición a agentes químicos, biológicos y físicos que pueden comprometer la salud del usuario (NFPA, 2018). Sin embargo, su eficacia depende de un mantenimiento y descontaminación adecuados, porque los residuos contaminantes pueden acumularse y representar un peligro a largo plazo. (CPEWR, s. f.).

La normativa internacional en seguridad ocupacional, como la establecida por la National Fire Protection Association (NFPA) y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), define estándares para la limpieza y desinfección de estos equipos, considerando factores como la frecuencia de uso, el tipo de contaminante y la tecnología disponible para el proceso de descontaminación. (US Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 2021).



En este sentido, diversos estudios han evidenciado que la exposición prolongada a residuos tóxicos sin un adecuado protocolo de limpieza puede generar enfermedades ocupacionales, incluyendo cáncer y afecciones respiratorias. Es necesario conocer conceptualmente sobre la descontaminación, que refiere al proceso mediante el cual se eliminan o reducen agentes contaminantes de personas, equipos y superficies expuestas a sustancias peligrosas, porque este procedimiento es crucial para prevenir la absorción de toxinas y reducir la diseminación de materiales peligrosos en zonas seguras. (National Fire Protection Association, 2020).

En el caso del ámbito bomberil la descontaminación también refiere al proceso sistemático de remover o neutralizar contaminantes que se adhieren al personal o a su equipo, luego de actividades que se han realizado acorde a sus acciones propias que realizan diariamente como parte del compromiso con la sociedad (Vanegas, 2019). Es importante mencionar que los bomberos diariamente en sus actividades propias están expuestos a diferentes tipos de contaminantes, tales como:

- Productos de combustión: los cuales se refieren a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), monóxido de carbono y dioxinas. (Taeger et al., 2023)
- Sustancias químicas peligrosas: están relacionados con gases tóxicos, metales pesados y asbestos. (Fent et al., 2018)
- Agentes químicos biológicos: los cuales son todos aquellos como: bacterias, virus y hongos presentes en escenarios de rescate y emergencias sanitarias. (Bolstad-Johnson et al., 2000)



Por lo tanto, el personal de bomberos al estar expuestos a diferentes agentes de contaminación es necesario que pasen por un proceso de descontaminación acorde a la necesidad, por ello se presenta los tipos de descontaminación que se realizan:

Descontaminación personal, se enfoca en minimizar la exposición de los bomberos a sustancias peligrosas por ellos se puede aplicar descontaminación seca la cual, consiste en la eliminación de residuos visibles mediante el cepillado o aspirado antes del contacto con agua (National Fire Protection Association, 2020). Además, otro método de descontaminación es la húmeda, que consiste en el lavado con agua y detergentes especializados para remover compuestos orgánicos e inorgánicos adheridos a la piel y vestimenta. (Fent et al., 2018).

A parte de la descontaminación personal que se realiza al personal bomberil es necesario la descontaminación de los equipos de protección personal (EPP) porque de esta manera se puede prolongar su vida útil y evita la exposición secundaria, por ello se recomienda el lavado industrial con detergentes específicos, para ello se recomienda el uso del sistema de lavado con control de temperatura y soluciones enzimáticas (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2023). También se puede emplear la descontaminación con luz ultravioleta, que se utiliza para reducir la presencia de agentes biológicos en superficies y equipos. (Bolstad-Johnson et al., 2000).

El cumplimiento del protocolo o procesos de descontaminación es importante en el personal de bomberos porque garantizan la seguridad efectiva y protección personal, por ello se recomienda tomar en cuenta algunas de las normativas de mayor relevancia al caso tratado, como son:



normativa NFPA 1581 la cual establece requisitos para el control de enfermedades infecciosas en los servicios de emergencias. (National Fire Protection Association, 2020).

Así mismo en los procedimientos establecidos por la NIOSH hace referencia a los procedimientos de descontaminación por lo cual, plantea guías para la eliminación de residuos peligrosos en equipos y personal de bomberos (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2023). Finalmente, en la normativa de la OSHA 29 CFR 1910.120 hace mención sobre la regulación para la gestión de materiales peligrosos y la protección de los trabajadores. (Occupational Safety and Health & Administration [OSHA], 2024).

Estado del Arte

El personal de los bomberos constantemente está expuesto de forma aguda y crónica a una amplia variedad de contaminantes tóxicos en el ejercicio de sus funciones, los cuales conllevan un riesgo para la salud, por ello de acuerdo con Carrizo et al. (2016) en su estudio denominado “Contaminación de los equipos de trabajo y riesgo de cáncer de próstata y testículo, en bomberos” que tuvo por objetivo conocer la implicación de los equipos de trabajo como fuente adicional de contaminación en bomberos; al aplicar una metodología basada en la búsqueda bibliográfica en Pubmed, Toxnet, Scopus y OSH Update, Google scholar y webs institucionales; recopilamos 20 artículos (11 de exposición y 9 relacionados con cáncer testicular y próstata), pudieron determinar que en la contaminación que posee el personal bomberil está referido con la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), compuestos orgánicos volátiles (COV), algunos cancerígenos, que se adhieren a los EP y que con el tiempo pueden



causar la presencia de cáncer testicular y prostático. Por tal razón, proponen que debe existir descontaminación en los equipos de protección porque pueden ser los portadores de varios agentes de contaminación.

Acosta Caballero et al. (2024) en su estudio Bioseguridad en la lucha contra incendios en el vertedero de residuos de Cerro Patacón, como objetivo plantearon caracterizar la contaminación generada en incendios de vertederos, así como evaluar las medidas de bioseguridad implementadas en labores de extinción. Por lo tanto, emplearon una metodología es de tipo exploratorio, además emplearon la revisión bibliográfica para la recolección de la información, se revisaron 10 artículos publicado por distintas revistas tanto en China, Estados Unidos, Italia, Corea del Sur, España, Taiwán y Chile. De lo cual, se obtuvo como resultados que los contaminantes detectados con mayor frecuencia fueron hidrocarburos aromáticos policíclicos (en 100% de estudios), dioxinas y furanos (90%), metales pesados como plomo, mercurio, cadmio y níquel (80%), monóxido de carbono (70%), material particulado (60%) y otros compuestos orgánicos volátiles (50%). También, se encontró que los protocolos de bioseguridad, el 70% evidenció falta de equipamiento adecuado para los bomberos, y el 60% reportó capacitación insuficiente en procedimientos de emergencia y descontaminación. En conclusión, se plantea que existe la necesidad urgente de mejorar los protocolos de bioseguridad y la capacitación del personal de emergencias que trabaja en la extinción de estos siniestros.

Según Mayer et al. (2019) desarrollan en su investigación Firefighter hood contamination: Efficiency of laundering to remove PAHs and FRs, como objetivo investigar la eficacia del lavado para reducir o eliminar la



contaminación en las capuchas, específicamente los HAP y en las tres clases de FR: éteres de difenilo polibromados (PBDE), retardantes de llama no PBDE (NPBFR) y retardantes de llama organofosforados (OPFR). La metodología empleada fue de tipo cuantitativa con un diseño descriptivo, para el levantamiento de información se empleó una muestra de 12 bomberos los cuales respondieron a diferentes escenarios de incendios y seguido a ello se recogieron y analizaron muestras de las capuchas que utilizaron, para ello se empleó la observación y la experimentación. Como resultados se obtuvo que, los niveles residuales de OPFR, NPBFR y PAH fueron más bajos en las capuchas lavadas de forma rutinaria, con niveles totales de cada clase de sustancias químicas entre un 56 y un 81 % más bajos, en promedio, que en las capuchas no lavadas. Se concluye que, es necesario generar más estudios basados en investigaciones para entender como la contaminación residual de las campanas que utilizan en sus trajes los bomberos generan mayor contaminación cruzada.

