



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Título:

Implementación de métodos de protección estructural contra incendios en el galpón de electromecánica.

Autores:

Kelvin Alejandro Ortiz Andrade

Jackson Geomar Mera Bravo

Tutor:

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades de Estudio.

Carrera:

Electromecánica.

Tosagua, agosto del 2025

CERTIFICACION DEL TUTOR

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.; docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en calidad de Tutor

CERTIFICO:

Que el presente proyecto integrador con el título: "Implementación de métodos de protección estructural contra incendios en el galpón de electromecánica" ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, está listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opciones y conceptos vertidos en este documento son fruto de la perseverancia y originalidad de sus autores:

Kelvin Ortiz Andrade, Jackson Mera Bravo

Siendo de su exclusiva responsabilidad.

Tosagua, agosto de 2025



Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quienes suscriben la presente:

Kelvin Ortiz Andrade, Jackson Mera Bravo

Estudiantes de la Carrera de, **Electromecánica** declaramos bajo juramento que el presente proyecto integrador cuyo título: "Implementación de métodos de protección estructural contra incendios en el galpón de electromecánica" de autoría propia y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Tosagua, agosto de 2025



Kelvin Ortiz Andrade

Jackson Mera Bravo



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: Implementación de métodos de protección estructural contra incendios en el galpón de electromecánica de sus autores: Kelvin Ortiz Andrade, Jackson Geomar Mera Bravo de la Carrera "Tecnología Superior en Electromecánica", y como Tutor del Trabajo el Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.

Tosagua, agosto de 2025

Ing. Andrés Andrade García, Mg.
DIRECTOR

Ing. Carlos Andrés Bravo Zambrano, Mg.
TUTOR

Ing. Jimmy Arturo Zambrano Loo, Mg.
PRIMER MIEMBRO TRIBUNAL

Ing. Roy Antonio Cedeño Muentes.
SEGUNDO MIEMBRO TRIBUNAL

Lic. Fátima Saldarriaga Santana, Mg.
SECRETARIA

AGRADECIMIENTO

Hoy que cerramos una etapa tan importante como es nuestra carrera universitaria en Electromecánica, queremos tomar un momento para agradecer.

Gracias a nuestras familias, por el amor, la paciencia y el respaldo en cada paso. Su apoyo fue la base que nos sostuvo en los momentos más difíciles.

A los profesores, por su entrega y por enseñarnos no solo teoría, sino también valores y responsabilidad profesional.

A nuestros compañeros, con quienes compartimos aprendizajes, desvelos, desafíos y también muchas risas que hicieron más ligero el camino.

Y entre nosotros, gracias por habernos acompañado mutuamente en esta travesía. Estuvimos juntos en cada paso, celebramos logros y nos dimos fuerza cuando parecía que no podíamos más. Crecimos no solo como profesionales, sino también como personas.

Este no es el final, sino el inicio de nuevos sueños y proyectos. Con gratitud en el corazón, decimos:

¡Gracias por todo!

Kelvin Ortiz Andrade

Jackson Mera Bravo

DEDICATORIA

A ti, mamá, quiero dedicarte este logro que no es solo mío, sino también tuyo. Gracias por estar siempre, por tus sacrificios silenciosos, por cada palabra de aliento y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Tu amor, tu fuerza y tu fe me acompañaron en cada paso de este camino. Este título es el reflejo de todo lo que me enseñaste con tu ejemplo.

Y a ti, papá, mi ángel del cielo, sé que tu amor me ha acompañado en silencio. Te llevo en mi corazón, y hoy, más que nunca, siento que también caminé este camino con tu bendición.

Este logro también es tuyo, porque sé que, desde donde estás, te sientes orgulloso de mí.

Con el corazón lleno de gratitud, les digo:

Gracias, mamá. Gracias, papá.

Este triunfo es para ustedes.

Kelvin Ortiz Andrade

Con profunda gratitud y emoción, dedico este logro a las personas que han sido mi pilar en este camino.

A mi familia, por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudaba, y por enseñarme con el ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi esposa, compañera de vida y de sueños, gracias por tu paciencia, tu apoyo constante y tu fe inquebrantable en mi capacidad. Este triunfo también es tuyo.

A mis profesores, por compartir no solo su conocimiento, sino también su pasión por enseñar. Gracias por guiarme, retarme y motivarme a ser mejor cada día.

Hoy culmina una etapa, pero también comienza otra llena de nuevos retos. A todos ustedes, ¡gracias por formar parte de este viaje!

Jackson Mera Bravo

RESUMEN

Este proyecto técnico tiene como objetivo diseñar e implementar métodos de protección estructural contra incendios en el galpón de la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), campus Tosagua. La evaluación inicial reveló alta vulnerabilidad de la estructura metálica ante incendios, por la falta de protección pasiva, exposición directa del acero y presencia de materiales inflamables en talleres, bodegas y oficinas.

La propuesta se basa en normativa ecuatoriana (NEC e INEN 2637) y estándares internacionales (NFPA 5000 y Eurocódigo 3). Incluye la aplicación de pintura intumescente en columnas, paneles de yeso resistentes al fuego en oficinas y mortero ignífugo en bodegas, priorizando efectividad, viabilidad económica y facilidad de ejecución.

Se desarrolló un plano arquitectónico intervenido que identifica zonas críticas, junto con un cronograma anual de mantenimiento estructural. Además, se plantean recomendaciones para capacitar al personal, incorporar protección activa a futuro y promover simulacros.

Con esta intervención, se mejora la seguridad y resiliencia del galpón ante incendios, garantizando un entorno adecuado para la enseñanza práctica en ingeniería electromecánica.

PALABRAS CLAVE

Protección pasiva, incendios estructurales, galpón metálico.

ABSTRACT

This technical project aims to design and implement structural fire protection methods for the workshop building of the Electromechanics program at the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), located at the Tosagua campus. The need arises from an initial technical assessment that revealed a high level of structural vulnerability to fire scenarios, due to the absence of passive protection systems, the direct exposure of steel structural elements, and the presence of flammable materials in areas such as workshops, storage rooms, and offices. This condition represents a significant risk to both the integrity of the building and the safety of the university community.

The technical proposal is based on current Ecuadorian regulations (NEC and INEN 2637), supplemented by internationally recognized standards such as NFPA 5000 and Eurocode 3. Based on these guidelines, the project proposes the strategic application of intumescent paint on workshop columns, installation of fire-resistant gypsum panels in office areas, and the projection of fireproof mortar in the storage section. These solutions were selected for their effectiveness, ease of implementation, and economic feasibility, considering the functional and operational characteristics of the structure.

