

ANÁLISIS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS PARA MINIMIZAR EL RIESGO EN CONSTRUCCIONES CON EL SISTEMA DE STEEL FRAMING

FIRE SAFETY ANALYSIS TO MINIMIZE RISK IN BUILDINGS WITH THE STEEL FRAMING SYSTEM

Luis David Quezada Asipuela^{1*}

¹ Estudiante de Tecnología. Carrera Tecnología Superior en Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tsáchila. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6442-7714>. Correo: luisquezadaasipuela@tsachila.edu.ec

Luis Mauricio IpiALES Portilla²

² Estudiante de Tecnología. Carrera Tecnología Superior en Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tsáchila. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4532-3886>. Correo: luisipialesportilla@tsachila.edu.ec

Kléber Javier Barba Barba³

³ Docente de Tecnología Carrera Tecnología Superior en Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tsáchila. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2068-1955>. Correo: kleberbarba@tsachila.edu.ec

Santiago Isaac Bustamante Sánchez⁴

⁴ Docente de Tecnología Carrera Tecnología Superior en Mecánica Industrial, Instituto Superior Tecnológico Tsáchila. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6273-4075>. Correo: santiagobustamante@tsachila.edu.ec

* Autor para correspondencia: luisquezadaasipuela@tsachila.edu.ec

Resumen

En el Ecuador, gran parte de los componentes estructurales de las construcciones y edificaciones no cuentan con mecanismos efectivos para protección frente a incendios. Por su lado, el sistema de construcción en Steel Framing, que es uno de los más beneficiosos e innovadores porque brinda alta resistencia térmica, acústica e ignífuga, además de ser liviana y de rápida implementación y amigable con el medioambiente, carece de credibilidad en el mercado nacional y local, teniendo una baja demanda y estando limitado al alcance de los consumidores, los cuales son principalmente profesionales involucrados en proyectos inmobiliarios. En esta investigación descriptiva, con alcance exploratorio y enfoque mixto, se compara la diferencia entre

construcciones de Steel Framing y construcciones tradicionales en su exposición al fuego; se analiza la resistencia al fuego de los distintos materiales empleados en el sistema Steel Framing, y su respuesta en conjunto durante un incendio y se identifican las variaciones en las propiedades mecánicas del acero galvanizado y sus revestimientos bajo condiciones de exposición al fuego. Se concluye con que este tipo de construcciones tienen un menor riesgo frente a incendios y una mayor resistencia al fuego frente a los sistemas de construcción tradicional, favoreciendo la seguridad de sus ocupantes.

Palabras clave: Seguridad estructural; protección contra incendios; Steel Framing; Normativa; Confort térmico.

Abstract

In Ecuador, a large part of the structural components of constructions and buildings do not have effective mechanisms for protection against fires. For its part, the Steel Framing construction system, which is one of the most beneficial and innovative because it provides high thermal, acoustic and fireproof resistance, in addition to being lightweight, quick to implement and environmentally friendly, lacks credibility in the national and local market, having low demand and being limited to the reach of consumers, who are mainly professionals involved in real estate projects. In this descriptive research, with an exploratory scope and mixed approach, the difference between Steel Framing constructions and traditional constructions in their exposure to fire is compared; The fire resistance of the different materials used in the Steel Framing system is analyzed, and their overall response during a fire, and the variations in the mechanical properties of galvanized steel and its coatings under fire exposure conditions are identified. It is concluded that this type of construction has a lower risk of fire and greater fire resistance compared to traditional construction systems, favoring the safety of its occupants.

Keywords: Structural safety; fire protection; Steel Framing; Regulations; Thermal confort.

Fecha de recibido: 18/11/2023

Fecha de aceptado: 25/01/2024

Fecha de publicado: 15/02/2024

Introducción

La presente investigación trata sobre el análisis de una estructura de Steel Framing con un sistema efectivo contra incendios, se han realizado numerosas investigaciones sobre las características y propiedades que conforman el Steel Framing, prueba de ello es el aumento del consumo de acero a lo largo del siglo XX. En comparación con el acero ligero galvanizado y otras aleaciones, es seguro decir que el siglo XXI es la era del “acero inteligente”. Así, en la industria del acero existen dos tipos de materiales los cuales son: piezas laminadas en caliente y piezas laminadas en frío (Borja, 2019).

