

Revisión del estado actual de los sistemas de protección pasiva contra incendios (PPCI) y su impacto en la alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México

Review of the current state of passive fire protection systems and their impact in the Cuauhtémoc town hall, Mexico City

D. M. González-Sáenz ^a, V. Volpi-León ^{a,*}, J. R. Serralde-Lealba ^a, C. A. Bigurra-Alzati ^a,
A. D. Juárez-Sedano ^a, M. E. Sánchez-Roldán ^a

^a Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

Durante un incendio, la integridad de las estructuras puede verse comprometida a medida que aumenta la temperatura, pudiendo ocasionar colapso. En México, existe una laguna legal que no exige a los responsables en la construcción el emplear la protección pasiva contra incendios de forma eficaz. Asimismo, prevalece una falta de conciencia para emplear materiales con estándares de seguridad contra incendios. En este trabajo se mencionan los principios de la PPCI, la normativa actual, y sus limitaciones. Se analizó el impacto generado por la falta de su implementación en edificaciones de la delegación Cuauhtémoc, Ciudad de México. Se observó que las edificaciones que sufrieron daños por incendio corresponden principalmente a construcciones pertenecientes a la clasificación del tipo 3 de acuerdo con la Norma 220 de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego. Como alternativa de solución se propuso el uso de materiales con baja conductividad térmica para dar solución a los riesgos que implican el no adaptar las edificaciones para la PPCI.

Palabras Clave: Protección Pasiva Contra Incendios, materiales contra incendios, normativa para PPCI, falta de capacitación.

Abstract

During a fire, the integrity of structures can be compromised due to the temperature increases, which can lead to collapse. In Mexico, a legal loophole does not require construction workers to use passive fire protection effectively. Likewise, there needs to be more awareness of the benefits of using adequate materials with fire safety standards. This paper mentions the principles of PPCI, the current regulations, and their limitations. The impact of the lack of implementation in buildings in the Cuauhtémoc delegation, Mexico City, was analyzed. It was observed that the buildings that suffered fire damage correspond mainly to concrete, steel, and wood constructions, belonging to type 3 classification according to Standard 220 of the National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego). Using materials with low thermal conductivity was proposed as an alternative solution to reduce the risks of not adapting the buildings to the PPCI.

keywords: Passive fire protection, fire protection materials, PPCI regulations, lack of training.

1. Introducción

1.1 Protección Pasiva Contra Incendios PPCI

La Protección Contra Incendios se refiere a las medidas e instrumentos diseñados para evitar el inicio y propagación del fuego al interior de un inmueble. Consta de señalización, elementos constructivos, productos especiales y materiales aplicados desde la construcción y funcionamiento de la

edificación. Asimismo, tiene la función de promover la aplicación segura de los equipos de extinción y prevenir afectaciones importantes a la estructura y a sus usuarios (Bayon, 1978).

Para comprender la problemática de la aplicación de la Protección Contra Incendios (PCI) se debe entender primero su clasificación, la cual se divide en activa y pasiva. La protección activa incluye sistemas automáticos de detección y extinción de incendios. Por otro lado, la protección pasiva es

*Autor para la correspondencia: volpi@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: go402540@uaeh.edu.mx (Denise María González-Sáenz), volpi@uaeh.edu.mx (Valeria Volpi-León), juan_serralde@uaeh.edu.mx (Juan Rubén Serralde-Lealba), carlos_bigurra@uaeh.edu.mx (Carlos Alfredo Bigurra Alzati), ajuarez@uaeh.edu.mx (Alma Delia Juárez-Sedano), mariaesr@uaeh.edu.mx (María Elena Sánchez Roldán)

aquella que se determina desde el diseño de la edificación, se conforma del uso de materiales, puertas, pinturas y techos reforzados, y elementos fijos en la edificación que son diseñados para prevenir la aparición de un incendio, impedir, contener o retrasar su propagación, y por último facilitar su extinción (Mróz et al., 2016).

La Protección Pasiva Contra Incendios (PPCI) se abordó por primera vez en 1903, en un programa educativo de grado universitario impartido en el Armour Institute of Technology, actualmente Illinois Institute of Technology. Desde entonces, se han desarrollado diversos manuales y normativas alrededor del mundo para evitar el impacto de los siniestros ocasionados por fuego en las edificaciones. En EUA, la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés) cuenta con más de 37 normas para probar sistemas pasivos contra incendios.

En México, la industria de la construcción se rige por el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que son de carácter obligatorio acorde a la Ley Federal de Metrología y Normalización, y las Normas Mexicanas (NMX), promovidas por la Secretaría de Economía con el objetivo de servir de referencia para determinar la calidad de diversidad de productos y servicios.

Solo en algunos estados de la República Mexicana como Nuevo León, Estado de México, Ciudad de México, se cuenta con leyes y reglamentos que hacen énfasis en la prevención de incendios. En la Ciudad de México existe la Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, sin embargo, únicamente hace referencia a la protección activa contra incendios. Por otro lado, algunas dependencias de gobierno como la Sociedad Hipotecaria Federal (2007) cuentan con manuales básicos para siniestros como los incendios.