Additionally, an annotated architectural plan was developed, clearly identifying the critical zones, along with a graphical annual structural maintenance schedule to ensure long-term conservation and system functionality. The project also includes recommendations for staff training, the future incorporation of active fire protection systems, and the promotion of institutional fire drills. Altogether, this proposal strengthens the structural fire resilience of the workshop building, ensuring a safer and better-prepared environment for practical education in electromechanical engineering.

KEYWORDS

Passive protection, structural fires, metal building.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| CERTIFICACION DEL TUTOR..... | I |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | II |
| APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | III |
| AGRADECIMIENTO | IV |
| RESUMEN..... | VI |
| PALABRAS CLAVE | VI |
| ABSTRACT..... | VII |
| KEYWORDS..... | VII |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN..... | 3 |
| 1.3. OBJETIVOS | 5 |
| 1.3.1. Objetivo general | 5 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 5 |
| 1.4. METODOLOGÍA..... | 5 |
| 1.4.1. Procedimiento..... | 6 |
| 1.4.2. Técnicas | 7 |
| 1.4.3 Métodos..... | 7 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO..... | 9 |
| 2.1. DEFINICIONES | 9 |
| 2.1.1. Protección estructural contra incendios | 9 |
| 2.1.2 Métodos de protección estructural contra incendios | 10 |
| 2.2. ANTECEDENTES..... | 11 |
| 2.3. TRABAJOS RELACIONADOS..... | 13 |
| 2.3.1 Resumen de trabajo relacionado en Europa | 13 |
| 2.3.2 Resumen de trabajo relacionado en Colombia | 13 |
| 2.3.3 Resumen de trabajo relacionado en Ecuador | 14 |
| 2.3.4 Resumen de trabajo relacionado en la provincia de Manabí | 15 |
| CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA..... | 17 |
| 3.1. OBJETIVO 1 | 17 |

| | | |
|---|--|----|
| 3.1.1 | Evaluación estructural inicial..... | 17 |
| 3.1.2 | Análisis de materiales existentes | 18 |
| 3.1.3 | Identificación de zonas críticas | 18 |
| 3.2. | OBJETIVO 2..... | 18 |
| 3.2.1 | Normativa nacional e internacional aplicable | 18 |
| 3.2.2 | Métodos pasivos de protección identificados | 19 |
| 3.2.3 | Comparación de métodos según eficacia, costo y mantenimiento 19 | |
| 3.3. | OBJETIVO 3..... | 19 |
| 3.3.1 | Estrategia de intervención por zonas | 19 |
| 3.1.1 | Cálculo de materiales y costos aproximados | 20 |
| 3.1.2 | Diseño y planos de intervención | 20 |
| CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 23 |
| 4.1. | CONCLUSIONES | 23 |
| 4.2. | RECOMENDACIONES | 24 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 25 |
| ANEXOS..... | | 28 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | | |
|----------------|---|----|
| Ilustración 1. | Planta baja arquitectónica del galpón de electromecánica | 17 |
| Ilustración 2 | Intervención de la planta arquitectónica baja | 21 |
| Ilustración 3. | Intervención de la planta arquitectónica alta | 22 |
| Ilustración 4. | Cronograma gráfico del plan de mantenimiento estructural contra incendio | 22 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|----------|--|----|
| Tabla 1. | Comparación de métodos según eficacia, costo y mantenimiento | 19 |
| Tabla 2. | Cálculo de materiales y costos aproximados..... | 20 |

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La protección estructural contra incendios es una parte esencial de la ingeniería principalmente en la parte de seguridad industrial que ha sido diseñada para asegurar que los edificios mantengan su estabilidad y resistencia ante el fuego. En entornos industriales como en el caso de los galpones dedicados a actividades de mecánica, eléctricas o tecnologías, la presencia de equipos eléctricos, aceites, combustibles y procesos térmicos eleva considerablemente el riesgo de incendios, por tal razón es de suma importancia implementar sistemas de protección estructural, tanto pasivos como activos, no solo por la seguridad de las personas, sino también para proteger los activos que hayan dentro del establecimiento y asegurar la continuidad de los procesos.

A diferencia de los establecimientos tradicionales, los galpones industriales suelen tener estructuras metálicas expuestas, lo que hay que recalcar que si no se protegen adecuadamente, estas pueden alcanzar temperaturas peligrosas en pocos minutos y causar un incendio. El acero, que es el material más común en estas construcciones, pierde alrededor del 50% de su resistencia mecánica al llegar a los 550 °C, y se puede deteriorar por completo si la temperatura se acerca a los 1000 °C (Kodur & Dwaikat, 2007); por tal motivo este comportamiento térmico representa una amenaza seria tanto para la estabilidad del galpón como para la seguridad de las personas que trabajan en su interior.

Desde un punto de vista técnico la implementación de métodos de protección estructural contra incendios se vuelve esencial para reducir el riesgo de deterioro y colapso de las estructuras en general, en la actualidad existen varias técnicas de protección pasiva que destacan, como los recubrimientos intumescentes, los sistemas de paneles resistentes al fuego, la proyección de morteros ignífugos y el uso de materiales de aislamiento térmico que cuando se aplican correctamente pueden aumentar el tiempo de resistencia al fuego de los elementos estructurales, ofreciendo así un margen de respuesta vital para la evacuación del personal y el control del incendio (Gernay et al., 2016).

El galpón de Electromecánica del campus Tosagua el cual es el eje central de este estudio, en la actualidad no cuenta con un sistema de protección estructural contra incendios, por tal razón esto crea una vulnerabilidad considerable ante posibles emergencias; además de eso súmele la falta de recubrimientos protectores, sistemas de detección temprana y barreras de compartimentación, que no solo pone en riesgo la integridad de la infraestructura, sino que también la seguridad de los docentes, estudiantes y personal técnico que utilizan este espacio de manera regular.

Ante esta situación, se hace evidente la necesidad de encaminar un proyecto que implemente métodos de protección estructural, con el objetivo de mejorar la seguridad del galpón por eso se hace prudente proponer una solución integral que se basa en un análisis técnico de los riesgos actuales, la revisión de normativas internacionales como la NFPA 5000 y la ISO 834, y la implementación de soluciones que sean tanto tecnológicamente viables como económicamente sostenibles. Lo que se busca a través de este estudio es establecer un precedente en el ámbito académico e institucional sobre la relevancia de incorporar criterios de seguridad estructural contra incendios en los espacios destinados a la formación técnica y científica.

