

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 273**

21 Número de solicitud: 201800243

51 Int. Cl.:

G01N 25/18 (2006.01)

G01N 25/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

25.10.2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

28.04.2020

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

03.03.2021

Fecha de concesión:

16.03.2021

45 Fecha de publicación de la concesión:

24.03.2021

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (100.0%)
Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n
39005 Santander (Cantabria) ES**

72 Inventor/es:

**ABREU MENÉNDEZ, Orlando;
ALONSO IPIÑA, Alain;
ALVEAR PORTILLA, Daniel;
LAZARO URRUTIA, Mariano y
LAZARO URRUTIA, Pedro**

74 Agente/Representante:

LEÓN SERRANO, Javier

54 Título: **Dispositivo y método de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores**

57 Resumen:

Dispositivo y método de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores, configurado para reproducir fielmente el ensayo de certificación para temperaturas superiores a 800° C, con muestras de un tamaño comprendido entre aproximadamente 100 mm de largo, 100 mm de ancho y 40 mm de espesor y aproximadamente 500 mm de largo, 500 mm de ancho y 100 mm de espesor, y configurado para la colocación de termopares en ambas caras de la muestra.

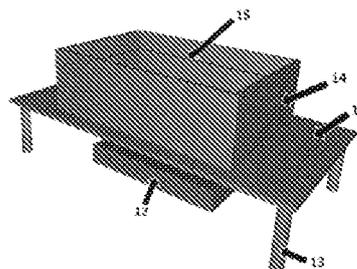


Figura 1

ES 2 757 273 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores

5

Campo de la invención

El sector de la técnica es el de la seguridad contra incendios, más concretamente, los ensayos de elementos constructivos a altas temperaturas (>800°C). Los productos con función delimitadora en las construcciones se someten a ensayos de resistencia al fuego a altas temperaturas (> 800°C) con el objetivo de comprobar su comportamiento.

10

Antecedentes de la invención

Los productos e instalaciones que forman parte de una edificación, en relación a sus propiedades de resistencia al fuego, deben cumplir con las especificaciones que están recogidas en el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) [1] incluido en el código técnico de la edificación (CTE) [2] que es de aplicación nacional desde el año 2006.

15

El CTE surge como consecuencia de la aplicación del Real Decreto 3 14/2006 [1] como trasposición de la directiva europea 305/2006 [2], por el cual quedan establecidas condiciones para la comercialización de productos de construcción en el ámbito de la unión europea, quedando derogada la anterior Directiva 89/106/CEE que regulaba las características técnicas que debían cumplir los productos e instalaciones en una edificación.

20

Para poder certificar un elemento constructivo, requisito indispensable para su venta, dentro del DB-SI se recoge la norma UNE-EN 1363 [3] que indica los ensayos y requisitos que deben cumplir, según la sectorización y función o uso (oficina, escuela, garaje, domicilio, etc.) que desempeña el elemento dentro del recinto que es sectorizado.

25

Dada la tipología y método de certificación de los elementos constructivos que deben someterse a las normas anteriormente citadas para la obtención de su certificado, habitualmente son ensayados en la última fase de desarrollo del producto, no siendo hasta este momento cuando se obtiene la validez o no del mismo. Este proceso de diseño mediante prueba - error resulta especialmente costoso en tiempo y dinero debido a que los resultados no son obtenidos hasta el final del desarrollo del producto, pudiéndose dar el caso de que el tiempo y dinero invertido en el desarrollo del producto no obtenga los resultados esperados, debiendo incluso realizar numerosos ensayos de certificación. Es, por tanto, que resulta de especial relevancia disponer de métodos basados en criterios científico-técnicos en relación con los factores que afectan a su comportamiento frente al fuego, de tal forma que se pueda llegar a disponer de elementos objetivos que, en la fase de desarrollo de un nuevo producto o de mejora de uno existente, permitan introducir mejoras o modificaciones antes de llegar a una fase final de ensayo de certificación.

30

35

40

Disponer de estos criterios sería de gran utilidad debido a lo costoso de la realización, por el método de prueba y error, un prototipo completo, ensayarlo y realizar modificaciones para volver a ensayarlo con los consiguientes nuevos costes implicados. La disponibilidad de unos criterios y pautas, particularmente en fases intermedias del desarrollo del producto, que predigan los resultados o muestren una tendencia de los mismos frente al ensayo final de certificación, sin necesidad de realizar numerosos ensayos de prueba y error con el producto en su fase final de desarrollo, supone un ahorro en tiempo en el diseño y de dinero por los costes implicados a la realización de los susodichos ensayos.

50

5 La ingeniería de la seguridad contra incendios ofrece soluciones a este problema, mostrando resultados de diferentes diseños. Habitualmente las metodologías mas comunes cuando se desea analizar el comportamiento de los materiales, productos y sistemas completos son los ensayos a altas temperaturas del elemento a escala, ensayos a tamaño real en hornos, aunque sin ser ensayos de certificación o bien ensayos de parte de los elementos del conjunto a tamaño real.

10 Con estas técnicas se consigue obtener un conocimiento aproximado del producto, estructura, elemento constructivo, etc. ante una situación de fuego real donde en muchas ocasiones es imposible realizar ensayos a escala real por inviabilidad técnica o económica. Todas estas técnicas ingenieriles no son excluyentes del correspondiente ensayo de certificación, simplemente suponen un mecanismo para descartar diseños erróneos sin necesidad de la realización de ensayos de certificación.

15 La realización de ensayos a escala real como los que en ocasiones se realizan y que se citan en [4], supone la situación ideal de ensayo para elementos constructivos (tanto estructurales como delimitadores) puesto que todos ellos son ensayados en las condiciones de servicio, sin limitaciones de tamaño y con las cargas de servicio. Lógicamente el coste de realizar una campaña de ensayos a escala real es muy superior al coste de cualquier campaña de ensayos de elementos individuales o ensayos a escala, por ello, los ensayos a escala real en condiciones de uso final carecen de viabilidad técnica o económica, en otras palabras, es inviable llevar a cabo la construcción de un edificio para posteriormente provocar un incendio y comprobar cómo se comportan los elementos constructivos que lo componen. El trabajo desarrollado en el *Building Research Establishment's Cardington Laboratory* [4] supone una de las pocas excepciones. En este trabajo se construyó un edificio de 33 metros de altura y 21 m x 25 45 m de planta, con varios pisos en estructura metálica. Posteriormente se realizaron diferentes ensayos con fuego real para ver los efectos del mismo sobre columnas y vigas.

30 Por ello, el empleo de hornos de dimensiones reducidas (como los citados en [5]-[13]) es una de las metodologías mas empleadas para el análisis de elementos constructivos no estructurales como paneles separadores, ventanas, puertas, falsos techos, etc. A continuación, se exponen algunos de los trabajos más representativos realizados.

