


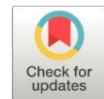


Simulación de conatos de incendio en almacenes de calzado de poliuretano utilizando ignífugos inorgánicos

Simulation of fire outbreaks in polyurethane footwear warehouses using inorganic fire retardants

- ¹ Kevin Antonio Córdova Morales  <https://orcid.org/0009-0006-5749-2490>
Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
kcordova@uta.edu.ec
- ² Luis Alberto Morales Perrazo  <https://orcid.org/0000-0002-0921-262X>
Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
luisamorales@uta.edu.ec
- ³ Manolo Alexander Córdova Suarez  <https://orcid.org/0000-0001-6786-7926>
Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
manolo.cordova@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/11/2023

Revisado: 18/12/2023

Aceptado: 16/01/2024

Publicado: 21/02/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.1.2958>

Cítese:

Córdova Morales, K. A., Morales Perrazo, L. A., & Córdova Suarez, M. A. (2024). Simulación de conatos de incendio en almacenes de calzado de poliuretano utilizando ignífugos inorgánicos. *Conciencia Digital*, 7(1.1), 166-179. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i1.1.2958>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras

claves: CFAST, Smokeview, Ignífugos, humo, incendio.

Resumen

Introducción: en la actualidad, se ha observado un incremento significativo en la cantidad de incendios que afectan especialmente a tiendas comerciales de calzado, sin que se adopten medidas preventivas eficaces para reducir las posibles pérdidas. Se llevó a cabo una simulación de un almacén de calzado de poliuretano utilizando el software *Consolidated Model of Fire and Smoke Transport (CFAST)* y el visualizador de humo SmokView. Para tener un punto de comparación primero se modeló el escenario de incendio sin implementar ninguna medida de prevención o control. Luego, se simuló un segundo escenario de incendio diseñando un sistema de *Sprinklers* de agua en la sala del recinto con más carga térmica siguiendo la norma UNE 12845 y la norma NFPA 13. Después, para comprobar la eficacia del desalojo del humo y la temperatura del incendio en el recinto se utilizó un ignífugo inorgánico a base de $Mg(OH)_2$ en el agua de alimentación del sistema de *Sprinklers* modificando la Curva de Crecimiento de Calor (CCC) en un 18%. **Objetivos:** Los objetivos del estudio fueron evaluar la eficacia de diferentes estrategias de mitigación de incendios en un almacén de calzado mediante simulaciones con el software CFAST, identificando tecnologías innovadoras para reducir la liberación de potencia del fuego (HRR) y optimizar los tiempos de activación de los sistemas de supresión. **Metodología:** La simulación del incendio se realizó utilizando el software CFAST, considerando las condiciones ambientales de la ciudad de Ambato y las propiedades termodinámicas de los materiales del almacén de calzado. Se diseñó un sistema de *Sprinklers* de agua según las normativas NFPA 13 y UNE 12845. Además, se evaluó el efecto del ignífugo inorgánico a base de $Mg(OH)_2$ en el sistema de *Sprinklers*. **Resultados:** los resultados indican un tiempo de saturación de humo de 1510seg y una temperatura del recinto de 34°C a los 34seg sin sistema contra incendio. En la simulación son sistema contra incendios a base agua se determinó: a) el tiempo de saturación de humo en todas las salas a los 67seg, b) el tiempo necesario para enfriar el recinto fue en 1500 seg. para llegar a 34°C. Finalmente, la simulación de incendio utilizando el ignífugo redujo un 22.56 % el tiempo de enfriamiento del recinto hasta llegar a una temperatura fría de 35 °C. La simulación se realizó para la ciudad de Ambato, a una altitud de 2560 m, con una temperatura de 16 °C, una presión de 97172.02 Para una humedad relativa del 65 % y una

cantidad límite de oxígeno del 15 %. **Conclusiones:** La implementación de estrategias de mitigación de incendios, como el uso de sistemas de Sprinklers de agua y el empleo de ignífugos inorgánicos, puede reducir significativamente los tiempos de respuesta ante un incendio y minimizar el riesgo de pérdidas materiales y humanas en establecimientos comerciales de calzado. Es crucial considerar la eficacia técnica y la viabilidad económica de estas medidas para promover su adopción en la normativa local y mejorar la seguridad contra incendios en todo el sector comercial. **Área de estudio general:** Ingeniería. **Área de estudio específica:** Prevención y Control de Incendios.