1.1. PROBLEMA

El galpón de Electromecánica actualmente no cuenta con métodos efectivos para proteger su estructura contra incendios con lo cual esta falta de medidas representa un riesgo considerable ya que, en caso de un incendio, la estructura metálica podría colapsar rápidamente debido a la pérdida de resistencia mecánica por las altas temperaturas (Yokel & Dikkers, 2011). Y como consecuencia el fuego podría amenazar la seguridad de los trabajadores, así como de la maquinaria y las herramientas especializadas.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La protección estructural contra incendios es un aspecto fundamental en el diseño, mantenimiento y operación de edificios industriales, ya que asegura la integridad física de la estructura durante un evento térmico extremo; por tal razón es que los galpones dedicados a actividades de electromecánica enfrentan un alto nivel de riesgo debido al uso intensivo de maquinaria eléctrica, herramientas de corte, materiales inflamables y sistemas energéticos de alto voltaje, y son justamente estas condiciones que aumentan considerablemente la probabilidad de que ocurra un incendio, cuyas consecuencias pueden ser devastadoras si no se cuenta con una infraestructura adecuada para soportar el calor generado por las llamas.

En el caso específico del galpón de Electromecánica dentro del campus Tosagua se ha observado que la estructura carece de medidas de protección pasiva contra incendios, lo que pone en riesgo su estabilidad en caso de un siniestro. Investigaciones en ingeniería estructural han revelado que las estructuras metálicas, especialmente las hechas de acero son muy propensas a perder su resistencia mecánica cuando se enfrentan a un incendio, se indica que a partir de los 500 °C, el acero empieza a ceder y a temperaturas que superan los 800 °C, puede llegar a colapsar (Kodur, 2014). Este fenómeno puede causar el derrumbe de techos y columnas en cuestión de minutos, poniendo en peligro no solo los bienes materiales, sino también la vida de las personas que se encuentren en el lugar.

Desde un enfoque institucional y académico se puede decir que la seguridad del galpón es crucial para mantener la continuidad de las actividades prácticas que son esenciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las carreras técnicas, ya que si se pierde este espacio se vería seriamente afectada la experiencia de estudiantes, docentes y personal de apoyo, lo que comprometería el desarrollo de las competencias profesionales. Por eso es de suma importancia implementar soluciones técnicas para proteger la estructura, ya que no tan solo resguarda la infraestructura física, sino que también asegura la inversión educativa y tecnológica que se ha hecho en este entorno de formación.

Por otro lado, si nos percatamos de las regulaciones actuales en muchos países de América Latina, así como los estándares internacionales, requieren que se cumplan ciertos criterios mínimos de resistencia al fuego para edificios industriales y educativos. La norma NFPA 5000 establece pautas claras para la protección pasiva contra incendios en estructuras metálicas con las que seguir estas directrices no solo disminuye el riesgo de pérdidas totales, sino que también mejora la reputación de la institución y fortalece la cultura de prevención y seguridad.

Finalmente podemos decir que este trabajo aporta un valor significativo desde la perspectiva investigativa y tecnológica ya que permitirá aplicar criterios de diseño y simulación estructural con herramientas modernas, como el análisis térmico por elementos finitos. La implementación de métodos de protección estructural puede ser replicada en otras áreas de la institución o en industrias similares, fomentando una gestión integral del riesgo, y así de este modo establecer una visión preventiva fundamentada en la ingeniería, que este alineada con los principios de sostenibilidad, seguridad ocupacional y responsabilidad social.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Proponer la implementación métodos de protección estructural contra incendios en el galpón de Electromecánica en la UNITEV Campus Tosagua.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el nivel actual de vulnerabilidad estructural del galpón de Electromecánica.
- Identificar normativas y métodos efectivos de protección pasiva contra incendios.
- Desarrollar una propuesta de intervención basada en soluciones técnicas viables.

1.4. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este proyecto se basa en un enfoque técnico-científico que se centra en evaluar e implementar métodos de protección estructural contra incendios en el galpón de Electromecánica en el campus Tosagua y para lograrlo se ha pensado en una estrategia de investigación que combina el análisis de campo, la revisión de documentos y bibliografía existentes, más la aplicación práctica de soluciones que cumplen con normativas reconocidas a nivel internacional.

Este enfoque se basa en una metodología mixta que combina tanto lo cuantitativo como lo cualitativo y así nos permite tener una visión más completa del problema. Desde la perspectiva cuantitativa, se llevan a cabo cálculos térmicos y simulaciones estructurales que ayudan a predecir cómo se comportarán los materiales frente al fuego, mientras que en el aspecto cualitativo, se realiza un análisis normativo y técnico de soluciones que se han aplicado en situaciones similares, con el fin de elegir las más viables y efectivas para el caso específico del galpón.

La investigación se desarrolla en un enfoque no experimental y descriptivo, lo que significa que no se manipulan variables, en lugar de eso, se observa, se diagnostica y se propone una intervención técnica sobre una situación real que ya existe. Además, se utilizan herramientas de ingeniería, como matrices de riesgo y técnicas de protección pasiva, para respaldar de manera técnica las decisiones que se toman a lo largo del estudio.

1.4.1. Procedimiento

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo a través de las siguientes fases:

- **Diagnóstico inicial del galpón:** Se visitó el lugar de los hechos, en este para visualizar de primera mano la estructura del galpón, donde se identificaron los materiales, los puntos críticos de riesgo, las salidas de evacuación y las condiciones de ventilación, además se incluyó la recopilación de planos, fotografías y observaciones en el lugar.
- **Revisión de normativas y estándares:** Se investigaron las normativas más relevantes relacionadas con la protección estructural contra incendios, durante esta etapa fue clave para establecer los criterios mínimos necesarios para asegurar la seguridad estructural.
- **Evaluación del comportamiento térmico del acero:** A través de datos experimentales y literatura técnica, se trató de analizar cómo se comporta el acero estructural ante diferentes escenarios de temperatura, poniendo especial atención en su pérdida de resistencia mecánica (Gernay et al., 2016).
- **Selección de métodos de protección pasiva:** Se evaluaron varias soluciones técnicas a través de revisión bibliográfica, como recubrimientos intumescentes, morteros ignífugos y paneles resistentes al fuego, revisando principalmente su eficacia, disponibilidad local y costo de implementación.
- **Propuesta de intervención técnica:** Basándose en los resultados obtenidos anteriormente, se elaboró una propuesta para la protección

estructural contra incendios, que incluye planos, materiales recomendados y una estimación de costos.