Mientras que Wolffe et al. (2023) en el estudio Contamination of UK firefighters personal protective equipment and workplaces, plantearon como objetivo evaluar la contaminación del EPP y los entornos laborales de los bomberos en el Reino Unido, identificando las deficiencias en las prácticas de descontaminación y almacenamiento. Por ello, emplearon una metodología cuantitativa y para el levantamiento de información utilizaron una encuesta con 64 preguntas aplicadas a 10649 bomberos del Reino Unido. De lo cual, se obtuvo como resultado que el 84% de bomberos no se quita EPP contaminado antes de reingresar a la cabina del camión y solo un tercio limpia su equipo después de cada incidente. Además, se observa que el almacenamiento inadecuado del EPP es una fuente significativa de



contaminación cruzada porque el 45% de bomberos indicaron que el equipo limpio y contaminado no se almacena por separado. En conclusión, el estudio destacó la necesidad de implementar medidas más estrictas de descontaminación de almacenamiento de los EPP para minimizar la exposición a contaminantes y mejorar la seguridad ocupacional de los bomberos.

Desarrollo.

Tipos y características de los Equipos de Protección Personal

Para entender el contexto del estudio es necesario entender qué es un EPI y su importancia, por ello se dice que se trata de los equipos de protección individual que deben portar los bomberos para protegerse del calor, e fuego, el humo y los productos químicos que se encuentran en el abordaje de las emergencias a las que acuden. (Anbu Safety, s. f.)

Por ello, es importante que los equipos de protección personal o individual cumplan ciertos requisitos necesarios para asegurar la integridad del personal de bomberos, a continuación, se puede visualizar en la figura 1 los requisitos acordes a las necesidades y situaciones de emergencias que asiste el cuerpo de bomberos.



Figura 1

Requisitos de los EPIs

Por colores, de mayor a menor protecci6n:  Equivalente

Requisito	EN 469 (estructural)	EN 15614 (forestal)	EN 16689 (rescate)
Resistencia a la propagaci6n de la llama	Indice 3 (de 3)	Indice 3 (de 3)	Indice 3 (de 3)
Protecci6n frente al calor convectivo	Nivel 1 \geq 9s Nivel 2 \geq 13 s	Sin requisito	Sin requisito
Protecci6n frente al calor radiante	Nivel 1 \geq 10s Nivel 2 \geq 18 s (exposici6n a 40 kW/m ²)	11 s (exposici6n a 20 kW/m ²)	7 s (exposici6n a 20 kW/m ²)
Resistencia al calor *	5% tras 5 min a 180 °C	5% tras 5 min a 180 °C	Sin requisito
Protecci6n frente al calor de contacto	Sin requisito	Sin requisito	5 s a 100 °C
Resistencia al vapor de agua (transpirabilidad)**	Nivel 1 $>$ 30 m ² Pa/W Nivel 2 \leq 30 m ² Pa/W	\leq 10 m ² Pa/W	\leq 20 m ² Pa/W
Resistencia a la penetraci6n de agua	Nivel 1 $<$ 20 kPa (prendas sin barrera de estanqueidad) Nivel 2 \geq 20 kPa (prendas con barrera de estanqueidad)	Sin requisito	Sin requisito
Resistencia a la tracci6n	\geq 450 N	\geq 450 N	\geq 450 N
Resistencia al rasgado	\geq 25 N	\geq 20 N	\geq 25 N
Resistencia a la abrasi6n	Sin requisito	Sin requisito	20.000 ciclos
Resistencia al estallido	Sin requisito	Sin requisito	100 o 200 kPa (según el tamaño de la muestra)
Elementos de alta visibilidad	Opcionales	Obligatorios	Obligatorios
Resistencia a la penetraci6n de pat6genos	Sin requisito	Sin requisito	Opcional

Nota: informaci6n recuperada del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018)

Por tal raz6n, el personal de los bomberos utilizará los EPIs adecuados acorde los escenarios de emergencias con la intenci6n de protegerse de



los riesgos térmicos, químicos y físicos. A continuación, en la tabla 1 se describe los tipos de equipos y sus características.

Tabla 1

Tipos y características de los EPIs

Tipo de EPI	Descripción	Materiales que lo componen	Características
Casco de protección	Ayuda en la protección de la cabeza contra impactos, calor y objetos en caída.	Policarbonato Fibra de vidrio termoplásticos	Es resistente a las altas temperaturas, inhibe impactos y tiene una visera integrada.
Chaqueta y pantalón ignífugo	Proporcionan protección contra el calor extremo, llamas y sustancias químicas.	Nomex, kevlar, PBI (Polibenzimidazol)	Tiene aislante térmico, es resistente al fuego y posee barrera contra los químicos.
Guantes de protección	Ayuda en la protección de las manos contra el calor, cortes y el derrame de productos químicos.	Cuero, Nomex, kevlar y neopreno	Tiene resistencia al calor y a los cortes, además tiene flexibilidad y barrera contra los químicos.
Botas de seguridad	Protegen los pies de los impactos, calor e incluso perforaciones.	Caucho, cuero, acero en la punta	Posee suela antideslizante, es resistente a altas temperaturas y químicos.
Equipo de respiración autónomo (ERA)	Permite que el portador respire en entornos con humo o gases tóxicos.	Fibra de carbono (cilindro) Silicona (mascarilla)	Tiene suministro de aire independiente, además contiene una válvula de presión y arnés ergonómico.



Protección ocular y facial	Ayuda en la protección de los ojos de partículas, calor y posible radiación.	Policarbonato Vidrio templado	Es resistente a impactos y permuta la protección ante radiación térmica.
Mangas y capucha ignífuga	Generan protección en el cuello y la cabeza contra el calor y las llamas.	Nomex PBI Kevlar	Es ligero, transpirable y tiene alta resistencia al calor.
Arnés de seguridad	Permite la sujeción en espacios confinados en casos de rescates.	Nylon Acero inoxidable	Es ajustable y soporta cargas pesadas y es resistente al desgaste.

Nota: información recuperada de las Jornadas Nacionales de Materiales Peligrosos. (Academia Nacional de Bomberos, 2015).

El requerimiento de que los equipos de protección individual tengan ciertas especificaciones y características normativas es para salvaguardar su integridad física, porque es responsabilidad de las estaciones de bomberos cuidar de su personal por ello cada elemento de protección es importante y por ello requieren de cuidado tanto para el rostro, pies, manos y cabeza, además los proveedores que entregan los implementos deben mantener las certificaciones exigidas para el cumplimiento de la demanda de los requerimientos. (Cuerpo de Bomberos de Riobamba, s. f.)

Los EPIs deben cumplir ciertas normas y certificaciones que vienen dadas por entidades de control quienes regulan su estructura y funcionalidad, porque buscan generar protección al personal que lo porta, por tal razón cada equipo se diferencia de otros y depende de las situaciones en las que se utilizarán ya sean incendios, emergencias prehospitalarias entre otros



incidentes. A continuación, se presenta un ejemplo de equipos acorde a las necesidades que requiere según los casos de uso.

Ropa de protección en la lucha contra incendios

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018) este equipo está indicado para actividades de lucha contra incendios habitualmente denominados “estructurales”. Por ejemplo, puede seleccionarse el Nivel 1 para el exterior de edificios y el Nivel 2 para el interior, en el que son previsibles condiciones de mayor riesgo. Este tipo de ropa no está diseñada específicamente para: incendios forestales; trabajos especiales de lucha contra incendios, en los que resulte más adecuado el uso de ropa de protección reflectante (UNE-EN 1486). Así como trabajos con exposición previsible a productos químicos en operaciones de descontaminación; sólo protege momentáneamente frente a las salpicaduras accidentales de productos químicos (p. 2). En la figura 2 se puede apreciar el detalle de información.

Figura 2

Ropa de protección en la lucha contra incendios

Ropa de protección en la lucha contra incendios (UNE-EN 469)



EN 469:2005
Xf Xr Y Z

Junto al pictograma aparecen los 4 niveles de prestación:

Xf1 o Xf2: calor convectivo.
Xr1 o Xr2: calor radiante.
Y1 o Y2: resistencia a la penetración de agua.
Z1 o Z2: resistencia al vapor de agua.

Es habitual encontrar prendas clasificadas genéricamente como **Nivel 1** (menor protección) o **Nivel 2** (mayor protección), en función del menor nivel obtenido entre Xf y Xr, es decir:

- Xf1 y Xr1 → Nivel 1
- Xf1 y Xr2 / Xf2 y Xr1 → Nivel 1
- Xf2 y Xr 2 → Nivel 2

La resistencia a la penetración de agua está relacionada con la estanqueidad de la prenda, y la resistencia al vapor de agua con la transpirabilidad de la misma.

