



Conocimiento experto que agrega valor

Estudio de Asimilación de Resistencia al Fuego de Entrepiso

Informe Final

Informe N° 1454802

11 de enero de 2018

Centro UC de Innovación en Madera
Pontificia Universidad Católica de Chile

DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • www.dictuc.cl/construccion



Autor(es) Gerente Unidad: Rodrigo Aravena P.	Cuerpo del informe 13 hojas (incluye portada)
Contraparte técnica del Mandante Nombre: Felipe Victorero Cargo: Subdirector de Transferencia Centro UC de Innovación en Madera Teléfono: +562 23545549 Correo Electrónico: favictor@uc.cl	Número de Propuesta IPF-P-100/16
	Correlativos Internos IPF-INF-012-18 OT-AS-228/2
Antecedentes del Mandante Razón Social: Pontificia Universidad Católica de Chile RUT: 81.698.900-0 Teléfono: +562 23545549 Dirección: Av. Libertador Bernardo O'Higgins N° 390.	



Ing. Rodrigo Aravena P.

Gerente

Unidad Ingeniería de Protección contra el Fuego
DICTUC Construcción

Normas Generales

- El presente informe presenta el informe final de un estudio de Asimilación de Resistencia al Fuego de un Entrepiso, desarrollado durante noviembre de 2017 a enero de 2018.
- El presente informe fue preparado por **DICTUC** a solicitud del **Centro UC de Innovación en Madera** de la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, para Asimilar la Resistencia al Fuego de un conjunto de entrepiso, bajo su responsabilidad exclusiva.
- Los alcances de este estudio están definidos explícitamente en la Sección 3 del presente informe. Las conclusiones de este informe se limitan a la información disponible para su ejecución.
- La información contenida en el presente informe constituye el resultado de una asesoría, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por **DICTUC**.
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de **DICTUC** mediante un Contrato de Uso Comercial de Marca.
- El **mandante** podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean estas autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por **DICTUC**, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de **DICTUC**, a cualquier tercero, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad del **mandante**, sin embargo, si **DICTUC** recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito al **mandante**.
- El monto de los honorarios por la ejecución de este Informe, así como la cancelación de dichos honorarios, es independiente a los resultados del mismo. Del mismo modo el **mandante** acepta expresamente que los resultados del Informe encomendado pueden en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.
- La adulteración y/o alteración total o parcial de los informes, reportes, ensayos y asesorías proporcionadas por **DICTUC**, al igual que su reproducción no autorizada, constituye una conducta susceptible de delito que será sancionada conforme a la normativa legal vigente.
- El **mandante** declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial www.dictuc.cl/tyc.

1. Introducción

El Sr. Felipe Victorero, en representación del **Centro UC de Innovación en Madera** de la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, solicitó al Área de Ingeniería de Protección Contra el Fuego (IPF) de DICTUC un estudio para verificar la posible asimilación de la resistencia al fuego de un sistema constructivo, en base a los antecedentes de ensayos previos proporcionados.

Este documento contiene el informe final presentado por IPF al mandante con los resultados obtenidos en el estudio realizado.

2. Objetivos

Determinar si existen los suficientes antecedentes para asignar clasificación de resistencia al fuego a un conjunto entrepiso que representa una modificación constructiva de otro previamente ensayado.

3. Alcance

Las conclusiones obtenidas del presente estudio son sobre la base de la información entregada por el mandante.

4. Metodología

Marco Teórico: La Resistencia al Fuego se demuestra a través de la ejecución de ensayos de resistencia al fuego, realizados según la norma NCh 935/1 "Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general". Esta norma entrega la resistencia al fuego y la clasificación de cada elemento ensayado (F).

La resistencia al fuego se define en la norma NCh 935 como: "*Cualidad de un elemento de construcción de soportar las condiciones de un incendio estándar, sin deterioro importante de su capacidad funcional. Esta cualidad se mide por el tiempo en minutos durante el cual el elemento conserva la estabilidad mecánica, la estanquidad a las llamas, el aislamiento térmico y la no emisión de gases inflamables*".

