



INFORME DE ENSAYO CON
FIRMA ELECTRÓNICA

RESISTENCIA AL FUEGO DE
TABIQUE SEGÚN NCh935/1.Of97

Tabique divisorio o perimetral



Investigación, Desarrollo
e Innovación de Estructuras
y Materiales



Acreditación LE302
Inscripción MINVU Res. Ex. 2836
del 24-07-2020

División Tecnología de la Construcción

Laboratorio de Incendios

Ejemplar N° 01	N° Páginas 15	Revisión N°0
Informe N° 1.374.751 /2021		Ref.: PR.DTC.2019-1521
NOMBRE		FECHA
Validado por:	Paula Araneda G.	14/01/2020
Aprobado por:	Miguel Pérez A.	
Destinatario:	Rodrigo Espinoza. Universidad del Bio Bio.	

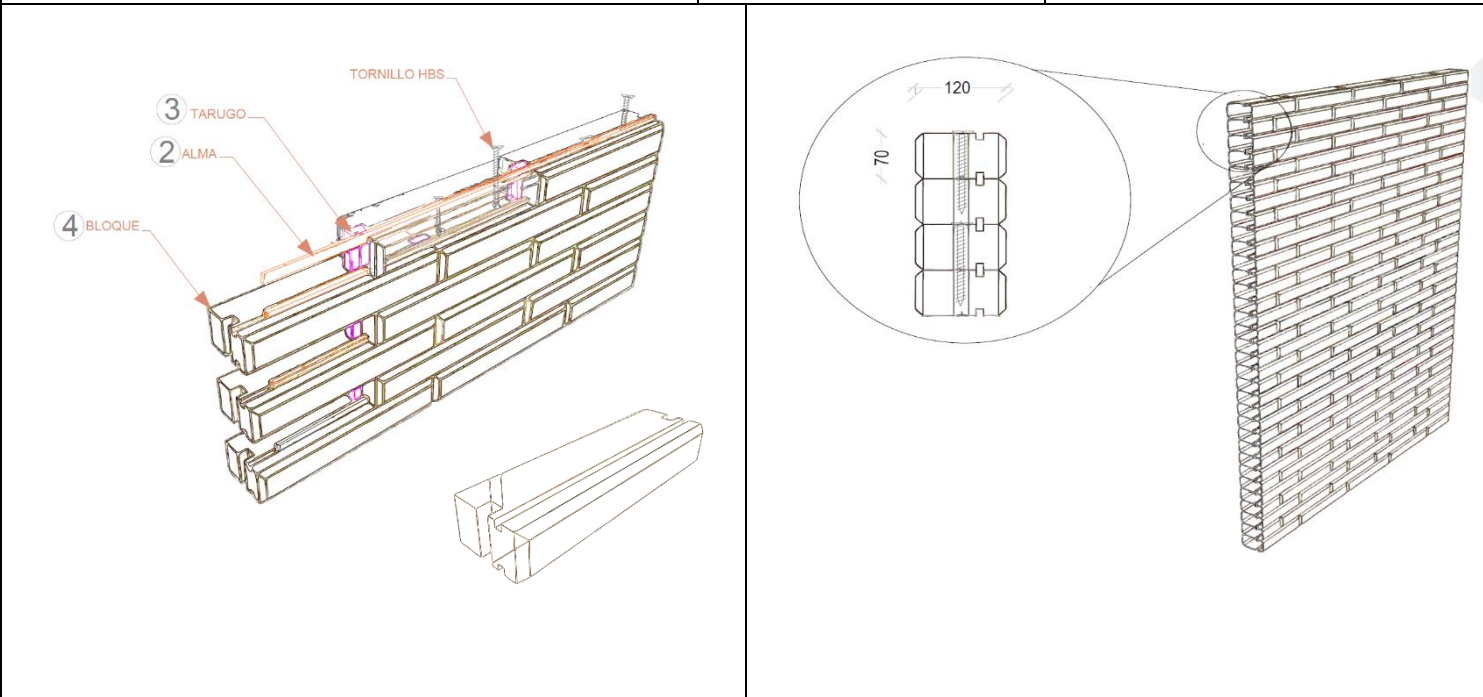
CONTENIDO

Resumen.....	Pág. 3
1. Alcance.....	Pág. 4
2. Equipos e instrumentos.....	Pág. 5
3. Acondicionamiento y montaje.....	Pág. 6
4. Descripción de la muestra.....	Pág. 7
5. Procedimiento de ensayo.....	Pág. 8
6. Resultados.....	Pág. 10
7. Conclusión.....	Pág. 12
Anexo A.....	Pág. 13

Resumen

Ensayo de resistencia al fuego según NCh935/1.Of97

Empresa solicitante:	Universidad del Bio Bio.	Dirección:	Avda. Collao 1202, Concepción.
Solicitado por:	Rodrigo Espinoza.	Elemento:	Tabique divisorio o perimetral
Recinto de ensayo:	Laboratorio de Incendios, Salomón Sack 840, Cerrillos.	N° de informe:	1.374.751 /2021
		Fecha de ensayo:	18-02-2021



N°	Elemento	Descripción
1	Estructura	El sistema "BME" (Bloque de Madera Encastrado) es un sistema que se une mediante el encastre de elementos de madera que son: bloques, alma y tarugo. La junta horizontal de los ladrillos de madera es mediante tarugos encastrados en sus extremos y del alma alineando los bloques en su cara inferior y superior, mientras que la unión vertical es mediante tornillos "Rothoblaas HBS 6120" (uno por bloque).
2	Detalle elementos	Alma 20 [mm] de alto, 10 [mm] de ancho y de largo variable dependiendo del muro.
3		Tarugos 70 [mm] de alto, 20 [mm] de ancho y 40 [mm] de largo.
4		Bloques 70 [mm] de alto, 120 [mm] de ancho y 400 [mm] de largo.
5	Juntas	Tratamiento de juntas con silicona "Quilosa profesional N25®".
6	Tratamiento barniz	Dos manos de barniz en pre-armado, en primera instancia solo a los bloques.
7		Luego de armada la probeta se aplicó una mano de barniz al muro por ambas caras mediante brocha y rodillo

Ancho del elemento	2,2	[m]	Resistencia al fuego del elemento	70 minutos
Alto del elemento	2,4	[m]		
Espesor total	120	[mm]	Clasificación	F60
Masa total	380	[kg]		

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, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos.