Keywords:

CFAST,
Smokeview,
Flame
retardants,
smoke, fire.

Abstract

Introduction: currently, a significant increase has been observed in the number of fires that especially affect commercial footwear stores, without effective preventive measures being adopted to reduce possible losses. A simulation of a polyurethane footwear warehouse was carried out using the Consolidated Model of Fire and Smoke Transport (CFAST) software and the SmokView smoke viewer. To have a point of comparison, the fire scenario was first modeled without implementing any prevention or control measures. Then, a second fire scenario was simulated by designing a water sprinkler system in the enclosure room with the highest thermal load following the UNE 12845 standard and the NFPA 13 standard. Afterwards, to check the effectiveness of the smoke removal and the temperature of the fire in the premises, an inorganic fire retardant based on Mg (OH)₂ was used in the feed water of the Sprinklers system, modifying the Heat Growth Curve (CCC) by 18%. **Objectives:** The objectives of the study were to evaluate the effectiveness of different fire mitigation strategies in a footwear warehouse through simulations with CFAST software, identifying innovative technologies to reduce firepower release (HRR) and optimize fire activation times. suppression systems. **Methodology:** The fire simulation was carried out using the CFAST software, considering the environmental conditions of the city of Ambato and the thermodynamic properties of the materials in the footwear warehouse. A water Sprinkler system was designed according to NFPA 13 and UNE 12845 regulations. In addition, the effect of the inorganic fire retardant based on Mg (OH)₂ on the Sprinkler system was evaluated. **Results:** the results indicate a smoke saturation time

of 1510sec and an enclosure temperature of 34°C at 34sec without a fire protection system. In the simulation of a water-based firefighting system, the following were determined: a) the smoke saturation time in all rooms at 67 seconds, b) the time necessary to cool the room was 1500 seconds. to reach 34°C. Finally, the fire simulation using the fire retardant reduced the cooling time of the room by 22.56% until it reached a cold temperature of 35 °C. The simulation was carried out for the city of Ambato, at an altitude of 2560 m, with a temperature of 16 °C, a pressure of 97172.02 for a relative humidity of 65% and a limit amount of oxygen of 15%.

Conclusions: The implementation of fire mitigation strategies, such as the use of water sprinkler systems and the use of inorganic fire retardants, can significantly reduce response times in the event of a fire and minimize the risk of material and human losses in commercial establishments. footwear. It is crucial to consider the technical effectiveness and economic viability of these measures to promote their adoption into local regulations and improve fire safety throughout the commercial sector.

1. Introducción

La mayoría de los siniestros en almacenes de expendio de calzado es muy significativa y persisten debido a la composición química de los materiales involucrados en la combustión que genera el fuego, especialmente los materiales combustibles de las suelas de calzado a base polímeros. La condición de estos lugares de comercio tradicionales no cumple con la mayoría de reglamentación determinada para control de incendios lo que genera condiciones inseguras de trabajo por no poseer un sistema contra incendios (Suárez et al., 2021). Estos materiales que ocupan los almacenes de expendio de calzado al momento de un incendio producen una alta carga térmica y muchas especies químicas tóxicas. Además, se conoce que la masa de gases en un incendio con materiales de calzado produce temperaturas elevadas y una cantidad de humo que causan incapacidad en los ocupantes y quemaduras severas dentro y fuera del organismo (Sandoval et al., 2019). Estos incidentes no deseados son responsables de la mayoría de las pérdidas, no solo en entornos industriales, sino también en hogares y edificaciones familiares (de Silva et al., 2024).