Por otro lado, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su Título IV – Capítulo 3 "De las Condiciones de Seguridad contra Incendios", en el Artículo 4.3.2 indica:

".....Si al solicitarse la recepción definitiva de una edificación, alguno de los elementos, materiales o componentes utilizados en ésta no figura en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego y no cuenta con certificación oficial conforme a este artículo, se

deberá presentar una certificación de un profesional especialista, asimilando el elemento, material o componente propuesto a alguno de los tipos que indica el artículo 4.3.3., de este mismo Capítulo y adjuntar la certificación de éstos en el país de origen....”

5. Criterios de Asimilación

Una configuración (A), como la indicada por el mandante, que no disponga de registros de ensayos de resistencia al fuego, es asimilable a otra que si los posea (B), siempre y cuando se cumplan **simultáneamente** al menos los siguientes requisitos:

- a. El sistema estructural soportante de (A) es del mismo tipo (material) que el de (B).
- b. Las dimensiones de la sección de la estructura soportante en (A) es mayor o igual que la de (B).
- c. La separación entre los elementos soportantes estructurales de la configuración (A) sea menor o igual que la de (B).
- d. La aislación interior de (A) es del mismo tipo y un espesor mayor o igual a la de (B).
- e. La cantidad de placas de revestimiento en cada una de las caras es mayor o igual en (A) que en (B).
- f. El espesor de placas de revestimiento en cada una de las caras es mayor o igual en (A) que en (B).
- g. El tipo y posición de placas de revestimiento en cada una de las caras es el mismo en (A) que en (B).
- h. El espesor total de (A) es igual o mayor que el de (B).

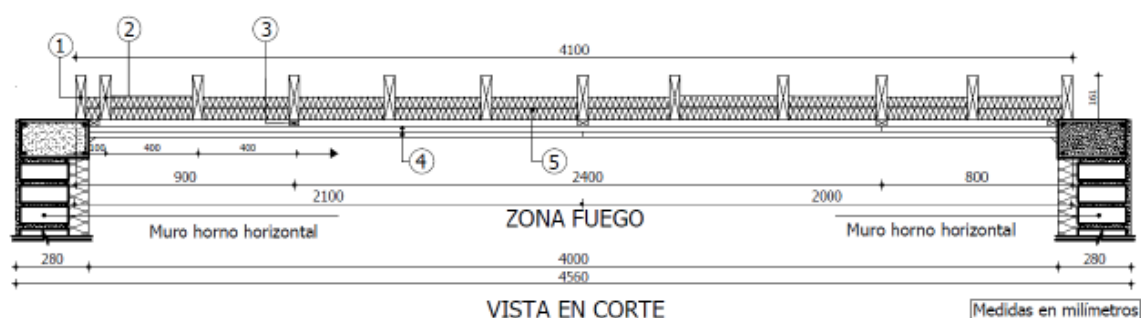
El hecho de cumplir, o superar sólo alguno de los requisitos no es suficiente para poder realizar la asimilación, deben cumplirse todos.

6. Registros Anteriores

Se han tomado como referencia de asimilación 3 informes, dos de ensayo y uno de asimilación:

a) Sistema de Cielo F-30

El informe de Ensayo Idiem **N°1.244.492/2017**, del 04 de agosto de 2017, reporta el ensayo de un cielo con envigado de madera con la siguiente descripción (extraída del mismo informe):