Nota: Este resumen no reemplaza el informe. Fecha de emisión: 14 de enero de 2020



1. ALCANCE

El presente informe de ensayo ha sido solicitado a IDIEM de la Universidad de Chile por Rodrigo Espinoza, en representación de la empresa Universidad del Bio Bio.

Este informe establece la Clasificación de Resistencia al Fuego de un sistema o elemento constructivo (Tabique divisorio o perimetral), ensayado bajo la norma NCh935/1.Of97, y según el procedimiento interno DTC-PT-506, en el Laboratorio de Incendios de IDIEM ubicado en Salomón Sack 840, Cerrillos.

2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Para la ejecución del ensayo se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos:

2.1 Horno de ensayo

El Laboratorio cuenta con un horno de ensayo equipado con un quemador a gas, modulante, de potencia térmica nominal de 1700 [kW]. La boca del horno mide 2,2 [m] de ancho por 2,4 [m] de alto.

2.2 Sistema de sobrecarga mecánica

El Laboratorio cuenta con un sistema mecánico de carga que permite aplicar desde 120 [kg] por metro lineal sobre el elemento de ensayo.

2.3 Instrumentos de medición

- Termocuplas : De tipo Chromel - Alumel y son utilizadas para el monitoreo de la temperatura al interior del horno.
- Sensor infrarrojo : Termómetro infrarrojo tipo pistola que se utiliza para medir la temperatura promedio y puntual máxima de la cara no expuesta del elemento.
- Manómetro : Manómetro diferencial de columna de agua utilizado para medir la sobrepresión al interior del horno.

3 ACONDICIONAMIENTO Y MONTAJE

La probeta fue provista por el solicitante y se mantuvo en el Laboratorio por 1 día antes del ensayo.

Ésta se apoyó sobre la boca del horno, fijándola mecánicamente en cada uno de sus extremos. El sello se realizó con lana de vidrio más pasta a base de yeso.

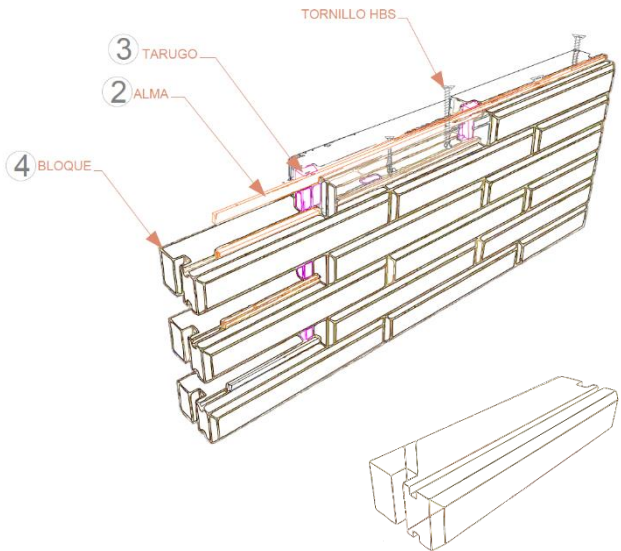
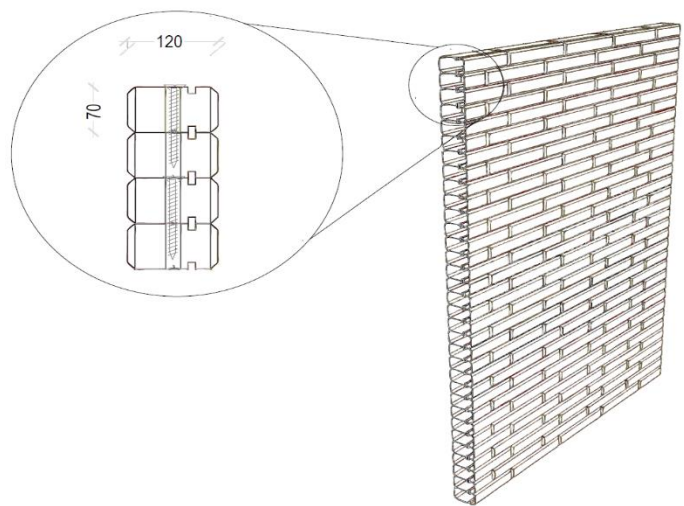
El día del ensayo, las condiciones de temperatura al inicio fueron las siguientes:

- Temperatura promedio inicial del horno : 24 [°C]
- Temperatura inicial cara no expuesta : 24 [°C]

4 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra ensayada y recepcionada por el laboratorio era de 2,20 [m] de ancho y 2,40 [m] de alto, de características constructivas según se describe en la Tabla 4.1 a continuación.

Tabla 4.1 Descripción de la muestra ensayada.