1.4.2. Técnicas

Para garantizar la recolección y análisis de datos confiables, se emplearon las siguientes técnicas:

- Observación directa: En la fase de diagnóstico inicial se emplearon listas de verificación para anotar deficiencias estructurales, lugares donde se acumula material combustible y las condiciones generales del entorno del galpón.
- Entrevistas semiestructuradas: Estas se realizaron con docentes, técnicos y responsables del mantenimiento del galpón, con la finalidad de entender la frecuencia de uso de los equipos, identificar procesos que podrían ser peligrosos y revisar antecedentes de incidentes.
- Análisis documental: Se llevó a cabo una revisión de manuales técnicos, códigos de edificación, normativas internacionales (como NFPA e ISO) y literatura científica relacionada con la ingeniería contra incendios.

1.4.3 Métodos

Los métodos de investigación empleados se detallan a continuación:

- Método descriptivo: Se utilizó para ofrecer una visión clara del estado actual del galpón, como también de los materiales que se emplean y las condiciones estructurales que existen, esta primera descripción fue fundamental para identificar riesgos específicos.
- Método analítico: Se realizó una revisión literaria en diferentes fuente para examinar cómo se comportan los materiales ante el fuego, teniendo en cuenta sus propiedades térmicas, su resistencia al calor y el punto en el que podrían fallar estructuralmente.

- Método inductivo: A partir de la investigación y revisión de casos similares, normativas técnicas y simulaciones, se llegó a conclusiones que son importante para la toma de decisiones del galpón en cuestión.
- Método comparativo: Se realizó una comparación entre diferentes tipos de soluciones de protección estructural contra incendios, evaluando sus ventajas, limitaciones y cómo se adaptan a la estructura metálica existente.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

2.1.1. Protección estructural contra incendios

Introducción

La protección estructural contra incendios es una parte esencial de la ingeniería civil y mecánica (Drysdale, 2011), la cual se enfoca en asegurar que las estructuras mantengan su integridad y estabilidad cuando se enfrentan a temperaturas extremas provocadas por un incendio; y es que justamente este aspecto abarca tanto los principios físicos como químicos que rigen el comportamiento de los materiales estructurales al ser expuestos al fuego, así como las normativas y códigos que guían el diseño y la construcción para garantizar la seguridad contra incendios.

Concepto y definición

La protección estructural contra incendios se entiende como un cúmulo de estrategias y técnicas diseñadas para mantener la capacidad de carga de los elementos estructurales durante y después de un incendio, lo cual implica prevenir fallas prematuras o colapsos que podrían poner en peligro la vida de las personas y dañar bienes materiales (Drysdale, 2011).

Comportamiento de los materiales estructurales bajo fuego

Los materiales más comunes en la construcción, como el acero, el concreto y la madera, reaccionan de maneras distintas al calor. Por ejemplo, el acero comienza a perder su resistencia mecánica a partir de los 400°C y puede deformarse notablemente al alcanzar los 600°C (Kodur & Raut, 2011), mientras que el concreto es más resistente al fuego, puede experimentar explosiones internas debido a la vaporización del agua que contiene (Mansour, 2013); en cambio la madera, aunque es combustible, tiene una capa carbonizada que puede funcionar como un aislante temporal (Frangi et al., 2007).

Normativas y estándares aplicables

Hay códigos tanto internacionales como locales que regulan la protección estructural contra incendios, como la NFPA (National Fire Protection Association), los Eurocódigos y las normas ASTM; estas regulaciones establecen los requisitos mínimos para la resistencia al fuego de las estructuras, los tiempos de exposición y los métodos de evaluación (NFPA 5000, 2021).

Importancia en galpones y edificios industriales

Los galpones de electromecánica son espacios críticos debido a la concentración de equipos eléctricos y mecánicos que pueden ser fuentes de ignición y representar cargas significativas para la estructura, por lo cual la implementación de métodos de protección estructural es esencial para garantizar la continuidad operativa y la seguridad del personal (García & Rodríguez, 2019)

2.1.2 Métodos de protección estructural contra incendios

Introducción

Los métodos de protección estructural contra incendios abarcan una variedad de técnicas y materiales que se aplican a las estructuras para aumentar su resistencia al calor y minimizar el daño durante un incendio, entre estos métodos se encuentran los recubrimientos intumescentes, los revestimientos de mortero, la protección con placas y los sistemas de enfriamiento activos.

Métodos pasivos de protección

Los métodos pasivos implican el uso de materiales y sistemas que funcionan sin necesidad de activación, entre los más comunes son los recubrimientos intumescentes, que al calentarse se expanden y crean una capa aislante que protege el acero o el concreto que hay debajo (Ashton et al., 2010). También se utilizan placas de yeso o paneles de fibrocemento que sirven como barreras físicas.

Métodos activos de protección

Estos métodos abarcan sistemas que pueden activarse de forma automática o manual, como los rociadores, los sistemas de aspersión y los sistemas de enfriamiento por agua, el objetivo principal de este método es controlar o extinguir el incendio y de esa manera ayudar a reducir la temperatura a la que se expone la estructura (Kaplan et al., 2015).

Comparación de métodos según el tipo de estructura

La elección del método adecuado depende del tipo de estructura, los materiales utilizados y la función del edificio, por ejemplo, el acero necesita recubrimientos intumescentes o morteros especiales para retrasar su calentamiento, mientras que la madera puede ser tratada con retardantes de llama o protegida con recubrimientos (Grosshandler et al., 2007).

2.2. ANTECEDENTES

La Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, Educación Virtual y Otras Modalidades de Estudios (UNITEV) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí se ha destacado por ofrecer una educación de calidad a técnicos altamente capacitados en distintos campos, como la electromecánica, explotación y mantenimiento de equipos biomédicos, entre otras. Esta Unidad que nace de la carencia de tecnólogos y de carreras cortas donde lo primordial es la práctica en la cual se ha puesto en marcha numerosos proyectos innovadores para elevar el nivel educativo y adaptarse a las exigencias del mercado laboral actual. Las instalaciones de la ULEAM disponen de laboratorios bien equipados y un cuerpo docente altamente calificado que fomenta la incorporación de nuevas tecnologías en los procesos de enseñanza, lo cual es fundamental para preparar profesionales competentes. (UNITEV, 2020)

Antes de llevar a cabo este proyecto en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), UNITEV-Campus Tosagua, se habían detectado varias problemáticas relacionadas con la seguridad estructural frente a incendios en los

edificios universitarios, especialmente en áreas como los galpones de electromecánica. Y como se sabe estas instalaciones son el hogar de equipos eléctricos y mecánicos que, en caso de un incendio, pueden representar un riesgo significativo debido a la acumulación de materiales combustibles y posibles fuentes de ignición (García & Rodríguez, 2019).