La combustión de zapatos deportivos y escolares en incendios de almacenes de expendio tradicionales tienen la capacidad de generar Dioxinas, Furanos, Dióxido de Carbono,

Monóxido de Carbono y Material Particulado que pueden acelerar los procesos de intoxicación y causar incapacidad de movimiento y pérdida de conciencia en las personas que lo respiran (Flores, 2018). Las regulaciones locales exigen medidas de prevención que los empleadores intentan cumplir, pero por falta de conocimiento solo llegan a establecer planes de acción administrativos o señalética preventiva, lo que resulta ineficiente (Rodríguez, 2008). Una de las alternativas para controlar incendios es desarrollar sistemas de detección y accionamiento automático a base de agua. Pero en la actualidad estos sistemas contra incendio se pueden mejorar con el uso de agua y una mezcla de sustancias que ayudan a retardar el incendio y a extinguir la acción del fuego. Estos compuestos conocidos como ignífugos son de origen orgánico, aunque se han desarrollado materiales más amigables con el medio ambiente y tienen la misma e incluso una mejor capacidad de respuesta en incendio y son de origen inorgánico (Sierra, 2010).

Los tratamientos con ignífugos inorgánicos reducen el tiempo que tardan los materiales en encenderse y quemarse al entrar en contacto con el fuego, mejorando sus reacciones y proporcionando más tiempo para que las personas escapen o sean rescatadas en caso de quedar atrapadas en un espacio confinado. El Hidróxido de Aluminio $\text{Al}(\text{OH})_3$ e Hidróxido de Magnesio $\text{Mg}(\text{OH})_2$ son retardantes comunes utilizados para mitigar los incendios, y se pueden aplicar en diversas superficies combustibles (Córdova-Suárez et al., 2021). Aunque estos esfuerzos se han centrado en la reducción de costos, los materiales ignífugos se utilizan desde hace varias décadas. En la actualidad, hay una mayor conciencia sobre su uso y beneficios, y los constructores modernos incorporan estos materiales en paredes, suelos, techos, acabados y muebles. Por lo tanto, probar estas alternativas de solución pueden resultar muy costosas y peligrosas ya que involucra escenarios de fuego vivo y consumo de materiales para ver su eficacia. Entonces se pueden optar por soluciones más factibles como es el uso de la simulación de incendios (Alvear, 2007). Estas herramientas proporcionan una tabla de resultados rápidos y visuales para encontrar la mejor alternativa de solución y evitar un incendio y sus consecuencias. Existen muchas herramientas informáticas para modelar y simular incendios, pero son costosas. Aunque los softwares comerciales como el PiroSym dan buenos resultados existen alternativas como el *Consolidated Fire and Smoke Transport (CFAST)* que, aunque no utilizan modelos de campo manejan ecuaciones por zonas del incendio y dan resultados aceptables. Además, su uso se vuelve más común por ser de acceso gratuito (Romanovsky et al., 2004).

Este estudio realiza una simulación de incendios utilizando muebles de madera tratados con ignífugos inorgánicos a base de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ para evaluar su eficacia mediante la herramienta informática de simulación CFAST y el visualizador SmokView (Sunta, 2021). La investigación servirá como referencia para diseñar sistemas autónomos contra incendios en locales comerciales de venta de calzado.

Objetivos

- Mejorar en un 25% la eficiencia de estrategias de reducción de la curva de liberación de potencia del fuego (HRR), mediante la identificación y aplicación de tecnologías innovadoras y ajustes precisos en el programa CFAST para reflejar de manera más precisa los escenarios de reducción planificada.
- Reducir en un 15% los tiempos de activación de sprinklers y sensores de temperatura, integrando tecnologías avanzadas y optimizando la respuesta temporal de los dispositivos. Se priorizará la mejora de la precisión del programa CFAST en la simulación de la activación de estos sistemas, utilizando datos reales para validar y ajustar los modelos.