Resumen		
Ensayo de resistencia al fuego según NCh935/1.Of97		
Empresa solicitante:	Universidad del Bio Bio.	Dirección: Avda. Collao 1202, Concepción.
Solicitado por:	Rodrigo Espinoza.	Elemento: Tabique divisorio o perimetral
Recinto de ensayo:	Laboratorio de Incendios, Salomón Sack 840, Cerrillos.	N° de informe: 1.374.751 /2021
		Fecha de ensayo: 18-02-2021
		
N°	Elemento	Descripción
1	Estructura	El sistema "BME" (Bloque de Madera Encastrado) es un sistema que se une mediante el encastre de elementos de madera que son: bloques, alma y tarugo. La junta horizontal de los ladrillos de madera es mediante tarugos encastrados en sus extremos y del alma alineando los bloques en su cara inferior y superior, mientras que la unión vertical es mediante tornillos "Rothoblaas HBS 6120" (uno por bloque).
2	Detalle elementos	Alma 20 [mm] de alto, 10 [mm] de ancho y de largo variable dependiendo del muro.
3		Tarugos 70 [mm] de alto, 20 [mm] de ancho y 40 [mm] de largo.
4		Bloques 70 [mm] de alto, 120 [mm] de ancho y 400 [mm] de largo.
5	Juntas	Tratamiento de juntas con silicona "Quilosa profesional N25®".
6	Tratamiento barniz	Dos manos de barniz en pre-armado, en primera instancia solo a los bloques.
7		Luego de armada la probeta se aplicó una mano de barniz al muro por ambas caras mediante brocha y rodillo

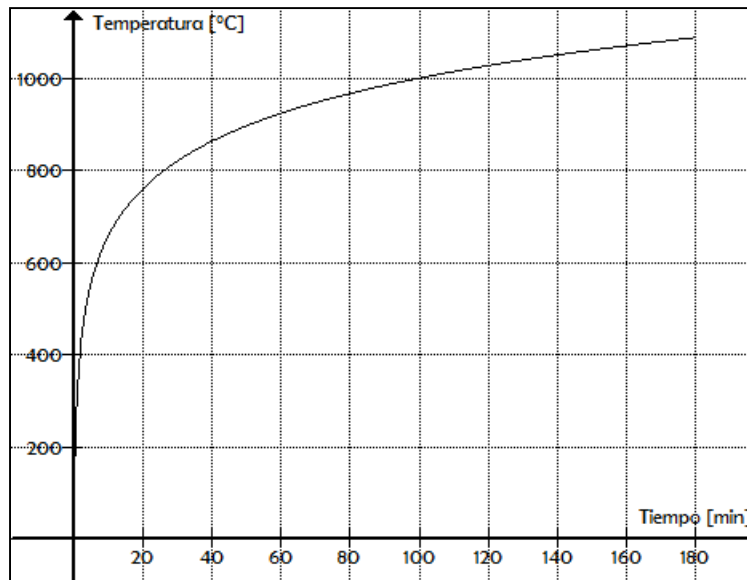
5 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

5.1 General

El ensayo consiste en exponer al elemento, por una de sus caras, al calor de un horno de modo de imprimirle una temperatura según la curva normalizada tiempo - temperatura señalada en NCh935/1.Of97, regida por la siguiente relación:

$$T(t) - T_0 = 345 \log_{10}(8t + 1),$$

donde T es la temperatura del horno [°C], T_0 la temperatura ambiente al inicio del ensayo [°C], y t el tiempo transcurrido de ensayo [min]. La gráfica de esta ecuación y una tabla de valores de la curva se presentan en la Figura 4.1.



t	[min]	0	5	15	30	60	90	120	150	180
$T(t) - T_0$	[°C]	0	556	719	822	925	986	1029	1062	1090

Figura 5.1 Curva de incendio estándar

Durante el ensayo se registra la temperatura del horno, la temperatura de la cara no expuesta y las observaciones respecto al comportamiento de la probeta en términos de los criterios de resistencia al fuego señalados en 5.3.

5.2 Resistencia al fuego

De acuerdo a la norma NCh935/1.Of97, la resistencia al fuego de un elemento se expresa como el tiempo en minutos, desde el comienzo del ensayo, hasta que dejan de cumplirse las condiciones relativas a capacidad de soporte de carga, aislamiento, estanquidad y no emisión de gases inflamables.

5.3 Criterios de resistencia al fuego

Los criterios para determinar la resistencia al fuego del elemento bajo ensayo son los siguientes:

- Capacidad de soporte de carga. Instante en que el elemento no puede seguir cumpliendo la función de soporte de carga para el cual fue diseñado.
- Aislamiento térmico. Instante en que la temperatura de la cara no expuesta alcanza los 180 [°C] puntual o 140 [°C] promedio, por sobre la temperatura ambiente registrada al inicio del ensayo, o si sobrepasa los 220 [°C] cualquiera sea la temperatura inicial.
 - ✓ Elementos perimetrales. según lo indicado en el artículo 9.2.2.2 de la NCh935/1.Of97, para elementos de separación perimetrales, verticales u horizontales, que no comprometan eventuales cargas combustibles por el lado exterior, sus temperaturas exteriores pueden ser cualesquiera y la resistencia al fuego se determina por la falla del elemento sin tomar en cuenta la temperatura de la superficie de la cara no expuesta.
- Estanquidad. Instante en que una llama (o gases a alta temperatura), se filtra por las uniones o grietas o fisuras formadas durante el ensayo, y se sostiene por 10 o más segundos. En el caso de filtración de gases, hay pérdida de estanquidad si al colocar una mota de algodón en la filtración, esta enciende.
- Emisión de gases inflamables. Instante en que los gases emitidos por la cara no expuesta arden al aproximarse una llama cualquiera y continúan espontáneamente ardiendo al menos durante 20 [s] de retirada la llama.

5.4 Clasificación de resistencia al fuego

El elemento debe clasificarse como sigue, en función de su resistencia al fuego:

Clase F0	< 15 minutos
Clase F15	≥ 15 minutos < 30 minutos
Clase F30	≥ 30 minutos < 60 minutos
Clase F60	≥ 60 minutos < 90 minutos
Clase F90	≥ 90 minutos < 120 minutos
Clase F120	≥ 120 minutos < 150 minutos
Clase F150	≥ 150 minutos < 180 minutos
Clase F180	≥ 180 minutos < 240 minutos
Clase F240	≥ 240 minutos.