Las ventajas que brinda este sistema es el diseño como capacidad y velocidad de montaje, durabilidad, resistencia a sismos e incendios, precios asequibles, etc., son típicas de este sistema. En términos de seguridad contra incendios, es recomendable el LSF sobre otras tecnologías no estándar ignífugas. La composición del sistema constructivo impide la propagación de la llama según los ensayos pertinentes la resistencia al fuego varía desde los 120 hasta los 240 minutos para que la estructura sufra un riesgo. Al mismo tiempo, es posible integrar todos los componentes necesarios para construir la edificación. El método constructivo es la fabricación en obra con paneles prefabricados y finalmente la construcción modular (Barbieri,2024).

El sistema Steel Framing se conforma de varios elementos revestidos entre la integridad del acero galvanizado utilizados como una protección que brinda seguridad ante la exposición al fuego entre otros más factores que ofrece esta construcción como es el confort térmico tanto a la temperatura como a la humedad (Buro Steel Framing, 2023).

Materiales y métodos

Enfoque

Este estudio utilizará un enfoque mixto, tanto cualitativo que evaluará la seguridad contra incendios de edificios con estructura de acero en construcción debido a su resistencia al fuego y sacará conclusiones del paradigma cuantitativo mediante el análisis de las propiedades y parámetros de resistencia ignífuga del edificio y el revestimiento utilizado en el sistema de Steel Framing.

Alcance de la investigación

En la presente investigación se aplicará una modalidad exploratoria y documental. La investigación documental es una técnica de investigación cualitativa, que tiene como tarea recolectar, compilar y seleccionar información a partir de la lectura de documentos, revistas, libros, notas, películas, periódicos, artículos de investigación, memorias fácticas y otros; En él la observación está presente en el análisis de datos, identificación, selección y articulación con el objeto de estudio (Castro, 2019).

Contexto de la investigación

La presente propuesta investigativa se realizará en la provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas, cantón de Santo Domingo de Tsáchilas de Los Colorados, parroquia Chigüilpe con dirección Av. Los Anturios entre Galo Luzuriaga.

Procedimiento

Por medio de la investigación documental se recolectó información copilando y seleccionando los mejores documentos, libros, artículos científicos sobre la seguridad contra incendios de edificios en construcciones en Steel Framing. El cumplimiento de la implantación de sistemas de protección contra incendios no es una alternativa en edificios de alto riesgo, sino que es una forma de proteger los recursos materiales y humanos y asegurar la optimización de los recursos económicos.

Recolección de datos

Investigación documental

Su principal objetivo es orientar la investigación desde dos aspectos: primero, vincular datos existentes de diversas fuentes, y posteriormente proporcionar una visión panorámica y sistemática de un problema particular desarrollado en varias fuentes diferentes (Finsa, 2023). Llevando una investigación con artículos científicos y manuales de construcción de Steel Framing con su respectiva Normativa y reglamentos para que sea efectivo la seguridad ante incendios en edificios de estructura metálica.

Resultados y discusión

En este apartado se comparan la diferencia entre construcciones de Steel Framing y construcciones tradicionales frente a su exposición al fuego; se analiza la resistencia al fuego de los distintos materiales empleados en el sistema Steel Framing y su respuesta en conjunto durante un incendio y se identifican las variaciones en las propiedades mecánicas del acero galvanizado y sus revestimientos bajo condiciones de exposición al fuego.

Comparativa del sistema Steel Framing y sistema Tradicional

El bloque es un material económico pero no es tan resistente a elevadas temperaturas puede soportar hasta 180 min pero con una exposición constante de 350°C con enlucido incluido, por otro lado está el ladrillo siendo este más eficiente para la seguridad ante posibles incendios es un material un poco más caro y pesado al igual de que es más pequeño en comparación al bloque de hormigón pero posee características ignífugas que lo supera como soportar altas temperaturas de más de 1650°C en un tiempo de 240 minutos (Galvanizer Association, 2023).

