

RECOMENDACIONES LUEGO DE LA EVALUACIÓN DE CERRAMIENTOS POST INCENDIO INDUCIDO EN PROTOTIPOS DE PRUEBA

Ing. María Alice Olavarrieta ¹, Ing. Humberto Bolognini ², Ing. Naisabe Yáñez ³

¹ Ingeniería en Construcción, Decanato de Ingeniería Civil, Universidad Centroccidental
Lisandro Alvarado *ingmariaalice@gmail.com*

² Ingeniería en Construcción, Decanato de Ingeniería Civil, Universidad Centroccidental
Lisandro Alvarado *hbolognini@gmail.com*

RESUMEN

El estudio evaluó el comportamiento ante el calor de bloques de concreto aligerado y de poliestireno expandido de alta densidad usados en losas y cerramientos en prototipos, así como la combinación de otros tipos de revestimientos simulando un incendio sobre los cerramientos de uso más común en Venezuela. Se realizó la Caracterización físico-mecánica del revestimiento que se construyó a cada Prototipo o módulo a ensayar, para analizar sus propiedades físico-químicas y poder elaborar algunas recomendaciones de seguridad en caso de incendio. Para ello se recopiló información necesaria relacionada con el poliestireno expandido de alta densidad y los bloques aligerados con arcilla expandida mediante consultas de textos, manuales, normas, institutos, locales comerciales, publicaciones en internet, personal técnico capacitado con experiencia en el uso en obras de dichos materiales, entre otros. La empresa especializada realizó el estudio requerido según normas. Es decir se estableció inicialmente como condiciones comunes para los cuatro prototipos lo siguiente: 1. Lograr temperaturas mayores a los 600 grados centígrados y registrar sus variaciones en el tiempo, 2. Asegurar el esparcimiento del fuego dentro de cada módulo. 3. Garantizar la continuidad del fuego durante un periodo de tiempo de 2 horas. (Tiempo que la norma COVENIN 1093-78[1], exige para certificar una prueba de resistencia de materiales de construcción). 4. Registrar los gases emitidos durante el incendio de cada módulo. El análisis de resultados se realizó bajo la descripción cuantitativa y cualitativa. Entre los hallazgos relevantes se encontraron los altos valores de Compuestos Volátiles Orgánicos durante la combustión del poliestireno expandido y la propiedad de los bloques aligerados con arcilla expandida como aislantes térmicos.

Palabras clave: concreto aligerado, poliestireno expandido, gases tóxicos, cerramientos de mampostería, seguridad.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen muchos materiales de construcción entre los cuales se distinguen dos aligerantes y aislantes tanto térmicos como acústicos: el Poliestireno Expandido de Alta Densidad y los bloques de concreto aligerado construidos con Arcilla Expandida. Estos últimos están compuestos de un grano hecho de arcilla expandida usado como sustituto de la piedra o arena en las mezclas, asegurando la resistencia de éstas y disminuyendo el peso de los bloques.

En Venezuela es común construir estructuras con paredes, losas de entrecimso y losas de piso utilizando los materiales anteriormente mencionados, cumpliendo con la normativa establecida en su uso: para el Poliestireno Expandido de Alta Densidad se contempla que debe ser auto extingüible y que no debe generar gases nocivos que afecten al ser humano; mientras que para los bloques de concreto aligerados con arcilla expandida se debe realizar una correcta dosificación en la mezcla y garantizar su buen funcionamiento en el caso de los frisos. En el caso de los bloques el fabricante debe dar garantía de su adecuada composición y resistencia.

Esta investigación presenta la evaluación del comportamiento ante el calor y la toxicidad de elementos de mampostería contruidos con Poliestireno Expandido de Alta Densidad y bloques de concreto aligerados con arcilla expandida con base en las especificaciones de la norma técnica COVENIN y normas internacionales para los bloques de arcilla expandida, para lo cual se realizaron ensayos de incendio a escala, no tan complejos como un incendio real pero capaces de representar el comportamiento efectivo de los elementos en estudio. Ver referencias [2], [3], [4], [5], y [6].