6 RESULTADOS

Se describe a continuación los resultados del ensayo.

6.1 Capacidad de soporte de carga

El elemento se sometió a sobrecarga mecánica de **240 [kg]** por metro lineal, y mantuvo su estabilidad mecánica hasta el final del ensayo.

6.2 Aislamiento térmico

Al término del ensayo, la temperatura promedio de la cara no expuesta al fuego era de 34 [°C] y la temperatura puntual máxima era de 46 [°C].

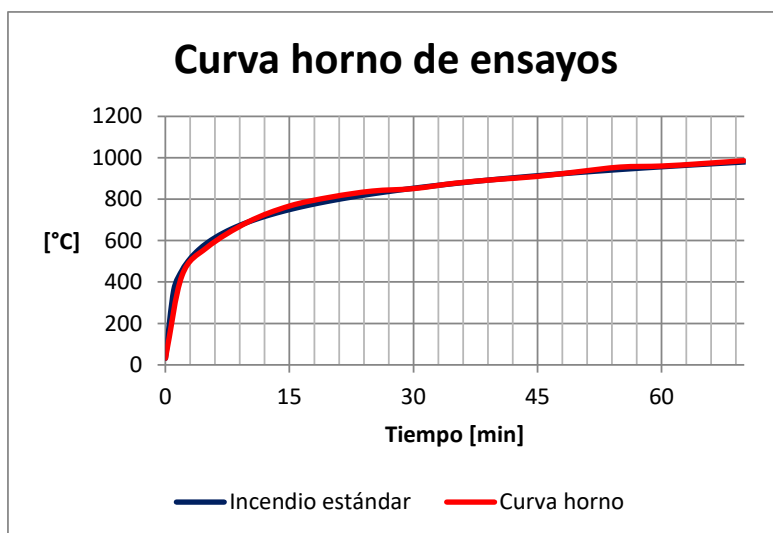


Figura 6.1 Temperatura promedio horno de ensayo

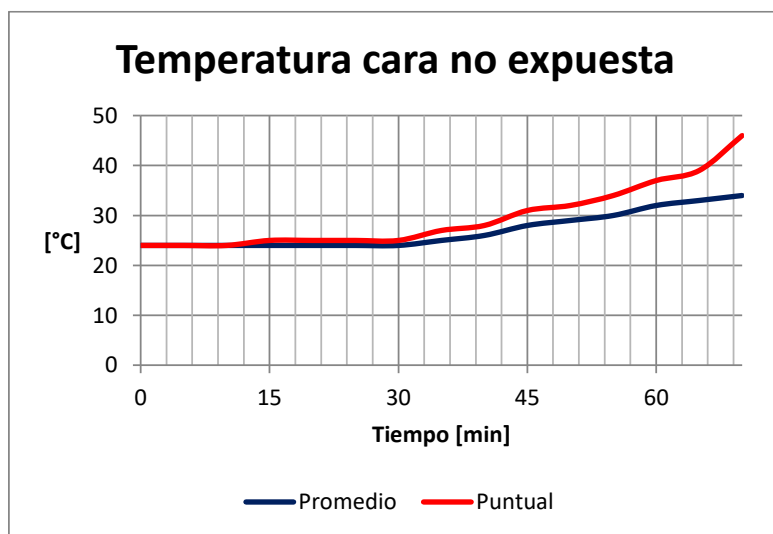


Figura 6.2 Curva de calentamiento cara no expuesta al fuego

6.3 Estanquidad

El elemento se mantuvo estanco a las llamas hasta el final del ensayo.

6.4 Emisión de gases inflamables

El elemento no emitió gases inflamables durante todo el ensayo.

6.5 Otras observaciones

- A los 70 minutos se dio término al ensayo.


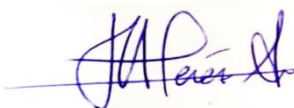
7 CONCLUSIÓN

De acuerdo a lo señalado en 6.5, la resistencia al fuego del “tabique perimetral o divisorio” ensayado y descrito en el punto 4 de este informe, resultó ser de **70 minutos**, alcanzando según lo expresado en 5.4, la **clasificación F60**.

De acuerdo a lo señalado en norma NCh935/1.Of97, el resultado obtenido es válido sólo para la muestra ensayada y bajo las condiciones estipuladas en este Informe de Ensayo, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos.



Documento firmado
electrónicamente por:
Miguel A. Pérez A.

VALIDADO POR:	APROBADO POR:
 Paula Araneda G. Jefe de división	 Miguel Pérez A. Ingeniero Sénior

Santiago, 14 de enero de 2020

ANEXO A

A.1 Imágenes del ensayo

A.1.1 Al inicio del ensayo



A.1.2 A los 25 minutos de iniciado el ensayo



A.1.4 A los 70 minutos de iniciado el ensayo



A.1.4 Al término del ensayo



EJECUTOR : CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
AVENIDA COLLAO 1202, CONCEPCIÓN - CHILE

CLIENTE

NOMBRE : BME CHILE SPA.
DIRECCIÓN : Lynch 0587, Temuco.

I. ANTECEDENTES

Se informa sobre ensayo del Índice de Reducción Sonora Aparente de un muro en base a ladrillos de madera. Trabajo solicitado al Laboratorio de Ciencias de la Construcción, Área Acondicionamiento Ambiental, por el Sr. Juan Escobar B., en representación de la empresa BME Chile SpA.

La muestra fue montada por el cliente en la Sala del Área Acústica del Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción, CITEC UBB.