Pero otra alternativa que poco a poco cobra fuerza es el Sistema Steel Framing ya que gracias a sus aislantes térmicos y revestimientos es el sistema constructivo más factible en relación calidad precio, además de brindar la mayor seguridad ante incendios conocido hasta la actualidad, posee una pared de varios materiales ignífugos que soportan temperaturas de 200°C hasta 1200°C durante un tiempo aproximado de 240 min, es decir, que todos los elementos son aislantes térmicos por su baja conductividad de calor, además de que este sistema permite utilizar varios elementos del mercado que son cortafuegos con una calidad estandarizada (González, 2023).

Resistencia al fuego en estructuras de acero conformados en frío

De acuerdo con Ruiz (2023), la resistencia al fuego de una estructura se clasifica en función del tiempo que sus materiales constituyentes están bajo exposición al fuego sin perder su capacidad de resistencia. La resistencia al fuego en elementos estructurales de acero considera que el acero es un material con una excelente relación resistencia-peso, pero su resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura. El criterio conservador es limitar la temperatura del perfil a 350 °C.

Resistencia al fuego en estructuras de acero galvanizado

Por debajo de unos 500 °C, la capa de zinc de un perfil de acero galvanizado permanece estable según EN ISO 1461 y su emisividad superficial es aproximadamente la mitad que la del acero no galvanizado. Por lo tanto, una sección de acero galvanizado se calentará más lentamente que una sección equivalente de acero no galvanizado (Galvanizer Association, 2023)

En EN 1993-1-2, el factor de sección transversal se define como la superficie de un elemento estructural expuesta al fuego por unidad de longitud, A m, dividida por el volumen por unidad de longitud, V . Por tanto, una viga abierta expuesta al fuego en cuatro lados tiene un factor de sección transversal mayor que el factor de sección transversal equivalente expuesto en tres lados (Galvanizer Association, 2023). A temperaturas superiores a 500 °C, la emisividad superficial del acero galvanizado es la misma que la del acero no galvanizado (0,70), por lo que las temperaturas del acero galvanizado y no galvanizado se acercan a medida que aumenta la temperatura como se muestra en la tabla 1 y figura 1.

Tabla 1. Comparación al aumento de la temperatura del acero de vigas de acero galvanizadas y no galvanizadas para tres secciones diferentes de vigas universales

Aumento de temperatura es vigas galvanizadas			
Secciones universales	Factor de Sección (k_{sh} [A m ³ /V] m)	Tiempo de Resistencia al Fuego a 15 min (minutos adicionales para acero galvanizado)	Tiempo de Resistencia al Fuego a 30 min (minutos adicionales para acero galvanizado)
533 x 210 x 22	75 m ⁻¹	3.5	3
254 x 146 x 43	170 m ⁻¹	3.5	1
406 x 140 x 39	109 m ⁻¹	2.0	0

Nota. Con un periodo de resistencia al fuego de 30 minutos, un perfil de acero galvanizado con un factor de sección de 170 m⁻¹ (UB 254 x 146 x 43) se comporta de manera muy similar a un perfil de acero no galvanizado equivalente. Esto se debe a que después de 30 minutos de exposición al fuego, la temperatura en la zona galvanizada es de 820°C, lo que es significativamente superior a los 500°C. Sin embargo, para una sección con un coeficiente de sección de 75 m⁻¹ (UB 533 x 210 x 122) con una exposición al fuego de 30 minutos, todavía hay una ganancia notable en el tiempo de exposición al fuego de 3 minutos.