Con relación a la Protección Pasiva Contra Incendios (PPCI), existen ocho normativas aplicables en México, de las cuales, solo dos aluden a la PPCI y el resto tratan directamente Sistemas de Protección Activa (ver tabla 1). La Norma 002-STPS-2010 (ver tabla 1) en la que se explican las condiciones de seguridad, prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo, establece las obligaciones de patrones y trabajadores para evitar que un accidente provoque fuego en sus diferentes clasificaciones. Así mismo, existen organizaciones que promueven esta información de forma externa como el Instituto Nacional de Protección contra el fuego (INPFAC), que presenta un programa de trabajo de cuatro puntos en los que se imparte capacitación de la PPCI en la escuela de Protección Civil (EPROC).

Como tal, no existe ninguna normativa específica para Sistemas Pasivos de Contención de Incendios, asimismo, en las existentes, nada se aborda con respecto a la realización de pruebas en materiales para una previsión mínima, por ende, tampoco hay cultura de estos en el área de prevención (Schmit, 2017). y falta mucha capacitación y aplicación de la normativa existente. Asimismo, no se encuentra actualizada ni se obliga a cumplir en los inmuebles. Sin embargo, Protección Civil en su oficio No. DGVIN/274/2017, dirigido al Instituto de Nacional de Protección contra el Fuego manifestó que no es de su ámbito crear una NOM de la protección pasiva y activa contra el fuego, pues al existir la NOM-002-STPS para la protección contra incendio en centros de trabajo que, aunque no incluye la Protección Pasiva Contra Incendios es suficiente (Schmit, 2017).

Tabla 1. Normas mexicanas contra incendios aplicables en la edificación y equipamiento urbano.

Norma	Título	Aplicación
NMX-C-22899-1-ONNCC E-2020	Industria de la Construcción – Pruebas de resistencia al fuego – Determinación de la resistencia al chorro de fuego de materiales de protección pasiva contra fuego – Parte 1: Requisitos generales (ONNCCE, 2020)	Voluntaria
NMX-C-307-1-ONNCC E-2016	Industria de la Construcción – Edificaciones – Resistencia al Fuego de Elementos y Componentes – Especificaciones y Métodos de Ensayo – Parte 1: Elementos Estructurales (ONNCCE, 2016)	Voluntaria
NMX-C-307-2-ONNCC E-2019	Industria de la Construcción – Edificaciones – Resistencia al fuego de Elementos y Componentes – Parte 2: Sellos cortafuego en penetración (ONNCCE, 2019)	Voluntaria
NMX-C-307-3-ONNCC E-2020	Industria de la Construcción – Edificaciones – Resistencia al fuego de Elementos y Componentes – Parte 3: Sellos cortafuego en junta lineal (ONNCCE, 2020)	Voluntaria
NMX-C-307-4-ONNCC E-2019	Industria de la Construcción – Edificaciones – Resistencia al Fuego de Elementos y Componentes – Especificaciones y métodos de prueba – Parte 4: Puertas y Cortinas (ONNCCE, 2019)	Voluntaria
NMX-C-570-ONNCC E-2020	Industria de la Construcción - Resistencia al fuego de elementos y componentes – Sistemas de protección de túneles – Especificaciones y métodos de ensayo (ONNCCE, 2020)	Voluntaria
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de Seguridad - Prevencion y Proteccion contra incendios en los centros de trabajo (STPS, 2010)	Obligatoria
NOM-001-SEDE-2005	Instalaciones Eléctricas (utilización)	Obligatoria

Tomando en cuenta que, en México no hay normativa enfocada a la protección pasiva contra incendios, ni

correspondiente a pruebas de materiales, se ha tomado como acción promover el uso de la Prima de Seguro Descartada, la cual establece beneficios a quien cumpla con la implementación de un Sistema de Protección Contra Incendios en su edificación y las pruebas certificadas de los materiales utilizados. Sin embargo, esta es poco promovida o conocida.

1.2 Materiales utilizados en PPCI

En la ciudad de México, los técnicos o responsables de la correcta administración de una PCI son los ingenieros y arquitectos, quienes se encuentran al mando de la construcción, diseño y administración de los inmuebles. Tal como menciona Schimidt (2017) "...su responsabilidad consiste en especificar materiales y/o elegir al instalador de estos. También es su responsabilidad asegurar que puedan probar su efectividad...No es tan solo cumplimiento del trabajo, existe una responsabilidad legal", El Instituto Nacional de Protección contra el fuego (INPF) presenta un programa de trabajo de cuatro puntos, de los cuales uno de ellos contiene la capacitación de la PPCI en la escuela de Protección Civil (EPROC).