2. Metodología

Simulación del Incendio con CFAST

El software CFAST considera los siguientes elementos para su simulación: a) las condiciones ambientales, b) propiedades térmicas de las paredes, techo y suelo, c) dimensiones de cada uno de los compartimentos, d) las ventilaciones de los compartimentos, e) ventilaciones mecánicas en caso de tenerlas, f) los fuegos que se van a originar y todos sus elementos, g) los elementos que ayudaran a detectar y disminuir el fuego, h) las conexiones térmicas entre paredes del recinto del mismo nivel de manera horizontal y vertical (Zurita, 2020). Para el balance de calor considera: a) acumulación de energía, b) trabajo de expansión o compresión de la capa de gases, c) gasto de entrada por entalpía, d) grado de liberación de calor y e) calor transferido. Una vez que se ingresan las condiciones externas, internas del compartimiento y materiales utilizados; las ecuaciones que utiliza el CFAST calculan: a) las cantidades de especies formadas estequiométricamente, b) tiempos de activación de los sistemas de supresión instalados, c) temperaturas de las capas de humo superior e inferior formadas, d) velocidades de las masas de productos de combustión formadas (Boulandier et al., 2001).

CFAST visualiza los resultados de las simulaciones utilizando el programa SmokeView y de acuerdo con las condiciones de intervalos de cálculos determinadas en la etapa de ingreso de datos, este software permite observar en tres dimensiones lo que ocurre durante todo el tiempo de simulación y además si el usuario necesita un análisis individual se puede disponer de los resultados en hojas de Excel que se generan al momento de ejecutar el programa CFAST.

Esta investigación simuló tres casos de incendio a las condiciones ambientales en la ciudad de Ambato. Ver tabla 1.

Tabla 1
Condiciones ambientales de Ambato

Ítem	Valor
Altura	2560 m
Temperatura	16 °C
Presión	97172.0221 Pa
Humedad	65%
Cantidad límite de oxígeno	15%

Además, se definieron las propiedades termodinámicas de los materiales que constituirán el establecimiento comercial. Ver tabla 2.

Tabla 2
Propiedades termodinámicas de los materiales

	Techo	Paredes	Piso
Conductividad (kW/m°C)	0.0029	0.0008	0.0014
Calor específico (Kj/kg°C)	1	0.84	0.837
Densidad (kg/m ³)	600	1800	2220
Grosor del material (m)	0.0127	0.15	0.05
Emisividad	0.9	0.93	0.93

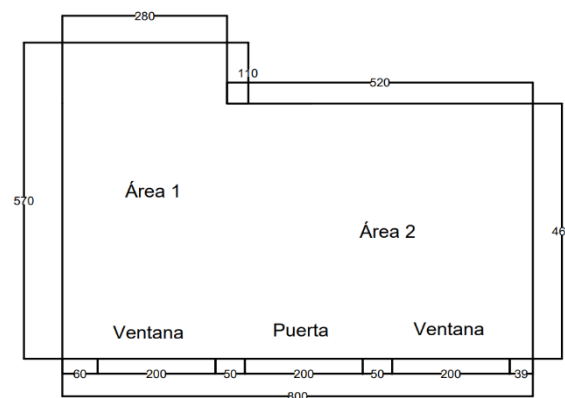
Además, se proporcionaron las características del poder calorífico de combustión de los gases prioritarios, siendo de 27000 kJ/kg, con índices medios molares de carbono (C=6), hidrógeno (H=10), oxígeno (O=5), nitrógeno (N=0) y cloro (Cl=0). La fracción de radiación se estableció en 0,35. La curva de liberación de potencia del fuego, HRR, se describe mediante los valores de 0 kW, 80.5 kW, 322.0 kW, 322.0 kW para los instantes de tiempo 0 s, 90 s, 180 s, 360 s, respectivamente. Además, se indicó que el fuego genera una fracción másica de 0,02 para CO y 0,03 para partículas de hollín

Diseño del sistema de Sprinklers

Para el diseño del sistema de Sprinklers se utilizó la norma NFPA 13 la cual empieza con la selección del tipo de Sprinkler en función del nivel de riesgo de incendio del emplazamiento (Cedeño, 2019). El diseño hidráulico calcula: a) componentes y accesorias del sistema, b) requerimientos del sistema, c) requisitos de instalación, d) métodos de diseño, e) planos y cálculos, f) abastecimientos de agua, g) aceptación del sistema y h) mantenimiento del sistema (Wass et al., 2020). Además, se deben ubicar en los sectores de riesgo, previo un análisis técnico de la carga calorífica y la actividad que se realiza.