También se incluye el comportamiento de los bloques de concreto y bloques de arcilla comúnmente usados en Venezuela, estos están compuestos por materiales que no son ligeros, como los aligerados pero sirven de patrón para los resultados en vista que son los materiales más comunes y tradicionales.

Esta investigación se realizo sobre la base de un trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Civil del Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado que fue elaborado por las hoy día ingenieras Diana Valero y Naisabe Yáñez, bajo la tutoría de los Profesores María Alice Olavarrieta Parisot y Humberto Bolognini Garrido. [7].

5. DESARROLLO

1.1 Prototipos o módulos a ensayar

Para el desarrollo de esta investigación fue necesaria la creación de prototipos de prueba que serán descritos a continuación.

Se construyeron cuatro estructuras (A, B, C y D) con las siguientes características generales y comunes para las cuatro:

- Losa de fundación: 3 m x 3 m x 0,15 m de espesor
- Área del prototipo: 2 m x 2 m
- Altura del prototipo: 2,95 m (A) y 3,20 m (B, C y D)
- Puerta: 2,10 m x 0,75 m
- Ventana: 050 m x 0,50 m
- Losa de techo nervada: 25 cm de espesor
- Mezcla del friso pre elaborada y comercialmente vendida en sacos para todos los módulos

En las figuras del 1 al 4 se aprecian los prototipos. El Modulo A se construyó con poliestireno expandido de alta densidad en las paredes y los bloques de la losa nervada.

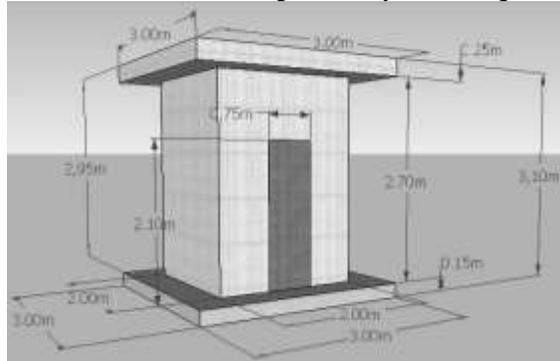


Figura 1. Prototipo de Poliestireno Expandido de Alta Densidad. Modulo A
Modulo B: Este módulo se construyó con paredes y losas de bloques de concreto aligerado con arcilla expandida.

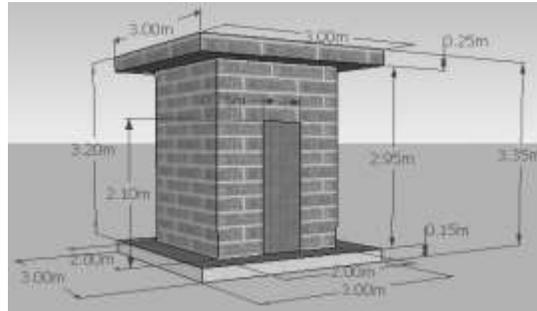


Figura 2. Prototipo de Bloques Aligerados con Arcilla Expandida. Modulo B
Modulo C: Este módulo, llamado “mixto”, se construyó con una pared de bloques de concreto aligerado con arcilla expandida, otra pared con bloques de concreto y las otras dos paredes de bloques de arcilla, para la losa nervada se utilizaron bloques de poliestireno expandido de alta densidad.