Se han abordado diversos materiales de PPCI como: las barreras de aislamiento térmico (Caetano et al., 2022), los materiales de construcción endodérmicos (Ríos et al., 2020) y algunas soluciones basadas en aglutinantes activados con álcali (Nicoara et al., 2019). Los materiales de aislamiento térmico tienen un papel vital para resistir el flujo o pérdida de calor a través de envolventes. Sin embargo, los principales materiales utilizados para esta función son polímeros, que son propensos a quemarse durante un incendio y liberar gases tóxicos (Ricciotti et al., 2020).

Otro material de construcción utilizado es el concreto, el cual tiene baja conductividad térmica que protege la parte subyacente de la estructura. Este, es uno de los principales materiales de PPCI, ya que protege la estructura el tiempo suficiente para poder tomar acciones preventivas durante un incendio (Amran et al., 2022). Sin embargo, un concreto denso y poco permeable (concreto de alto rendimiento) tiene tendencia a "desconcharse" de forma explosiva. Comprometiendo la estabilidad de la estructura (Mróz et al., 2016).

Considerando que, la mayoría de las construcciones en la ciudad de México no consideran el uso de Sistemas certificados de Protección Pasiva contra Incendios pierden los beneficios de clasificar en la prima de Seguro Descartada. Esto se refiere a prima de daños por incendio con una aseguradora especializada. El proyecto se valida mediante la evaluación del INPF, donde se analiza la ingeniería del proyecto, se inspecciona la PPCI en su momento visible y se verifica si ha sido instalada acorde a los valores mínimos que indican las normas de laboratorio acreditado. Así, el INPF emite un Certificado de Cumplimiento acreditable y con ello, la oportunidad de obtener un beneficio económico.

En lo referente a pruebas de materiales y su normativa para la PPCI se observa que, en México, poco se conoce del tema, asimismo, al no existir una normativa más extensa que regule el uso de ciertos materiales, se acata únicamente lo existente. Si bien, se ha avanzado desde las pruebas de soplete de los 80's que daban aprobación a materiales que no cumplían con los requisitos para su resistencia al fuego, el actual inconveniente es la falta de uso de materiales de innovación, ya que se temen

pérdidas financieras o no lo ven viable al momento de proyectar aun siendo una responsabilidad incorporar este tipo de protección en obras específicas. Esto provoca una cultura de desinformación y una falsa idea de seguridad en los materiales y procesos constructivos aplicados comúnmente, ocasionando que no sea un tema más hablado, estudiado y acatado.

No obstante, empresas como Sherwin-Williams han sido premiadas con el Queen's Award for Enterprise gracias a su innovación en 2018, por la creación de un recubrimiento FIRETEX FX6002, que ofrece una protección pasiva para acero estructural. Este recubrimiento intumesciente de secado ultrarrápido para construcción y proyectos de infraestructura de alto valor permitió a los aplicadores de pintura transportar estructuras de acero en horas en lugar de días, evitando la inactividad y reduciendo el tiempo por proyecto, demostrando el valor de la innovación e implementación en materiales para este ámbito.

En este trabajo se revisa la normativa vigente relacionada con la PCI y se exponen los materiales más utilizados en las construcciones actualmente, clasificándose de acuerdo con la NFPA. Asimismo, se analizan casos aislados donde se presentan daños ocasionados por los incendios en algunas edificaciones de la alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. Esto, con el fin de dar a conocer el impacto que genera la falta de implementación de la normativa de PPCI en las edificaciones. Finalmente, se recomienda el uso de materiales inorgánicos con baja conductividad térmica y se presentan conclusiones.

2. Área de estudio

La investigación se centró en la alcaldía Cuauhtémoc en la Ciudad de México, dividida en seis coordinaciones territoriales, con una superficie de 32.44 km², que representa al 2.1% del área total de la Ciudad de México. Se consideró área de estudio representativa debido a su importancia en la ciudad, como centro de la capital del país (ver Figura 1), y por los antecedentes que tiene sobre casos de incendios en edificaciones, donde las pérdidas materiales han sido graves debido a la calidad de los materiales.



Figura 1. Mapa de la alcaldía Cuauhtémoc, (Alcaldía Cuauhtémoc, 2016).

2.1 Clasificación de edificaciones

Es importante entender cómo se desempeñará un edificio en caso de incendio. Los requisitos mínimos de construcción se establecen para ayudar a mantener la integridad estructural durante el tiempo necesario para la evacuación o reubicación a un lugar seguro en el edificio. La combustibilidad de un material da una indicación de la rapidez con la que crecerá o se propagará un incendio. Ambos aspectos son esenciales para la protección contra incendios y seguridad humana. La Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA, por sus siglas en inglés) cuenta con una simbología para reconocer el nivel de riesgo que puede presentar un material. El rombo se conforma por recuadros de diferentes colores que especifican numéricamente el nivel de riesgo o peligro (ver Figura 2.)



Figura 2. Rombo de seguridad NFPA (PSI Soluciones, s.f.).