35 El empleo de hornos para ensayos de elementos individuales es una técnica muy común, particularmente en el estudio y análisis de vigas y columnas de una edificación. Las vigas o columnas ensayadas a altas temperaturas en ocasiones son sometidas a cargas durante el calentamiento. Así por ejemplo los trabajos de [5] y [6] estudian los efectos de los tipos de uniones y los efectos del calentamiento en las vigas en "I" no arriostradas mientras se encuentran a altas temperaturas. Estos trabajos se exponen como ejemplos del empleo de 40 pequeños hornos para la experimentación, puesto que la tipología del horno hace que estén diseñados para el estudio estructural de los elementos, es decir, el análisis y estudio de las fuerzas internas.

45 Los hornos de dimensiones más reducidas que las del ensayo de certificación son habituales también para la certificación de elementos no estructurales, tales como separadores, ventanas, puertas, falsos techos... que deben ser certificados antes de su puesta en venta.

50 Sin embargo, los hornos empleados en los trabajos [5] y [6] presentan unas dimensiones de un tamaño considerable, lo que implica un mayor gasto energético para elevar las temperaturas de las muestras. Además, dichos hornos empleados en sendos trabajos cuentan con una estructura diseñada para aplicar carga a la muestra ensayada. Estos mecanismos hacen que las estructuras de ambos hornos sean más complejas y más costosos de ensayar.

- 5 En los trabajos [7] y [8] se estudia el comportamiento a altas temperaturas de diferentes configuraciones tanto de los perfiles que sustentan los paneles de yeso laminado, como de la tipología de paneles de yeso laminado respectivamente. Estos sistemas de paneles son empleados en la sectorización de edificios y fueron analizados en diversas configuraciones en sendos hornos de pequeña escala para ver su respuesta a altas temperaturas.
- 10 En el trabajo [9] se emplea un horno con unas dimensiones similares al del ensayo de certificación para analizar el comportamiento de puertas cortafuego a altas temperaturas, en unos ensayos previos al correspondiente ensayo de certificación.
- 15 En el estudio [10] se realiza un completo análisis sobre los factores que afectan a la integridad de una puerta cortafuegos cuando se somete a altas temperaturas. Este trabajo se desarrolla ejecutando ensayos en horno y con muestras, de igual manera que los ensayos de certificación.
- 20 En [11] se analiza el comportamiento de puertas de madera empleadas en la sectorización de espacios en el interior del edificio. En este trabajo se emplea un horno como los utilizados en las pruebas de certificación.
- 25 En el trabajo [12] se emplea un horno en miniatura para estudiar el comportamiento a altas temperaturas de paneles de fibra reforzados, aunque en este caso el uso de estos paneles es exclusivamente en el campo de la náutica. A pesar de que el campo de aplicación de estos paneles no pertenece al ámbito de la construcción, el método de ensayo, mediante un horno de dimensiones aproximadas de 1,07 x 1,07 m², es similar al empleado en [13].
- 30 En el trabajo [13] se ensaya y analiza el comportamiento a altas temperaturas de varias configuraciones de sistemas de sectorización mediante paneles de yeso laminado empleando un horno en miniatura con unas dimensiones aproximadas de 1,25 x 1,05 m².
- 35 Respecto al horno horizontal empleado en el trabajo [13], las muestras ensayadas son de un tamaño tal que implica que los ensayos sean más costosos. Además, este horno funciona gracias a la quema de hidrocarburos y posee extracción de humos, lo que implica un mayor coste de desarrollo y construcción.
- 40 En el trabajo [12], la tipología del horno hace que los ensayos impliquen un mayor gasto económico. La preparación de las muestras implica un gasto mayor de material debido a sus dimensiones (aproximadas de 0.90 x 0.71 m²) y un mayor gasto de combustible del horno debido a que para conseguir temperaturas elevadas (similares a las del ensayo de certificación) se requiere mayor tiempo de funcionamiento para ese tamaño de muestras. Además, el horno empleado en [12] permite aplicar una carga estructural sobre el panel, propiedad que hace que sea más complejo el ensaño y el horno. Los elementos que se deben ensayar para la obtención de su certificado no son sometidos a cargas estructurales según norma, por lo que ésta característica no es necesaria.
- 45 En los trabajos [7] y [8] se emplean los hornos y muestras de dimensiones inferiores a las de los ensayos de certificación. La desventaja del tamaño de las muestras empleadas en estos trabajos es el empleo de muestras de dimensiones que implican un elevado coste de elaboración y preparación. Además, los ensayos con unas muestras de estas dimensiones requieren un elevado tiempo de ensayo para alcanzar temperaturas similares a las requeridas en los ensayos de certificación (1000°C), por lo que requiere un elevado gasto en combustible para la ejecución de los ensayos. El horno planteado en el trabajo [9] es de unas dimensiones similares a las de los empleados en los ensayos de certificación. Además, la duración del
- 50

5 ensayo es muy similar a las de las pruebas de certificación. Estas dos circunstancias implican un mayor coste económico en la preparación de las muestras y un mayor gasto de combustible durante el ensayo, el cual es muy elevado para conseguir altas temperaturas. La metodología de ensayo de este trabajo implica realizar un ensayo similar al de certificación para modificación en las muestras ensayadas.

10 El estudio realizado en [10] emplea un horno de gran tamaño, similar al de las pruebas de certificación. Los ensayos realizados se ejecutan con muestras de gran tamaño. Pese a que se ensayaron varias muestras a la vez, con el consecuente ahorro de tiempo, el tamaño de las muestras y el tiempo necesario para ejecutar el ensayo supone una desventaja económica, puesto que requiere mucho gasto de combustible para cumplir con ese tiempo de ensayo.

15 El horno empleado en [11] es de un tamaño similar al de los ensayos de certificación. Las muestras empleadas en este trabajo son de grandes dimensiones, las mismas dimensiones que el producto final, lo que implica un mayor gasto económico a la hora de ensayar puesto que la preparación de estas muestras es más cara al gastar más material y la duración de los ensayos implica un gasto elevado de combustible.

20 Los trabajos anteriores [11] a [13] tienen en común un tamaño de muestras en los cuales en su preparación para los ensayos se emplean grandes cantidades de material, llegando alguno de ellos a tener unas dimensiones iguales a las del producto final. Todo esto conlleva ensayar en hornos cuyo tamaño sean grandes. Estas dimensiones del horno conllevan un gasto de combustible elevado para conseguir temperaturas similares a las del ensayo de certificación. Para acciones de pre-desarrollo de producto en donde se requiere conocer a priori el impacto de diferentes modificaciones en el producto resultan, por tanto de más difícil aplicación.

Referencias

30 [1] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

[2] Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción.

35 [3] UNE-EN 1363-1 Ensayos de resistencia al fuego. Parte 1: Requisitos generales. (2000).

[4] A New Approach to Multi-Store Steel Framed Buildings Fire and Steel Construction. Building Research Establishment's Cardington Laboratory (1996).

40 [5] Ding J; Wang YC. Experimental study of structural fire behavior of steel beam to concrete filled tubular column assemblies with different types of joints. *Engineering Structures*, (2007), 29(12), p. 3485-3502.

45 [6] Mesquita LMR; Piloto PAG; Vaz MAP; Real PV. Experimental and numerical research on the critical temperature of laterally unrestrained Steel I beams. *Journal of Constructional Steel Research*, (2005), 61(10), p. 1435-1446.