Los elementos de alta visibilidad son **opcionales**, pero, si se incluyen en el diseño de la prenda, deben cumplir los requisitos térmicos y de alta visibilidad indicados en esta norma.



Nota: información recuperada del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018).

Ropa de protección para incendios forestales

De la misma manera este equipo es recomendado para actividades de extinción de incendios forestales y actividades relacionadas. Protección frente a la propagación de la llama similar a la ofrecida por la ropa diseñada según UNE-EN 469. Protección frente al calor convectivo no exigida. Protección frente al calor radiante inferior al nivel más bajo ofrecido por la ropa diseñada según UNE-EN 469 (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018, p. 2). En la figura 3 se puede visualizar la información referente al equipo presentado.

Figura 3

Ropa de protección para incendios forestales



Nota: información recuperada del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018).

Ropa de protección para rescate técnico

Este equipo es recomendable para actividades de rescate técnico, por ejemplo, en accidentes de tráfico, acceso a estructuras colapsadas o similares, en condiciones de ausencia de fuego, es decir: protege temporalmente frente a posibles fuegos repentinos que puedan declararse en tales intervenciones, pero no está diseñada específicamente para labores de extinción. No está indicada para su uso en la lucha contra incendios estructurales o forestales, situaciones con exposición a sustancias químicas, rescates acuáticos, con cuerda o durante incendios, ni en situaciones que requieran el trabajo con motosierras. En esos casos, esta ropa se debe combinar con otros EPI específicos y adecuados (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018, p. 2). En la figura 3 se puede analizar el detalle de información.

Figura 3

Ropa de protección para rescate técnico



Nota: información recuperada del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2018).

Traje para riesgos biológicos

Este equipo para riesgos biológicos consiste en mascarillas N-95, gafas para protección, guantes de látex de nitrilo, trajes de intervención, trajes tipo “C” para riesgo biológico, alcohol y gel desinfectante. La intención es que permita ejecutar los servicios de atención a emergencias, siniestros y atención prehospitalaria, cien por ciento operativos, bajo protocolos y procedimientos homologados y con personal capacitado (Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito, 2020, párr. 2). En la figura 4 se puede observar el modelo del traje planteado.

Figura 4

Traje para riesgos biológicos



Nota: información recuperada de la web.



Los EPIs son elementos fundamentales para la protección y seguridad de los bomberos para cada caso que atienden poseen diferentes equipos, por ello mediante la encuesta aplicada al personal de bomberos de Cuenca se consultó en qué situaciones utilizan comúnmente los EPIs de lo cual, el 75,6% de los encuestados indicó que, en incendios estructurales y forestales, mientras que el 87,8% manifestó que, en atención prehospitalaria y el 56,1% en rescate vehicular. Estos resultados muestran que existe una variedad de equipos dentro del cuerpo de bomberos de Cuenca, por lo cual se necesitan procesos de descontaminación que permitan mantener en buen estado los equipos y se mantenga la eficacia de protección y efectividad. El detalle de información se puede analizar en la figura 5.

Figura 5

Casos comunes en los que se utilizan los EPIs en el Cuerpo de Bomberos de Cuenca.



Nota: la información presentada en esta figura es el resultado de la aplicación de una encuesta al Cuerpo de Bomberos de Cuenca.

Las especificaciones de los equipos de protección personal o individual que utilizan los bomberos se deben a que constantemente están expuestos a situaciones de peligro y a sustancias peligrosas, por ello cuando los equipos



no tienen las especificaciones necesarias pueden generar mayor exposición al personal durante las actividades de rescate, sofocación de incendios, atención prehospitalaria entre otros. A continuación, se presentan las sustancias que mayor exposición tienen los bomberos en las operaciones de emergencias que realizan en los diversos casos mencionados anteriormente:

- **Productos de combustión:** estos se refieren a hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's), monóxido de carbono y dioxinas, que al tener contacto con la piel puede ocasionar alteraciones alérgicas y al ser inhalados puede causar afecciones respiratorias. (Taeger et al., 2023)
- **Sustancias químicas peligrosas:** están tienen relación directa con gases tóxicos, metales pesados y asbestos, que al tener contacto con la persona puede ocasionar intoxicaciones respiratorias que pueden ser de gravedad, aunque dependerá del grado de exposición. (Fent et al., 2018)
- **Agentes químicos biológicos:** estos con todos aquellos que están relacionados con: bacterias, virus y hongos presentes en escenarios de rescate y emergencias sanitarias, comúnmente se encuentran en emergencias sanitarias y emergencias prehospitalarias, al tener contacto directo con el personal que está en el abordaje estos agentes pueden ocasionar contagios masivos que pueden perjudicar la salud y en algunos casos generan escenarios de mortalidad. (Bolstad-Johnson et al., 2000)

Aunque el equipo de protección personal o individual que utilizan los bomberos ayuda a prevenir accidentes durante las labores de emergencia, con el uso frecuente y al existir una descontaminación inadecuada puede generar riesgos y desventajas para el personal tales como: exposición a



tóxicos porque en algunos casos no son impermeables y puede generar un microambiente tóxico entre el traje y la piel, lo cual permite que se dé una absorción cutánea de sustancias nocivas. Es necesario recalcar que si no existe un proceso de limpieza y descontaminación adecuado puede ocasionar la acumulación de sustancias peligrosas, que después podrían liberarse y eso genera un aumento de riesgo de exposición. Adicionalmente, una desventaja que se presenta de forma general con el uso de los EPIs es que genera una percepción errónea de invulnerabilidad, lo cual hace que los bomberos se expongan con mayor seguridad a situaciones de más peligrosidad de lo necesario y esto podría causar desenlaces fatales. (Prevención Integral & ORP, 2016).

Generalidades teóricas de la descontaminación de Equipos de Protección Individual

Es fundamental conocer el significado de descontaminación porque se refiere al proceso de cuidado y mantenimiento de los conjuntos de protección que utiliza el personal bomberil para diversos casos de atención de emergencias tales como: incendios estructurales, asistencia de fluidos derramados, desastres naturales, en algunos casos atención prehospitalaria, por ello el proceso de descontaminación consiste en la eliminación de los residuos de los agentes contaminantes con una limpieza avanzada o especializada aplicando elementos químicos y sanitizantes, con la intención de proveer seguridad a los equipos de protección que utilizan los bomberos. (Bomberos Quito, 2022).

Para que el proceso de desinfección se realice en los equipos de protección personal del personal de los bomberos, es necesario contar con una unidad de descontaminación de los EPIs, la cual será utilizada cuando los equipos



utilizados presentan elementos contaminantes que podrían poner en riesgo la integridad del personal que los porta, esta unidad incluye algunas particularidades que permiten el proceso de descontaminación de forma eficaz, manteniendo los equipos en perfecto estado. (García Rodríguez et al., 2018).

La importancia de la descontaminación de los EPIs es un proceso esencial que garantiza seguridad y prevención en la salud del personal de bomberos porque diariamente están expuestos a agentes biológicos, químicos o radiológicos, acorde a las situaciones de emergencias que enfrenten. Además, la correcta descontaminación y limpieza de los equipos de protección personal permiten que la vida útil del mismo sea prolongada y sobre todo previene la transmisión de agentes patógenos y protege a los usuarios de posibles infecciones o contaminación cruzada que puede ocasionar infecciones o enfermedades cutáneas o de tipo respiratoria. (Anbu Safety, s. f.; KPN Safety, 2023).