La NFPA 220, Norma sobre Tipos de Construcción de Edificios, define los tipos de construcción de edificios en función de la combustibilidad y la certificación de resistencia al fuego de los elementos estructurales de un edificio. Cuando hablamos de certificación de resistencia al fuego, nos referimos al tiempo, en minutos u horas, que los materiales o conjuntos de montaje han resistido una exposición al fuego según lo determinado por pruebas específicas.

NFPA 101, Código de Seguridad Humana, tiene el objetivo de proporcionar los requisitos mínimos para la protección contra incendio, considerando la función, diseño, operación y mantenimiento de los edificios para que cumplan con los requisitos mínimos de construcción y aseguren la vida de sus usuarios. La NFPA 101 no es el único código que especifica tipos mínimos de construcción, a menudo, el tipo de construcción se relaciona con la cantidad de pisos que tendrá el edificio y si el mismo tendrá o no rociadores instalados.

Tipos de construcción de NFPA 220 divide la construcción de edificios en cinco tipos diferentes que se relacionan con el material, cada uno de estos tipos está numerado del uno al cinco (en números romanos). Cuando los códigos y normas se refieren al tipo de construcción requerida o permitida, hay tres números entre paréntesis que siguen al tipo de construcción. Estos números indican la certificación de resistencia al fuego

en horas de los diferentes elementos estructurales que se requieren.

- Tipo I: Construcción no combustible (o combustible limitado) con un alto nivel de resistencia al fuego, típicamente construcción de hormigón.
- Tipo II: Construcción no combustible (o de combustible limitado) con un nivel más bajo de resistencia al fuego que el Tipo I, por lo general se trata de una construcción de acero con o sin protección ignífuga.
- Tipo III: Paredes exteriores y elementos estructurales son materiales no combustibles o de combustible limitado, y los elementos estructurales interiores, paredes, arcos, pisos y techos son de madera más pequeña que la requerida para la construcción.
- Tipo IV. Esto generalmente se llama construcción ordinaria y un ejemplo de esto es un edificio mixto de mampostería/madera. Los muros cortafuegos, los muros exteriores y los muros de carga interiores son materiales aprobados no combustibles o de combustible limitado. Otros elementos estructurales interiores, arcos, pisos y techos son madera maciza o laminada o madera contralaminada
- Tipo V: Los elementos estructurales, muros, arcos, pisos y techos son de madera u otro material aprobado. La mayoría de las construcciones residenciales en EE. UU.

Actualmente, México no cuenta con pruebas de laboratorio para la ejecución de la NMX-C-307, se basan en la normativa extranjera de ASTM E119 (Smith, 2017). La mayoría de las pruebas de materiales se basan en estándares y normas extranjeras como las ASTM; incluso hasta los 80's en México se siguió utilizando la prueba de soplete y placa, la cual daba un tiempo de resistencia en recubrimientos de 14 min en lugar de 180 minutos que se considera lo mínimo para la evacuación y salvaguarda de la vida humana.

Es preocupante que aun teniendo conocimiento de las debilidades de la normativa vigente con respecto a la previsión y aplicación de PPCI, no se planteen soluciones. Acorde a M.R Schmidt, en 1992 la Dirección General de Normas (DGN), de quién dependía la vigilancia de la NMX C 307 le entregó al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) un oficio donde prohibía que siguieran usando la prueba de soplete y placa de acero. De acuerdo con la revista "Nuestra Historia" expedida por la misma delegación en su pág. 14 menciona que, en 1970, se crearon las 16 delegaciones, siendo el Centro una colonia más de la Delegación Cuauhtémoc, marcando sus límites actuales 20 años antes de que se prohibiera el uso de la Prueba soplete. Por ello, la mayor parte de las 34 colonias de la delegación Cuauhtémoc ya estaban en pie 20 años antes de que hubiera alguna regulación mínima en sus materiales para la PCI.

2.2 Estudios de Caso

2.2.1 Edificio de departamentos colonia Doctores

El primer siniestro analizado se trata de un edificio de departamentos de 5 niveles ubicado en la esquina de Doctor Olvera y Doctor José María Vértiz, colonia Doctores. El incendio ocurrió el lunes 6 de diciembre de 2021, donde los bomberos de la Ciudad de México desalojaron a 20 personas que habitaban zonas aledañas a donde ocurrió el incendio. El inmueble tiene una estructura de concreto con muros interiores de tablaroca y ventanas bloqueadas con protecciones de herrería. Con base en estos materiales, el inmueble se identifica como un tipo 3 (estructura usualmente mixta, con mampostería y madera con materiales no combustibles o de combustible limitado), de acuerdo con la NFPA 220. El incendio se originó en el cuarto de azotea donde almacenaban madera y algunos solventes. No hubo Protección Activa Contra Incendios ya que la alarma se dio por medio de cámaras aledañas a la zona. Se tuvieron pérdidas del 80% en consumo de materiales y estructura. (ver Figura 3).



Figura 3. Incendio en edificio de la Colonia Doctores, Ciudad de México. (Vitela, R., 2021).