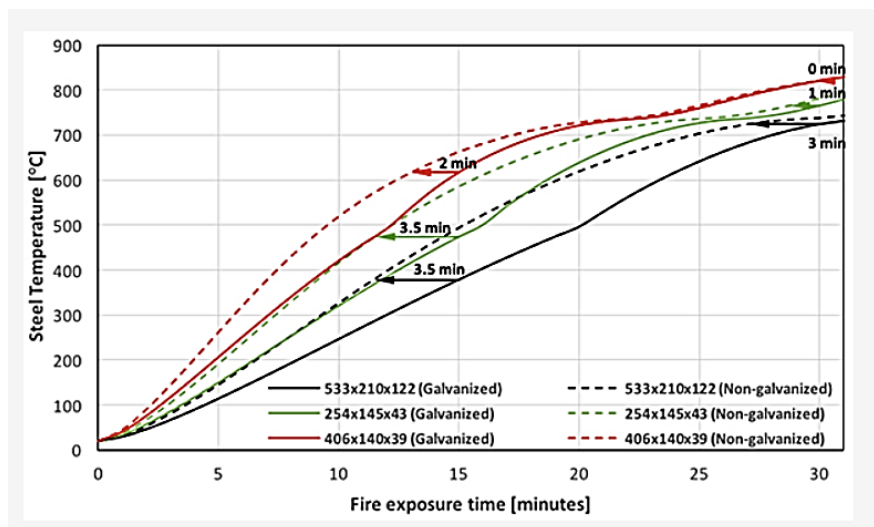


Figura 1. Aumento de temperatura de secciones de acero galvanizadas y no galvanizadas sujetas a la curva de fuego nominal estándar

La resistencia representa la utilización máxima que un miembro puede lograr, calculada como la relación entre la resistencia de la sección transversal de la viga en caso de incendio y la resistencia de la sección transversal a temperatura ambiente. Factor de utilización 0,7. Como se muestra en la tabla 2 y figura 2.

Tabla 2. Resistencia alcanzada en base al aprovechamiento utilizando un grado de 0.7 en vigas galvanizadas y no galvanizadas

Sección de Viga Universal	Factor de Sección (ksh [A m/V] m)	Utilización Máxima a 15 min	Aumento de Capacidad de Carga a 15 min (%)	Utilización Máxima a 30 min	Aumento de Capacidad de Carga a 30 min (%)
533 x 210 x 122	75 m -1	≤ 0.7	70	≤ 0.7	9
254 x 146 x 43	109 m -1	≤ 0.7	-	≤ 0.7	14
406 x 140 x 39	170 m -1	≤ 0.7	35	≤ 0.7	-

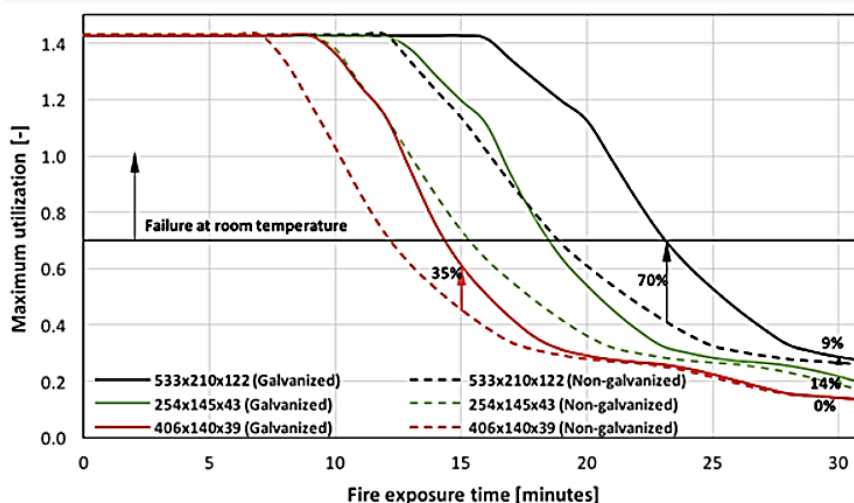


Figura 2. Aprovechamiento máximo de vigas de acero galvanizadas y no galvanizadas expuestas al fuego en tres lados

Nota. las vigas de acero galvanizado pueden soportar más carga que las vigas de acero no galvanizadas cuando están expuestas al fuego. Esto es especialmente cierto para las vigas que están restringidas lateralmente o son placas tensadas con un factor de sección en el rango de $105m^{-1} < ksh [Am/V] m < 182m^{-1}$, las cuales pueden soportar más de un 30% de carga adicional a los 15 minutos de exposición al fuego.