50 [7] Feng M; Wang YC; Davies JM. Thermal performance of cold-formed thin-walled steel panel systems in fire. *Fire safety journal*, (2003), 38(4), p. 365-394.

[8] Kolarkar P; Mahendran M. Experimental studies of non-load bearing steel wall systems under fire conditions. *Fire safety journal*, (2012) 53, p. 85-104.

5 [9] Capote JA; Alvear D; Abreu O; Lazaro M; Boffill Y; Manzanares A; Maamar, M. Assessment of physical phenomena associated to fire doors during standard tests. *Fire technology*, (2013), 49(2), p. 357-378.

[10] National fire door fire test project induced failure mode test. National Fire Protection Association Report (NFPA) (1995).

10 [11] Hugi E; Weber R. Fire behaviour of tropical and European wood and fire resistance of fire doors made of this wood. *Fire technology* (2012), 48(3), p. 679-698.

15 [12] Asaro RJ; Lattimer B; Ramroth W. Structural response of FRP composites during fire. *Composite Structures*, (2009), 87(4), p. 382-393.

[13] Ghazi Wakili K; Hugi E; Wullschlegler L; Frank TH. Gypsum board in fire modeling and experimental validation. *Journal of fire Sciences*, (2007), 25(3), p. 267- 282.

20 **Resumen de la invención**

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un dispositivo de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores, configurado para reproducir fielmente el ensayo de certificación para temperaturas superiores a 800°C, con muestras de un tamaño comprendido entre aproximadamente 100 mm de largo, 100 mm de ancho y 40 mm de espesor y aproximadamente 500 mm de largo, 500 mm de ancho y 100 mm de espesor, y configurado para la colocación de termopares en ambas caras de la muestra, que comprende:

30 - una estructura horizontal que presenta un tamaño comprendido entre aproximadamente 170 mm de largo, 130 mm de ancho y 140 mm de espesor y aproximadamente 840 mm de largo, 620 mm de ancho y 40 mm de espesor, y que comprende a su vez: una lamina inferior indeformable de un material lo suficientemente resistente a esfuerzos mecánicos y una capa superior de material aislante de un material moldeable y flexible, donde los elementos que
35 comprende la estructura horizontal presentan una abertura en su centro, tal que durante la realización del ensayo, todas las aberturas son coincidentes, y por las cuales asciende el calor generado por una fuente de calor;

40 - una fuente de calor combustible fósil situada bajo la estructura horizontal, y centrada en sus aberturas, estando dicha fuente de calor separada mecánicamente del resto de elementos que forman parte del dispositivo y configurada para generar temperaturas similares a las del ensayo de certificación, tal que las dimensiones del foco de calor que llega a la lamina inferior indeformable, están relacionadas con las dimensiones de la abertura de forma que se mantenga una relación donde el área del foco de calor sea de aproximadamente dos tercios
45 (66,6%) del área de la abertura;

- al menos dos elementos de apoyo unidos a la estructura horizontal, configurados para elevar en altura el conjunto estructura horizontal + cuerpo soporte y regular la temperatura de la fuente de calor que llega a la muestra;

50 - un cuerpo soporte unido a la capa superior de material aislante, con las caras superior e inferior huecas, donde en su cara superior se ubica la muestra a ensayar simplemente

- 5 apoyada sobre un rebaje interno practicado en las paredes del cuerpo soporte en la zona superior, tal que las dimensiones mínimas y máximas del cuerpo soporte están comprendidas entre aproximadamente 100x100x190mm (largo, ancho y alto) y aproximadamente 500x500x190 mm (largo, ancho y espesor), tal que la cara inferior (en oposición a la cara superior donde se ubica la muestra a ensayar), al ser hueca, permite el paso del calor generado por la fuente de calor, tal que el resto de caras del cuerpo soporte están unidas entre sí, y tal que las paredes interiores del cuerpo soporte están protegidas de temperaturas superiores a 800°C gracias a un material aislante moldeable y flexible adherido a las caras del cuerpo soporte;
- 10 estando los elementos del dispositivo configurados para resistir temperaturas superiores a los 800°C sin deformarse, no perder sus propiedades mecánicas a la temperatura a la que se realiza el ensayo y resistir el peso de los elementos que soporten.
- 15 En una posible realización, la estructura horizontal presenta unas dimensiones aproximadas de 500 mm de largo, 370 mm de ancho y 40 mm de espesor.
- 20 En una posible realización, la lámina inferior indeformable es de metal y presenta un espesor máximo de 2 milímetros. En otra posible realización, la lámina inferior indeformable es de cerámica y presenta un espesor máximo de 20 milímetros. En una posible realización, la capa superior de material aislante tiene un espesor máximo de 40 milímetros.
- 25 En una posible realización, entre la lámina inferior indeformable y la capa superior de material aislante se sitúa una placa horizontal con una abertura coincidente con las aberturas de la lamina inferior indeformable y la capa superior de material aislante, que dota a la estructura horizontal de robustez y aísla el conjunto. En una posible realización, el material de la placa horizontal es yeso laminado y su espesor oscila entre los 10 y 20 milímetros.
- 30 En una posible realización, las aberturas presentan unas dimensiones aproximadas de 300 mm x 300 mm.
- 35 En una posible realización, la distancia entre la fuente de calor y la lámina inferior indeformable es de 10 cm, y los elementos de apoyo son de acero y se encuentran unidos a la lamina inferior indeformable mediante unión mecánica de rosca, tal que cada elemento de apoyo es una varilla roscada que se encuentra unida a la lamina inferior indeformable mediante una tuerca inferior y superior.
- 40 En una posible realización, el cuerpo soporte es un cubo de yeso laminado.
- 45 En otro aspecto de la invención, se proporciona un método de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores, utilizando el dispositivo definido anteriormente. El método comprende las etapas de:
- sobre la muestra y previamente a ser colocada en el dispositivo de ensayo de la invención, instalar unos termopares sobre las caras superior (no expuesta a la fuente de calor) e inferior (expuesta a la fuente de calor) de la muestra;
 - situar la muestra en posición horizontal, simplemente apoyada y sin ninguna fijación, sobre el rebaje interno del cuerpo soporte;
 - encender la fuente de calor;
 - 50 - situar al menos un termopar en las proximidades de la cara expuesta de la muestra, en el interior del espacio del cuerpo soporte, estando dicho termopar configurado para medir la

temperatura del aire en el interior del horno y en las proximidades de la muestra a ensayar, tal que dicho termopar no debe estar en contacto con la muestra;

- 5 - calentar la cara expuesta de la muestra durante el tiempo adecuado para la realización del ensayo y adquirir los datos de las temperaturas de ambas caras de la muestra (expuesta y no expuesta) y de la temperatura del aire en el interior del horno (en las proximidades de la cara expuesta) mediante un adquisidor de datos;
 - comparar las curvas de calentamiento de la cara no expuesta con las curvas de calentamiento de una sección que ya cuenta con certificación.
- 10 En una posible realización, el termopar situado en las proximidades de la cara expuesta de la muestra se encuentra en un plano situado aproximadamente en el rango 1-2 centímetros de la misma y a al menos 10 centímetros de cualquiera de las paredes del cuerpo soporte.