N°	Elemento	Descripción				
1	Viga perimetral	Madera de Pino radiata cepillado seco de escuadría (111 x 33) mm, fijadas con clavos de 3 ½"-				
2	Envigado	Madera de Pino radiata cepillado seco de escuadría (111 x 33) mm, fijadas con clavos de 3 ½", dispuestos cada 0,40 [m].-				
3	Entramado de cielo	Madera de Pino radiata cepillado seco de escuadría (41 x 20) mm, fijada con clavos 3 ½", Piezas dispuestas perpendiculares al envigado separadas cada 0,4 [m] y piezas paralelas al envigado separadas cada 1,2 [m], ambas fijadas con clavos de 2 ½"-				
4	Cara expuesta al fuego	Doble placa de yeso-cartón "Gyplac® RF" de 15 [mm] de espesor, traslapadas entre sí, ambas placas fijadas con tornillos cabeza de trompeta punta fina #6 x 1 ¼" y #6 x 1 5/8" respectivamente cada 0,5 [m] y 0,2 [m] respectivamente. Sello de unión de placas es con cinta de fibra de vidrio más pasta a base yeso "Romeral®", para ambas placas.-				
5	Aislación	Doble colchoneta de lana de vidrio "Romeral" de 50 [mm] de espesor. R100=235 (m2k/w x 100) y 11 [kg/m3] de densidad nominal.-				
Nota: De acuerdo a lo señalado en norma NCh935/1.0f97, el resultado obtenido es válido sólo para el elemento ensayado y bajo las condiciones estipuladas en el Informe de Ensayo, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos.		<table border="1"> <tr> <td>Resistencia al fuego del elemento</td> <td>50 minutos</td> </tr> <tr> <td>Clasificación</td> <td>F30</td> </tr> </table>	Resistencia al fuego del elemento	50 minutos	Clasificación	F30
Resistencia al fuego del elemento	50 minutos					
Clasificación	F30					

Tal como se indica en el informe, este cielo obtuvo un tiempo de falla de 50 minutos por temperatura puntual máxima (F-30) seguida luego de falla por estanquidad a los 53 minutos.

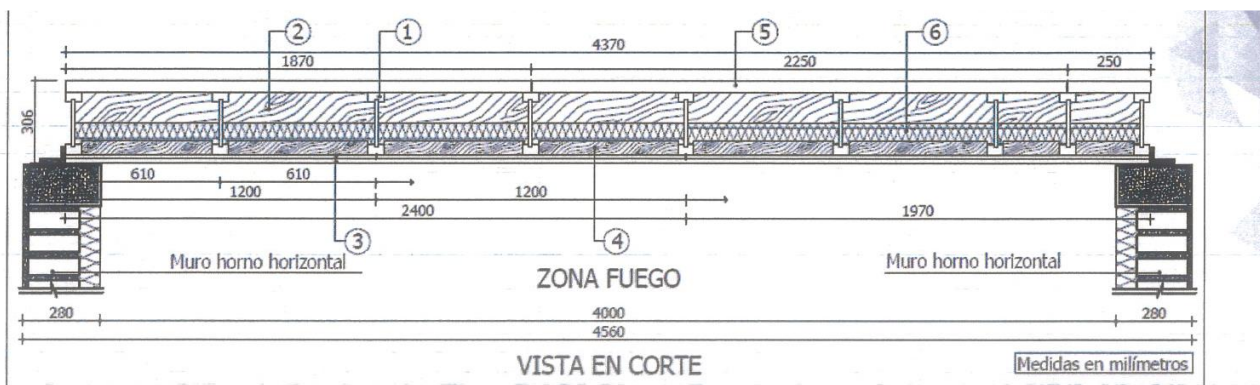
El resumen de los principales aspectos constructivos del sistema se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Cielo F-30

Ítem	Descripción
Vigas	Pino radiata cepillado de 33x111 @40 cm
Entramado de cielo	Pino radiata cepillado de 41x20 @120 cm
Cielo	Doble placa de yeso cartón Gyplac RF de 15 mm de espesor, traslapadas, atornilladas y selladas
Aislación	Doble landa de vidrio, 50 mm, 11 kg/m ³ .

b) Entrepiso soportante F-60

El informe de Ensayo Idiem N°923.245, del 15 de octubre de 2014, reporta el ensayo de un entrepiso soportante F-60 con la siguiente descripción (extraída del mismo informe):