El límite inferior de este rango de factor de sección varía dependiendo de si la viga está expuesta al fuego en tres o cuatro lados, o si trabaja de manera compuesta con la losa. Para las vigas expuestas al fuego por cuatro lados, el límite inferior del factor de sección es $105m^{-1}$, mientras que para una viga expuesta al fuego por tres lados y para una viga compuesta, este valor es $145m^{-1}$ y $115m^{-1}$ respectivamente. Para las columnas de acero galvanizado, se logra un aumento similar en la resistencia al fuego a los 15 minutos de exposición al fuego si el factor de sección está en el rango de $81m^{-1} < ksh [Am/V] m < 190m^{-1}$. Para el diseño a 30 minutos de exposición al fuego, se puede lograr un aumento en la resistencia al fuego de más del 30% cuando el miembro de acero galvanizado tiene un factor de sección en el rango de $33m^{-1} < ksh [Am/V] m < 64m^{-1}$

Fuente: (Galvanizers Association, 2023)

Cuantificación de propiedades de materiales aislantes utilizados en el sistema de Steel Framing

Hay varios materiales que son adecuados para el aislamiento térmico debido a sus propiedades. Los más utilizados incluyen:

- Poliestireno Expandido (EPS)
- Lana de Vidrio en formato de rollo
- Barreras de vapor
- Barreras de agua y viento

Propiedades del revestimiento de Lana de vidrio en el sistema Steel Framing

La lana de vidrio es un material frecuentemente empleado en la construcción de paredes, techos y suelos debido a su notable capacidad de aislamiento, es adecuado ante la exposición al fuego por ser un material incombustible, además de no absorbe agua. Contribuye a la eficiencia energética al mantener fresco el edificio en verano y cálido en invierno (Vallejos, 2021). Se especifican sus características más relevantes en la tabla 3.

Propiedades del revestimiento de Poliestireno Expandido (EPS) en el sistema Steel Framing

El poliestireno se origina a partir del estireno, un líquido cuyas moléculas se polimerizan para formar macromoléculas de poliestireno. El estireno se combina completamente con agua y un agente expansor. Se observan sus propiedades en la tabla 3.

Barreras de vapor, agua y viento en el sistema Steel Framing

Según Ruiz (2023), todos los materiales que tienen una permeabilidad baja y que, al cumplir con esta condición, se consideran como una barrera de vapor, poseen una resistencia a la difusión de vapor superior a 10 MN s/g , lo que equivale a $2,7 \text{ m}^2\text{h Pa/mg}$. Las emulsiones asfálticas o bituminosas son los materiales más apropiados para formar estas barreras de vapor la más usadas en el sistema Steel Framing se especifican en la tabla 4.

Por su parte, La norma europea EN 13501-1 establece el proceso de clasificación de incendios para todos los productos y componentes. De acuerdo con esta norma, la reacción al fuego se refiere a cómo un producto contribuye a su descomposición bajo ciertas condiciones de incendio (esto no debe confundirse con la resistencia al fuego). Para la clase E, existe una única subclase, la d2. Esto indica que el material es inflamable y contribuye al fuego (EUROLAB, 2017).

Las láminas con una densidad baja ($15/20 \text{ kg/m}^3$) presentan una resistencia a la compresión menor y se utilizan principalmente en situaciones de cargas ligeras, como debajo de techos o cubiertas y entre varios elementos constructivos. Sin embargo, para situaciones de cargas más pesadas, especialmente en el aislamiento térmico de techos planos, se deben utilizar las densidades de 20 y 25 kg/m^3 .

Cuantificación de revestimientos utilizados en el sistema constructivo de Steel Framing

Revestimiento de Fibrocemento-placas

El fibrocemento es un material creado a partir de una mezcla de cemento y silicato de calcio, reforzado con fibras orgánicas, sintéticas o minerales. Entre sus características destacan que es un material impermeable que puede reducir el ruido externo, actuar como aislante térmico y, además, se considera un elemento de fácil instalación y mantenimiento. (Ruiz, 2023)

Placas de yeso -Gypsum

La Norma IRAM 11950 y sus relacionadas establecen una metodología “estandarizada” de pruebas de fuego. Evite la transferencia de calor a través del panel, de tal manera que se enciendan materiales combustibles en el lado no expuesto del panel. Para ello se establece una temperatura límite de falla de 139 °C promedio, con un punto máximo de 181 °C. (Buro Steel Framing, 2023).