Para esta simulación los cálculos de los sistemas de supresión consideraron: a) los valores de caudales de agua, b) densidad de agua por unidad de área cubierta por sprinkler y c) la temperatura de rotura de bulbo según riesgo de incendio en el recinto. No se detalló la distribución de la red en el plano de la vivienda porque se aprovecha la capacidad del CFAST de recomendar la ubicación del sistema de supresión en el centro de la habitación. Se consideró un valor de 10 cm de holgura desde el techo para evitar el contacto con el sensor de temperatura y detectores de humo.

El establecimiento comercial presenta una distribución en planta con una altura del techo del local que varía entre 2,1 m y 3,7 m con respecto al suelo. Además, se establece que el marco inferior de las ventanas se encuentra a 1 m del suelo, y las puertas tienen una altura de 2 m. Las dimensiones iniciales del fuego se describen como 1 m de ancho, 1.25 m de largo y 0.1 m de altura. Ver figura 1.

Figura 1*Condiciones*

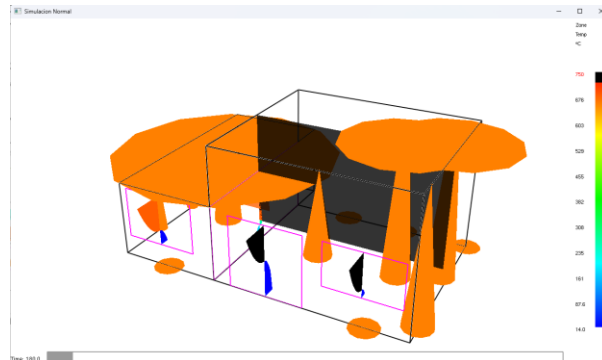
En la segunda evaluación en el software CFAST para el mismo establecimiento de venta de calzado la simulación se centró en la implementación de Sprinklers con agua. No se realizaron modificaciones en el área del incendio, la conductividad térmica, la fracción de radiación ni el calor de combustión. Se mantuvo el mismo espesor de los materiales. Para profundizar el estudio se llevó a cabo una tercera simulación con uso de Sprinklers y uso de ignífugo inorgánico reduciendo la CCC en 22.56 %. No se realizaron ajustes en el área del incendio, la conductividad térmica, la fracción de radiación, el calor de combustión ni el espesor de los materiales, manteniendo constante dichas variables respecto a los casos anteriores.

3. Resultados

En la figura 2 se observa los perfiles de temperatura en condiciones iniciales del emplazamiento sin ningún tipo de medio de control ni prevención de incendios

Figura 2

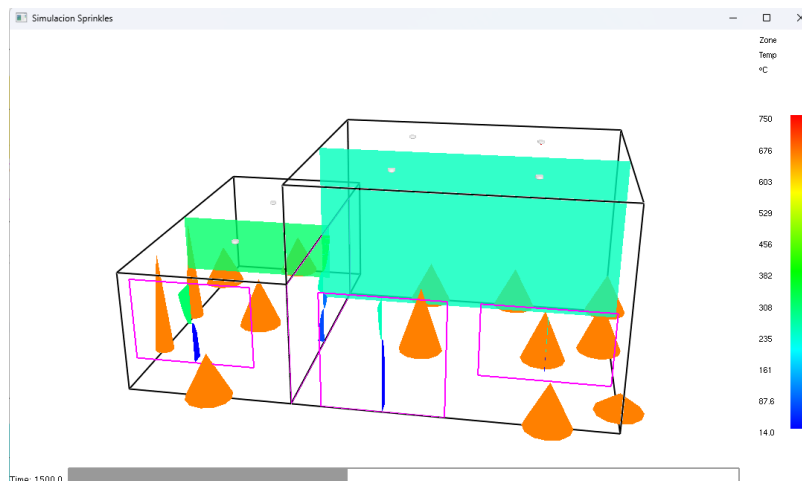
Perfil de temperatura en condiciones normales de incendio



En la figura 3 se observa los perfiles de temperatura en la simulación del incendio con sistema de Sprinklers y agua sin materiales ignífugos inorgánicos. Ver figura 3.