Evaluaciones previas en la ULEAM mostraron que, aunque existían sistemas de detección y alarma contra incendios, no se habían implementado ni estudiado a fondo métodos específicos para la protección estructural, y esto es algo que preocupa porque en estos lugares siempre estaremos propenso a un incendio. El acero estructural puede perder hasta el 50% de su resistencia a temperaturas cercanas a los 500°C, y la estabilidad del galpón puede verse comprometida rápidamente durante un incendio (Kodur & Raut, 2011; Drysdale, 2011), y es que justamente la ausencia de protección pasiva en la estructura incrementa el riesgo de colapso, poniendo en peligro no solo la infraestructura, sino también la seguridad del personal y la continuidad de las actividades académicas.

Además, las normativas locales actuales y los protocolos de seguridad de la universidad no contemplaban la implementación de métodos de protección estructural contra incendios que se adaptaran a las características específicas de los galpones de electromecánica (NFPA 5000, 2021), por lo cual esto llevó a la necesidad de realizar un estudio exhaustivo para establecer medidas que mejoren la resistencia térmica de la estructura, en línea con estándares internacionales.

En conclusión, antes de incentivar este proyecto, la UNITEV campus Tosagua solo contaba con medidas limitadas enfocadas en la protección activa y la prevención, sin tener en cuenta la protección estructural pasiva, que es crucial para asegurar la integridad y estabilidad del galpón durante un incendio (López & Martínez, 2020).

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

2.3.1 Resumen de trabajo relacionado en Europa

En Europa la protección estructural contra incendios en instalaciones industriales ha cobrado una relevancia creciente, especialmente por la alta concentración de actividades tecnológicas y eléctricas en espacios cerrados. Un estudio realizado en Alemania por Schneider y Müller (2022) se centró en la implementación de métodos avanzados para proteger estructuras en un galpón destinado al mantenimiento electromecánico, el cual tiene características similares a las instalaciones de la ULEAM en el campus de Tosagua, Ecuador.

El estudio realizado en Alemania presentó una estrategia innovadora que combina recubrimientos intumescentes con sistemas de monitoreo térmico activo en estructuras metálicas, una de las cosas más importantes era superar los 90 minutos de resistencia al fuego que establece la normativa europea EN 13501-2 (Comité Europeo de Normalización, 2018) y entonces para lograrlo, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio y simulaciones computacionales, lo que permitió un análisis integral del comportamiento térmico y la respuesta estructural del acero en escenarios de incendio controlados.

Los resultados mostraron que combinar medidas pasivas y activas no solo aumenta de manera significativa la capacidad de carga del galpón durante un incendio, sino que también mejora las condiciones para una evacuación segura y reduce notablemente las pérdidas materiales. Además, se subrayó que la personalización de estos sistemas en función de las características de cada infraestructura resulta clave para maximizar la eficiencia de la protección contra incendios, tal como señalan Schneider y Müller (2022).

2.3.2 Resumen de trabajo relacionado en Colombia

En Colombia, la protección estructural contra incendios en edificios industriales ha adquirido una relevancia creciente debido al aumento de siniestros en instalaciones que manipulan o almacenan materiales eléctricos y mecánicos. En este contexto, el estudio que llevó a cabo Ramírez y Gómez (2021) se centró en cómo aplicar métodos de protección pasiva en un galpón industrial destinado al mantenimiento electromecánico en Medellín, con el objetivo de mejorar la seguridad frente a posibles incendios.

La investigación analizó cómo los recubrimientos intumescentes y los revestimientos cementosos pueden funcionar como barreras térmicas para proteger las estructuras metálicas de la instalación y esto se pudo corroborar a través de pruebas de laboratorio y simulaciones térmicas, las cuales demuestran que estas soluciones aumentan considerablemente la resistencia al fuego, lo que permite mantener la estabilidad estructural durante al menos 60 minutos en condiciones de incendio estándar, cumpliendo con la norma NTC 3343 de Colombia (ICONTEC, 2015).

Los autores subrayaron que es crucial combinar la protección pasiva con sistemas activos de detección y extinción para proteger la vida de los trabajadores y reducir las pérdidas materiales en los galpones electromecánicos. Además, se destacó la necesidad de crear estrategias que se adapten al contexto nacional, teniendo en cuenta tanto las características climáticas como las normativas específicas del país (Ramírez & Gómez, 2021).

2.3.3 Resumen de trabajo relacionado en Ecuador

En Ecuador, la protección contra incendios en entornos industriales y educativos ha adquirido una importancia cada vez mayor, sobre todo en aquellos que albergan equipos electromecánicos de alta sensibilidad. En este escenario, la investigación desarrollada por Sánchez y Torres (2023) se orientó a evaluar y aplicar soluciones de protección estructural en un galpón destinado al mantenimiento electromecánico en la ciudad de Guayaquil, con el fin de garantizar tanto la integridad de la infraestructura como la seguridad del personal y de los equipos.

El proyecto se centró en aplicar recubrimientos intumescentes a la estructura metálica complementándolos con sistemas de detección temprana y rociadores automáticos, lo cual se hizo para aumentar la resistencia al fuego y mejorar la respuesta ante posibles emergencias, se pudo comparar con ensayos de laboratorio y las simulaciones térmicas, las cuales mostraron que estos recubrimientos lograron retrasar significativamente el aumento de temperatura en el acero, manteniendo su estabilidad durante un mayor tiempo en minutos en condiciones de incendio controlado, cumpliendo así con lo que establece la normativa INEN 1547:2018 sobre resistencia al fuego (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2018).

Según los resultados obtenidos, los autores dan a conocer que el hecho de combinar medidas pasivas y activas no solo mejora significativamente la protección estructural en galpones electromecánicos, sino que también garantiza la continuidad operativa y reduce considerablemente los riesgos asociados. (Sánchez & Torres, 2023).

2.3.4 Resumen de trabajo relacionado en la provincia de Manabí

En la provincia de Manabí la protección estructural contra incendios en instalaciones industriales especialmente en Manta donde cada vez hay más industrias dedicadas al sector pesquero y camaronero, se ha convertido en un tema de creciente interés, especialmente por la vulnerabilidad de estas infraestructuras ante incendios. Existe un estudio llevado a cabo por Vásquez y Pérez (2022) analizó cómo se aplican métodos de protección estructural pasiva en un galpón electromecánico situado en el cantón Manta.

El proyecto se centró en la implementación de recubrimientos intumescentes y paneles de yeso resistentes al fuego para salvaguardar la estructura metálica del galpón y como a través de pruebas experimentales y simulaciones térmicas, se demostró que estas técnicas mejoran la resistencia al fuego de la estructura, manteniendo su integridad y estabilidad durante más de 75 minutos en condiciones de incendio estándar, conforme a las normativas ecuatorianas e internacionales (INEN, 2018; NFPA 5000, 2021).

