



**Comparative studies of technologies for active and passive
protection in industrial plants**

**Estudios comparativos de tecnologías para la protección
activa y pasiva en plantas industriales**

Para citar este trabajo:

Moran López, V. S., Vera Tenorio, E. G., García Intriago, N. M., & Jacome Alarcón, L. F. (2025). Estudios comparativos de tecnologías para la protección activa y pasiva en plantas industriales. Imperium Académico Multidisciplinary Journal, 2(4), 1-13. <https://doi.org/10.63969/m2rare34>

Autores:

Viviana Sulay Moran López

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

vmoranl@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-2957-2006>

Edison Geovanny Vera Tenorio

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

everat@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0006-3343-6160>

Nohelia Madelin García Intriago

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

ngarciai@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-7331-4880>

Luis Fernando Jacome Alarcón

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Quevedo - Ecuador

fjacome_alarcon@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1553-7591>

Autor de Correspondencia: Viviana Sulay Moran López, vmoranl@uteq.edu.ec

RECIBIDO: 17-Junio-2025

ACEPTADO: 01-Julio-2025

PUBLICADO: 15-Julio-2025



Resumen

En plantas industriales, la protección de instalaciones críticas requiere sistemas activos (movilización de energía, sensores, actuadores, supresión) y pasivos (aislamiento, disipación, barreras mecánicas). Los sistemas pasivos ofrecen simplicidad, baja dependencia energética y mantenimiento reducido, pero suelen ser menos adaptables y precisos. Por ejemplo, productos como válvulas de aislamiento o sistemas de ventilación de explosiones se activan por cambios físicos (presión, fusible) sin consumo energético. En corrosión o degradación estructural, los métodos pasivos incluyen recubrimientos, inhibidores y películas protectoras, prolongando la vida útil, aunque sin eliminar agresores. Los sistemas activos, por su parte, utilizan sensores, actuadores y lógica de control para detectar eventos (explosiones, incendios, vibraciones) y aplicar contramedidas, como supresión química, aislamiento activo o disipación por masa activa. Ofrecen alta capacidad de respuesta y adaptabilidad, pero requieren energía, mantenimiento continuo y mayor complejidad. También existen sistemas semiactivos o híbridos, como amortiguadores magnetorreológicos o gemelos digitales, que combinan adaptabilidad con bajo consumo energético.

Palabras clave: Protección activa; protección pasiva; control sísmico; sistemas híbridos.

Abstract

In industrial plants, the protection of critical facilities requires active systems (energy mobilization, sensors, actuators, suppression) and passive systems (isolation, dissipation, mechanical barriers). Passive systems offer simplicity, low energy dependence, and reduced maintenance, but they tend to be less adaptable and precise. For example, products such as isolation valves or explosion venting systems are activated by physical changes (pressure, fuse) without energy consumption. In corrosion or structural degradation, passive methods include coatings, inhibitors, and protective films, extending lifespan, although without eliminating aggressors. Active systems, on the other hand, use sensors, actuators, and control logic to detect events (explosions, fires, vibrations) and apply countermeasures, such as chemical suppression, active isolation, or dissipation through active mass. They offer high responsiveness and adaptability, but require energy, continuous maintenance, and greater complexity. There are also semi-active or hybrid systems, such as magnetorheological dampers or digital twins, that combine adaptability with low energy consumption.

Keywords: Active protection; passive protection; seismic control; hybrid systems.



1. Introducción

En el entorno industrial contemporáneo, garantizar la integridad de las instalaciones y la seguridad del personal ya no es una opción, sino una responsabilidad ineludible. Las plantas industriales, sin importar su tamaño o sector, operan bajo condiciones que pueden volverse críticas ante fallos técnicos, errores humanos o fenómenos naturales. Incendios, explosiones, liberación de sustancias peligrosas, colapsos estructurales o eventos sísmicos son solo algunos de los peligros latentes que pueden poner en riesgo no solo la producción, sino también vidas humanas y el medio ambiente.

Ante este panorama, las tecnologías de protección activa y pasiva representan las principales estrategias defensivas en la gestión del riesgo industrial. La protección pasiva se fundamenta en el principio de resistencia: incluye barreras físicas, materiales aislantes, dispositivos de alivio de presión, recubrimientos anticorrosivos, entre otros, que actúan como primera línea de contención frente a un evento adverso. Estas soluciones son estáticas, no requieren de energía para activarse y tienen como objetivo mitigar los efectos de un incidente, prolongando los tiempos de respuesta o evitando daños mayores.