2.2.2 Edificio abandonado en colonia Roma

El segundo caso sucedió el 21 de septiembre de 2022 en un edificio abandonado en las calles Medellín y Tlaxcala, en la colonia Roma. El inmueble era de 7 niveles, tenía una estructura de concreto y vigas de madera, así como diversas cantidades de materiales inflamables de desecho. El edificio se clasifica como Tipo 3 y Tipo 4 (construcciones ordinarias con elementos estructurales interiores, arcos, pisos y techos con madera maciza o laminada o madera contra laminada). El

inmueble sufrió un fuerte incendio luego de que una persona que vivía de manera clandestina provocó el incidente, ante esto, no hubo lesionados. Se tuvo una pérdida del 90% en bienes pasivos ya que no había materiales de control rápido contra el fuego o ningún tipo de regulación. El edificio no contaba con diseño en PPCI o rutas de evacuación (ver Figura 4).

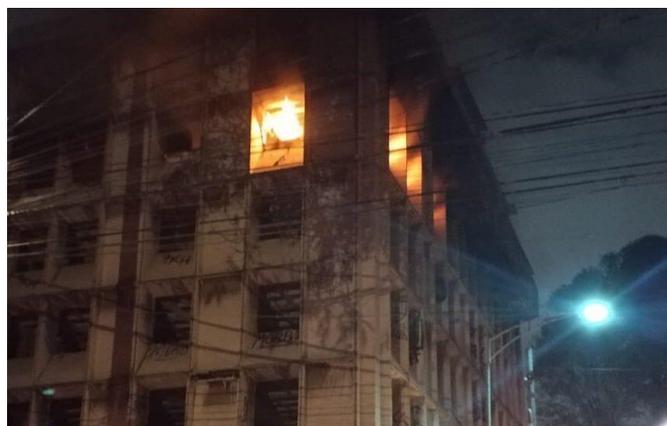


Figura 4. Incendio en inmueble de la colonia Roma, Ciudad de México. (Ek, R., 2022).

2.2.3 Edificio habitacional en la colonia Morelos

El tercer caso ocurrió el viernes 26 de agosto del 2022 en una unidad habitacional multifamiliar “libertad”, ubicada en la colonia Morelos, entre avenidas libertad y palma norte, edificio c3 en el número 103. El inmueble de 6 niveles estaba compuesto, en su mayoría, por concreto, plafones, aluminio y madera en algunos elementos estructurales. El edificio se clasifica como tipo 3 (estructura usualmente mixta, con mampostería y madera con materiales no combustibles o de combustible limitado), de acuerdo con la NFPA 220. El incendio fue ocasionado por un corto circuito, no había sistema de alarma y se identificó debido a una columna de humo. La rapidez en que se esparció y la falta de protección dió como resultado que el tiempo de evacuación no fuera suficiente y quedaron atrapados 4 menores de edad y 2 adultos. Hubo considerables pérdidas materiales por falta de PCI (ver Figura 5).



Figura 5. Edificio de unidad habitacional multifamiliar ubicada en la alcaldía Cuauhtémoc (Baena, 2022).

3. Análisis de datos.

Según información de la *National Fire Protection Association* (NFPA), de cada 100 incendios en zonas urbanas: 55.6% son en casa-habitación, 34.1% en Comercio, 3.0% Hoteles y moteles, 3.0% en edificios industriales y/o oficinas, 4.3% otros edificios (Zermeño, 2022) (ver Figura 6). Adicionalmente, el 80% de las edificaciones que sufren algún siniestro de incendio pierden el 100 por ciento de su patrimonio. Así, las pérdidas económicas de los establecimientos y negocios equivalen a los 1,000 millones de pesos (Zermeño, 2022).

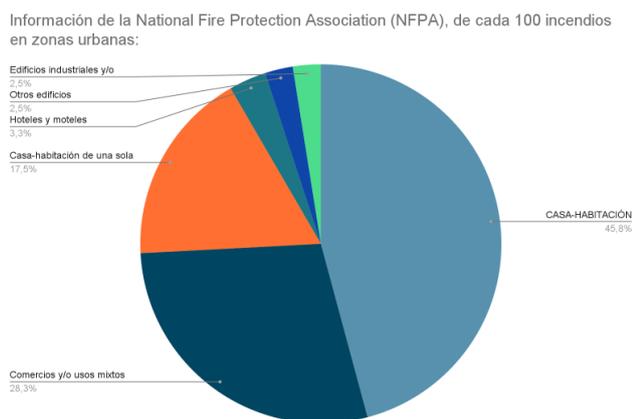


Figura 6. Estadística obtenida a partir de la comparativa de casos y reportes obtenidos, como reporta el NFPA.

En México, en los últimos 10 años más de 6 mil personas fallecieron por exposición a fuego no controlado en construcción, por exposición de ignición de material altamente inflamable, explosiones o por contacto con líquidos calientes (bebidas y alimentos), siendo los grupos más vulnerables los más afectados, niños y adultos mayores. Cerca de 260 incendios ocurren al día dejando alrededor de 700 víctimas fatales al año.