Según los resultados de este trabajo investigativo, el afán de combinar medidas pasivas y activas no es que solo mejora significativamente la protección estructural en galpones electromecánicos, sino que también garantiza la continuidad operativa y reduce considerablemente los riesgos asociados. (Sánchez & Torres, 2023).

3.1.2 Análisis de materiales existentes

En la estructura predominan materiales como el acero al carbono sin recubrimiento ignífugo y paneles de tableros compuestos, los cuales presentan una elevada conductividad térmica y una rápida pérdida de resistencia cuando se exponen a altas temperaturas lo que puede aumentar el riesgo a un incendio. Además, se constató la ausencia de sistemas pasivos de protección estructural, tales como pinturas intumescentes, recubrimientos de cementos o paneles resistentes al fuego, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a un escenario de incendio.

3.1.3 Identificación de zonas críticas

Con base a la visita que se realizó, se determinó lo siguiente:

- **Zona de talleres (electricidad, mecánica, biomédica, electrónica):** presencia de equipos eléctricos e inflamables.
- **Oficinas administrativas:** alto contenido de materiales combustibles (papelería, mobiliario).
- **Área de bodega:** almacenamiento potencial de químicos y componentes combustibles.

3.2. OBJETIVO 2

Objetivo 2: Identificar normativas y métodos efectivos de protección pasiva contra incendios aplicables a estructuras metálicas.

3.2.1 Normativa nacional e internacional aplicable

- **Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS):** exige resistencia mínima al fuego de 1 hora para estructuras de ocupación educativa e industrial ligera.
- **NFPA 5000 (USA) y Eurocódigo 3 Parte 1-2 (EN 1993-1-2):** establecen métodos de cálculo de resistencia térmica, aislamiento, e intumescencia para estructuras de acero.

3.2.2 Métodos pasivos de protección identificados

- **Pintura intumescente:** reacción al calor generando una capa espumosa que aísla el metal, es muy eficaz hasta 120 minutos de resistencia (Ghosh & Kodur, 2019).
- **Paneles ignífugos de yeso tipo X o vermiculita:** buena resistencia estructural con bajo costo.
- **Mortero proyectado:** mezcla de cemento y perlita para recubrimiento de vigas y columnas.

3.2.3 Comparación de métodos según eficacia, costo y mantenimiento

Tabla 1. Comparación de métodos según eficacia, costo y mantenimiento

| Método | Resistencia al fuego | Costo estimado/m ² | Mantenimiento |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|---------------|
| Pintura intumescente | 30-120 min | \$25 - \$40 | Alto |
| Paneles ignífugos | Hasta 120 min | \$12 - \$20 | Medio |
| Mortero proyectado | Hasta 180 min | \$8 - \$15 | Bajo |

Fuente: Propia (Kelvin Ortiz, Jackson Mera, 2025)

3.3. OBJETIVO 3

Objetivo 3: Diseñar una propuesta de intervención basada en soluciones técnicas factibles.

3.3.1 Estrategia de intervención por zonas

- **Talleres (mecánica, electricidad, electrónica)**
 - Aplicación de pintura intumescente en columnas metálicas principales.
 - Instalación de detectores de calor y extintores de polvo químico seco.

- Señalética de evacuación ignífuga.
- **Oficinas**
 - Paneles de yeso resistente al fuego en muros divisorios.
 - Reubicación de mobiliario inflamable lejos de accesos.
 - Detectores de humo tipo fotoeléctrico.
- **Bodega**
 - Recubrimiento con mortero ignífugo en vigas y columnas.
 - Instalación de sistema de rociadores automáticos (en fase futura).
 - Compartimentación del área con paneles cortafuegos.

3.1.1 Cálculo de materiales y costos aproximados

Tabla 2. Cálculo de materiales y costos aproximados

| Zona | Solución técnica aplicada | Área estimada (m²) | Costo unitario (USD) | Costo total (USD) |
|--------------|--|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Talleres | Pintura intumescente | 150 | \$30 | \$4.500 |
| Oficinas | Paneles de yeso + sensores | 80 | \$20 | \$1.600 |
| Bodega | Mortero proyectado + compartimentación | 120 | \$15 | \$1.800 |
| Total | | | | \$7.900 |

Fuente: Propia (Kelvin Ortiz, Jackson Mera, 2025)

3.1.2 Diseño y planos de intervención

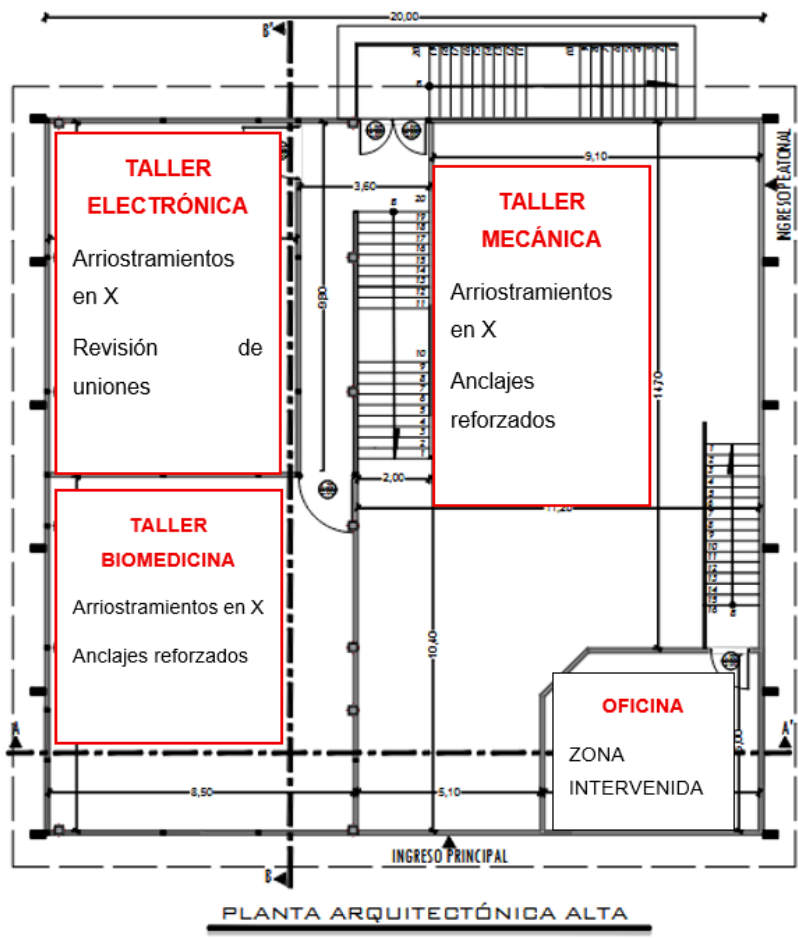
A partir del plano arquitectónico provisto, se marcaron las zonas intervenidas, señalando:

- Refuerzo en uniones y anclajes en las zonas críticas.
- Distribución de paneles y recubrimientos.
- Ubicación estratégica de sensores y extintores.