Tipos de descontaminación de los EPIs

Es necesario determinar los tipos de descontaminación existentes, porque cada uno se diferencia de otro para el proceso de desinfección de los EPIs porque depende del agente y nivel de contaminación, en la tabla 2 se presentan las tipologías:



Tabla 2

Tipos de descontaminación de los EPIs

Tipo	Espacio de descontaminación	Descripción	Tiempos
Descontaminación nivel 1 o primaria	Lugar del incidente	Limpieza de prendas y equipos del personal que tuvo contacto directo con material contaminante que estuvo dentro del incendio.	Se estima un tiempo de 10 a 20 minutos.
Descontaminación nivel 2	Estación o base	Se lleva a cabo en la estación de bomberos profunda. Consiste en la limpieza de prendas y equipos del personal que tuvo contacto directo o indirecto con material contaminante que estuvo al exterior del incendio.	Se estima un tiempo de 5 a 8 horas.
Descontaminación nivel 3 o avanzada - profunda	Lugar del incidente Estación o base	Se aplica cuando los EPIs han estado expuestos a sustancias altamente peligrosas. Puede incluir descontaminación química con soluciones especializadas; en	Se estima un tiempo de 2 a 8 horas.



algunos casos se requiere la sustitución del equipo si la contaminación es irreversible.

Descontaminación biológica	Estación o base	Se aplica en situaciones donde los EPIs han estado en contacto con agentes biológicos. Por ello, se aplican desinfectantes aprobados y procesos de esterilización como autoclave o tratamientos con peróxido de hidrógeno.	Se estima un tiempo de 2 a 5 horas.
-----------------------------------	-----------------	--	-------------------------------------

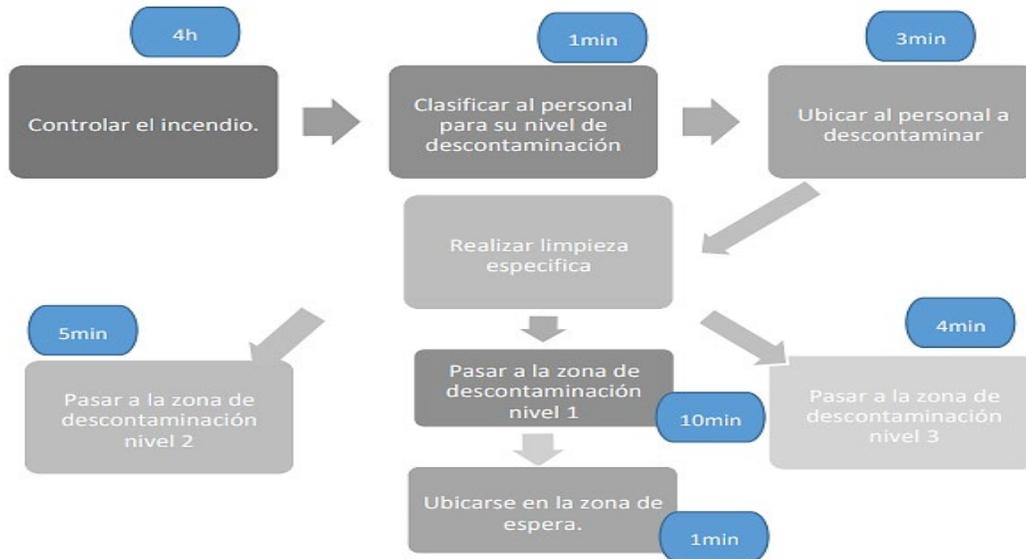
Nota: información recuperada de Robles & Villar (2023)

Es importante mencionar que, para determinar el nivel de descontaminación es necesario pasar por un proceso que permite identificar el tipo de contaminación para que se pueda aplicar las medidas necesarias para que la desinfección sea eficaz acorde a la limpieza que necesita, en la figura 6 se puede visualizar el proceso.



Figura 6

Pasos para el proceso de descontaminación de los EPIs



Nota: información recuperada de Robles & Villar (2023)

Procesos de descontaminación

De acuerdo al análisis que se ha realizado en los apartados anteriores se pudo evidenciar la importancia que radica la descontaminación de los equipos de protección personal de los bomberos, porque tiene varias implicaciones desde el punto de vista del bienestar de salud y seguridad, así como el mantenimiento de la eficacia de los EPIs, a continuación, se detalla el proceso que se debe aplicar para la descontaminación.

- Descontaminación en el lugar del incidente: consiste en una limpieza preliminar inmediatamente después de la exposición a contaminantes, su propósito es reducir la carga de sustancias peligrosas. Por ello, es necesario el retiro controlado del EPI, pero siguiendo procedimientos que minimicen el contacto con contaminantes, manteniendo el debido cuidado con la



protección respiratoria que se porta hasta que el EPI esté completamente retirado. (Seguridad Minera, 2017)

- Transporte y almacenamiento temporal: después de la descontaminación inicial es importante que se realice un embalaje adecuado de los EPIs contaminados, colocándolos en bolsas selladas para evitar la propagación de contaminantes durante el traslado (López, 2016). Además, es necesario que el transporte seguro garantice que los EPIs no generen contaminación cruzada. (Seguridad Minera, 2017)

- Descontaminación en la estación o centro especializado: cuando los equipos ya se encuentren en la estación se procede a realizar una limpieza más profunda y meticulosa, pero antes de ello es necesario que, se realice una evaluación de los EPIs para determinar daños, así como los niveles de contaminación para establecer el cuidado en la descontaminación. Una vez realizada la evaluación se procede a colocar en lavadoras industriales diseñadas para equipos de protección, también se agregan detergentes específicos y ciclos de lavado controlados, acorde a la necesidad de descontaminación de los EPIs. En algunos casos se aplicará la limpieza empleando agentes químicos adecuados para el proceso de descontaminación acorde al tipo de contaminación. (Drager, 2021)

- Secado y almacenamiento: al finalizar el proceso de descontaminación mediante la limpieza se procede al secado de los EPIs manteniendo condiciones controladas para evitar la presencia de humedad, moho o bacterias. Por tal razón, se realiza una última inspección con la intención de verificar la limpieza e integridad de los equipos antes de su almacenamiento. Para el almacenamiento es importante que se realice en espacios limpios, secos y protegidos de contaminantes, así como



de condiciones que puedan degradar los materiales. (Drager, 2021; Robles & Villar, 2023)

- Descontaminación avanzada: este tipo de procedimiento se aplica cuando existe la exposición de los EPIs a sustancias altamente peligrosas, por ello es necesario aplicar técnicas de descontaminación avanzadas, como tratamientos químicos específicos o el uso de tecnologías como el ozono o ultrasonidos, acorde a las recomendaciones que plantea el fabricante. (Drager, 2021)

Además, como parte de este estudio, se aplicó una encuesta al personal del Cuerpo de Bomberos de Cuenca para analizar qué método utilizan para el proceso de descontaminación y limpieza de los equipos de protección individual de lo cual se obtuvo que el 60,98% de encuestados manifiestan que emplean agua con jabón, en otros casos el 12,20% manifiestan que se usa el lavado especializado con equipos dentro de las estaciones y agua con jabón, y una minoría mencionan que se emplea el ozono. La información se puede visualizar en la tabla 3. La información destacada con estos resultados es importante porque permite visualizar que existe la necesidad de una estandarización de los procesos de descontaminación de los EPIs, con la finalidad de resguardar la seguridad física y de salud del personal de los bomberos.



Tabla 3

Método utiliza para la descontaminación de su EPI

Métodos	Total
Lavado con agua y jabón	60,98%
Lavado con agua y jabón, Desinfectantes químicos, Lavado especializado con equipos dentro de las estaciones	4,88%
Lavado con agua y jabón, Lavado especializado con equipos dentro de las estaciones	12,20%
Lavado con agua y jabón, Lavado especializado con equipos dentro de las estaciones, Desinfección y desodorización por ozono	2,44%
Lavado especializado con equipos dentro de las estaciones	12,20%
Lavado especializado con equipos dentro de las estaciones, Ozono	2,44%
Un cuarto de ozono	2,44%
Ninguno	2,44%
Total general	100%

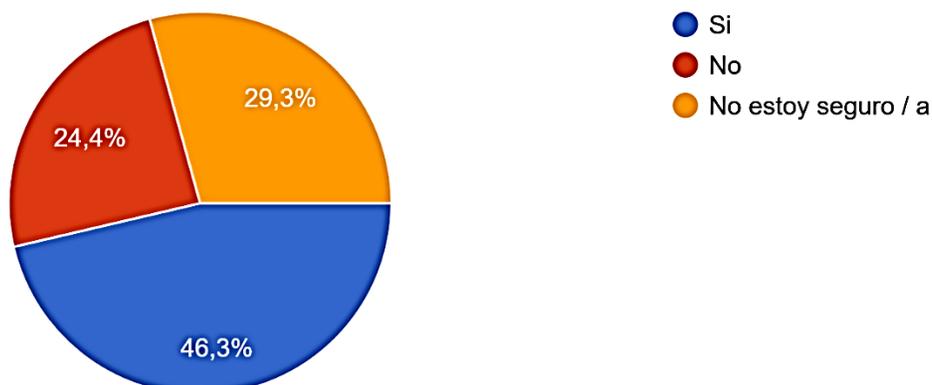
Nota: la información presentada en esta figura es el resultado de la aplicación de una encuesta al Cuerpo de Bomberos de Cuenca.