Breve descripción de las figuras

- 15 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

- 20 La figura 1 muestra un esquema del banco de ensayo.
- La figura 2 muestra una vista frontal por un plano de corte longitudinal en el eje de simetría del banco de ensayo. Se representa el banco de ensayo con la muestra en su posición de ensayo.
- 25 La figura 3 muestra un esquema de la estructura horizontal.
- La figura 4 muestra un ejemplo del proceso de ensayo.
- 30 La figura 5 muestra una grafica comparativa de temperaturas de la cara no expuesta para tres secciones de tres diferentes núcleos de puerta.

Descripción detallada de la invención

- 35 En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

- 40 Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

- 45 Además, se entiende por elementos constructivos delimitadores aquellos elementos empleados para delimitar un sector de incendio conforme al DB-SI y que deben cumplir las características exigidas por la norma UNE-EN 1363, como por ejemplo puertas cortafuegos, paredes, ventanas, cortinas...

- 50 Además se entiende por muestra a la parte o porción extraída de un conjunto que permite considerarla representativa de él. En este texto, las muestras que se mencionan constan de

una sección del elemento constructivo delimitador constituido por una sección tipo sandwich de lámina exterior, material aislante y lamina exterior.

5 Las características del dispositivo y método de la invención, así como las ventajas derivadas del mismo, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos antes enumerados.

10 Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

15 A continuación, se describe un banco y un método de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores, para temperaturas superiores a 800°C, que permite reducir costes con respecto a los dispositivos y métodos existentes en el estado de la técnica, debido a que el dispositivo permite alcanzar antes la temperatura Optima de ensayo gracias a la posibilidad de reproducir fielmente el ensayo con muestras de menor tamaño. La estructura del banco de ensayo permite el calentamiento de las muestras con temperaturas
20 superiores a los 800°C, similares a las empleadas en los ensayos de certificación. El dispositivo permite además la colocación de termopares en ambas caras de la muestra para una correcta monitorización de la sección ensayada.

25 Los elementos que constituyen el banco de ensayo se muestran en las figuras 1 y 2, y son: una estructura horizontal 11, 21, una fuente de calor 12, 22, elementos de apoyo 13, 23 y un cuerpo soporte 14, 24 de la muestra 26. Las dimensiones de cada elemento están pensadas para ubicar la muestra 26 a ensayar y que el flujo de aire fresco que llega a la fuente de calor 12, 22 sea óptimo, evitando que se ahogue el fuego o se pierda demasiado calor.

30 La estructura horizontal 11, 21 presenta unas dimensiones tales que permiten una realización representativa del ensayo, siendo las dimensiones mínimas y máximas de la estructura 170x130x40mm (largo, ancho y espesor) y 840x620x40 mm (largo, ancho y espesor) respectivamente.

35 En una posible realización, la estructura horizontal 11, 21 presenta unas dimensiones aproximadas de 500 mm de largo, 370 mm de ancho y 40 mm de espesor. Estas dimensiones permiten colocar una muestra 26 de tamaño 300x300x80mm. Preferentemente, el espesor de la muestra 26 ensayada varia de 40 a 100 mm aunque no sus dimensiones de ancho y largo.

40 Como se puede ver en la figura 3, la estructura horizontal 31 comprende a su vez al menos dos elementos, ambos soportando temperaturas superiores a 800°C: una lámina inferior indeformable 311 y una capa superior de material aislante 312.

45 La lamina inferior indeformable 311 es de un material lo suficientemente resistente a esfuerzos mecánicos (peso del propio banco de ensayo y de la muestra 26 ensayada) y además que no pierda estas propiedades mecánicas a las temperaturas a las que se ejecuta el ensayo. En una posible realización el material es metal. En otra posible realización el material es cerámica. El espesor máximo de la lámina inferior indeformable 311 es de 2 milímetros en caso de que sea metálica, y de 20 milímetros en caso de que sea cerámico.

50 La capa superior de material aislante 312 es de un material moldeable y flexible, como por ejemplo las lanas de roca, mineral o de vidrio, y su espesor máximo es de 40 milímetros.

En una posible realización, la capa superior de material aislante 312 se encuentra apoyada sobre la lamina inferior indeformable 311. En otra posible realización, y como se observa en la figura 3, entre la lamina inferior indeformable 311 y la capa superior de material aislante 312 se sitúa una placa horizontal 313 que dota a la estructura horizontal 31 de robustez y aísla el conjunto, con un material fácilmente mecanizable y capaz de soportar el peso de la muestra 26 ensayada, así como el resto de la estructura, además de ser resistente a temperaturas superiores a los 800°C. Preferentemente, el material de la placa horizontal 313 es yeso laminado. El espesor de esta placa de yeso laminado es el de las placas de yeso laminado que se comercializan sin realizar ninguna modificación. Estos espesores oscilan entre los 10 y 20 milímetros de espesor.

Los elementos que comprende la estructura horizontal 11, 21, 31 presentan una abertura 314 en su centro, tal que durante la realización del ensayo, todas las aberturas 314 son coincidentes, y por las cuales asciende el calor generado por la fuente de calor 12, 22. En una posible realización, las aberturas 314 presentan unas dimensiones aproximadas de 300 mm x 300 mm.

Bajo la estructura horizontal 11, 21, 31, y centrada en sus aberturas 314, se sitúa la fuente de calor 12, 22, la cual no está unida mecánicamente con el resto de elementos que forman parte del banco de ensayo. La fuente de calor 12, 22 es capaz de generar temperaturas lo suficientemente elevadas, similares a las del ensayo de certificación. Además, las dimensiones del foco de calor que llega a la lámina inferior indeformable 311, deben estar relacionadas con las dimensiones de la abertura 314 tal que se mantenga una relación donde el área del foco de calor sea de aproximadamente dos tercios (o el 66,6%) del área de la abertura 314. Los investigadores han observado que si la relación es más grande, no entra suficiente aire del exterior y se ahoga el fuego, haciendo que disminuya la temperatura. Por el contrario, si la relación es más pequeña, la fuente de calor no genera temperaturas tan elevadas. Es decir, hay una única relación que se debe mantener entre el área de la abertura 314 y el área del foco de calor:

- Área de la abertura 314: se considera esta área como referencia y supone el 100%. Esta área se puede considerar coincidente con la superficie expuesta del área de la muestra 26 puesto que la muestra 26 se apoya en un rebaje interno 15 del cuerpo soporte 14, 24 como se indica más adelante.
- El área del foco de calor que llega a la lámina inferior indeformable 311 supone aproximadamente el 66,6% del área de la abertura 314. Esa es la relación que se debe mantener. El área del foco de calor debe ser aproximadamente 2/3 o 66,6% del área de la abertura 314.

La fuente de calor 12, 22 debe ser de combustible fósil, como por ejemplo una balsa de combustible o un quemador de gas, y en ningún caso lámparas de calor o resistencias. Además, la potencia de la fuente de calor 12, 22 debe ser tal que permita reproducir las temperaturas de la curva de generación de calor empleadas en los ensayos de certificación ISO 834.