N°	Elemento	Descripción
1	Envigado	Vigas tipo "Doble T" producto "LP® I-Joists" en formato de 241 [mm] de alto, compuestas por un alma de madera "LP® OSB" de 9,5 [mm] de espesor nominal, la cual va embutida y pegada a alas de madera de pino americano "finger joint" de escuadría 38 x 63 [mm]. Las vigas van distanciadas a eje 0,61 [m] y fueron dispuestas con una luz libre entre apoyos de 3 [m].-
2	Empalme de vigas	Tablero de madera "LP® OSB" producto "LP® RimBoard" de escuadría 1" x 9½"; tablero va atornillado a las cabezas de las vigas.-
3	Cara expuesta al fuego	Revestimiento: Doble plancha de yeso-cartón "Gyplac® RF" de 12,5 [mm] de espesor cada una. Primera plancha dispuesta transversalmente a la viga y fijada con tornillos "CRS" #6 x 1½" cada 0,2 [m]. Segunda plancha dispuesta longitudinal a la viga y fijada con tornillos "CRS" #6 x 1½" cada 0,2 [m]. Sello de junta de planchas con cinta de fibra de vidrio más pasta a base de yeso.-
4		Cadeneteado: Madera de pino en bruto de escuadría 2" x 2" distanciadas a eje 0,60 [m], fijado al ala inferior de las vigas.-
5	Cara no expuesta al fuego	Placa "LP® Mezanino" de 40 [mm] de espesor, fijada con tornillos "CRS" #8 x 2½" cada 0,2 [m], la junta de placas posee una separación de 3 [mm] selladas con silicona acrílica "Titebond® Acoustical Sound Sealant". La placa está compuesta por un núcleo formado por dos tableros de "LP® OSB HOME" de 15,1 [mm] de espesor cada uno, pegados entre sí, revestido en ambas caras con placas cementicias de 4 [mm] de espesor.-
6	Aislación	Lana de vidrio "Volcán® Aislan Glass®" de 40 [mm] de espesor nominal y de 14 [kg/m³] de densidad nominal.-
Espesor total del elemento: 306 [mm].		Sobrecarga de ensayo: 120 [kg/m²]
Nota: De acuerdo a lo señalado en norma NCh935/1.Of97, el resultado obtenido es válido sólo para el elemento ensayado y bajo las condiciones estipuladas en el Informe de Ensayo Oficial, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos.		Resistencia al fuego del elemento: 65 minutos
		Clasificación: F60
Nota: Este resumen no reemplaza el Informe.		Fecha de emisión: 15 de octubre de 2014.

Tal como se indica, este entrepiso fue ensayado con una sobrecarga de 120 kg/m², y obtuvo un tiempo de falla de 65 minutos por colapso estructural (F-60).

El resumen de los principales aspectos constructivos del entrepiso se muestra en la siguiente tabla:

DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • www.dictuc.cl/construccion

Tabla 2: Entrepiso F-60

Ítem	Descripción
Estructura	Vigas I-Joists de 241 mm de alto @ 61 cm, con luz libre de 3 m
Cielo	Doble plancha de yeso cartón Gyplac RF de 12,5 mm, atornillada y sellada Fijadas a cadenas 2 x 2 @ 60 cm
Piso (sobre las vigas)	Placa LP Mezanino de 40 mm de espesor
Aislante	Lana de vidrio de 40 mm de espesor y 14 kg/m ³ de densidad nominal

c) Entrepiso soportante F-60

El informe de Asimilación DICTUC N°1.454.801, del 11 de enero de 2018, reporta un entrepiso soportante F-60 con la siguiente descripción (extraída del mismo informe):

Tabla 3: Entrepiso F-60

Ítem	Descripción
Estructura	Vigas I-Joists de 241 mm de alto @ 40 cm , con luz libre de 2,7 m
Entramado de cielo	Distanciadores de 20 x 41 @ 40 cm de pino
Cielo	Doble placa de yeso cartón Gyplac RF de 15 mm de espesor, traslapadas, atornilladas y selladas
Piso (sobre las vigas)	Placa arriostrante terciado de 15 mm Membrana acústica Sobrelosa de hormigón de 41 mm de espesor
Aislante	Lana de vidrio de 120 mm de espesor, y 11 kg/m ³ .

7. Elementos a Asimilar y Comparación

Según lo indicado por el mandante, el elemento en evaluación de asimilación corresponde a un sistema de entrepiso con la siguiente EETT:

Tabla 4: Elemento en estudio

Ítem	Descripción
Estructura	Vigas de pino radiata de 33 x 185 mm @ 40 cm, con luz libre de 2,7 m
Entramado de cielo	Distanciadores de 20 x 41 @ 40 cm de pino
Cielo	Doble placa de yeso cartón Gyplac RF de 15 mm de espesor, traslapadas, atornilladas y selladas
Piso (sobre las vigas)	Placa arriostrante terciado de 15 mm Membrana acústica Sobrelosa de hormigón de 41 mm de espesor
Aislante	Lana de vidrio con dimensiones nominales de 120 mm de espesor, 11 kg/m ³ de densidad y factor $R_{100} = 282$.