La placa de yeso más recomendada está cubierta con papel Kraft con dimensiones de en espesores de 12.5mm y 15mm con un ancho de 1200mm con longitudes de 2000mm hasta 3600mm. Brindan una resistencia al fuego de 125 minutos. La placa de yeso resistente al fuego se identifica por su reverso rosa. En la siguiente tabla 5 se muestran las Propiedades de revestimientos utilizados en el Steel Framing ante su exposición al fuego (Board&Wall, 2023)

Revestimientos resistentes al fuego aplicados en el sistema Steel Framing

Entre los más efectivos se tiene el mortero ignífugo la lana de roca, así como pinturas intumescentes que ayudan a resistir de buena manera la propagación de la llama para que la estructura no tenga un riesgo en su integridad, ya que estos materiales poseen características ignífugas que solventan esta situación, como se puede observar en la tabla 3.

Tabla 1. Propiedades de los revestimientos utilizados en el Steel Framing más efectivos ante la exposición al fuego

Propiedades de la Lana de roca, Mortero Ignífugo, Pintura intumescente					
Revestimiento	Reacción al Fuego	Medida	Espesores	Conductividad térmica W/m.k	Resistencia al fuego en min Según el espesor
Lana de roca	PUR-UNE 13501-1 A2-S1-D0	1,20 m x 2,40 m	50 / 60 / 80 / 100 / 120 / 150 / 200 mm (± 2 mm)	0.69/0.59/0.45/0.37/0.30/0.25/0.19	En espesores de 50 / 60 / 80 / 100/120 hasta 120 min. En 150 a 200 dura 240 min sin prender
		Estabilidad al fuego	Capacidad de aislamiento		
Mortero Ignífugo	UNE EN 13501-2 A1	240 min	200 y 1200 °C	0.093 W/m.K	
	Comportamiento al fuego	Combustibilidad	Reacción a temperatura	Rendimiento	

<p>Pintura intumescente</p>	<p>F-15 hasta F-90</p>	<p>A-2 (M-1)</p>	<p>270°C a 300°C, expandiéndose hasta 20 veces su espesor bajo el efecto de calor</p>	<p>F15 10 mt²/galón; espesor de 400 micrones. F30 6 mt²/galón; espesor de 450 micrones. F60 3 mt²/galón; espesor de 750 micrones. F90 1,5 mt²/galón, espesor 1400 micrones</p>
------------------------------------	-------------------------------	-------------------------	---	--

Conclusiones

El acero galvanizado es un componente esencial en la construcción de Steel Framing debido a sus propiedades estructurales. Sin embargo, su comportamiento bajo condiciones de incendio requiere consideración cuidadosa, ya que su resistencia y rigidez pueden disminuir significativamente a altas temperaturas, por lo que es un buen conductor de calor, pero a su vez es incombustible a temperaturas superiores a 500 °C.

Así, la emisividad superficial del acero galvanizado es la misma que la del acero no galvanizado si la temperatura es por debajo de 500°C no sufrirá un riesgo en su integridad, por otra parte, si la temperatura alcanzada supera los 820°C en el transcurso de 30 minutos la estructura sí se verá afectada ante la exposición al fuego. Es posible hacer los cálculos pertinentes en la seguridad contra incendios para esto ya existe un reglamento como son los Eurocódigos que contienen información relevante para hacer estos cálculos (Eurocódigos 3 apartado de fuego).

El sistema Steel Framing, en comparación con la construcción tradicional ofrece ventajas como mayor seguridad contra posibles incendios, mayor confort térmico, además de reducir costos de obra, mayor superficie útil y reducción en tiempo constructivo, arrojando una relación de 1 a 3 por su sistema constructivo en seco. En el sistema tradicional necesita más tiempo por el sacado (encofrados).

En este sistema se encuentran los bloques de hormigón y ladrillos con revestimiento de 1,5cm de mortero de yeso o cemento brindando gran resistencia al fuego de hasta 240 minutos en el mayor espesor dentro del mercado con una temperatura promedio de 140°C a 180°C, Frente al SF con placas de OSB y Fibrocemento se encuentran en un rango de no combustión con reacción al fuego de A2. Cabe destacar que este sistema tiene más elementos que conforman una pared que brindan resistencia hidrófuga y acústica y entre otros revestimientos que ayudan al SF a alcanzar gran resistencia al fuego durante un periodo mayor a 240 minutos, es decir, llega a la incombustibilidad.