Figura 3

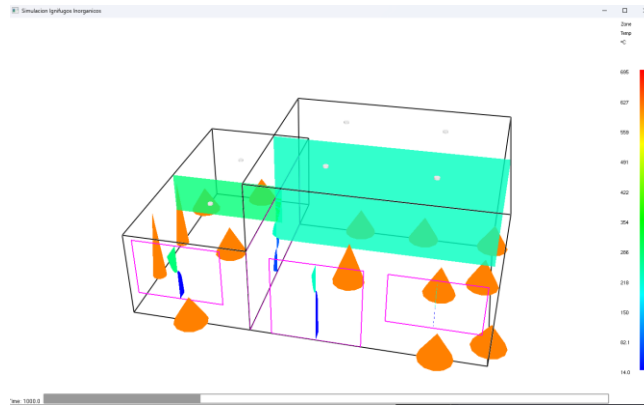
Perfil de temperatura con uso de Sprinklers



En la figura 4 se observa que al disminuir la CCC en un valor de 22.56% por el uso de ignífugos el fuego no se propaga descontroladamente y pueda ser controlado en menor tiempo.

Figura 4

Perfil de temperatura con uso de Sprinklers e ignífugo



En la tabla 3 se muestra el tiempo de enfriamiento y calentamiento de las capas del incendio en todas las condiciones simuladas con CFAST.

Tabla 3

Comparación de los tres casos

Elementos	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Activación del rociador	-	0 s	100 s
Activación sensor	-	80 s	100 s
Tiempo inicial de fuego	0 s	40 s	40 s
Capa caliente	180 s	180 s	180 s
Capa fría	2000 s	1200 s	600 s
Tiempo total de enfriamiento	2000 s	1500 s	1000 s

Discusión

En efecto, aunque los resultados obtenidos con Sprinklers y materiales ignífugos puedan ser comparables, es crucial incluir en el diseño de nuevos locales comerciales de venta de calzado medidas de prevención contra incendios que cumplan con las disposiciones del REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS del Acuerdo Ministerial 1257. Estas normativas están diseñadas para garantizar la seguridad y protección de las personas, así como la preservación de la propiedad en caso de un incidente.

En la fase de simulación, la introducción de parámetros reales es crucial para un análisis más preciso y significativo. Sin embargo, al considerar la implementación de las recomendaciones resultantes, el factor económico emerge como una consideración fundamental. En el contexto ecuatoriano, la escasa normativa relacionada con el uso de sistemas avanzados de control de incendios, como los sprinklers, ha contribuido a la

reticencia en la aplicación de numerosos estudios (Carrillo, 2022). La falta de regulaciones específicas en Ecuador podría generar dudas sobre la viabilidad y aceptación de soluciones que impliquen costos adicionales, especialmente aquellas relacionadas con tecnologías más avanzadas. Esta situación destaca la necesidad de no solo proponer mejoras basadas en simulaciones, sino también abogar por la implementación de normativas que respalden y promuevan la adopción de prácticas y tecnologías más seguras. En este sentido, se sugiere no solo evaluar la eficacia técnica de las soluciones propuestas en la simulación, sino también abordar activamente la concienciación y promoción de estándares de seguridad contra incendios, buscando su integración en las políticas y regulaciones locales. De esta manera, se puede superar la barrera del costo al demostrar no solo la eficiencia técnica, sino también la importancia de estas medidas para la seguridad general y la protección de vidas y propiedades.