II. OBJETIVO DEL ENSAYO

Conocer la pérdida de transmisión sonora de un muro en base a ladrillos de madera. El método de ensayo utilizado corresponde al especificado en la Norma NCh 2785, el cual entrega valores de aislamiento acústico aéreo dependiente de la frecuencia. Al aplicar la Norma ISO 717-1, estos valores se pueden convertir en un número único, que caracteriza el rendimiento acústico del muro ensayado.

III. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO SOMETIDO A ENSAYO

La muestra del sistema de muro en base a ladrillos de madera sometido a ensayo es la siguiente:

Descripción : Elemento muro compuesto por bloques o “ladrillos” de madera (pino radiata estabilizado y tratado) de forma de un paralelepípedo rectangular que posee ángulos longitudinales y cortos a la vista biselados con ranuras a lo largo de sus caras de apoyo en su unión horizontal. Ranuras destinadas a vincular solidariamente los bloques dispuestos en la hilada superior a forma de traba. En unión con bloque lateral posee ranura vertical con el objeto de unir con tarugo del mismo material, resolviendo con estos encastres las uniones horizontal y vertical. Espesor muro, $e=0,120m$.

Especificaciones técnica : Según plano y corte adjunto, parte integrante de este Informe.

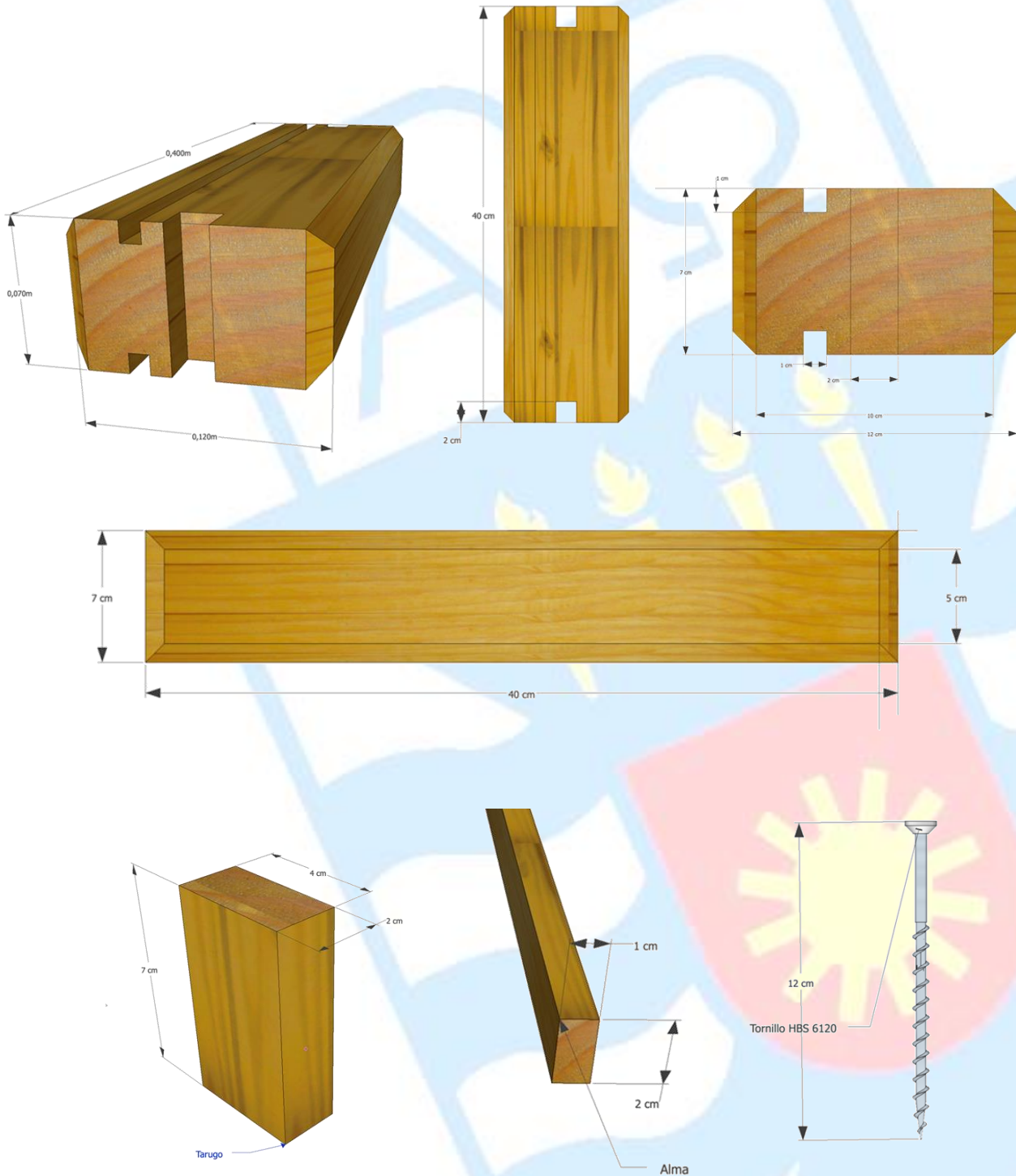
Dimensiones muestra : Ancho 3,95 m; Alto 2,55 m.

Nota: Especificaciones de armado entregadas por el mandante.



N° INFORME	3479
FECHA EMISION	07.08.2020
N° DE PAGINA	2/6

PLANO Y CORTES CONSTRUCTIVOS



IV. MÉTODOS Y EQUIPOS

La pérdida de transmisión sonora se define como 10 veces el logaritmo del recíproco de la razón de la energía transmitida a través de una superficie y la energía incidente en ella. Generalmente, el rango de frecuencia de interés está compuesto de bandas de 1/3 de octava centradas entre los 100 Hz y los 3.150 Hz.