Fuente: Propia (Kelvin Ortiz, Jackson Mera, 2025)



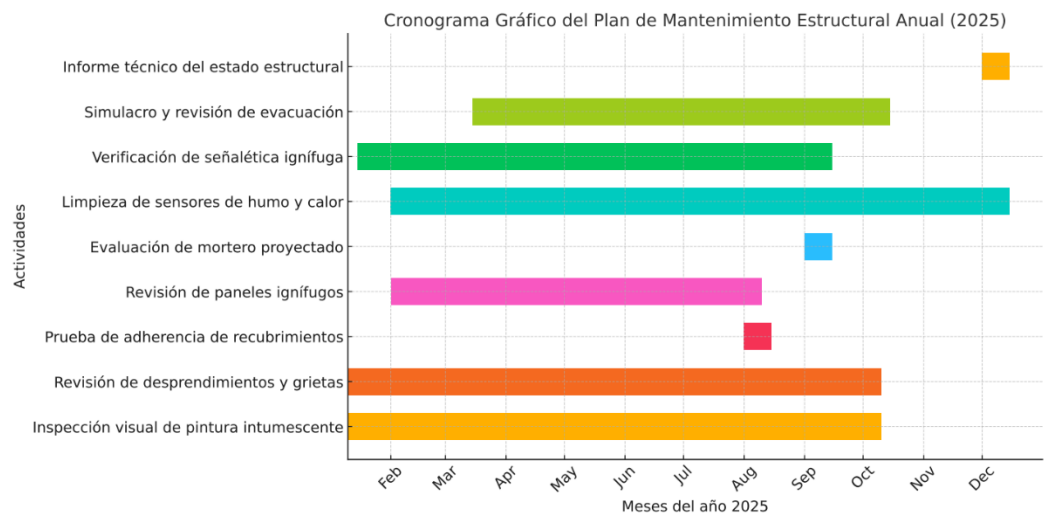
Ilustración 3. Intervención de la planta arquitectónica alta



Fuente: Propia (Kelvin Ortiz, Jackson Mera, 2025)

Además, se detalla un cronograma propuesto del plan del mantenimiento

Ilustración 4. Cronograma gráfico del plan de mantenimiento estructural contra incendio



Fuente: Propia (Kelvin Ortiz, Jackson Mera, 2025)

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- El diagnóstico técnico evidenció que el galpón de electromecánica de la UNITEV-Tosagua presenta un elevado nivel de vulnerabilidad frente a incendios, principalmente por el uso de estructuras metálicas sin recubrimientos ignífugos y la ausencia de sistemas pasivos de protección. A esta situación se suma la existencia de áreas con alta carga de materiales inflamables, como talleres, oficinas y bodegas, lo que en conjunto configura un riesgo considerable tanto para la integridad estructural del edificio como para la seguridad de las personas que lo ocupan.
- La investigación y revisión de las normativas mostró que tanto la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) como normas internacionales, como la NFPA 5000 y el Eurocódigo 3, exigen garantizar una resistencia al fuego mínima de 60 minutos para estructuras de uso educativo e industrial ligero, por lo cual entre los métodos pasivos que se analizaron, se concluyó que la combinación de pinturas intumescentes, paneles ignífugos y morteros proyectados es una solución efectiva, técnicamente viable y adaptable a las condiciones constructivas del galpón.
- La propuesta de intervención se diseñó teniendo en cuenta la efectividad, durabilidad, costo y facilidad de ejecución, dentro del esquema de intervención, se identificaron las áreas críticas donde se implementarán diversas soluciones de protección pasiva, entre estas soluciones se incluyen el refuerzo con pintura intumescente en los talleres (mecánica, eléctrica, electrónica), la instalación de paneles ignífugos en las oficinas y la aplicación de mortero en la bodega. Este análisis nos permitió concluir que la inversión estimada, más o menos ronda los USD 7.900, lo cual se encuentra dentro de un rango accesible y sostenible para su implementación, en comparación con otros que se verifico mediante literatura bibliográfica.

- Además, la planificación de un plan de mantenimiento estructural anual garantiza la continuidad y efectividad del sistema de protección implementado, sumándole a esto, la estructura del cronograma gráfico permite identificar responsables, frecuencias y objetivos medibles, lo que refuerza la capacidad institucional de respuesta ante emergencias.

4.2. RECOMENDACIONES

- Es recomendable dar prioridad a la implementación de medidas de protección pasiva en las áreas críticas, comenzando por los talleres de electricidad, mecánica y electrónica, ya que son los más expuestos a riesgos térmicos y eléctricos.
- Capacitación específica en técnicas de inspección, aplicación y evaluación de recubrimientos ignífugos, así como en el uso y control de los sistemas de detección y alarma contra incendios al personal de mantenimiento, docentes, técnicos docentes y estudiantes.
- Planificar con las autoridades y docentes del campus, para que a mediano plazo se incorpore sistemas activos, como rociadores automáticos, hidrantes internos y sistemas de presurización de escaleras, de manera que se configure una estrategia integral de protección.
- Realizar revisiones periódicas de la normativa nacional e internacional vigente en materia de seguridad contra incendios, con el fin de garantizar que la infraestructura se mantenga actualizada y cumpla con los estándares más recientes.
- Se sugiere llevar a cabo simulacros semestrales con la participación de toda la comunidad universitaria del campus Tosagua, fortaleciendo así la cultura de prevención frente a emergencias y desastres, en concordancia con lo dispuesto por la Ley de Seguridad Pública y del Estado.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashton, D. H., Wust, J., & Drysdale, D. (2010). *Fire protection engineering*. Wiley.
- ASTM International. (2020). *ASTM E119-20: Standard test methods for fire tests of building construction and materials*. ASTM.
- Branz, H. M., & Hawkins, T. (2000). Maintenance of fire protection systems: Best practices. *Fire Safety Science*, 7, 489–500.
- Buchanan, A. H. (2001). *Structural design for fire safety*. John Wiley & Sons.
- Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics* (3rd ed.). Wiley.
- European Committee for Standardization. (2004). *EN 1991-1-2: Eurocode 1 – Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire*. CEN.
- European Committee for Standardization. (2018). *EN 13501-2: Fire classification of construction products and building elements — Part 2: Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services*. CEN.
- Frangi, A., Fontana, M., & Motavalli, M. (2007). Fire behaviour of timber structures. *Fire Safety Journal*, 42(7), 571–582. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.05.004>
- García, J., & Rodríguez, L. (2019). Protección estructural en edificios industriales. *Revista Ingeniería y Construcción*, 34(2), 95–104.
- Grosshandler, W. L., & DiNenno, P. J. (2007). Fire safety engineering in timber buildings. *Journal of Fire Sciences*, 25(5), 437–450.