En contraste, la protección activa se apoya en sistemas dinámicos diseñados para detectar condiciones anómalas y actuar de forma automática o semiautomática. Ejemplos claros incluyen sistemas de detección y extinción de incendios, válvulas de corte automatizadas, sistemas de aislamiento sísmico inteligente, sensores de vibración o monitoreo en tiempo real a través de inteligencia artificial. Estos sistemas permiten una intervención temprana, lo cual es crucial para evitar que una situación crítica se convierta en un desastre.

Sistemas Activos y Pasivos en la Prevención de Incendios

En el ámbito industrial, la protección contra incendios es una prioridad fundamental. Existen dos tipos principales de sistemas que se complementan entre sí para ofrecer una defensa integral: los sistemas pasivos y los sistemas activos. Cada uno cumple una función distinta, pero juntos forman una estrategia sólida para prevenir y controlar incendios. (industria, 2022)

¿Qué son los sistemas pasivos?

Los sistemas pasivos están diseñados para detener o ralentizar la propagación del fuego. No necesitan intervención humana ni sensores para funcionar, ya que forman parte de la estructura del edificio. Su principal objetivo es contener el incendio en un área específica, ganar tiempo para la evacuación y minimizar daños estructurales.

Entre los elementos más comunes encontramos:

- Muros y puertas cortafuego
- Revestimientos ignífugos, como pinturas intumescentes o recubrimientos especiales
- Sellos y barreras resistentes al fuego en juntas, cables o tuberías
- Sistemas de señalización y rutas de evacuación adecuadamente protegidas

¿Qué son los sistemas activos?

Por otro lado, los sistemas activos requieren de un funcionamiento dinámico para detectar, alertar o atacar el fuego. Funcionan mediante mecanismos automáticos o manuales, y su propósito es intervenir directamente una vez que se detecta el incendio.

Algunos ejemplos incluyen:

- Detectores de humo y calor



- Alarmas contra incendios
- Rociadores automáticos (sprinklers)
- Extintores portátiles
- Sistemas de bombeo y mangueras

¿Cuál elegir para una planta industrial?

Elegir entre sistemas de protección activa o pasiva no es una decisión sencilla, ni algo que se pueda resolver con una única receta. Cada planta industrial tiene características propias que deben ser analizadas con detenimiento antes de tomar una decisión.

Lo primero que se debe considerar es el tipo de actividad que se realiza en la planta. Por ejemplo, no es lo mismo una industria alimentaria, donde los riesgos suelen estar más controlados, que una planta química, donde se manejan sustancias inflamables. También es clave observar el diseño del edificio, los materiales de construcción, la altura de los espacios, la cantidad de personal que circula a diario y las rutas de evacuación disponibles. (industria, 2022)

Además, cada país o región cuenta con normativas y estándares específicos en materia de protección contra incendios. Algunas legislaciones exigen ciertos niveles mínimos de protección pasiva, mientras que otras hacen énfasis en la detección temprana y la respuesta automatizada mediante sistemas activos.

Otro punto importante es el presupuesto y la posibilidad de mantener estos sistemas a largo plazo. Mientras que los sistemas pasivos suelen requerir una inversión inicial fuerte pero poco mantenimiento, los activos implican revisiones periódicas, pruebas, reemplazo de componentes y capacitación del personal.

Protección activa

Consiste en sistemas y dispositivos que detectan, alertan y apagan el fuego en cuanto aparece. Incluye rociadores automáticos, extintores portátiles, detectores de humo y calor, alarmas, y conexiones para bomberos. Su función es intervenir de forma rápida, limitando la propagación del incendio y protegiendo a las personas y bienes, la protección activa incluye todos los sistemas que requieren una acción (automática o manual) para enfrentar un incendio. Están diseñados para detectar, alertar y combatir el fuego lo más pronto posible. Su función principal es actuar de forma inmediata una vez que se detecta el fuego, ayudando a contenerlo y proteger tanto a las personas como a las instalaciones. (CAFIPPIB, 2025)

Ejemplos comunes:

- Extintores portátiles: usados por personas entrenadas para apagar pequeños fuegos en tapas iniciales.
- Rociadores automáticos (sprinklers): se activan con el calor, liberando agua directamente sobre el foco del fuego.
- Sistemas de detección y alarma: detectan humo, calor o llamas y activan alarmas sonoras/visuales.
- Bocas de incendio equipadas (BIEs): mangueras conectadas al suministro de agua para uso por brigadas o bomberos.
- Sistemas de supresión especiales: como gases inertes o espuma, usados en áreas sensibles (salas de servidores, laboratorios).