El método de ensayo empleado es el descrito por la NCh 2785 “Acústica – Medición de Aislación Acústica en Construcciones y Elementos de Construcción – Mediciones en Terreno de la Aislación Acústica Aérea entre Recintos”. La medición de la pérdida de transmisión en la muestra está basada en:

- La diferencia en el promedio temporal y espacial del nivel de presión sonora entre la cámara emisora y la receptora.
- El área de la muestra.
- La absorción total de la cámara receptora. (La absorción total de la cámara es determinada a partir del tiempo de reverberación de la cámara receptora)
- La medición está basada en el supuesto que los campos sonoros de las cámaras emisora y receptora son difusos.

La relación matemática es:

$$TL = Lp_{(emisora)} - Lp_{(receptora)} + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right)$$

Donde:

$Lp_{(emisora)}$: Nivel de presión sonora en la cámara emisora. (dB re 2×10^{-5} Pa)

$Lp_{(receptora)}$: Nivel de presión sonora en la cámara receptora. (dB re 2×10^{-5} Pa)

S : Superficie de la muestra. (m^2)

A : Absorción total de la cámara receptora con la muestra instalada. (metros Sabine = m^2)

El ensayo se realizó siguiendo el procedimiento de la citada normativa. Se configuraron dos posiciones de la fuente omnidireccional por seis posiciones de micrófono. La señal sonora utilizada para el ensayo fue ruido blanco y se midió por bandas de 1/3 de octava, registrando las frecuencias centrales entre 100 y 3.150 Hz.

El tiempo de reverberación fue medido siguiendo el procedimiento de la ISO 354 “Acoustic – Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room”.

Todo el sistema fue debidamente calibrado.

Para obtención del número único que caracteriza el rendimiento acústico de la muestra, se utilizó el algoritmo de la ISO 717-1 “Acoustics – Rating of sounds isolation in building and building element. Part 1: Airborne sound isolation”.

Los equipos empleados se detallan a continuación:

Equipo	Marca	Modelo	Serie
2 Micrófonos	Brüel & Kjaer	4942	2330460 / 2330462
Soundbook (Hardware de Adquisición)	Panasonic	CF-19	9CKCA57761
Noise & Vibration Software	SINUS Messtechnik GmbH	SAMURAI	#6444
Amplificador de Potencia	Brüel & Kjaer	2716C	2401241
Fuente Omnidireccional	Brüel & Kjaer	4295	2368616
Calibrador Acústico	Brüel & Kjaer	4231	2422540

El esquema experimental realizado para determinar el índice de reducción sonora aparente se muestra en la figura N°1.



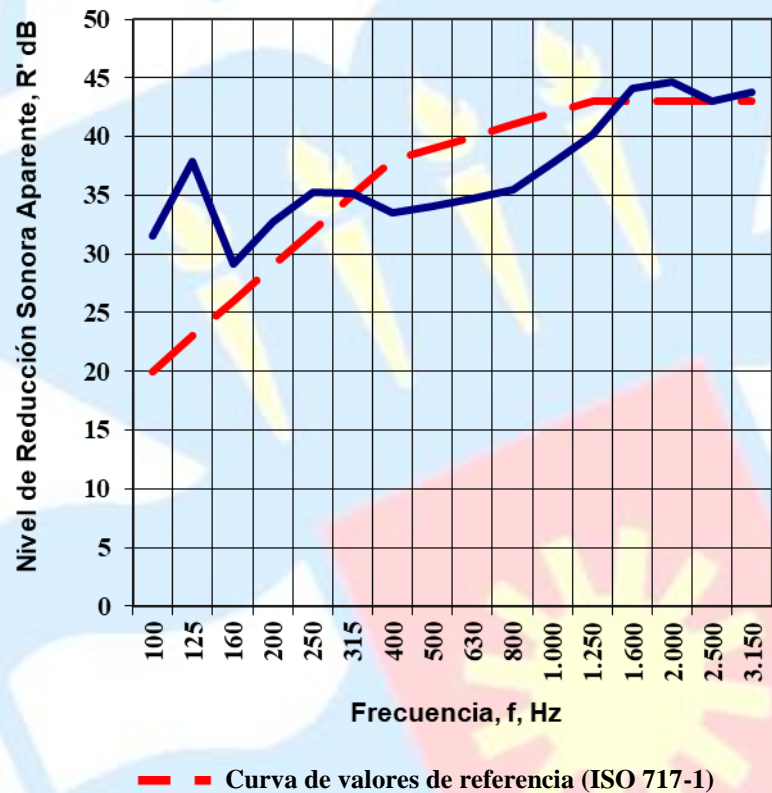
Fig. N°1: Esquema montaje experimental.

V. CONDICIONES DE ENSAYO

Fecha del ensayo : 10 de marzo de 2020
 Área del espécimen de ensayo : 10 m²
 Temperatura en el recinto de ensayo : 21 °C
 Humedad en el recinto de ensayo : 57 %
 Volumen del recinto de emisión : 50 m³
 Volumen del recinto de recepción : 58 m³

VI. RESULTADOS

Frecuencia f, Hz	R', dB
100	31,5
125	37,9
160	29,1
200	32,7
250	35,3
315	35,1
400	33,5
500	34,1
630	34,7
800	35,5
1.000	37,8
1.250	40,2
1.600	44,1
2.000	44,6
2.500	43,0
3.150	43,8



VII. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES


Clasificación de acuerdo a ISO 717-1: **R (C ; C_{tr}) = 39(-1; -2) dB**

Índice de Reducción Sonora Aparente del elemento sometido a ensayo: **38 dB(A)**

Índice de Reducción Sonora mínima exigido por Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones: **45 dB(A)**.
(Artículo 4.1.6, DS N°47 O.G.U.C)

De acuerdo a los resultados obtenidos, el elemento sometido a ensayo no cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la Ordenanza.