El banco comprende además al menos dos elementos de apoyo 13, 23 fabricados en un material lo suficientemente resistente como para soportar temperaturas superiores a 800°C y el peso del conjunto más la muestra 26 a ensayar. En una posible realización, el material es acero. Estos elementos de apoyo 13, 23 se encuentran unidos a la estructura horizontal 11, 21, 31. Los elementos de apoyo 13, 23 permiten la elevación en altura del conjunto estructura horizontal 11, 21, 31 + cuerpo soporte 14, 24 y ubicarla sobre la fuente de calor 12, 22.

- 5 Es decir, con esta altura se regula la temperatura de la fuente de calor 12, 22 que llega a la muestra 26, puesto que, si la distancia es pequeña, la entrada de comburente es escasa y se producen temperaturas bajas. Si la distancia es elevada, la entrada de comburente es correcta pero la distancia a la fuente de calor 12, 22 hace que las pérdidas de calor sean elevadas, disminuyendo la temperatura del gas próximo a la cara expuesta de la muestra 26. En una posible realización, la distancia entre la fuente de calor 12, 22 y la lámina inferior indeformable 311 es de 10 cm.
- 10 En una posible realización, los elementos de apoyo 13, 23 se encuentran unidos a la lámina inferior indeformable 311 mediante unión mecánica de rosca. Es decir, cada elemento de apoyo 13, 23 es una varilla roscada que se encuentra unida a la lámina inferior indeformable 311 mediante una tuerca inferior y superior. Ambas tuercas regulables permiten regular y nivelar horizontalmente la altura de la estructura horizontal 11, 21, 31.
- 15 Por encima de la estructura horizontal 11,21, 31, y unida a la capa superior de material aislante 312, por ejemplo mediante unión machihembrada, se sitúa el cuerpo soporte 14, 24 sobre el cual se coloca la muestra 26 a ensayar. El cuerpo soporte 14, 24 está fabricado en un material fácil de mecanizar y capaz de soportar el peso de la muestra 26 y las altas temperaturas (superiores a 800°C) sin deformarse. En una posible realización, el cuerpo soporte 14, 24 es de yeso laminado.
- 20 El cuerpo soporte 14, 24 es una estructura con forma preferentemente de cubo, con las caras superior e inferior huecas, sobre la cual en su cara superior se ubica la muestra 26 a ensayar. La muestra 26 se coloca simplemente apoyada sobre un rebaje interno 15 practicado en las paredes del cuerpo soporte 14, 24 en la zona superior. Las dimensiones mínimas y máximas de este cuerpo están comprendidas entre 100x100x190mm (largo, ancho y alto) y 500x500x190 mm (largo, ancho y espesor).
- 25 La cara inferior (en oposición a la cara superior donde se ubica la muestra 26 a ensayar), al ser hueca, permite el paso del calor generado por la fuente de calor 12, 22. El resto de caras del cuerpo soporte 14, 24 están unidas entre sí, por ejemplo mediante uniones machihembradas.
- 30 Las paredes interiores del cuerpo soporte 14, 24 están protegidas a las altas temperaturas (superiores a 800°C) gracias a un material aislante que soporta temperaturas superiores a los 800°C. El material aislante debe ser moldeable y flexible, como por ejemplo las lanas de roca, mineral o de vidrio. El material aislante se encuentra adherido a las caras del cuerpo soporte 14, 24 y protege la totalidad de las caras interiores del mismo.
- 35 Las dimensiones de la muestra 26 son aquellas que permiten encajar la muestra 26 sobre el cuerpo soporte 14, 24, cumpliendo dos características: un tamaño lo suficientemente pequeño para poder ensayar la muestra 26 de forma rápida y económica en su preparación, pero con un tamaño lo suficientemente grande para poder obtener resultados representativos comparables con los ensayos de certificación. Por ello, las muestras 26 deben tener unas dimensiones mínimas de 100 mm de largo, 100 mm de ancho y 40 mm de espesor y unas dimensiones máximas de 500 mm de largo, 500 mm de ancho y 100 mm de espesor. Unas dimensiones más pequeñas pueden hacer que los fenómenos de transmisión de calor no sean debidamente representados, y unas dimensiones superiores comprometen las ventajas de rapidez de ensayo y economía de ensayo.
- 40 Las dimensiones de la muestra 26 son aquellas que permiten encajar la muestra 26 sobre el cuerpo soporte 14, 24, cumpliendo dos características: un tamaño lo suficientemente pequeño para poder ensayar la muestra 26 de forma rápida y económica en su preparación, pero con un tamaño lo suficientemente grande para poder obtener resultados representativos comparables con los ensayos de certificación. Por ello, las muestras 26 deben tener unas dimensiones mínimas de 100 mm de largo, 100 mm de ancho y 40 mm de espesor y unas dimensiones máximas de 500 mm de largo, 500 mm de ancho y 100 mm de espesor. Unas dimensiones más pequeñas pueden hacer que los fenómenos de transmisión de calor no sean debidamente representados, y unas dimensiones superiores comprometen las ventajas de rapidez de ensayo y economía de ensayo.
- 45 Los termopares se sueldan en ambas caras de la muestra 26 (expuesta y no expuesta) en caso de que la muestra 26 tenga superficie metálica. En caso de que no sean superficies metálicas los termopares pueden ir fijados mediante adhesivo. No es necesario perforar la muestra 26 en
- 50

ninguno de los casos, puesto que los termopares se fijan antes de colocar la muestra 26 en el banco de ensayo.

5 El método de la invención para el ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores, se describe a continuación

10 En primer lugar, sobre la muestra 26 y previamente a ser colocada en el dispositivo de ensayo de la invención, se instalan los termopares sobre las caras superior (no expuesta a la fuente de calor 12, 22) e inferior (expuesta a la fuente de calor 12, 22) de la muestra 26. Como se ha comentado anteriormente, los termopares se sueldan a ambas caras de la muestra 26 cuando el material de ésta sea metálico, o bien se colocan mediante un adhesivo cuando no sea de este material.

15 A continuación, se sitúa la muestra 26 en posición horizontal, simplemente apoyada y sin ninguna fijación, sobre el rebaje interno 15 del cuerpo soporte 14, 24. A continuación se enciende la fuente de calor 12, 22.

20 El siguiente paso es situar al menos un termopar en las proximidades de la cara expuesta de la muestra 26, en el interior del espacio del cuerpo soporte 14, 24, configurado para medir la temperatura del aire en el interior del horno y en las proximidades de la muestra 26 a ensayar. Este termopar no debe estar en contacto con la muestra 26, sino en un plano situado aproximadamente a 1 o 2 centímetros de la misma y a 10 centímetros como mínimo de cualquiera de las paredes del cuerpo soporte. En una posible realización, este termopar es de tipo K con las características de la norma UNE EN 60584-1.