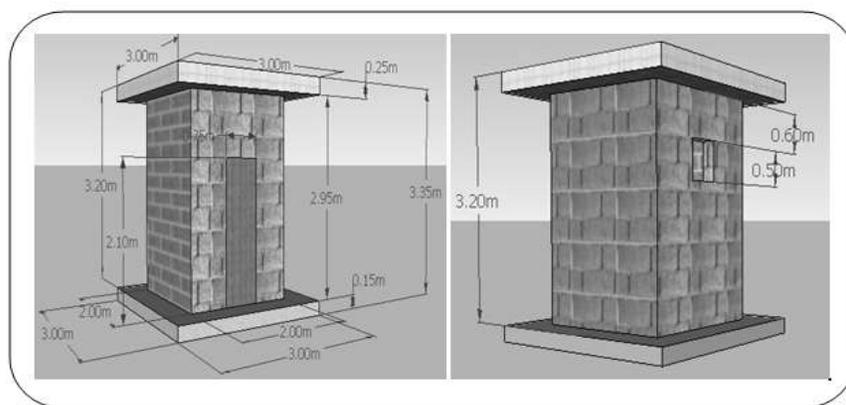


Figura 3. Prototipo “Mixto”, vista anterior y posterior

Modulo D: Este módulo se construyó con paredes y losa nervada de bloques de arcilla.

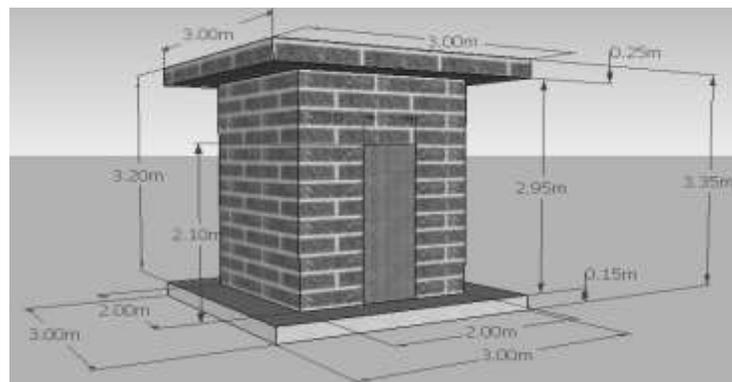


Figura 4. Prototipo de Bloques de Arcilla.

1.2. Descripción de la sistemática del ensayo

Para obtener las mediciones se cumplió con los siguientes requerimientos:

- Lograr temperaturas mayores a los 600 grados centígrados y registrar sus variaciones en el tiempo.
- Asegurar el esparcimiento del fuego dentro de cada modulo.
- Garantizar la continuidad del fuego durante un periodo de tiempo de 2 horas. (Tiempo que la norma COVENIN 1093-78 exige para certificar una prueba de resistencia de materiales de construcción).
- Registrar los gases emitidos durante el incendio de cada módulo.
- Garantizar la seguridad de las instalaciones, equipos y personal involucrado en el estudio.

Se colocaron 4 envases metálicos por la mitad en los diferentes módulos con aproximadamente 90 litros de gasoil en cada uno de ellos, a esto se le agregó Kerosene como catalizador, en la figura 5 se aprecia el proceso para el inicio y mantenimiento del fuego en los módulos. En cuanto a los equipos utilizados para el registro y mediciones de temperaturas y gases, estuvieron los el equipo AreaRae, que mide gases nocivos, inflamables y radiación, la termocupla que mide altas temperaturas, y que se instalaron en un tubo de acero resistente a dichas temperaturas (Tubing), dentro de una perforación del mismo diámetro, realizada en una pared y en el techo de cada módulo , el controlador de procesos Monitor digital Fluke 743B que mide la temperatura registrada en la termocupla y el termómetro embutido a través de la pared estos se aprecian en las figuras 6, 7,8 y 9 respectivamente.



Figura 5. Metodología para la generación del incendio



Figura 6 Equipo AreaRae



Figura 7 Termocuplas.