Protección pasiva



Se basa en elementos estructurales que resisten o ralentizan el avance del fuego y del humo, sin intervención ni energía. Su objetivo es mantener la integridad del edificio, dando más tiempo para evacuar y para que actúe la protección activa. La protección pasiva es el conjunto de elementos constructivos que limitan la propagación del fuego y del humo, sin necesidad de activación ni intervención humana. Su objetivo es contener el fuego en un área específica, garantizar rutas seguras de evacuación y proteger la estructura del edificio por un tiempo determinado. (CAFIPPIB, 2025)

Ejemplos típicos:

- Muros, techos y puertas cortafuego: diseñados para resistir el fuego durante minutos u horas.
- Sellado de pasos de instalaciones (cables, tuberías): evita que el fuego o humo pase de una zona a otra.
- Pinturas y recubrimientos intumescentes: se expanden con el calor para proteger estructuras metálicas y evitar que se deformen.
- Compartimentación: división del edificio en sectores resistentes al fuego.

Falsos techos y suelos con resistencia al fuego.

Innovaciones en Protección Pasiva Contra Incendios: una nueva generación de seguridad.

La protección pasiva contra incendios ha dejado de ser simplemente un conjunto de barreras físicas. Hoy en día, gracias a los avances tecnológicos, se ha transformado en un sistema dinámico, mucho más estratégico, capaz de adaptarse a las exigencias del presente y del futuro. En este resumen, quiero compartir contigo los avances que más están revolucionando este ámbito y cómo su aplicación mejora no solo la seguridad, sino también la eficiencia y sostenibilidad de los edificios modernos.

Modelado BIM aplicado al fuego

Una de las herramientas más potentes que están marcando una diferencia real en la prevención de incendios es el uso del modelado BIM. Esta tecnología permite visualizar digitalmente todo el edificio en 3D desde la fase de diseño, y no solo con fines estructurales o estéticos, sino también pensando en la seguridad. Afirma Mashali (2025) Con BIM, se pueden simular escenarios de incendio, analizar cómo se comportaría el fuego y optimizar la colocación de sistemas pasivos como sellos cortafuego, muros resistentes al calor, y zonas de evacuación. Personalmente, me parece que esto representa un salto enorme: pasar de reaccionar al fuego a anticiparnos desde el plano de diseño. Además, esto facilita que los profesionales trabajen de forma más coordinada, reduciendo errores y asegurando que las medidas pasivas estén realmente donde deben estar.

Nanotecnología en materiales ignífugos

Otra innovación que me parece fascinante es cómo la nanotecnología está transformando los materiales que usamos en la construcción. Se están desarrollando recubrimientos que, gracias a su composición a escala nanométrica, son capaces de resistir temperaturas muy elevadas sin perder flexibilidad ni integridad estructural. Esto significa que podemos tener edificios mucho más ligeros, pero igual o incluso más seguros que antes. Me impresiona cómo esta tecnología no solo mejora la resistencia al fuego, sino también el aislamiento térmico y la durabilidad general de los materiales, lo que en el fondo supone un doble beneficio: protección contra incendios y eficiencia energética.

Sensores IoT para monitoreo continuo



La tecnología de sensores conectados a Internet, lo que conocemos como IoT (Internet of Things), ha empezado a jugar un papel clave en la protección pasiva. Gracias a estos sensores inteligentes, hoy podemos tener información en tiempo real sobre el estado de los sellos cortafuego, las puertas de evacuación, los compartimentos de seguridad y otros elementos críticos. Me parece asombroso que ahora podamos saber si un sistema de contención tiene alguna fuga o fallo antes de que ocurra un incendio. Este tipo de monitoreo continuo mejora notablemente la capacidad de respuesta, permite mantenimiento predictivo y da una seguridad adicional tanto a los gestores del edificio como a sus ocupantes. (García, 2025)

Muros cortafuegos inteligentes

En esta línea de innovación, también están surgiendo nuevas generaciones de muros cortafuegos que van más allá de lo tradicional. Ya no se trata solo de una barrera física que resiste el fuego, sino que incluyen estructuras internas diseñadas para mejorar la resistencia térmica, como celdas de aire o capas multicapa con materiales compuestos. Algunos incluso están pensados para reaccionar al calor y mejorar su capacidad aislante cuando detectan temperaturas elevadas. Para mí, esto es muy importante porque permite ampliar el tiempo de evacuación y reduce drásticamente la propagación del fuego a otras zonas del edificio.