- ICONTEC. (2015). *NTC 3343: Resistencia al fuego de elementos estructurales*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2018). *INEN 1547: Resistencia al fuego de elementos estructurales*. Quito, Ecuador.
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 834: Fire resistance tests – Elements of building construction*. ISO.
- Janssens, M. L., & Custer, R. L. (2006). Intumescent coatings for fire protection of steel structures. *Journal of Protective Coatings & Linings*, 23(10), 56–62.
- Kaplan, A., Grant, G., & Xu, Y. (2015). Active fire protection systems in industrial facilities. *Safety Science*, 79, 28–37.
- Kodur, V., & Dwaikat, M. (2011). Performance of steel structures in fire. *Fire Safety Journal*, 46(3), 155–163.
- Kodur, V., & Raut, N. (2011). Structural fire performance of high-strength concrete columns. *Journal of Structural Engineering*, 137(4), 422–430.
- Kodur, V. K. R., & Phan, L. T. (2005). Predicting the fire endurance of steel columns protected with fire resistive materials. *Engineering Structures*, 27(3), 331–340.
- López, M., & Martínez, P. (2020). Métodos combinados de protección estructural contra incendios en galpones industriales. *Revista de Ingeniería Mecánica y Eléctrica*, 29(1), 45–56.
- National Fire Protection Association (NFPA). (2021). *NFPA 5000: Building construction and safety code*. NFPA.

- Ramírez, J., & Gómez, L. (2021). Aplicación de recubrimientos intumescentes para la protección contra incendios en estructuras metálicas de galpones industriales. *Revista Colombiana de Ingeniería*, 35(1), 112–124.
- Sánchez, M., & Torres, R. (2023). Implementación de recubrimientos intumescentes para la protección estructural contra incendios en galpones electromecánicos. *Revista Ecuatoriana de Ingeniería y Seguridad*, 12(2), 78–90.
- Schneider, H., & Meacham, B. (2010). Passive fire protection: A review of materials and applications. *Fire Technology*, 46(4), 637–655.
- Schneider, T., & Müller, F. (2022). Combined passive and active fire protection methods in industrial steel structures: A case study in Germany. *Journal of Fire Safety Engineering*, 45(3), 215–230. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103456>
- Vásquez, L., & Pérez, M. (2022). Evaluación de métodos de protección estructural contra incendios en galpones electromecánicos de Manabí. *Revista Científica de Ingeniería Civil*, 10(1), 55–67.

ANEXOS

Anexo 1. PLAN DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURAL ANUAL CONTRA INCENDIOS PROPUESTO

1. Objetivo

Garantizar la conservación y funcionamiento adecuado de los sistemas de protección pasiva contra incendios aplicados en la estructura del galpón de electromecánica, a través de inspecciones programadas, correctivos oportunos y mejoras continuas, en cumplimiento con la normativa vigente (NEC, INEN 2637, NFPA 5000).

2. Frecuencia y programación

| Actividad | Frecuencia | Mes sugerido | Responsable |
|---|------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Inspección visual de pintura intumescente | Trimestral | Enero / Abril / Julio / Octubre | Técnico de mantenimiento |
| Revisión de desprendimientos, burbujas o grietas | Trimestral | Coincide con inspección visual | Técnico de mantenimiento |
| Prueba de adherencia de recubrimientos | Anual | Agosto | Técnico estructural externo |
| Revisión de paneles ignífugos (yeso, vermiculita) | Semestral | Febrero / Agosto | Técnico de mantenimiento |
| Evaluación de mortero proyectado | Anual | Septiembre | Técnico estructural externo |

| | | | |
|---|------------|---------------------------|-------------------------------|
| Limpieza de sensores de humo y calor | Bimestral | Todos los pares | Técnico eléctrico |
| Verificación de señalética ignífuga | Trimestral | Enero / Mayo / Septiembre | Supervisor de seguridad |
| Simulacro y revisión de rutas de evacuación | Semestral | Marzo / Octubre | Comité de seguridad |
| Informe técnico de estado general estructural | Anual | Diciembre | Departamento de obras civiles |

3. Actividades detalladas

3.1 Inspección de recubrimientos intumescentes

- Evaluar cambios de color, desprendimientos, burbujas o corrosión.
- Retocar con una nueva capa si el espesor ha disminuido por debajo del valor mínimo especificado por el fabricante (generalmente 1,5 mm para 60 minutos de resistencia).

3.2 Verificación de paneles de protección pasiva

- Inspeccionar fijaciones, integridad física y posibles filtraciones de humedad.
- Reemplazar paneles dañados o expuestos al agua que hayan perdido resistencia al fuego.

3.3 Mantenimiento de mortero ignífugo

- Revisar la adherencia al acero y verificar que no existan agrietamientos o desprendimientos.
- Reaplicar si la capa se ha reducido por abrasión o exposición.

3.4 Sensores y sistemas de alarma

- Limpiar sensores de humo y temperatura con aire comprimido.

- Verificar estado de baterías y comunicación con el sistema central.
- Reemplazar dispositivos defectuosos.

3.5 Simulacros y señalética

- Verificar visibilidad nocturna de señalética fotoluminiscente.
- Comprobar que todas las rutas de evacuación estén libres de obstrucciones.
- Registrar el tiempo de respuesta de evacuación.

4. Indicadores de desempeño

| Indicador | Meta anual |
|--|-------------|
| % de recubrimientos en estado funcional | ≥ 95 % |
| % de sensores operativos | 100 % |
| Número de simulacros ejecutados | ≥ 2 |
| Tiempo promedio de evacuación | ≤ 3 minutos |
| Informes técnicos estructurales entregados | 1 por año |

5. Recomendaciones finales

- Actualizar el inventario de materiales ignífugos utilizados en cada área del galpón.
- Capacitar al personal técnico y de mantenimiento sobre protocolos de inspección.
- Contar con un presupuesto anual para reposición de materiales y mano de obra especializada.
- Evaluar cada 5 años la posibilidad de implementar sistemas activos como rociadores automáticos.

Anexo 2. Verificando varios sistemas contra incendios



Anexo 3. Constatando donde van a estar instalados todos los dispositivos contra incendios dentro del galpón de electromecánica