En el país más de seis mil personas fallecieron por exposición a fuego no controlado en construcción, por exposición de ignición de material altamente inflamable, explosiones o por contacto con líquidos calientes (bebidas y alimentos). Los más afectados fueron los grupos vulnerables, los menores de edad y los adultos mayores. Adicionalmente, el 80 por ciento de las edificaciones que sufren algún siniestro de incendio pierden el 100 por ciento de su patrimonio interrumpiendo la continuidad de operaciones, pérdida de empleos y por tanto la competitividad de las industrias. Tres mil 909 incendios, tanto forestales como estructurales, se han registrado este año en la CDMX.

La Ciudad de México ocupa el primer lugar en incendios del país, pues atiende hasta 30 en tan solo un fin de semana, muchos de los cuales, se pueden evitar.

3.1 Materiales más utilizados para la Protección Pasiva Contra Incendios.

Si bien, no ha tenido avance la implementación de nuevas normas mexicanas para la casa-habitación, algunas alternativas que pueden considerar los proyectistas para comenzar a

Estuco: Es un tipo de yeso que se ha usado tradicionalmente con fines decorativos. También es muy reconocido por sus propiedades ignífugas, por lo que se usa para recubrir ladrillo, madera y otros materiales estructurales. Una capa de estuco de solo una pulgada puede hacer que el fuego tarde una hora en quemar la pared.

Ladrillo: Dado que los ladrillos se hacen en un horno de fuego, ya son resistentes a él de por sí. Dependiendo de la construcción y el grosor de la pared, una pared de ladrillo puede lograr una resistencia al fuego de 1 a 4 horas. Aunque, la unión con mortero hace que la pared sea algo menos resistente al fuego de lo que sería el ladrillo de forma aislada (ver Figura 7).



Figura 7. Imagen de ladrillo para referencia a materiales. (ZhengZhou Kaier Kiln Refractory Co., 2022)

Vidrio resistente al fuego: Una de las primeras cosas que ocurren en los incendios es la rotura de cristales debido al calor. Las ventanas rotas son una puerta de entrada al fuego, que encuentra mejores formas de propagarse. Las ventanas hechas con vidrio resistente al fuego tardan el doble en romperse, además de ser energéticamente más eficientes.

Concreto: El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados en la actualidad. Una de sus propiedades más destacadas es la gran resistencia al fuego, incluso por encima del acero, gracias a su baja conductividad térmica y a su incombustibilidad. De hecho, se usa mucho para reforzar el acero y protegerlo en caso de incendio. Todos estos materiales ignífugos se citan en las guías de construcción como las mejores opciones para minimizar el riesgo de incendios en edificios de todo tipo. También es importante conocer la clasificación de la construcción del edificio u obra en sí.

Yeso (dihidrato de sulfato de calcio). Es un mineral cristalino utilizado en la industria de la construcción. Los paneles de yeso son una protección pasiva contra incendios eficaz. Como el yeso contiene 20% de agua ligada químicamente, puede evaporarse en caso de incendio y ayudar a minimizar la temperatura en el interior de la estructura y la propagación del fuego. Además, las placas de yeso son un material completamente incombustible.

Fibras de polipropileno (PP). Son polímeros añadidos a la mezcla de concreto que actúan como sistema de protección pasiva. Otro grupo de materiales de protección pasiva contra incendios son los materiales intumescentes y ablativos para la protección de estructuras de acero (Mróz et al., 2016).

3.2 Los materiales y su reacción al fuego.

Los materiales y productos se pueden clasificar en siete 'Euroclases' distintas, según la manera en que reaccionan al fuego. Para entender esta clasificación, es importante considerar la combustión súbita generalizada o Flashover, que es el momento en que los materiales combustibles –no involucrados en el incendio original– comienzan a arder, acrecentando la temperatura en la habitación y aumentando su velocidad de propagación (ver tabla 2).

Tabla 2: Clasificación de materiales y productos al reaccionar con el fuego (Lingan, 2018).

Euroclase	Descripción
A1	No tiene combustible y no contribuye al fuego. Entre ellos podemos encontrar materiales y/o productos de concreto, vidrio, acero, piedra natural, ladrillos, y cerámicos
A2	Poco combustible y muy baja contribución al fuego, sin causar Flashover. Entre ellos podemos encontrar materiales y/o productos similares a los Euroclase A1, pero con un pequeño porcentaje de componentes orgánicos
B	Poco combustible y muy baja contribución al fuego, pero si causan Flashover. Entre ellos podemos encontrar materiales y/o productos como las placas de yeso y algunas maderas con protección al fuego
C	Combustible, causa Flashover a los 10 minutos. Entre ellos podemos encontrar materiales y/o productos como la espuma fenólica, o placas de yeso con revestimientos superficiales más gruesos.
E	Combustible, causa Flashover antes de 2 minutos. Entre ellos podemos encontrar materiales y/o productos como tableros de fibra de baja densidad, o sistemas de aislamiento compuestos de plástico
F	Comportamiento indeterminado. Materiales y/o productos no testeados
S	Opacidad del Humo. Capacidad del elemento de no producir humos. Se divide en: <ul style="list-style-type: none"> ▪ S1. Baja opacidad y producción de humos. ▪ S2. Mediana opacidad y producción de humos. ▪ S3. Alta opacidad y producción de humos