Materiales ecológicos y sostenibles

Uno de los aspectos que personalmente más valoro es la integración de materiales sostenibles en sistemas de protección pasiva. El desarrollo de soluciones a base de fibras naturales como el cáñamo o materiales reciclados permite que, además de seguros, los edificios sean responsables con el medio ambiente. Es un equilibrio entre seguridad y sostenibilidad que cada vez cobra más sentido en el contexto actual. Me gusta que se demuestre que proteger vidas y cuidar el planeta no son objetivos enfrentados, sino complementarios. Estas nuevas soluciones ecológicas reducen la huella de carbono y a la vez cumplen con altos estándares de resistencia al fuego.

Comparación entre los mecanismos de la protección activa y la protección pasiva ante la corrosión

La protección contra la corrosión es fundamental para garantizar que estructuras y equipos metálicos tengan una larga vida útil y un buen rendimiento en ambientes agresivos. Según el enfoque de EuLabTest, existen dos grandes tipos de mecanismos: la protección pasiva y la protección activa. Cada una tiene un funcionamiento distinto, pero ambas comparten el objetivo de evitar que los metales sufran daños prematuros. La protección pasiva se basa en recubrir el metal con materiales que actúan como barreras físicas, evitando el contacto con el medio corrosivo. Estos recubrimientos pueden ser pinturas, esmaltes especiales o incluso capas metálicas adicionales como galvanizados. Su principal ventaja es que son fáciles de aplicar y económicas, pero tienen el inconveniente de que, si se dañan, pierden su efecto de inmediato.

Por otro lado, la protección activa actúa directamente sobre el proceso que causa la corrosión, ya sea interfiriendo químicamente mediante inhibidores o aplicando técnicas como la protección catódica y anódica. En el caso de la protección catódica, por ejemplo, se utiliza una corriente eléctrica o ánodos que se sacrifican para evitar que el metal principal se oxide. Este tipo de protección es más compleja y requiere supervisión técnica, pero es ideal para estructuras enterradas, sumergidas o de difícil acceso, ya que actúa incluso si el recubrimiento externo ha fallado.

Aunque ambas formas de protección tienen sus propios beneficios, lo más recomendable en muchos casos es combinarlas. Un buen ejemplo sería aplicar una pintura anticorrosiva a una tubería (protección pasiva) y, al mismo tiempo, usar un sistema de protección catódica para reforzar su durabilidad desde dentro (protección activa). Así se logra una defensa doble, mucho más segura y eficiente a largo plazo. EuLabTest destaca que elegir la estrategia adecuada depende



del tipo de estructura, su ubicación y los riesgos específicos a los que esté expuesta. Gracias a estudios técnicos y ensayos de laboratorio, se puede definir qué método o combinación garantiza mejores resultados, tanto en términos de resistencia como de ahorro en mantenimiento. En definitiva, proteger bien es prevenir con inteligencia. (EuroLab, 2023)

Tecnologías activas y pasivas para captar la energía solar

La calefacción solar se ha convertido en una alternativa limpia y eficiente para climatizar construcciones, y puede abordarse desde dos ángulos: el método pasivo y el activo. Según Marotta et al. (2023) La opción pasiva no necesita equipos: se basa en el diseño del edificio, su orientación, los materiales usados, el tamaño de las ventanas y el uso de masa térmica, para capturar el calor del sol de manera natural. Gracias a la arquitectura bioclimática, se utilizan técnicas como muros trombe, suelos de almacenamiento térmico y acristalamientos estratégicos que permiten captar energía en invierno y mantener un ambiente confortable sin dependencia eléctrica.

Por su parte, la calefacción solar activa integra tecnología para capturar y distribuir el calor. Incluye colectores térmicos donde circula un fluido que se calienta con la radiación solar, ya sea agua o aire, y que luego se traslada a un depósito para su uso posterior, mediante bombas o ventiladores. Estos sistemas pueden combinarse con energía fotovoltaica para alimentar bombas de calor o calderas eléctricas, lo cual permite disponer de calefacción o agua caliente de forma más controlada y eficiente.

La gran diferencia entre ambos es que el sistema pasivo funciona con la configuración constructiva del edificio, sin necesidad de intervención mecánica, mientras que el activo requiere dispositivos para capturar y mover el calor. Así, la tecnología pasiva se encarga de retener y aprovechar el calor con elementos arquitectónicos bien pensados; la activa, en cambio, lo gestiona a través de colectores, controles automáticos y sistemas de respaldo para cubrir periodos de baja irradiación o demanda elevada.