Adicionalmente, a los métodos de descontaminación que se utiliza en las unidades del cuerpo de bomberos de Cuenca se complementó con los resultados obtenidos de la encuesta aplicada con relación al punto de vista sobre si los métodos de actualidad que utilizan para la descontaminación son adecuados, de lo cual se obtuvo que, el 46,3% mencionan que, si es adecuado, mientras que el 29,3% expresan que no están seguros y el 24,4% manifiestan que no es adecuado. Estos resultados permiten analizar que existe disparidad en cuanto a la perspectiva de los métodos de contaminación de lo cual se puede plantear que existen estaciones en algunos casos no cumplen con las normas a pesar que existe uniformidad en lo expedido por la central de bomberos. La información se puede apreciar en la figura 7.



Figura 7

Perspectiva de los métodos adecuados de descontaminación actuales de las Unidades de Bomberos de Cuenca.



Nota: la información presentada en esta figura es el resultado de la aplicación de una encuesta al Cuerpo de Bomberos de Cuenca.

Riesgos de contaminación luego de cada incidente abordado por los bomberos

Luego de la asistencia de los bomberos a algún incidente, están expuestos a riesgos de contaminación de diferente tipo entre ellos se especifican los siguientes:

Contaminación química: la fuente de este tipo de contaminación se debe al humo de incendios, materiales peligrosos, productos tóxicos como: asbesto, benceno y plomo, en el caso que la exposición sea contaste y no se realice la intervención con los equipos necesarios, el personal puede desarrollar cáncer, enfermedades respiratorias, intoxicaciones y en algunos casos daños en órganos internos. (Drager, 2020).

Contaminación biológica: este tipo de contaminación involucra el contacto con sangre, fluidos corporales, moho y aguas contaminadas. En el caso de no utilizar las medidas de protección necesarias el personal bomberil



podría estar expuesto a: infecciones, enfermedades virales y bacterianas y en ciertos casos afecciones cutáneas. (Academia Nacional de Bomberos, 2015; Drager, 2020).

Contaminación física: en este caso de contaminación se por la el contacto con residuos sólidos, escombros y radiación térmica, por lo cual, si no existe el uso de EPIs adecuados se podría exponer a quemaduras, lesiones por partículas suspendidas y fatiga térmica, siendo estos un detonante en el deterioro de la salud. (Drager, 2020; Organización de Bomberos Americanos, 2021).

Con el análisis documental que se realizó se puede evidenciar la necesidad de que existan procesos adecuados de descontaminación de los equipos de protección individual del personal de los bomberos, porque se trata de un punto crítico con relación a la salud y efectividad de los bomberos, adicionalmente porque la limpieza y descontaminación genera seguridad en la estabilidad física y de salud de quienes portan los equipos en mención.

Al existir riesgos de contaminación en los abordajes de las situaciones de emergencias que realizan los bomberos es necesario que los EPIs sean descontaminados y lavados mediante procesos de limpieza profundos, por ello la frecuencia de descontaminación depende del tipo de exposición al que estén expuestos, además se rige también acorde a la normativa de cada país e institución. Aunque el proceso de descontaminación debe ser rutinario, es decir se debe realizar después de cada intervención ya sea que haya estado expuesto a polvo, humo o suciedad superficial. (KPN Safety, 2023).



En ciertas ocasiones, la descontaminación de los equipos se realiza de forma programada o avanzada, esto se plantea cuando existieron exposiciones moderadas a sustancias peligrosas, por tal razón se emplean equipos de lavado especializados y productos de limpieza específicos que no dañen los materiales que componen a los EPIs. (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, 2020).

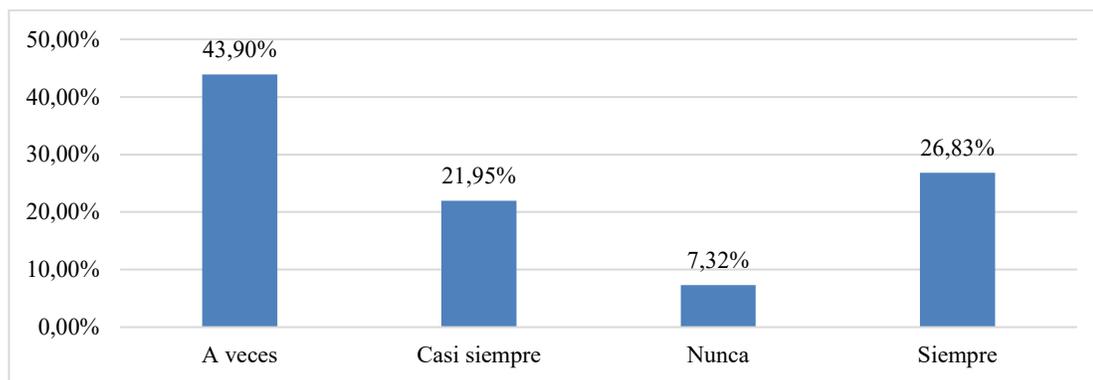
También, existe la descontaminación profunda, la cual se emplea cuando existen intervenciones estructurales, exposición a sustancias químicas, biológicas o carcinógenas, por ello, se debe realizar inmediatamente la descontaminación utilizando métodos aprobados y en instalaciones adecuadas, además es importante mencionar que algunos EPIs podrían requerir desinfección o en algunos casos el reemplazo. (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, 2020).

Para complementar este análisis se procedió a levantar información en el Cuerpo de Bomberos de Cuenca de lo cual, se pudo evidenciar que la frecuencia de descontaminación y limpieza de los EPIs, a lo cual se obtuvo que el 43,90% mencionó que se realiza a veces, mientras que el 26,83% asegura que es siempre, aunque el 21,95% indica que el proceso se da casi siempre y el 7,32% expresa que nunca. Por lo cual, la información permite tener un panorama claro sobre la situación de la descontaminación que debe llevar el cuerpo de bomberos con respecto a los EPIs al ser estos los elementos fundamentales para la protección y seguridad de su integridad física y de salud. En la figura 8 se puede analizar los resultados.



Figura 8

Frecuencia con la que se realiza la descontaminación de los EPI después de una emergencia



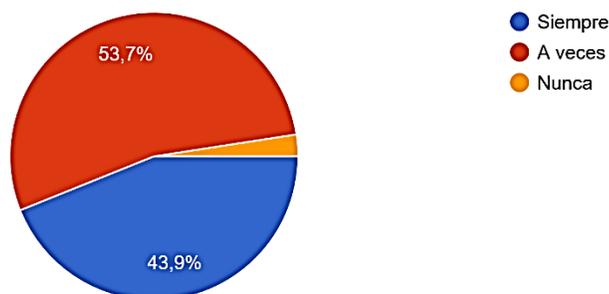
Nota: la información presentada en esta figura es el resultado de la aplicación de una encuesta al Cuerpo de Bomberos de Cuenca.