Cada elemento constructivo se comporta de manera distinta al entrar en contacto con el fuego, y su resistencia se mide con base en los siguientes parámetros (o sus combinaciones). Esta clasificación es acompañada habitualmente por un número (en minutos: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 o 360) que indica el tiempo en que estos parámetros se cumplen. A modo de ejemplo, un REI 90 indica que un elemento constructivo mantiene su estabilidad (R), integridad (E) y su aislamiento térmico (I) durante 90 minutos.

4. Conclusiones

Es un hecho que la normatividad en México no se encuentra actualizada para la cantidad de riesgos que en materia de protección pasiva al fuego se refiere. No obstante, la revisión de este estudio se enfoca en crear conciencia en proyectistas y diseñadores de edificación para considerar en las ejecuciones de obra lo que no se aborda en la normatividad, por ejemplo, las regulaciones, la aplicación de beneficios a proyectos y una disposición para cumplir con este deber moral de crear inmuebles que cumplan con los parámetros de un espacio seguro y práctico.

Con base en los estudios de caso analizados, se determinó que los 3 edificios carecían de Prevención Pasiva Contra Incendios, lo que ocasionó daños estructurales y materiales importantes, debidos a la rápida propagación del fuego. Los edificios tenían una antigüedad de más de 40 años, por lo que carecían de regulación normativa vigente.

Por otro lado, los materiales predominantes en los edificios eran: concreto, acero y madera. Sin embargo, a pesar de que el concreto tiene baja conductividad térmica, el fuego se propagó rápido debido al diseño ineficiente en las edificaciones, teniendo materiales combustibles sin protección ignífuga y de mala calidad. Es por eso que se recomienda el uso de materiales inorgánicos de baja conductividad térmica y no combustibles como: Morteros ignífugos, placas cortafuegos, puertas cortafuegos, etc. Así como mejorar la calidad de los materiales de construcción que cumplan con los estándares de seguridad contra incendios.

Referencias

- Amran, M., Huang, S. S., Onaizi, A. M., Murali, G., & Abdelgader, H. S. (2022). Fire spalling behavior of high-strength concrete: A critical review. *Construction and Building Materials*, 341, 127902.
- Baena M. (2022, agosto). Incendio consume departamento en la colonia Morelos. *Seguridad*. <https://www.tribuna.com.mx/seguridad/2022/8/26/bomberos-de-la-cdmx-evitan-desesos-tras-incendio-en-la-colonia-morelos-multifamiliar-fue-consumido-306167.html>
- Bayon, R. (1978). La protección contra incendios en la construcción. *Reverte*.
- Bravo, E. M. (2022, septiembre 22). Se reporta incendio en edificio de la colonia Roma. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/notas/2022/09/22/capital/se-reporta-incendio-en-edificio-de-la-colonia-roma/>
- Caetano, H., Laím, L., Santiago, A., Durães, L., & Shahbazian, A. (2022). Development of passive fire protection mortars. *Applied Sciences*, 12(4), 2093.
- Delegación Cuauhtémoc. (2016, marzo 24). Direcciones Territoriales. *Twitter*. <https://twitter.com/AlcCuauhtemocMx/status/713173386592014337>
- De México, R. V. |. C. (2021, diciembre 06). Desalojan a 20 vecinos y a sus mascotas por incendio en la Doctores. *Excelsior*. <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/desalojan-a-20-vecinos-y-mascotas-por-incendio-en-la-doctores/1486430>
- Ek, R. (2022, septiembre 22). Incendio en edificio abandonado en Roma Sur. *SDP Noticias*. <https://www.sdpnoticias.com/estados/cdmx/incendio-en-la-colonia-roma-se-quema-edificio-abandonado-en-medellin-y-tlaxcala/>
- GEH-a Gobierno del Estado de Hidalgo (2011). Ley de protección Civil del estado de Hidalgo. http://www.congreso-hidalgo.gob.mx/biblioteca_legislativa/leyes_cintillo/Ley_de_Proteccion_Civil_del_Estado_de_Hgo.pdf
- GEH-b Gobierno del Estado de Hidalgo (2011). Reglamento de la Ley de Protección Civil del estado de Hidalgo. http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/ver/a0b07b34-4f80-49b0-a121-3f5a0426a402_pdf
- Incendios urbanos en México – CONAPCI. (n.d.). https://conapci.org/inicio/incendios-urbanos-en-mexico_construccion/
- Infobae. (2021, diciembre 07). Se logró controlar el incendio en la colonia Doctores. *Infobae*.