25 El ensayo es monitorizado mediante termopares, al igual que los ensayos de certificación, gracias a los cuales se obtienen las temperaturas en diversos puntos. Se monitorizan tres partes diferentes. La primera parte monitorizada corresponde a la medición de las temperaturas de la cara no expuesta de la muestra 26. Esta cara es la que corresponde a la parte superior de la sección ensayada. La segunda parte monitorizada corresponde a las temperaturas de la cara expuesta de la muestra 26, que es la cara de la sección sobre la que incide directamente el calor procedente de la fuente de calor 12, 22. La última parte monitorizada son las temperaturas del aire en las proximidades a la cara expuesta de la muestra 26, es decir, las temperaturas del aire que se encuentra entre la fuente de calor 12, 22 y la parte inferior de la sección ensayada, en sus proximidades a la misma.

30 Por último se ejecuta el ensayo, es decir, se produce la ignición de la fuente de calor 12, 22 y se mantiene encendida, calentando la cara expuesta de la muestra 26 durante el tiempo que se desee, por ejemplo 15, 20 o 30 minutos. Durante la ejecución del ensayo, no se debe modificar la posición de la muestra 26 respecto de su posición inicial. Mientras la fuente de calor 12, 22 está liberando calor, se adquieren los datos de las temperaturas de ambas caras de la muestra 26 (expuesta y no expuesta) y de la temperatura del aire en el interior del horno (en las proximidades de la cara expuesta) mediante un adquisidor de datos, con un intervalo de por ejemplo un segundo. Cuando se empleen varios termopares repartidos en ambas caras, se obtiene la temperatura media en todo momento tanto de la cara expuesta como de la cara no expuesta. A igual calentamiento en la atmósfera del horno, producido debido al empleo repetitivo de la misma fuente de calor 12, 22, la variación de las temperaturas de la cara no expuesta será debido únicamente al tipo de muestra 26 ensayado (tipo de material empleado en la construcción de la misma, espesores de los materiales empleados, configuración de la misma), pudiéndose observar diferencias entre las distintas muestras 26 ensayadas.

5 Por último, se compara las curvas de calentamiento de la cara no expuesta con las curvas de calentamiento de la cara no expuesta de una sección que ya cuenta con certificación. El procedimiento es: primero ensayar una muestra, en el dispositivo de la invención, que ya cuenta con la certificación. Se obtienen las curvas de calentamiento. Posteriormente, se ensayan muestras que cuentan con modificaciones en su composición respecto de la muestra certificada, y se comparan las curvas de calentamiento de la cara no expuesta.

10 Este dispositivo y método de ensayo permite obtener las temperaturas en diferentes puntos de la cara no expuesta, al igual que un ensayo de certificación. La metodología de ensayo permite, por comparación, primeramente, ensayar secciones que ya cuentan con certificación obteniendo las curvas de calentamiento. Posteriormente se ensayarán los nuevos diseños de secciones y se establece la comparación en los procesos de calentamiento de las nuevas secciones con el de las secciones ya certificadas. Un ejemplo de proceso de ensayo se muestra en la figura 4. Un calentamiento similar a la muestra certificada ensayada será
15 indicativo de que el nuevo diseño puede comportarse de la misma forma en el ensayo de certificación (ver figura 5).

20 Debido a la rapidez en la ejecución de los ensayos y el tamaño de las muestras a ensayar, este dispositivo y método permite obtener resultados intermedios cualitativos, que permiten aceptar un diseño o descartarlo en su fase intermedia, sin necesidad de continuar el proceso hasta el último paso, el ensayo de certificación final. Esta metodología no es sustitutiva del ensayo de certificación, necesario siempre para la obtención del certificado que permita la puesta a la venta del producto final.

25 La principal ventaja que presentan el dispositivo y método de la invención es la sencillez en la ejecución del ensayo, la rapidez en la obtención de los resultados y el precio económico en la ejecución (consumibles) del mismo. Además, este método presenta un importante ahorro debido al hecho de disponer de resultados intermedios y descartar soluciones antes de ejecutar ensayos en escala real, supone un ahorro en el número de ensayos a escala real, con el coste
30 derivados de los mismos.

35 El tamaño de las muestras a ensayar, de dimensiones más pequeñas permite realizar ensayos de forma más rápida (tiempo de ejecución menor) con muestras de menor tamaño que permiten ensayar diferentes elementos y configuraciones de una forma mas rápida y económica. La principal diferencia radica en la rapidez y economía de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores, configurado para reproducir fielmente el ensayo de certificación para temperaturas superiores a 800°C, con muestras de un tamaño comprendido entre 100 mm de largo, 100 mm de ancho y 40 mm de espesor y 500 mm de largo, 500 mm de ancho y 100 mm de espesor, y configurado para la colocación de termopares en ambas caras de la muestra, estando el dispositivo caracterizado por que comprende:
- 5
- 10 - una estructura horizontal (11, 21, 31) que presenta un tamaño comprendido entre 170 mm de largo, 130 mm de ancho y 140 mm de espesor y 840 mm de largo, 620 mm de ancho y 40 mm de espesor, y que comprende a su vez: una lámina inferior indeformable (311) y una capa superior de material aislante (312) de un material moldeable y flexible, donde los elementos que comprende la estructura horizontal (11, 21, 31) presentan una abertura (314) en su centro, tal que durante la realización del ensayo, todas las aberturas (314) son coincidentes, y por las cuales asciende el calor generado por una fuente de calor (12, 22);
- 15
- una fuente de calor (12, 22) combustible fósil situada bajo la estructura horizontal (11, 21, 31), y centrada en sus aberturas (314), estando dicha fuente de calor (12, 22) separada mecánicamente del resto de elementos que forman parte del dispositivo y configurada para generar temperaturas de hasta 1000°C, tal que las dimensiones del foco de calor que llega a la lámina inferior indeformable (311), están relacionadas con las dimensiones de la abertura (314) de forma que se mantenga una relación donde el área del foco de calor sea de dos tercios - 66,6%- del área de la abertura (314);
- 20
- al menos dos elementos de apoyo (13, 23) unidos a la estructura horizontal (11, 21, 31), configurados para elevar en altura el conjunto estructura horizontal (11, 21, 31) + cuerpo soporte (14, 24) y regular la temperatura de la fuente de calor (12, 22) que llega a la muestra (26);
- 25
- 30 - un cuerpo soporte (14, 24) unido a la capa superior de material aislante (312), con las caras superior e inferior huecas, donde en su cara superior se ubica la muestra (26) a ensayar simplemente apoyada sobre un rebaje interno (15) practicado en las paredes del cuerpo soporte (14, 24) en la zona superior, tal que las dimensiones mínimas y máximas del cuerpo soporte (14, 24) están comprendidas entre 100x100x190mm -largo, ancho y alto- y 500x500x190 mm -largo, ancho y espesor-, tal que la cara inferior, en oposición a la cara superior donde se ubica la muestra (26) a ensayar, al ser hueca, permite el paso del calor generado por la fuente de calor (12, 22), tal que el resto de caras del cuerpo soporte (14, 24) están unidas entre sí, y tal que las paredes interiores del cuerpo soporte (14, 24) están protegidas de temperaturas superiores a 800°C gracias a un material aislante moldeable y flexible adherido a las caras del cuerpo soporte (14, 24);
- 35
- 40
- 45 2. El dispositivo de la reivindicación 1, donde la estructura horizontal (11, 21, 31) presenta unas dimensiones de 500 mm de largo, 370 mm de ancho y 40 mm de espesor.
3. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la lámina inferior indeformable (311) es de metal y presenta un espesor máximo de 2 milímetros.
- 50 4. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde la lámina inferior indeformable (311) es de cerámica y presenta un espesor máximo de 20 milímetros.