Por su lado, el acero galvanizado aporta gran estabilidad al sistema Steel Framing ya que posee una capa de zinc que es capaz de fundirse por la exposición al fuego en un intervalo desde 419°C hasta 670°C perdiendo emisividad pasados los 500°C y al aumento de la temperatura se dilata a ($\alpha=0,0000012$).

Dentro de los aislantes térmicos que posee este sistema están la lana de vidrio: con reacción al fuego de RE1-incombustible durante 20 minutos a 50°C perdiendo su masa un 50%. EL Eps: RE2-Temperatura de ignición de 360°C.Placas de yeso: 139°C hasta 181°C en el mejor material con papel Kraft de 15mm de espesor resistiendo el fuego durante 125 minutos.

También se tienen revestimientos que hacen efectiva la seguridad durante un incendio estos son: Lana de roca- 4 horas a un punto de fusión de 997°C; Mortero ignífugo da una estabilidad al fuego durante 240 minutos

con aislamiento durante 200°C y 1200°C; Pintura intumescente durante 15 a 90 minutos con grado A2 en temperatura de 270°C A 300°C expandiendo su tamaño hasta 20 veces por efecto del calor.

Referencias

- Archdaily (2023). ¿Qué es EIFS o cómo diseñar un sistema de aislamiento térmica exterior? Archdaily. <https://www.archdaily.cl/cl/893327/que-es-eifs-o-como-disenar-un-sistema-de-aislacion-termica-exterior>
- ASTM International. (2023). Método de prueba estándar para pruebas de fuego de sistemas cortafuegos de penetración. ASTM. <https://www.astm.org/e0814-13ar17.html>
- Barbieri. (2024). Cómo afecta el fuego a una estructura en steel frame? ASTM. <https://acortar.link/JMwbuD>
- Borja, L. (2019). Proyecto de estructuras del steel Framing. OPM. https://oa.upm.es/35290/1/proyecto_estructuras_steel_framing.pdf
- Buro Steel Framing. (2023). ¿Cómo afecta el fuego a una estructura en steel frame? Buro Steel Framing. <https://burosteelframing.com/como-afecta-el-fuego-a-una-estructura-en-steel-frame/>
- Castro, L. (2019). Diseño de una vivienda del programa casa para todos en "Steel Framing" y análisis comparativo económico con sistema de construcción tradicional. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica Salesiana.
- CONSTRUSEC (2022). Aislaciones térmicas y acústicas para el sistema constructivo Steel Framing. CONSTRUSEC. <https://acortar.link/JMwbuD>
- Esquinas Herrera, A. (2019). *El fibrocemento como recurso material al diseño de productos colectivos*. Universidad Politecnica de Valencia. <https://acortar.link/JMwbuD>
- Finsa. (Julio de 2023). Soluciones Ignífugas. FINSA. <https://www.finsa.com/documents/20121/587bb005-69ea-6ddb-9836-c69a2768021f>
- Galvanizer Association. (2023). *Resistencia al fuego de secciones de acero galvanizado*. Recuperado el 22 de diciembre de 2023, de <https://galvanizing.org.uk/galvanized-steel-fire-resistance/#research>
- González, S. (2023). NTP 200: Estructuras metálicas: comportamiento frente al fuego. Ministerio De Trabajo y Asuntos Sociales de España. https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_200.pdf/10d80cca-3cf8-4e20-bb68-5b4f6ef7458e
- Ignifugaciones Argos. (2023). Ignifugación de estructuras metálicas. Ignifugaciones Argos. <https://www.ignifugacionesargos.com/proteccion-pasiva-incendios/estructuras-de-acero/>
- Ruiz, D. (2023). Protección Del Acero Contra El Fuego. SCRIBD: <https://es.scribd.com/document/382817710/Proteccion-Del-Acero-Contra-El-Fuego>

Vallejos, K. A. (2021). Comparativa del sistema tradicional vs el sistema Steel Framing en la construcción de viviendas hasta 2 pisos con luces hasta 5 metros. Universidad Politécnica Salesiana. file:///C:/Users/mauri/Downloads/Comparativa%20entre%20construccion%20tradicional%20vs%20steel%20framing_unlocked.pdf