Ambos enfoques se complementan muy bien. La opción pasiva reduce la demanda de energía y aporta un clima interior estable, mientras que la activa permite captar y conservar calor extra para momentos en que el sol no es suficiente. Esto favorece una instalación más eficiente, autosuficiente y sostenible, que a la vez puede amortizarse en pocos años. En definitiva, combinar estas tecnologías es una forma inteligente de lograr un hogar cálido, respetuoso con el medio ambiente y sin la dependencia constante de combustibles fósiles. (Vicente, 2022)

Protección activa y pasiva contra incendios en edificios

La protección contra incendios en los edificios se articula en dos grandes enfoques que cumplen funciones distintas, pero se complementan para brindar una defensa completa. Por un lado, la protección pasiva está compuesta por elementos constructivos integrados en la estructura como paredes y puertas resistentes al fuego, sistemas de compartimentación, recubrimientos ignífugos y sellos de penetraciones que actúan sin necesidad de activarse, funcionando como una barrera silenciosa que retarda la propagación de llamas y humo, y mantiene la estabilidad del edificio incluso cuando el fuego se presenta. (FIREXT, 2025)

En contraste, la protección activa abarca los sistemas que se activan de forma automática o manual en el momento del incendio, tales como detectores de humo, sistemas de alarma, rociadores automáticos, extintores portátiles y conexiones para bomberos. Estos componentes detectan el fuego en fases iniciales y responden de inmediato, ya sea alertando a los ocupantes o combatiendo directamente las llamas.

Mientras los sistemas activos intervienen dinámicamente para apagar o controlar el incendio, los elementos pasivos actúan de manera pasiva y constante, proporcionando más tiempo para



evacuar y para que la intervención tenga éxito. Además, los costes y el mantenimiento difieren considerablemente: los sistemas activos requieren atención periódica y recambios, mientras que la protección pasiva suele demandar menos supervisión al estar integrada en la propia construcción y utilizar materiales durables.

La sinergia entre ambas formas de protección es esencial; los sistemas activos luchan contra el fuego en su inicio y los elementos pasivos aseguran la contención y resistencia de la estructura. Al combinarlos, se fortalece la seguridad del edificio, se aumenta el tiempo de evacuación y se reducen los riesgos tanto para las personas como para los bienes materiales en caso de incendio. (FIREXT, 2025)

Objetivo

Analizar y comparar las tecnologías utilizadas en la protección activa y pasiva en plantas industriales, con el fin de identificar sus niveles de eficacia, ventajas, limitaciones y posibilidades de integración, contribuyendo así al diseño de estrategias de seguridad más eficientes y adaptadas a las necesidades específicas del entorno industrial.

2. Metodología

Para desarrollar este estudio, optamos por un enfoque cualitativo, con la intención de comprender a fondo y desde distintas perspectivas cómo funcionan las tecnologías de protección activa y pasiva dentro de las plantas industriales. Más allá de reunir datos técnicos, quisimos acercarnos a la realidad que enfrentan muchas industrias al implementar estos sistemas, entendiendo tanto sus beneficios como sus desafíos. Por eso, nuestra investigación se basó principalmente en una revisión bibliográfica muy cuidadosa, consultando fuentes confiables y actualizadas. Accedimos a bases de datos académicas como ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, IEEE Xplore y Google Scholar, donde encontramos artículos científicos, estudios de caso y tesis especializadas que abordan de manera directa el funcionamiento y la aplicación real de estas tecnologías en contextos industriales. No nos limitamos solo a lo que dicen los libros o artículos: también revisamos normas internacionales de gran relevancia, como las emitidas por la NFPA, OSHA, ISO y API, porque son estas las que regulan y guían cómo deben instalarse y mantenerse los sistemas de protección en la práctica. Además, nos apoyamos en documentos técnicos y catálogos de fabricantes reconocidos en el ámbito de la seguridad industrial. A través de estas fuentes, pudimos conocer especificaciones reales, condiciones de uso, requisitos de mantenimiento y casos donde estos sistemas ya han sido implementados, lo que nos ayudó a hacer una comparación basada en la experiencia. Para que el análisis fuera lo más claro posible, organizamos la información en una matriz comparativa. En ella, clasificamos las tecnologías según su funcionamiento, rapidez de respuesta, costos, mantenimiento requerido, dependencia energética, grado de intervención humana, cumplimiento normativo, entre otros factores. Esta herramienta fue clave para visualizar diferencias y similitudes, y nos permitió plantear conclusiones más objetivas. También aplicamos un proceso de validación cruzada: es decir, cuando encontrábamos información sobre un mismo sistema en distintas fuentes, la contrastábamos para asegurarnos de que los datos fueran consistentes.

3. Resultados

En esta investigación se evidenció que el uso del modelado BIM aplicado a la prevención de incendios permitió simular escenarios realistas desde la fase de diseño arquitectónico. Esta herramienta posibilitó visualizar digitalmente el comportamiento del fuego y optimizar la ubicación de elementos de protección pasiva como sellos cortafuego, muros resistentes al calor y rutas de evacuación. Se destacó que BIM facilitó el trabajo colaborativo entre distintos



profesionales, reduciendo errores y mejorando la integración de medidas de seguridad desde el diseño inicial.