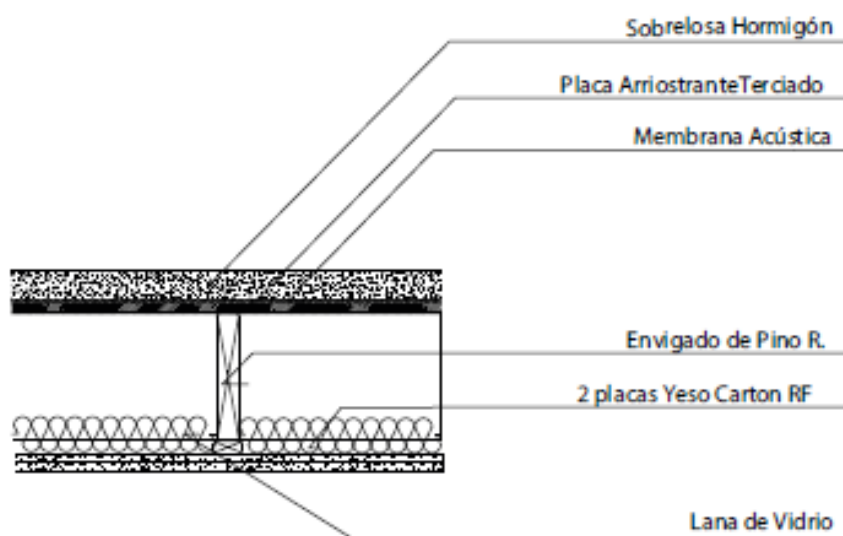


Figura 1: Entrepiso en estudio

8. Análisis

La siguiente tabla muestra la comparativa entre los antecedentes de ensayos y la configuración en estudio:

Tabla 5: Resumen de datos

Ítem	Entrepiso ensayado F-60	Entrepiso asimilado F-60	Cielo F-30	Entrepiso en estudio
Estructura	Vigas I-Joists de 241 mm de alto @ 61 cm, con luz libre de 3 m	Vigas I-Joists de 241 mm de alto @ 40 cm	Pino radiata cepillado de 33x111 @40 cm, con luz de 3 m.	Vigas de pino radiata de 33 x 185 mm @ 40 cm , con luz libre de 2,7 m
Cielo	Doble plancha de yeso cartón Gyplac RF de 12,5 mm, atornillada y sellada Fijadas a cadenetas 2 x 2 @ 60 cm	Doble placa de yeso cartón Gyplac RF de 15 mm de espesor, traslapadas, atornilladas y selladas Fijadas a distanciadores de 20 x 41 @ 40 cm de pino	Doble placa de yeso cartón Gyplac RF de 15 mm de espesor, traslapadas, atornilladas y selladas Fijadas a pino radiata cepillado de 41x20 @120 cm	Doble placa de yeso cartón Gyplac RF de 15 mm de espesor, traslapadas, atornilladas y selladas Fijadas a distanciadores de 20 x 41 @ 40 cm de pino
Piso (sobre las vigas)	Placa LP Mezanino de 40 mm de espesor	Placa arriostrante terciado de 15 mm Membrana acústica Sobrelosa de hormigón de 41 mm de espesor	No aplica.	Placa arriostrante terciado de 15 mm Membrana acústica Sobrelosa de hormigón de 41 mm de espesor
Aislante	Lana de vidrio de 40 mm de espesor y 14 kg/m ³ de densidad nominal	Lana de vidrio de 120 mm de espesor, y 11 kg/m ³ .	Doble lana de vidrio, 50 mm, 11 kg/m ³ .	Lana de vidrio con dimensiones nominales de 120 mm de espesor, 11 kg/m ³ de densidad y factor R ₁₀₀ = 282.
Resultado de ensayo obtenido	Falla por colapso estructural a los 65 minutos (F-60)	Asimilado a F-60	Falla por temperatura puntual máxima a los 50 minutos (F-30)	-

La configuración en estudio tiene:

- Un sistema estructural distinto al sistema IJoist F-60 asimilado. En todos los demás aspectos constructivos ambas configuraciones son equivalentes.