Después de una emergencia que ha sido atendida por el cuerpo de bomberos es necesario un proceso de inspección del equipo de protección individual para determinar el tipo de descontaminación que necesita y con ello realizar la limpieza, desinfección o descontaminación adecuada aplicando las normas necesarias acorde a lo que dicten las normas de cada institución. Al ser este estudio un proceso preliminar para la propuesta de estandarización de descontaminación de los EPIs del Cuerpo de Bomberos de Cuenca, se ejecutó un levantamiento de información con una encuesta de lo cual se obtiene que la frecuencia de inspecciones es siempre esto asevera el 43,9%, mientras que el 53,7% expresa que la inspección se da a veces y el 2,4% menciona que nunca se da. Estos resultados radican en analizar la importancia que requiere este proceso porque de ello dependerá el cuidado y el método de descontaminación que requieren los equipos, también para asegurar su tiempo de vida útil. En la figura 9 se puede analizar los resultados obtenidos.



Figura 9

Frecuencia de inspección del EPI



Nota: la información presentada en esta figura es el resultado de la aplicación de una encuesta al Cuerpo de Bomberos de Cuenca.

Para que el proceso de descontaminación de los EPIs se realice adecuadamente es necesaria la preparación y capacitación constante del personal del cuerpo de bomberos porque la eficacia de este proceso es responsabilidad de cada miembro de la institución. Así también, es responsabilidad de las unidades de bomberos garantizar que el personal reciba capacitación sobre la descontaminación, limpieza y desinfección del equipo de protección personal o individual, además es necesario que se establezcan y respeten los protocolos para el proceso de descontaminación para que se realice un adecuado mantenimiento y sobre todo que los equipos tengan mayor utilidad y funcionalidad. (Organización Mundial de la Salud, s. f.)

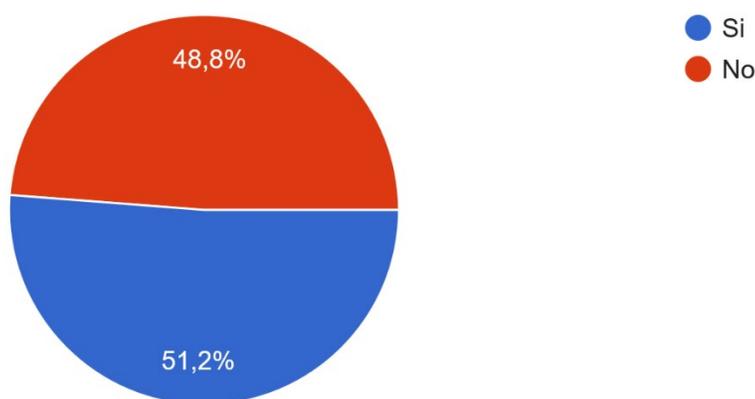
En ese contexto, con la encuesta aplicada al personal del cuerpo de bomberos de Cuenca se pudo determinar si mantienen capacitaciones sobre procesos de descontaminación de los equipos de protección personal o individual, de lo cual manifestó el 51,2% que si han mantenido



capacitaciones formales, mientras que el 48,8% expresó que no han tenido dichas capacitaciones, además se puede complementar que en la encuesta de forma directa con los involucrados se obtuvo información verbal en la que indicaban que en algunas ocasiones las capacitaciones no eran planificadas sino espontáneas, lo cual genera cierta insatisfacción porque la mayoría del personal no puede asistir o tuvieron razón de la noticia de capacitaciones cuando estas ya se dictaron. La información descrita se puede analizar en la figura 10.

Figura 10

Capacitaciones formales de descontaminación de los equipos de protección individual de los bomberos de Cuenca



Nota: la información presentada en esta figura es el resultado de la aplicación de una encuesta al Cuerpo de Bomberos de Cuenca.

Finalmente, la revisión documental realizada permitió analizar la importancia del proceso de descontaminación del equipo de protección personal o individual, enfatizando que es un aspecto fundamental para garantizar la seguridad y salud de los bomberos que son quienes utilizan estos equipos con mayor frecuencia en las actividades que realizan.



También, se puede destacar que a lo largo de este estudio se ha evidenciado que los riesgos de mayor cuidado son los contaminantes tóxicos, biológicos y químicos, por ello es indispensable la implementación de protocolos estandarizados de descontaminación dentro de los bomberos de Cuenca.

La investigación permitió destacar que es necesario el proceso de formación mediante capacitaciones sobre la descontaminación de los equipos de protección personal o individual de los bomberos, porque permitirá que se mantenga uniformidad en el mantenimiento de los equipos acorde a las normas establecidas, porque se busca que los EPIs tengan mayor tiempo de vida y mantengan la eficacia de su funcionalidad ante la protección de los diferentes agentes de contaminación que existen en las labores continuas del personal de los bomberos.

Con el estudio que se realizó se evidencia que siempre es necesaria la presencia de un protocolo estandarizado de descontaminación de equipos de protección personal o individual de los bomberos porque también aporta en la mejora de la seguridad ocupacional y en la eficacia operativa del personal. Además, la uniformidad de los procedimientos, las capacitación planificada y la adopción de tecnologías avanzadas son elementos clave para garantizar que los equipos de protección personal o individual cumplan su función de manera efectiva y segura.

Discusión.

La exposición del personal bomberil a contaminantes peligrosos durante sus actividades diarias se transforma en un problema de salud ocupacional por en la exposición de extinción del fuego en incendios, rescate en estructuras colapsadas y atención de emergencias médicas, al tener



contacto directo con todos los agentes físicos, químicos y biológicos (Fent et al., 2018; Taeger et al., 2023). Por lo tanto, el estudio realizado revela que los equipos de protección individual (EPI) del cuerpo de bomberos de Cuenca posee niveles significativos de hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles y agentes biológicos, lo cual concuerda con los resultados del análisis de la literatura (Bolstad-Johnson et al., 2000; Wolffe et al., 2023) . La contaminación presente en los equipos de protección personal de los bomberos se debe a la exposición contante a diferentes agentes y a la limitada descontaminación de los equipos mencionados.

Uno de los hallazgos significativos del estudio es la debilidad en la uniformidad de en los procedimientos de descontaminación y limpieza de los equipos de protección individual Mientras que el 60,98% de los encuestados manifestó utilizar agua con jabón para la limpieza de sus equipos, un porcentaje menor indicó la aplicación de desinfectantes químicos o el uso de tecnologías avanzadas de descontaminación por ozono, por lo cual estos resultados indican que, pese a la existencia de normativas internacionales como la NFPA 1851 (National Fire Protection Association, 2020). Dichas instituciones destacan la relación entre la ausencia de protocolos de bioseguridad y la inadecuada descontaminación de quipos en escenarios de incendios.

Otro aspecto relevante detectado dentro del estudio es la deficiencia en la capacitación del personal sobre los procedimientos de descontaminación, por lo cual el 51,2% de los encuestados afirmó haber recibido formación, casi la mitad del personal es decir el 48,8% indicó no haber sido capacitado formalmente. Por lo tanto, la falta de capacitación y la ausencia de la



cultura de descontaminación de los EPI podría explicar los problemas en el mantenimiento de los equipos, estos resultados concuerdan con lo expuesto por Acosta al. (2024) en donde destacan la relación de la ausencia de protocolos de bioseguridad y la inadecuada descontaminación de equipos en los diversos escenarios en los que labora el personal de los bomberos.

En este contexto, la adopción de tecnologías avanzadas para la descontaminación de los equipos de protección individual podría optimizar los procesos actuales, de lo cual, investigaciones como de Mayer et al. (2019) han demostrado la efectividad del lavado industrial y el uso de soluciones enzimáticas para eliminar contaminantes residuales de los equipos de protección. También, la aplicación de luz ultravioleta y la descontaminación por ozono han sido identificadas como estrategias complementarias que podrían implementarse en el cuerpo de bomberos de Cuenca porque actúan con mayor eficacia en la eliminación de virus, aunque a largo plazo podrían generar daños a la salud. (García et al., 2021; National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 2023).

Otro elemento relevante es la regulación internacional respecto a la seguridad ocupacional de los bomberos, de lo cual normas como la OSHA 29 CFR 1910.120 establecen protocolos de descontaminación para eliminar residuos peligrosos en equipos y personal (Occupational Safety and Health & Administration [OSHA], 2024). Además, se evidencia la importancia de la categorización de los procedimientos de descontaminación de los equipos acogiendo las siguientes categorías: clasificación de los peligros leves, medianos y muy grandes; procedimientos específicos para sustancias que no pueden ser clasificadas en los grupos antes mencionados y una rutina



inicial acorde a los casos de mayor o menor peligro (Organización Panamericana de la Salud, 2024). A pesar que estas normas son importantes el cumplimiento de las regulaciones es variable en diferentes instituciones, por lo cual existe la necesidad de un seguimiento y regulación para analizar que se cumplan e implementen.