- <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/12/07/controlan-incendio-en-la-colonia-doctores/>
- Jayde. (2017). *Protección Pasiva Contra Incendios y cómo entenderla*. (Max R. Schmidt, Vol. 2).
- Lingan Rojas, V. R. (2018). Comportamiento al fuego de edificaciones livianas con cubierta de membrana.
- Mróz, K., Hager, I., & Komiejko, K. (2016). Material solutions for passive fire protection of buildings and structures and their performances testing. *Procedia Engineering*, 151, 284-291.
- Nicoara, A. I., Badanoiu, A., Balanoiu, M., Mathias, A., & Voicu, G. (2019). Alkali activated mortars with intumescent properties. *Rev. De Chim*, 70, 431-437.
- O'Connor, B. (2021). Tipos de construcción y combustibilidad del material. www.nfpajla.org. <https://www.nfpajla.org/blog/1821-tipos-de-construccion-y-combustibilidad-del-material>
- ONNCCE Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (2020). *Industria de la Construcción – Pruebas de resistencia al fuego – Determinación de la resistencia al chorro de fuego de materiales de protección pasiva contra fuego – Parte 1: Requisitos generales*. (NMX-C-22899-1-ONNCCE-2020).
- ONNCCE Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (2016). *Industria de la construcción-Edificaciones-Resistencia al fuego de elementos y componentes-Especificaciones y métodos de ensayo-Parte 1: elementos estructurales*. (NMX-C-307-1-ONNCCE-2016).
- ONNCCE Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (2019). *Industria de la Construcción – Edificaciones – Resistencia al fuego de Elementos y Componentes – Parte 2: Sellos cortafuego en penetración*. (NMX-C-307-2-ONNCCE-2019).
- ONNCCE Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (2020). *Industria de la Construcción – Edificaciones – Resistencia al fuego de Elementos y Componentes – Parte 3: Sellos cortafuego en junta lineal*. (NMX-C-307-3-ONNCCE-2020).
- ONNCCE Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (2019). *Industria de la Construcción – Edificaciones – Resistencia al Fuego de Elementos y Componentes – Especificaciones y métodos de prueba – Parte 4: Puertas y Cortinas*. (NMX-C-307-4-ONNCCE-2019).
- ONNCCE Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (2020). *Industria de la Construcción – Resistencia al fuego de elementos y componentes – Sistemas de protección de túneles – Especificaciones y métodos de ensayo*. (NMX-C-570-ONNCCE-2020).
- Principios de la Protección Pasiva Contra Incendios (2016) (Vols. 1-Generales y Protección de Acero Estructural).
- PSI Soluciones (s.f.). Señal NFPA 704. PSI Soluciones. <https://www.psisoluciones.com.co/nfpa-704/>
- Queen's Award for Enterprise: Innovation 2021 press release. (n.d.). <https://industrial.sherwin-williams.com/na/us/en/protective-marine/media-center/news/queens-award-firetex-6002-intumescent-technology.html>
- Redacción. (2021, diciembre 06). Sofocan fuerte incendio en la Doctores, alcaldía Cuauhtémoc. *Diario De México*. <https://www.diariodemexico.com/mi-ciudad/sofocan-fuerte-incendio-en-la-doctores-alcaldia-cuauhtemoc>
- Ricciotti, L., Occhicone, A., Petrillo, A., Ferone, C., Cioffi, R., & Roviello, G. (2020). Geopolymer-based hybrid foams: Lightweight materials from a sustainable production process. *Journal of cleaner production*, 250, 119588.
- Ríos, J. D., Arenas, C., Cifuentes, H., Vilches, L. F., & Leiva, C. (2020). Development of a paste for passive fire protection mainly composed of granulated blast furnace slag. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 39(3), e13382.
- SEDE Secretaría de Energía (2005). *Instalaciones Eléctricas (utilización)*. (NOM-001-SEDE-2005).
- SHF Sociedad Hipotecaria Federal (2007). *Programa integral de seguridad contra incendio; para la prevención, protección y combate de incendios en el edificio de SHF*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/146544/MANUAL_D E_CONTINGENCIAS.pdf
- STPS Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2010). *Condiciones de Seguridad - Prevención y Protección contra incendios en los centros de trabajo*. (NOM-002-STPS-2010).
- Vitela, R. (2021, diciembre 06). Desalojan a 20 vecinos y a sus mascotas por incendio en la Doctores. *Excelsior*. <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/desalojan-a-20-vecinos-y-mascotas-por-incendio-en-la-doctores/1486430>
- Zheng Zhou Kaier Kiln Refractory Co. (2022). Ladrillos resistentes al fuego el 65% Al2O3. <http://spanish.chinarefractorybrick.com/sale-12851352-heat-resistance-alumina-fire-brick-fire-resistant-bricks-65-al2o3.html>
- Zermeño, R. (2022, 6 septiembre). México, territorio en llamas por los incendios urbanos. *Reporte Indigo*. <https://www.reporteindigo.com/reportes/mexico-territorio-en-llamas-por-los-incendios-urbanos-perdidas-impactos/>