Figura 8 Controlador de proceso

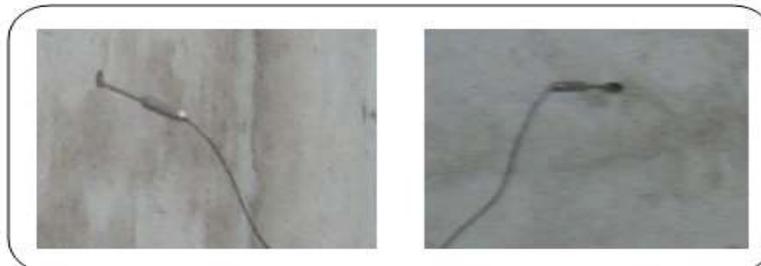


Figura 9 Termómetro

2. RESULTADOS

A continuación se presenta la tabla 1 con algunas características del modulo y resultados obtenidos durante la generación del incendio, así mismo en cuanto a la emisión de gases nocivos se obtuvieron valores de Monóxido de carbono CO, compuestos orgánicos volátiles VOC y límite inferior de explosividad LEL que fueron determinados por la empresa especializada IFSCA.

Tabla 1. Resultados de los ensayos sobre los 4 módulos elaborados.

Mod .	Espesor del friso	Duración del incendio	Max . T° en °C	Material usado	Perdida de friso	CO ppm	VO C ppm	LE L %	Observaciones
A	4 a 8 cm	2 horas	602	Anime en pared y techo	Si	45,4	35,4	0,6	No presento síntomas de fallas en dos horas de incendio
B	0,5 cm	1 hora	1112	Bloque aligerado en pared y techo	No	35,7	5	0,6	A los 38 minutos se alcanzo la temperatura de 1112
C	1,5 cm	1 hora	1228	Anime en pared y techo Bloque aligerado en pared Bloque de arcilla en pared	No	35	34,3	0,6	A los 58 minutos la estructura alcanzo los 1228
D	1,5 cm	1 hora	800	Bloque de Arcilla en pared y techo	No	A los 25 minutos del incendio la estructura empezo a mostrar sintomas de fallas.

Para el Módulo D el registro de datos para este ensayo fue de 25 minutos debido a razones de seguridad para proteger los equipos y al personal técnico, ya que en este tiempo comenzó a presentarse señales de colapso de la estructura. Es preciso realizar un análisis en un intervalo de duración común para los cuatro módulos en vista que las duraciones de los ensayos en cada módulo fueron diferentes, por lo que se estableció la menor duración significativa a los primeros 40 minutos. Los valores promedios de los cuatro módulos pueden observarse en la figura 10.

En función de esos resultados se considera importante recomendar el uso de un mayor espesor de friso (mínimo 1,5 cm) para las paredes de bloque aligerado con arcilla expandida garantizando menor daño y aminorando los costos para la reparación luego del incendio. Igualmente, se sugiere incorporar un termómetro que registre las temperaturas externas sobre la superficie de la loseta de techo a fin de obtener la transmisión de temperatura de un piso inferior a uno superior; así como también colocar equipos de medición de temperaturas en las paredes externas en el módulo “mixto” para comprobar el comportamiento registrado en los módulos construidos completamente de cada material.

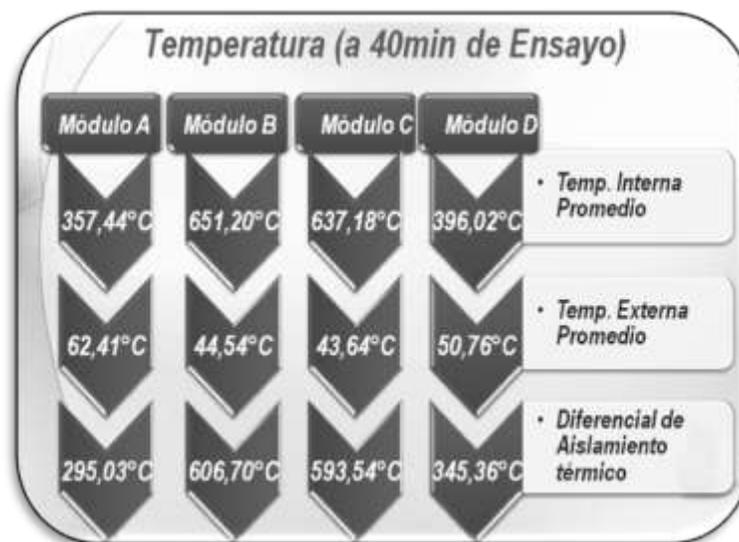


Figura 10. Diferencial de aislamiento térmico de los cuatro módulos a los 40 minutos de duración.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. CONCLUSIONES

En cuanto al friso comercial preparado y colocado sobre la superficie de los cuatro módulos, se puede decir que su comportamiento fue muy conveniente aun cuando el mismo fue de espesores variables; pudo soportar los cambios de temperatura de manera adecuada.