- El mismo sistema de cielo que el sistema IJoist F-60 que a su vez es similar al sistema ensayado con tiempo RF de 50 minutos.

Como se indica anteriormente, la RF de un sistema constructivo corresponde a la medición simultánea de 4 atributos:

- i. El aislamiento térmico: este criterio es dependiente fundamentalmente de los revestimientos y aislantes. En este caso el sistema en estudio utiliza los mismos recubrimientos de cielo, piso y aislantes que el sistema F-60 asimilado. Por lo mismo, a juicio del profesional firmante esto permite alcanzar la clasificación F-60 (en el criterio de aislación térmico).
- ii. La estanquidad a las llamas y
- iii. La no emisión de gases inflamables: junto al criterio anterior está vinculado a la capacidad del conjunto de mantenerse estanco sin generar grietas por donde las llamas y gases combustibles puedan pasar. se asume asimilable a la misma clasificación obtenida en la medida que se mantengan los mismos sistemas de sello asimilados en el sistema F-60.
- iv. La estabilidad mecánica: es este caso se refiere a la capacidad del conjunto de no colapsar o deformarse excesivamente para permitir la aparición de alguno de los otros tipos de falla.
En este caso particular la estructura soportante (pino radiata 33x185 mm @40 cm) es distinta a la asimilada F-60 (viga I Joist 241 mm @40 cm)

La asimilación del entrepiso F-60 usado como referencia (I – Joist) a su vez está basada en un ensayo en una configuración con vigas del mismo tipo, cuyo espesor de alma es de 9,5 mm de placa OSB, y un cielo de doble placa RF de 12,5 mm que tuvo falla por estabilidad mecánica. El mecanismo de falla¹ de ese ensayo está controlado secuencialmente por:

- La caída del sistema de cielo (doble placa RF de 12,5 mm)
- La carbonización de las vigas IJoist (el OSB del alma de las vigas tiene un espesor de 9,5 mm). Una vez que suficientes vigas se han carbonizado, el sistema entero colapsa y el ensayo llega a su fin, a los 65 minutos de ensayo (F-60)

¹ El informe de ensayo en el que se basa la asimilación da cuenta de una vigas de 3 m de luz sometidas a sobrecarga de 120 kg/m²

En la configuración en estudio:

- El sistema de cielo es de doble placa RF de 15 mm, es decir un 20% mayor en espesor
- Agrega mayor masa térmica al superponer una loseta de hormigón superior
- Las luces son menores (2,7 vs 3 m) y las separaciones entre vigas también².

Por otro lado, existe un ensayo del sistema de cielo (con doble placa RF de 15 mm) en forma aislada, que obtuvo un tiempo de 50 minutos. Este tiempo es mayor al que un sistema de cielo de doble placa de 12,5 mm aportaría a un sistema.

A pesar que los tipos de vigas son distintos (I Joist vs pino) y que por lo mismo no es posible hacer una comparación directa sobre su comportamiento estructural en caso de incendio, el mecanismo y tiempo de carbonización es estima como **más crítico en las piezas de I Joist** dada su menor sección relativa (9,5 mm), y en consecuencia el argumento seguido es que si:

Cielo de 2x12,5 mm + I Joist 9,5 mm → F-60

Entonces:

Cielo de 2x15 mm + pino de 33x185 → F-60

Dado los argumentos anteriores, se puede asimilar el criterio de estabilidad mecánica a la clasificación F-60, bajo las mismas condiciones del ensayo referencial, esto es una carga total de 120 kg/m².

9. Conclusiones

Dado lo anterior, a pesar que no se cumplen todos los criterios para la asimilación, el juicio del profesional firmante es que el sistema constructivo descrito en el punto 7 del presente informe **puede ser asimilado a la clasificación F-60**.

² No forma parte del alcance de este estudio cuantificar la capacidad soportante del elemento, del mismo modo en que tampoco se cuantifica el aumento de peso propio por los componentes nuevos del sistema.