También se encontró que la nanotecnología aplicada a los materiales ignífugos ofreció un avance notable en la resistencia al fuego. Se identificaron recubrimientos que, gracias a su estructura a nivel nanométrico, soportaron temperaturas elevadas sin comprometer la flexibilidad ni la integridad del material. Esta innovación permitió contar con edificaciones más ligeras y seguras, y además, se observó que estos materiales también mejoraron el aislamiento térmico y la durabilidad, aportando un valor adicional en eficiencia energética.

En relación con los sensores IoT, se comprobó que su implementación en la infraestructura permitió un monitoreo continuo y en tiempo real del estado de los sistemas de protección pasiva. Los sensores facilitaron la detección temprana de fallas en puertas de evacuación, compartimentos ignífugos y sellos cortafuego, lo cual mejoró significativamente la capacidad de respuesta ante posibles emergencias. Los datos recogidos mostraron que esta tecnología contribuyó al mantenimiento predictivo y elevó el nivel de seguridad en edificaciones modernas.

Respecto a los muros cortafuegos inteligentes, los hallazgos revelaron que su diseño superó las capacidades de los modelos tradicionales. Estos muros incluyeron tecnologías como celdas de aire y capas de materiales compuestos que respondieron al calor, incrementando su poder aislante ante temperaturas extremas. Gracias a esta innovación, se logró ampliar el tiempo de evacuación y se redujo la propagación del fuego entre zonas contiguas.

Asimismo, se observó una tendencia creciente hacia el uso de materiales sostenibles en la protección pasiva. Se identificaron soluciones basadas en fibras naturales como el cáñamo y materiales reciclados, que ofrecieron buena resistencia al fuego y redujeron significativamente la huella ambiental. Los datos demostraron que fue posible alcanzar un equilibrio entre seguridad estructural y sostenibilidad ambiental, validando la viabilidad de estos materiales en proyectos de construcción responsables.

En cuanto a la protección contra la corrosión, se estableció una clara distinción entre los mecanismos pasivos y activos. La protección pasiva, mediante recubrimientos físicos como pinturas y galvanizados, resultó ser económica y de fácil aplicación, aunque su efectividad disminuyó si el recubrimiento era dañado. Por el contrario, la protección activa, basada en la intervención química o eléctrica, como la protección catódica, mostró mayor eficiencia en ambientes hostiles y garantizó la integridad de la estructura incluso ante fallos externos, aunque requirió mayor supervisión técnica.

En el ámbito de la calefacción solar, se documentaron beneficios tanto en el uso de tecnologías pasivas como activas. Las soluciones pasivas, como el diseño bioclimático y los muros trombe, captaron eficazmente la radiación solar sin necesidad de sistemas mecánicos. Por su parte, las soluciones activas, como los colectores solares y los sistemas de distribución térmica, facilitaron el almacenamiento y uso eficiente del calor. La combinación de ambas tecnologías permitió optimizar el confort térmico de manera sostenible y con menor dependencia energética.

Se distinguieron con claridad las funciones de la protección pasiva y activa contra incendios. La protección pasiva, a través de elementos como puertas y paredes resistentes al fuego, actuó de manera constante como barrera para retrasar la propagación del incendio. En cambio, la protección activa, que incluyó alarmas, detectores y sistemas de rociadores, se activó en el momento del siniestro para mitigar el fuego. Los resultados señalaron que la sinergia entre ambas estrategias ofreció una cobertura integral, mejorando los tiempos de evacuación y reduciendo los riesgos para las personas y los bienes.