El efecto de la transmisión del calor fue menor tanto en los bloques aligerados como en los bloques de concreto, por tanto el uso de este último sigue siendo oportuno, aunque no presenta beneficios de reducción de cargas de servicio en el diseño estructura.

En cuanto a la toxicidad de los gases emanados durante el incendio, las cantidades de CO para el caso de paneles de poliestireno expandido fueron 27, 17% mayor que para el caso de bloques de concreto aligerado, aunque en ambos casos se superó el valor de alarma baja normativo. En el caso de V.O.C, la cantidad de gases generados por el incendio de paneles de poliestireno expandido de alta densidad resultó 7 veces mayor que para el caso de bloques de concreto aligerado; observándose que sólo en el módulo que contenían

elementos de poliestireno expandido (A y C), se superó el límite de alarma baja de V.O.C. En cuanto al LEL, para todos los materiales evaluados se obtuvo el mismo resultado (0,6%), muy por debajo del valor de riesgo establecido en la norma (10%). Con respecto a los límites de exposición a gases generados por incendio para el ser humano, transcurridos 20 minutos luego de la señal de alarma baja por V.O.C., se activó la alarma de exposición corta solamente en el caso de los módulos con elementos de poliestireno expandido (A y C).

3.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda a los entes gubernamentales responsables establecer un control sobre el uso del poliestireno expandido de alta densidad en edificaciones esenciales como: recintos educativos y hospitalarios entre otros, para garantizar la seguridad integral de los ciudadanos en caso de incendio.

Es recomendable que para atacar los incendios de estructuras con este tipo de material se utilice equipo de protección respiratoria (autocontenidos) y se practiquen exámenes a las personas que hayan estado expuestas a estos incendios sin la debida protección.

Sería pertinente profundizar en la investigación sobre la interacción del material ligero a base de poliestireno expandido ya que la Asociación Europea de manufactura del EPS en sus publicaciones no resulta tan concluyente en cuanto a la peligrosidad de la emanación de gases tóxicos ya que está en función del recubrimiento que tenga y no según la composición del material. [8].

4. AGRADECIMIENTOS

Empresa Privada PIOVESAN. Venezuela
Decanato de Ingeniería Civil de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Venezuela.
Ing. Naisabe Yáñez y Diana Valero

5. REFERENCIAS

- [1] Método de ensayo para determinar la resistencia al *fuego* de estructuras. (1978). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas.
- [2] Norma Técnica FONDONORMA (2009). Aislantes térmicos para aplicaciones en la construcción. Productos de Poliestireno expandido “EPS”. Casetones y bovedillas para pisos, losas, placas, entrepisos y techos.
- [3] Norma Venezolana COVENIN 1753-03. Extractos referentes al uso de concreto liviano y a los sistemas entrepisos
- [4] Norma Venezolana COVENIN 3808:2003. Edificaciones: paneles aligerados y reforzados. Requisitos.

- [5] REACH (CE) No 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006. “Sustancias que emiten compuestos orgánicos volátiles”.
- [6] UNE-EN-689: “Guía para la Evaluación de la exposición a agentes químicos por comparación con valor límite”.
- [7] Olavarrieta M, Yanez N, Valero D, Bolognini H. (2014). Evaluación el comportamiento ante el calor de bloques de concreto aligerado y de poliestireno expandido de alta densidad usados en losas y cerramientos. Ingeniero. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado” (UCLA). Barquisimeto.
- [8] <http://www.grupoisotex.com/wp-content/uploads/2015/04/COMPORTAMIENTO-CONTRA-EL-FUEGO2.pdf>