4. Conclusiones

- Al reducir la curva de liberación de potencia del fuego (HRR) en un 22.56 %, como se describe en el caso final con valores de 0 kW, 22.5 kW, 122.2 kW y 249.4 kW, se concluyó que la cantidad de fuego es significativamente menor en comparación con el caso inicial. En este último, la propagación del fuego fue más alta. Esta disminución en la liberación de potencia del fuego sugiere que la implementación de la reducción planificada contribuyó eficazmente a controlar y mitigar la extensión del incendio en el escenario final.
- La información proporcionada indica que se han determinado los tiempos de activación de los diferentes elementos de prevención contra incendios mediante el programa CFAST. En el primer caso, que carece de un sistema de control de incendios, no se activaron Sprinklers, y el fuego se extinguió con el tiempo al consumir la mercadería en el interior del local, generando explosiones de vidrios y un exceso de humo en un espacio de 16 m². En el segundo caso, el rociador se activó a los 80 segundos, y en el tercer caso, se activó a los 100 segundos. Luego, se activó el sensor de temperatura a los 80 segundos en el caso uno y a los 100 segundos en el caso dos. En ambos casos, el fuego se inició a los 40 segundos, y la capa caliente comenzó a los 180 segundos. La capa fría se inició a los 1200 segundos en el segundo caso y a los 600 segundos en el tercer caso. El tiempo total de enfriamiento en la sala fue de 1500 segundos en el segundo caso y 1000 segundos en el tercer caso. Estos datos sugieren que la utilización de ignífugos inorgánicos resulta beneficiosa en la gestión de incendios. Además, que el programa CFAST ayuda en gran magnitud a evitar y detectar incendios mediante simulaciones con datos reales, también ofreciendo soluciones a los problemas dentro de una vivienda.

5. Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés

6. Declaración de contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

8. Referencias Bibliográficas

Boulandier, J. J., Esparza, F., Garayoa, J., & Orta, C. (2001). Manual de extinción de incendios. Pamplona, España: Ediciones del Ayuntamiento de Pamplona.

Carrillo, Julian & Cuesta-Olave, Julio & López-Díaz, Juan. (2022). Evaluación de las estadísticas de incendios estructurales en Colombia. Revista EIA, 19(38): 1-18
DOI:[10.24050/reia.v19i38.1575](https://doi.org/10.24050/reia.v19i38.1575)

Cedeño Luque, M. H. (2019). Diseño del sistema hidráulico contra incendio para el Condominio "Janon" aplicando la norma NFPA 13 y 14 [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial, Carrera de Ingeniería Mecánica].

Córdova-Suárez, M., Barreno-Ávila, E., Pozo-Álvarez, D., & Córdova-Suárez, J. (2021). Inorganic flame retardants' efficacy of Aluminum Hydroxide, Magnesium Hydroxide in the combustion rate of intermediate Calamagrostis from Ecuador 'Moorlands. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, 1147(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1147/1/012022>

de Silva, D., Bilotta, A., Tomeo, R., Ruggiero, M., & Nigro, E. (2024). Effect of the fire action on the seismic isolation system for existing reinforced concrete buildings. *Case Studies in Construction Materials*, 20, Article e02727. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02727>

Flores Cusipuma, K. R. (2018). Emergencia en incendio en la empresa San Cristóbal del distrito de Pueblo Nuevo y caso clínico de intoxicación por monóxido de carbono-2017 [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina].

Rodríguez, J. A. N. (2008). Instalaciones de protección contra incendios. FC Editorial.

- Romanovsky, J., Shikin, V., & Shur, Y. (2004). Simulación de la propagación de incendios forestales [En Memorias del Segundo Simposio Internacional Sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección Contra Incendios Forestales: Una Visión Global (pp. 45-52)]. Córdoba, España.
- Sandoval, B., Reyes, T., & Oyarzún, M. (2019). Mecanismos de los efectos nocivos para la salud de la contaminación atmosférica proveniente de incendios forestales. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 35(1): 49-57.
<https://hermandaddebomberos.ning.com/profiles/blogs/material-particulado-en-los-incendios-forestales-articulo-tecnico>
- Sierra, I. B. (2010). Aditivos ignífugos. *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros*, (652): 332-338.
- Suárez, M. A. C., Cevallos, E. P. V., & Lema, G. C. (2021). Eficacia del rediseño de las salidas de emergencia en la evacuación de personas por incendio de un almacén de calzado. Caso simulado con modelos de campo. *Anatomía Digital*, 4(3.1), 138-148.
<https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/AnatomiaDigital/articulo/view/2188>
- Sunta Gordillo, J. F. (2021). Simulación de un sistema contra incendios (CFAST), utilizando una solución ignífuga inorgánica diluida, en el área de producción de pasteurizadora El Ranchito [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos].

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