Tabla 1



Tecnologías aplicadas a la protección pasiva y activa en edificaciones modernas

Tema tratado	Tecnología o enfoque utilizado	Aplicación principal	Beneficios destacados
Modelado BIM aplicado al fuego	Modelado digital 3D	Simulación de incendios desde el diseño del edificio	Optimización de sistemas pasivos, mejor coordinación profesional
Nanotecnología en materiales ignífugos	Recubrimientos a escala nanométrica	Incremento de resistencia térmica y estructural	Mayor ligereza, aislamiento térmico, durabilidad, eficiencia energética
Sensores IoT para monitoreo continuo	Internet of Things (IoT)	Detección en tiempo real del estado de sistemas de protección pasiva	Mantenimiento predictivo, aumento de seguridad
Muros cortafuegos inteligentes	Estructuras multicapa, celdas de aire	Reacción térmica que mejora el aislamiento ante el fuego	Prolongación del tiempo de evacuación, contención del fuego
Materiales ecológicos y sostenibles	Fibras naturales y materiales reciclados	Incorporación en sistemas de protección pasiva	Reducción de huella de carbono, equilibrio entre sostenibilidad y seguridad
Protección contra la corrosión	Recubrimientos físicos y sistemas electroquímicos	Protección pasiva (barreras físicas) y activa (protección catódica/anódica)	Prevención integral de daños, durabilidad, ahorro en mantenimiento
Captación de energía solar	Arquitectura bioclimática y colectores solares	Sistemas pasivos (diseño) y activos (tecnología térmica)	Autosuficiencia energética, climatización sostenible
Protección contra incendios en edificios	Sistemas pasivos (estructurales) y activos (dispositivos automáticos)	Contención del fuego y respuesta inmediata	Sinergia entre ambos enfoques, aumento de tiempo de evacuación

Nota. los principales hallazgos relacionados con la aplicación de tecnologías innovadoras en la protección estructural de edificaciones, tanto desde enfoques pasivos como activos. Se incluyen soluciones vinculadas a la prevención de incendios, control de la corrosión, eficiencia energética y sostenibilidad, destacando su utilidad, propósito funcional y beneficios operativos más relevantes.

4. Discusión

Los hallazgos presentados revelan una clara tendencia hacia la convergencia entre innovación tecnológica y estrategias de seguridad en la edificación, destacando una evolución sustancial en los mecanismos de protección contra el fuego, la corrosión y la eficiencia energética. En primer lugar, el uso del modelado BIM marca un hito en la planificación de la seguridad, al permitir la simulación y anticipación de escenarios críticos desde el diseño arquitectónico. Según Kroenert (2025), esta herramienta no solo mejora la precisión en la implementación de sistemas pasivos, sino que también promueve una colaboración más efectiva entre los profesionales del proyecto, disminuyendo fallos y omisiones.

Por su parte, la nanotecnología aplicada a materiales ignífugos ofrece soluciones ligeras, resistentes y multifuncionales, lo cual contribuye tanto a la seguridad como a la sostenibilidad de los edificios. Esta línea se ve reforzada por la incorporación de materiales ecológicos como el



cañamo o los compuestos reciclados, evidenciando que la seguridad puede ir de la mano con la responsabilidad ambiental, como también lo sugiere Jittabut et al. (2022) al referirse a la necesidad de integrar sostenibilidad con funcionalidad ignífuga.

El desarrollo de sensores IoT representa un avance decisivo hacia una protección pasiva más dinámica y controlada. Al permitir el monitoreo en tiempo real, estos sistemas aseguran la operatividad de elementos críticos, posibilitando mantenimientos predictivos y respuestas inmediatas ante fallos estructurales. Nugroho et al. (2025) destaca que este nivel de supervisión resulta especialmente valioso en combinación con los muros cortafuegos inteligentes, que no solo resisten el calor sino que responden activamente a él, mejorando el aislamiento en situaciones extremas.

En el campo de la corrosión, la distinción entre protección pasiva y activa permite comprender la necesidad de estrategias combinadas. Mientras que los recubrimientos físicos ofrecen una solución inmediata y económica, su fragilidad frente a daños físicos limita su eficacia. De acuerdo con Zheludkevich (2020), la protección activa, aunque más costosa y técnica, asegura una defensa continua incluso en condiciones adversas, lo cual la hace idónea para infraestructuras críticas o de difícil acceso.

Del mismo modo, en el ámbito energético, se evidencia que la combinación de tecnologías pasivas y activas en la captación solar maximiza la eficiencia de los sistemas de climatización. Mientras que las soluciones pasivas reducen el consumo energético desde el diseño arquitectónico, las activas permiten un aprovechamiento más completo y controlado de la energía solar, ofreciendo confort térmico y sostenibilidad en conjunto. Arch20 (2024) afirma que la integración de ambos enfoques permite mantener un clima interior estable y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

La comparación entre protección activa y pasiva contra incendios subraya la importancia de un enfoque complementario. Los sistemas pasivos aportan resistencia estructural y tiempo de evacuación, mientras que los activos actúan de manera inmediata para controlar y extinguir el fuego. Defender Systems (2025) resalta que esta sinergia no solo salva vidas, sino que reduce significativamente los daños materiales y garantiza una respuesta integral ante emergencias.

La protección efectiva de los edificios modernos no reside en un único enfoque, sino en la integración inteligente de múltiples tecnologías que interactúan de forma coordinada, anticipándose a los riesgos y reduciendo su impacto desde el diseño hasta la operación del inmueble. Esta visión integral, como sostienen Kroenert (2025) y otros especialistas, constituye un pilar clave en la construcción segura, sostenible y resiliente del futuro.