Los resultados obtenidos no avalan producciones (lotes de producción o lotes de inspección) pasadas, presentes o futuras y es aplicable solamente al elemento ensayado.



FREDDY GUZMAN GARCÉS
Ingeniero Acústico
Área Acústica CITEC UBB



Dr. ARIEL BOBADILLA MORENO
Director Centro de Investigación en
Tecnologías de la Construcción
CITEC UBB

EJECUTOR : CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC UBB
AVENIDA COLLAO 1202, CONCEPCIÓN

CLIENTE

NOMBRE : BME CHILE SPA.

DIRECCIÓN : Lynch 0587, Temuco

1. IDENTIFICACIÓN DEL PANEL DE ENSAYO

1.1 Marca y tipo:

El panel corresponde a un muro representativo del sistema constructivo BME, compuesto por bloques o “ladrillos” de madera conectados entre sí a través de listones, tarugos y tornillos. Según la norma NCh806Of1971 corresponde a la clasificación tipo VI (mixtos), clase C (madera).

1.2 Fecha de fabricación: 26.05.2020

1.3 Geometría:

Simétrico con respecto a sus revestimientos.

1.4 Dimensiones:

Alto: 2.40 (m)

Largo: 2.40 (m)

Espesor: 0.12 (m)

1.5 Materiales y características constructivas:

Panel de geometría rectangular (2400x2400mm) del tipo muro de bloques o “ladrillos” de madera, con un espesor total de 120mm. Está formado por bloques o “ladrillos” de madera de pino radiata estabilizados y tratados (400mm largo, 120mm ancho, 70mm alto) sin revestimientos adicionales. Los bloques o “ladrillos” son conectados entre sí a través de listones y tarugos de madera, reforzados por medio de tornillos autoperforantes del tipo HBS6120.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

2.1 Tiempo de mantención de la carga:

En los 3 ensayos se aplicaron incrementos de cargas iguales, con una tolerancia de 10% de la carga. Siempre el número de incrementos de carga fue igual o superior a 5 y, después de la aplicación de cada incremento de carga, se mantuvo el nivel de carga lo más constante posible por un periodo adecuado. La velocidad promedio de carga fue 45 (kN/min)

2.2 Normativa utilizada:

Este ensayo se realizó según las indicaciones de la Norma Chilena Oficial NCh 802.Of2017 “Elementos de construcción-Segmentos de muro-Ensayo de carga horizontal”. Como en este ensayo en particular se buscaba evaluar el comportamiento del panel en condiciones cercanas a la realidad constructiva, se realizó el ensayo en su modalidad sin restricción al giro. Los desplazamientos laterales efectivos se calcularon como el desplazamiento lateral superior, menos el levantamiento y menos el desplazamiento lateral inferior (razón de aspecto del panel igual a 1). En la Figura 1 se muestra la implementación del ensayo en el laboratorio.



Figura N°1: Implementación de ensayo de carga horizontal, según NCh 802.

3. GRÁFICOS

Los resultados resumidos de este ensayo se muestran gráficamente en las Figuras N°2 a N°3 y Tabla N°1. En ambos solo se muestran los valores asociados a los ciclos de carga-descarga completos, que fueron comunes a todos los ensayos. El panel que tuvo menor resistencia de los 3 ensayados fue el correspondiente a la probeta #3, por lo que se considera este como la carga máxima representativa del sistema. En todas las Figuras se dividió la carga aplicada por el largo del panel (2.4m).

Tabla 1: Valores numéricos para construir curvas carga horizontal vs desplazamiento horizontal en Figura N°2

carga (kN/m)	carga (T)	desplazamientos bajo carga (mm)			desplazamientos residuales (mm)			promedios (mm)	
		ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	dprom	rprom
0.82	0.20	0.74	0.74	-0.01	0.05	0.04	-0.44	0.49	-0.12
1.63	0.40	1.91	1.62	1.11	0.42	0.35	-0.16	1.55	0.20
2.45	0.60	4.26	4.09	1.92	1.75	1.44	0.44	3.42	1.21
3.27	0.80	7.80	7.17	5.47	4.04	3.78	2.09	6.81	3.30
4.09	1.00	11.90	10.89	8.85	6.94	6.77	3.94	10.55	5.88
4.90	1.20	19.80	16.60	14.07	11.96	10.52	6.41	16.82	9.63
5.72	1.40	26.66	23.89	17.95	16.48	15.76	8.88	22.83	13.71
6.54	1.60	36.59	32.93	22.77	22.70	21.61	12.05	30.76	18.79
7.36	1.80	49.57	41.89	29.89	34.64	28.31	16.60	40.45	26.52
8.17	2.00	--	51.88	39.01	--	35.16	21.11	--	--
8.99	2.20	--	--	47.58	--	--	23.85	--	--