5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la capa superior de material aislante (312) de la estructura horizontal (11, 21, 31) tiene un espesor máximo de 40 milímetros.
- 5 6. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde entre la lámina inferior indeformable (311) y la capa superior de material aislante (312) se sitúa una placa horizontal (313) con una abertura (314) coincidente con las aberturas (314) de la lámina inferior indeformable (311) y la capa superior de material aislante (312).
- 10 7. El dispositivo de la reivindicación anterior, donde el material de la placa horizontal (313) es yeso laminado y su espesor oscila entre los 10 y 20 milímetros.
8. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las aberturas (314) presentan unas dimensiones de 300 mm x 300 mm.
- 15 9. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la distancia entre la fuente de calor (12, 22) y la lámina inferior indeformable (311) es de 10 cm, y los elementos de apoyo (13, 23) son de acero y se encuentran unidos a la lámina inferior indeformable (311) mediante unión mecánica de rosca, tal que cada elemento de apoyo (13, 23) es una varilla roscada que se encuentra unida a la lámina inferior indeformable (311) mediante una tuerca inferior y superior.
- 20 10. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el cuerpo soporte (14, 24) es un cubo de yeso laminado.
- 25 11. Método de ensayo de resistencia al fuego de muestras de elementos constructivos delimitadores, utilizando el dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende las etapas de:
- 30 - sobre la muestra (26) y previamente a ser colocada en el dispositivo de ensayo de la invención, instalar unos termopares sobre las caras superior -no expuesta a la fuente de calor (12, 22) -e inferior- expuesta a la fuente de calor (12, 22)- de la muestra (26);
- 35 - situar la muestra (26) en posición horizontal, simplemente apoyada y sin ninguna fijación, sobre el rebaje interno (15) del cuerpo soporte (14, 24);
- encender la fuente de calor (12, 22);
- 40 - situar al menos un termopar en las proximidades de la cara expuesta de la muestra (26), en el interior del espacio del cuerpo soporte (14, 24), estando dicho termopar configurado para medir la temperatura del aire en el interior del horno y en las proximidades de la muestra (26) a ensayar, tal que dicho termopar no debe estar en contacto con la muestra (26);
- 45 - calentar la cara expuesta de la muestra (26) y adquirir los datos de las temperaturas de ambas caras de la muestra (26) -expuesta y no expuesta- y de la temperatura del aire en el interior del horno -en las proximidades de la cara expuesta- mediante un adquisidor de datos;
- comparar las curvas de calentamiento de la cara no expuesta con las curvas de calentamiento de una sección que ya cuenta con certificación.