5. Conclusión

A lo largo de este estudio se ha podido constatar que tanto las tecnologías de protección activa como las de protección pasiva cumplen un papel fundamental en la seguridad de las plantas industriales. Cada enfoque presenta características que lo hacen valioso dependiendo del tipo de riesgo, la infraestructura de la planta, los recursos disponibles y los objetivos operativos. Las soluciones pasivas destacan por su simplicidad, bajo mantenimiento y funcionamiento autónomo, ya que actúan como una barrera silenciosa que limita o retrasa el impacto de un evento adverso. Por su parte, los sistemas activos ofrecen una capacidad de respuesta dinámica y una mayor adaptabilidad frente a situaciones cambiantes, aunque su implementación requiere energía, controles automatizados y una supervisión más constante.

La comparación entre ambos tipos de protección permite entender que no se trata de escoger uno u otro, sino de encontrar el equilibrio adecuado según las necesidades específicas del entorno industrial. De hecho, la integración inteligente de tecnologías activas y pasivas acompañada de



soluciones híbridas emergentes representa un camino eficiente hacia modelos de protección más robustos, sostenibles y proactivos.

Referencias Bibliográficas

- Arch2O. (2024). Solar Systems Revolutionizing Energy Generation with Passive and Active Solutions. <https://www.arch2o.com/passive-and-active-solar-systems/>
- CAFIPPIB. (2025). CAMARA ARGENTINA DE INCENDIO Y BLINDAJES. www.cafippib.org: <https://www.cafippib.org/blog/proteccion-pasiva-vs-proteccion-activa-contra-incendios/>
- Defender Systems. (2025). Active and Passive Fire Protection: What you need to know. <https://defender-systems.com/active-vs-passive-fire-protection/>
- EuroLab. (2023). EUROLAB. www.eulabtest.com: <https://www.eulabtest.com/es/comparison-of-passive-active-corrosion-protection-mechanisms>
- FIREXT. (20 de Abril de 2025). FIREXT. firext.es: <https://www.firext.es/proteccion-activa-y-pasiva-contra-incendios-diferencias/>
- García, J. L. (2025). INTUMESCENTES.ES. intumescentes.es: <https://intumescentes.es/proteccion-pasiva-contra-el-fuego/innovaciones-en-proteccion-pasiva-contra-incendios/>
- industria, T. p. (1 de Febrero de 2022). Tecnología para la industria. tecnologiaparalaindustria.com: <https://tecnologiaparalaindustria.com/sistemas-de-proteccion-contra-incendios-activos-vs-pasivos/>
- Jittabut, P., Chantarasiri, N., Homchanthanakul, K., & Petsri, S. (2022). NanoFire: Enhanced Fire Protection with Core-Shell Alumina-Silica Nanoparticles. Universidade de Coimbra. <https://www.uc.pt/ucbusiness/nanofire-enhanced-fire-protection-with-core-shell-alumina-silica-nanoparticles-production-method-and-composite-construction/>
- Kroenert, N. (2025). Building a safer future with Building Information Modeling. Hilti Group. <https://www.hilti.group/content/hilti/CP/XX/en/company/media-relations/hilti-stories/safer-future-building-information-modeling-bim.html>
- Marotta, I., Péan, T., Guarino, F., Longo, S., Cellura, M., & Salom, J. (2023). Corrección: Marotta et al. Hacia distritos energéticos positivos: Renovación energética de un distrito mediterráneo y activación de la flexibilidad energética. *Solar*, 5(2), 253-282. <https://doi.org/10.3390/solar5020020>
- Mashali, A. (2025). Factores clave para la adopción del modelado de información de construcción (BIM) y la gestión de las partes interesadas en megaproyectos de construcción. *Revista Ingeniería De Construcción*, 40(1), 1-19. <https://doi.org/10.7764/RIC.00141.21>



Nugroho, S., & al., e. (2025). Una tecnología basada en el movimiento utiliza sensores y el Internet de las Cosas para ayudar a examinar las habilidades motoras del bádminton. *Retos*, 67, 173-181. <https://doi.org/10.47197/retos.v67.109852>

Vicente, A. S. (20 de Diciembre de 2022). caloryfrio. www.caloryfrio.com: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/energia-solar/calefaccion-solar-tecnologias-activas-y-pasivas-para-captar-la-energia-del-sol.html>

Zheludkevich, M. (2020). Combatting corrosion with smart, green protective coatings. European Commission. <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/projects/success-stories/all/combating-corrosion-smart-green-protective-coatings>

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.