La seguridad ocupacional del personal de los bomberos no solo depende de las tecnologías avanzadas, sino de la concienciación del personal sobre los riesgos asociados a la exposición prolongada a contaminantes (International Organization for Standardization [ISO], 2022). Algunos estudios demuestran que la falta de conciencia sobre la importancia de la descontaminación influye negativamente en la adherencia de los protocolos establecidos (Prevención Integral & ORP, 2016). Por tal razón, es necesario el desarrollo de programas de capacitación y formación continua para reforzar la cultura de descontaminación de los equipos de protección individual dentro de las instituciones bomberiles.

Un elemento relevante que se pudo detectar en el estudio y en el análisis de resultados desde la literatura es que la relación de los materiales de los EPI y su diseño influyen en gran medida en la adecuada limpieza y descontaminación porque ciertos materiales pueden retener más contaminantes con mayor duración de tiempo que otros, lo cual impacta la seguridad del usuario a largo plazo (Mayer et al., 2019). Por tal razón, es importante que las instituciones de los cuerpo de bomberos analicen y evalúen el tipo de material de los equipos de protección individual que adquieren para que se priorice los procedimientos que necesitan para su limpieza y descontaminación minimizando la exposición secundaria (Cuerpo de Bomberos del Ayuntamiento de Madrid, 2020).



Finalmente, la ausencia de protocolos estandarizados de descontaminación en el cuerpo de bomberos representa un riesgo significativo para la salud del personal operativo, además de la exposición prolongada a agentes tóxicos, sumada la falta de medidas sistemáticas de limpieza, podría incrementar la aparición de enfermedades ocupacionales a largo plazo. Por ello, la implementación de procedimientos estandarizados de descontaminación, junto con la capacitación y formación continua, así como la adopción de tecnologías avanzadas permitirán la prevención de riesgos asociados a la contaminación de los equipos de protección individual, aunque un elemento importante es la frecuencia de descontaminación acorde al tipo de exposición que tuvieron los EPI utilizados por los bomberos en alguna intervención porque en el estudio se pudo evidenciar que existe una disparidad entre el mantenimiento y la descontaminación; por ende, es necesario que exista mayor regulación en las normas y en la supervisión de su cumplimiento con la única intención de mejorar la seguridad y eficiencia operativa del personal de bomberos de las diferentes instituciones.

Conclusiones.

Este estudio destaca la necesidad de estandarizar los procesos de descontaminación de los equipos de protección individual en el Cuerpo de Bomberos de Cuenca, también se evidenció en los resultados que la exposición continua a contaminantes peligrosos, como hidrocarburos aromáticos, policíclicos y compuestos orgánicos volátiles, representan un riesgo significativo para la salud de los bomberos. También la falta de uniformidad en los métodos de limpieza y la capacitación insuficiente



contribuyen a una mayor vulnerabilidad del personal ante enfermedades ocupacionales.

Asimismo, la implementación de protocolos estandarizados mejoraría significativamente la seguridad y el bienestar del personal operativo. También, el uso de las tecnologías avanzadas como la descontaminación por ozono y luz ultravioleta, así como el lavado industrial con detergentes especializados se muestran como estrategias eficaces para eliminar los contaminantes de los equipos de protección individual de los bomberos; pero un elemento de mayor impacto que influye en la correcta descontaminación de los equipos es la capacitación y formación continua en procesos de descontaminación y las normativas de cumplimiento.

Otro aspecto relevante es la necesidad de fortalecer las regulaciones internas y la supervisión del cumplimiento de las normativas de seguridad. Por lo tanto, la adopción de estándares internacionales como los de la NFPA y la OSHA con respecto a la seguridad y salud ocupacional de los bomberos y los procesos de descontaminación de los equipos de protección individual contribuirán a minimizar la exposición a sustancias peligrosas y mejora de la eficiencia operativa del personal de las diferentes instituciones de bomberos.

Finalmente, este estudio evidencia que la descontaminación adecuada de los EPI no solo protege la salud de los bomberos, sino también optimiza los recursos destinados a la reposición de los equipos. Por ello, la inversión en procesos de limpieza eficaz y educación sobre la importancia de la descontaminación resultará en una mayor proyección de durabilidad de los equipos y mayor seguridad a la salud e integridad del personal de bomberos.



Recomendaciones.

El desarrollo del estudio permitió evidenciar las necesidades existentes en el Cuerpo de Bomberos de Cuenca y en otras instituciones de acuerdo a los resultados analizados desde la literatura y la aplicación del instrumento de toma de información a los involucrados del estudio, de lo cual se plantean las siguientes recomendaciones:

Implementar un protocolo estandarizado de descontaminación de los equipos de protección individual en todas las estaciones del Cuerpo de Bomberos de Cuenca.

Plantear un programa de capacitaciones de manera periódica para el personal operativo de los bomberos en temas referentes a técnicas de descontaminación, con énfasis en la importancia de eliminación de contaminantes y la prevención de enfermedades ocupacionales.

Proponer la implementación de tecnologías avanzadas de limpieza, como el uso de ozono, luz ultravioleta y detergentes enzimáticos para la mejora de la eficacia y eficiencia de la descontaminación de los equipos de protección individual.

Plantear estándares de seguimiento y evaluación de los materiales de fabricación de los equipos de protección individual del personal operativo de los bomberos para que los procesos de descontaminación sean de fácil limpieza y sobre todo minimicen la retención de agentes contaminantes.

Fomentar la cultura de descontaminación mediante campañas de concienciación y promoviendo la regularización de protocolos de verificación del cumplimiento de las normas regulatorias establecidas en la institución.



Establecer procesos de evaluación y seguimiento de la efectividad de los procedimientos de descontaminación y limpieza de los equipos de protección individual, para determinar planes de mejora continua.

Finalmente, invertir en infraestructura adecuada para la descontaminación de los equipos de protección personal garantizando que cada estación de los bomberos cuente con espacios, equipos y procesos especializados. También, es necesario promover la cooperación con organismos internacionales para la actualización constante de los procedimientos de descontaminación y mantenimiento de los equipos de protección individual de los bomberos, para ello es importante acoger como modelo a las mejores prácticas globales.

Referencias

Academia Nacional de Bomberos. (2015). Jornadas Nacionales de Materiales Peligrosos 2015. Departamento de Materiales Peligrosos, 1-48.

Acosta Caballero, C. D., Arauz Maclaud, J. X., Perez Abrego, L. G., Mero, B., & Madrid, M. (2024). Bioseguridad en la lucha contra incendios en el vertedero de residuos de Cerro Patacón. *Revista Semilla Científica*, 5, 29-45. <https://doi.org/10.37594/sc.v1i5.1367>

Anbu Safety. (s. f.). The Ultimate Guide to Firefighter PPE. Informativo. Recuperado 5 de marzo de 2025, de <https://www.anbusafety.com/es/firefighter-ppe/>

Asociación Nacional de Protección contra el Fuego. (2020). Selección, cuidado y mantenimiento del equipamiento de protección estructural. <https://rasaprotect.com/wp-content/uploads/2020/03/nfpa-1851-instructivo.pdf>



Bolstad-Johnson, D. M., Burgess, J. L., Crutchfield, C. D., Storment, S., Gerkin, R., & Wilson, J. R. (2000). Characterization of firefighter exposures during fire overhaul. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 61(5).
<https://doi.org/10.1080/15298660008984572>

Bomberos Quito. (2022). Guía Para La Selección, Cuidado Y Mantenimiento De Vestimenta Protectora Para Combate De Incendios Estructurales E Incendios De Proximidad Del Cbdmq, En Aplicación A La Norma Nfpa 1851: Vol. I (Número XIII, pp. 1-32).
<https://lotaip.bomberosquito.gob.ec/transparencia/2024/procedimientos/opsig1.pdf>

Carrizo, L. R., Ana, R., & Barragán, C. (2016). Contaminación de los equipos de trabajo y riesgo de cáncer de próstata y testículo, en bomberos. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 62.