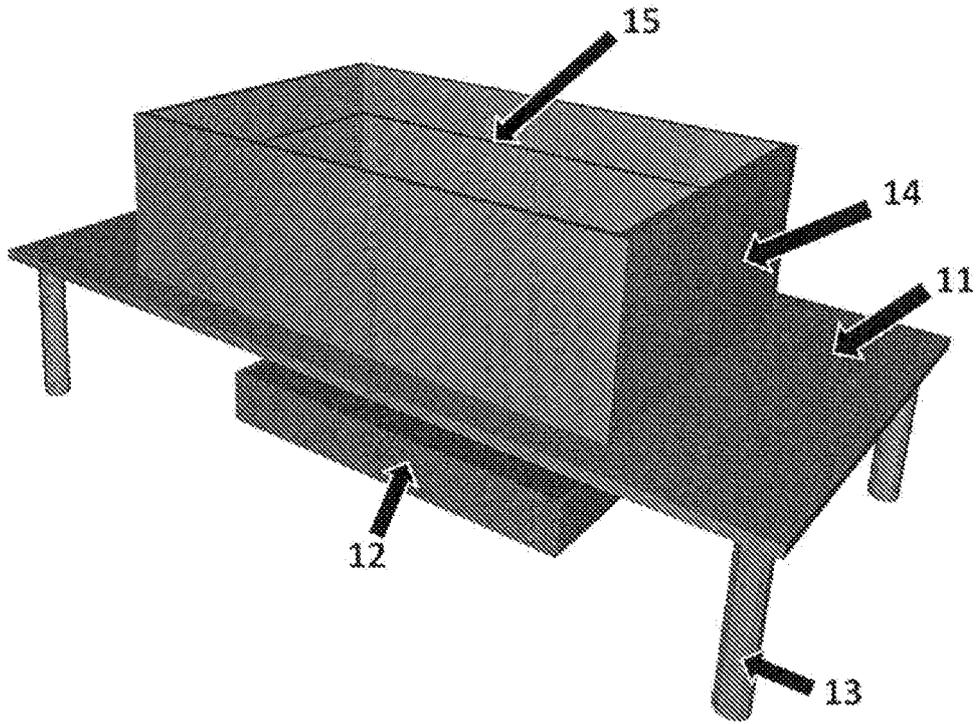


Figura 1

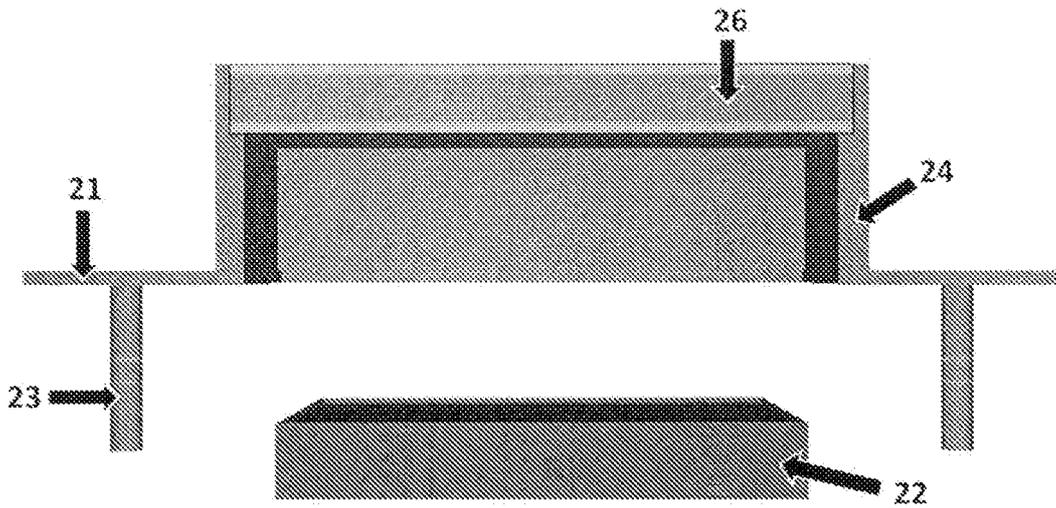


Figura 2

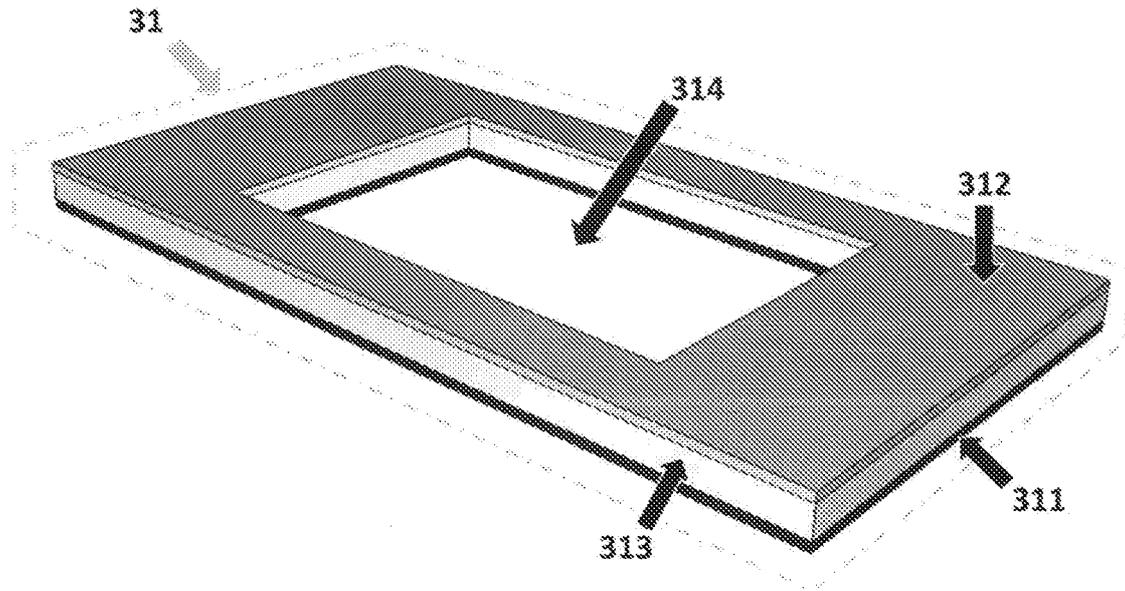


Figura 3

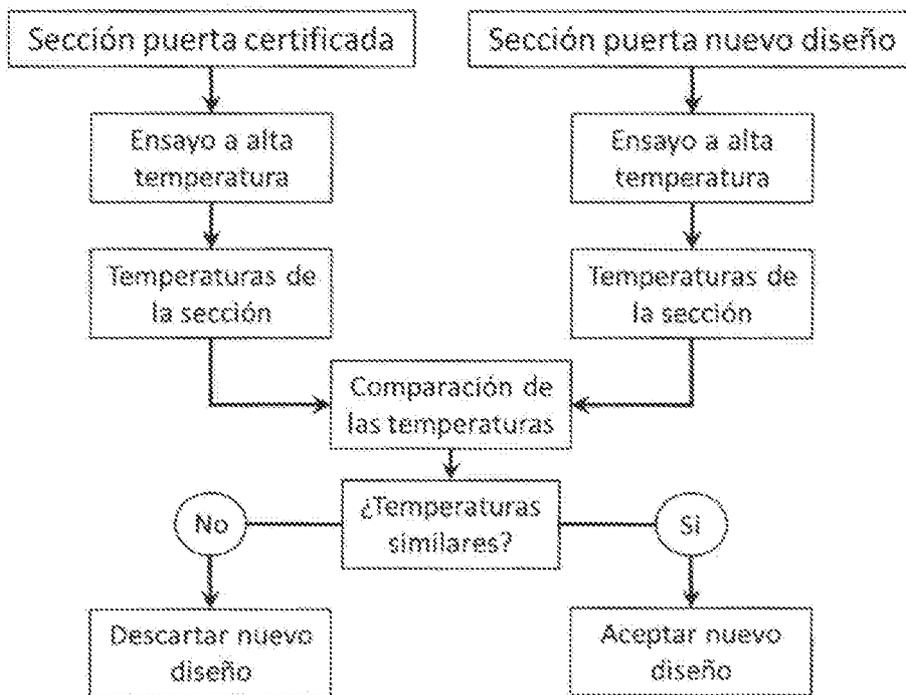


Figura 4

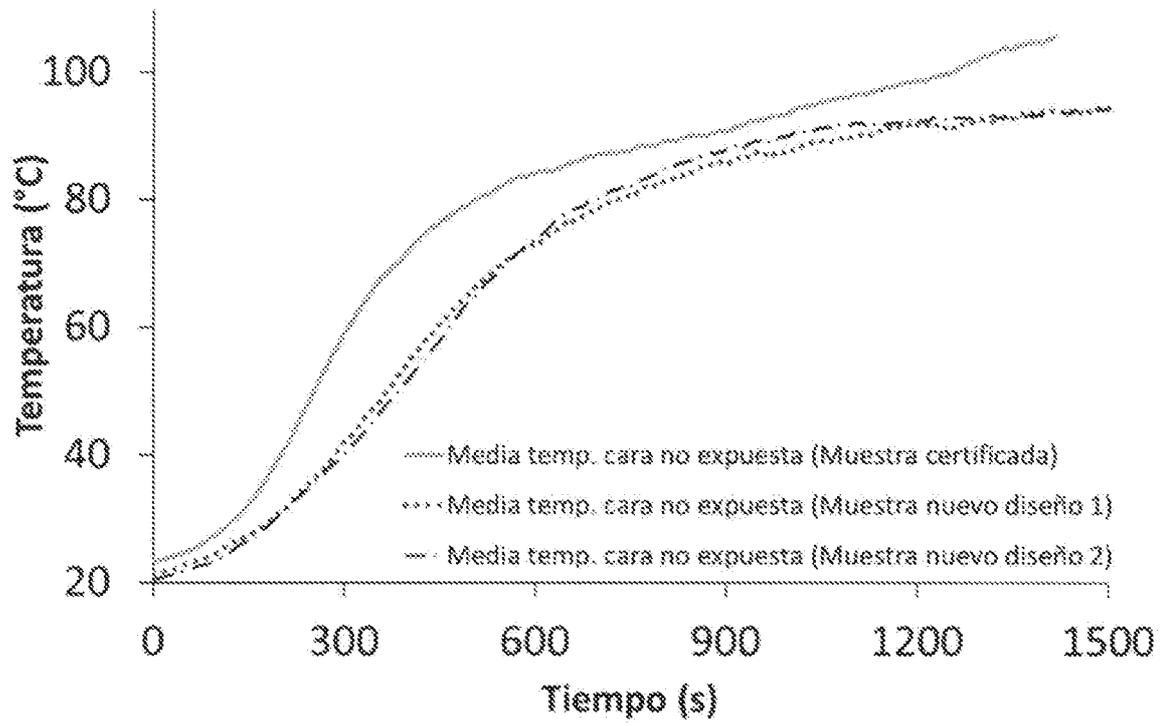


Figura 5