CPEWR. (s. f.). Decontamination Participant Manual. Boletín. Recuperado 31 de enero de 2025, de https://www.cpwr.com/wp-content/uploads/publications/07-CPWR-hazwoper_SP_4.0_chap07.pdf

Cuerpo de Bomberos de Riobamba. (s. f.). CONOCE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA LA INTERVENCIÓN EN INCENDIOS. - Cuerpo de Bomberos Riobamba. Informativo. Recuperado 5 de marzo de 2025, de <https://www.bomberosriobamba.gob.ec/eventos/noticias/298-conoce-las-caracteristicas-de-los-equipos-de-proteccion-personal-para-la-intervencion-en-incendios.html>



Cuerpo de Bomberos del Ayuntamiento de Madrid. (2020). MANIOBRA BÁSICA DE DESCONTAMINACIÓN BIOLÓGICA.

<https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Emergencias/Bomberos/Especiales%20Informativos/Cuerpo%20de%20Bomberos/COVID%2019/Intervenci%C3%B3n/Ficheros%20Intervenci%C3%B3n/MANIOBRA%20B%C3%81SICA%20DESCONTAMINACION%20BIOLOGICA.pdf>

Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito. (2020).

Bomberos Quito trabaja bajo normas de bioseguridad. Noticias. <https://www.quitoinforma.gob.ec/2020/03/27/bomberos-quito-trabaja-bajo-normas-de-bioseguridad/>

Drager. (2020). Salud y seguridad de los bomberos.

https://www.draeger.com/es_es/Safety/Fire-Services/Healthy-And-Safety

Drager. (2021). Limpieza profesional de equipos de protección individual para los cuerpos de bomberos.

Drägerwerk AG. (2021). Limpieza profesional de equipos de protección individual para los cuerpos de bomberos.

<https://www.draeger.com/Content/Documents/Products/cleaning-equipment-br-9110449-es-es.pdf>

Fent, K. W., Evans, D. E., Babik, K., Striley, C., Bertke, S., Kerber, S., Smith, D., & Horn, G. P. (2018). Airborne contaminants during controlled residential fires. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 15(5). <https://doi.org/10.1080/15459624.2018.1445260>



García Rodríguez, C., Cruz Norro, J., & Gómez Izquierdo, L. (2018). Intervenciones de los bomberos en situaciones con riesgo de exposición al amianto [Universidad de Las Palmas de Gran Canaria]. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/96820/1/Intervenciones%20de%20los%20bomberos%20en%20situaciones%20con%20Oriesgo%20de%20exposici%C3%B3n%20al%20amianto.pdf>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2018). Ropa de protección para bomberos. <https://www.insst.es/documents/94886/538970/Ropa+de+proteccion+para+bomberos.pdf/4cdbc88e-fb66-4ec6-a3f1-ed9aa6cbb4fa>

International Organization for Standardization [ISO]. (2022). Mantener nuestro cuerpo de bomberos a salvo. [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/News_archive/2022/07/Firefighters/FOCUS_Keeping%20our%20firefighters%20safe%20TEMPLATE_AC%20\(S\).pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/News_archive/2022/07/Firefighters/FOCUS_Keeping%20our%20firefighters%20safe%20TEMPLATE_AC%20(S).pdf)

KPN Safety. (2023). Limpieza y almacenamiento de equipos respiratorios de seguridad. <https://www.kpnsafety.com/limpieza-almacenamiento-equipos-respiratorios-seguridad/>

López Hinojo. (2016). Higienización y Limpieza Equipos de Protección Respiratoria Protocolos Post incidente.

Mayer, A. C., Fent, K. W., Bertke, S., Horn, G. P., Smith, D. L., Kerber, S., & La Guardia, M. J. (2019). Firefighter hood contamination: Efficiency of laundering to remove PAHs and FRs. *Journal of Occupational and*



Environmental Hygiene, 16(2).
<https://doi.org/10.1080/15459624.2018.1540877>

MedlinePlus. (s. f.). Limpieza de suministros y equipos. Biblioteca Nacional de Medicina . Recuperado 31 de enero de 2025, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000443.htm>

National Fire Protection Association. (2020). NFPA 1581: Standard on Fire Department Infection Control Program. <https://submittals.nfpa.org/TerraViewWeb/ViewerPage.jsp>

National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH]. (2023). Personal Protective Equipment. <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/osha3151.pdf>

NFPA. (2018). Validación de la limpieza de EPP y equipos de bomberos. <https://www.nfpa.org/es/education-and-research/research/fire-protection-research-foundation/projects-and-reports/investigation-of-turnout-clothing-contamination-and-validation-of-cleaning-procedures>

Occupational Safety and Health, & Administration [OSHA]. (2024). Heat Injury and Illness Prevention in Outdoor and Indoor Work Settings. DEPARTMENT OF LABOR . <https://www.osha.gov/sites/default/files/laws-regs/federalregister/2024-08-30.pdf>



Organización de Bomberos Americanos. (2021). Los riesgos del trabajo bomberil. <https://bomberosamericanos.org/es/noticias/Los-riesgos-del-trabajo-bomberil>

Organización Mundial de la Salud. (s. f.). Cuidado, limpieza, desinfección y esterilización de los equipos de protección. Informe. Recuperado 5 de marzo de 2025, de https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/care-cleaning-disinfection-and-sterilization-es.pdf?sfvrsn=c2b0d672_7&utm_source.com

Organización Panamericana de la Salud. (2024). Guía para descontaminación de bomberos y su equipo después de incidentes con materiales peligrosos. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO). https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/59415/9275370230_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Prevención Integral & ORP. (2016). Una revisión científica concluye que los equipos de trabajo de los bomberos pueden ser responsables de la absorción de tóxicos cancerígenos vía cutánea. Prevención Integral & ORP Conference. https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2017/07/25/revision-cientifica-concluye-que-equipos-trabajo-bomberos-pueden-ser-responsables-absorcion-toxicos?utm_source.com

Garcia-Carpintero, E. E., Cárdaba-Arranz, M., & Sanchez-Gomez, L. M. (2021). Revisión bibliográfica sobre eficacia y seguridad de la luz ultravioleta y ozono para la desinfección de superficies. En Revisión



bibliográfica sobre eficacia y seguridad de la luz ultravioleta y ozono para la desinfección de superficies. Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). <https://doi.org/10.4321/repisalud.10618>

Robles Agama, V. H., & Villar Labastida, A. (2023). Diseño De Un Manual De Procedimiento De Descontaminación De Los Equipos De Bomberos Luego De Atender Emergencias De Incendios [Universidad Indoamérica].

<https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5544/1/ROBLES%20AGAMA%20VICTOR%20HUGO.pdf>

Seguridad Minera. (2017). Manual para la limpieza y descontaminación de equipos de protección de bomberos y equipos de emergencia. https://revistaseguridadminera.com/publicaciones/manual-la-limpieza-descontaminacion-equipos-proteccion-bomberos-equipos-emergencia/?utm_source.com

Taeger, D., Koslitz, S., Käfferlein, H. U., Pelzl, T., Heinrich, B., Breuer, D., Weiss, T., Harth, V., Behrens, T., & Brüning, T. (2023). Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons assessed by biomonitoring of firefighters during fire operations in Germany. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 248. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114110>

US Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. (2021). Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/enforcement/2019-enforcement-summary>



Vanegas, R. (2019). Descontaminación. Congreso Internacional de Bomberos.

https://www.bomberosbogota.gov.co/sites/default/files/Documentacion/Presentacion_3er_Congreso_2019/3.5%20TERCER%20TEMA%20-RODOLFO%20VANEGAS%20.pdf

Wolffe, T. A. M., Clinton, A., Robinson, A., Turrell, L., & Stec, A. A. (2023). Contamination of UK firefighters personal protective equipment and workplaces. *Nature portfolio*, 13(65), 1–12.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-25741-x>