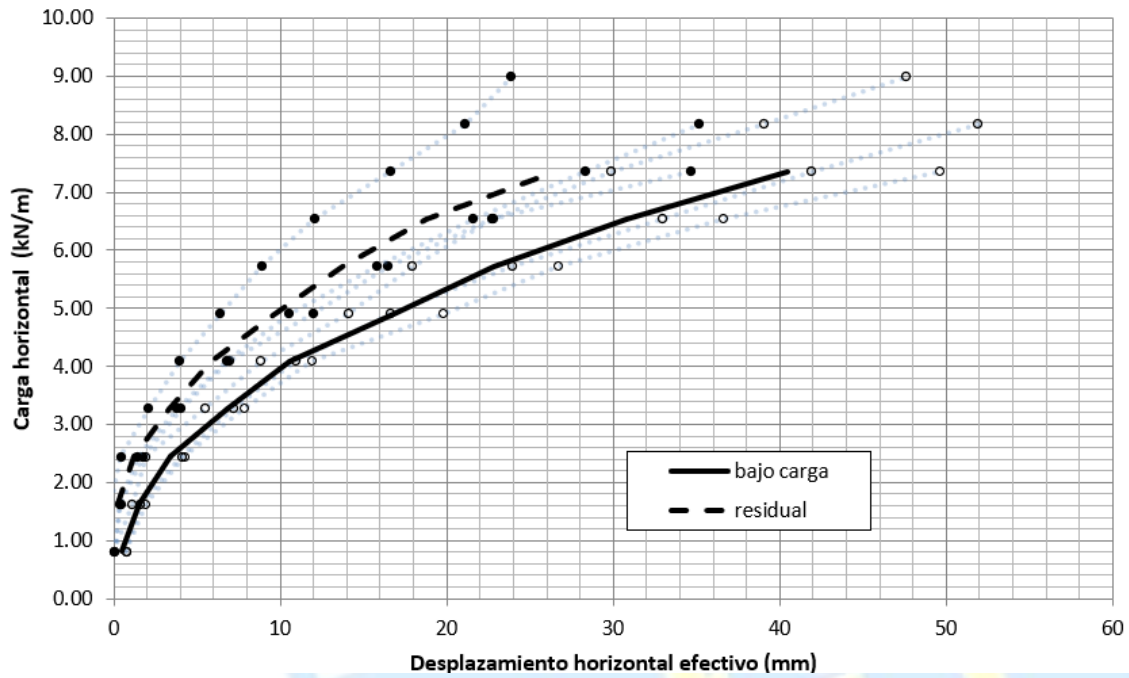
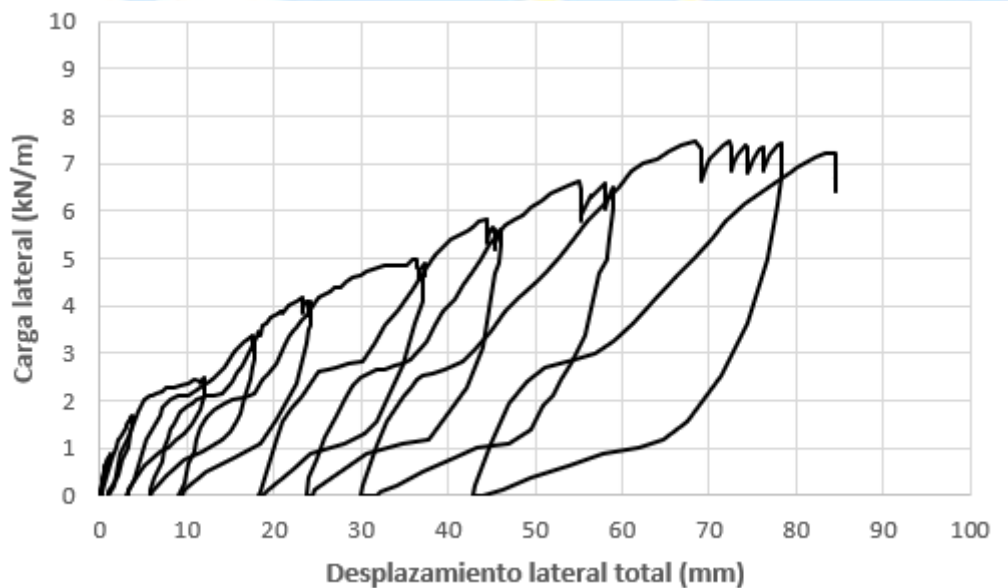


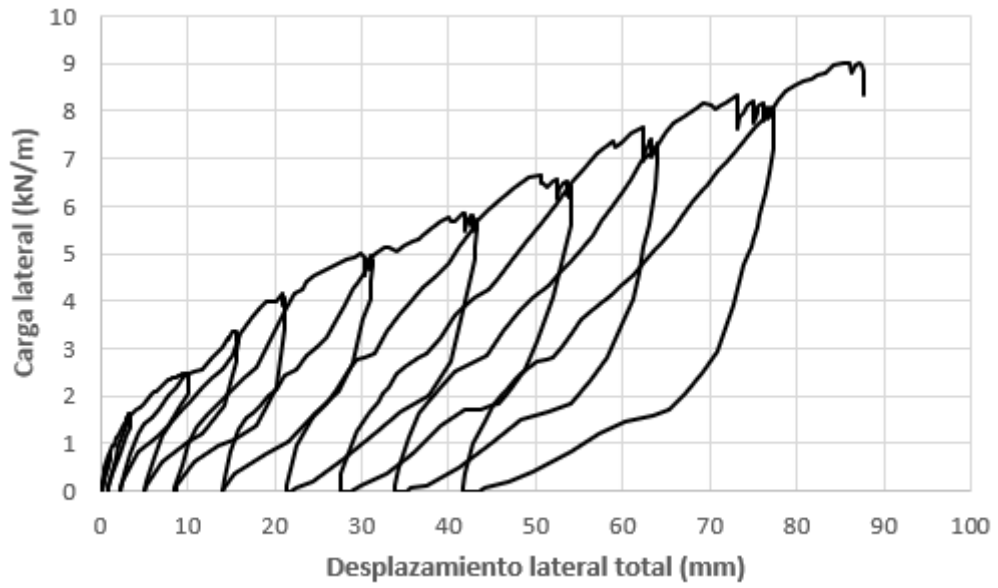
Figura N°2: Gráfico de resultados de los ensayos de carga horizontal, según NCh 802. (Nota: La línea continua negra corresponde a un ajuste lineal por tramos, al promedio de los desplazamientos asociados a cada nivel de carga).



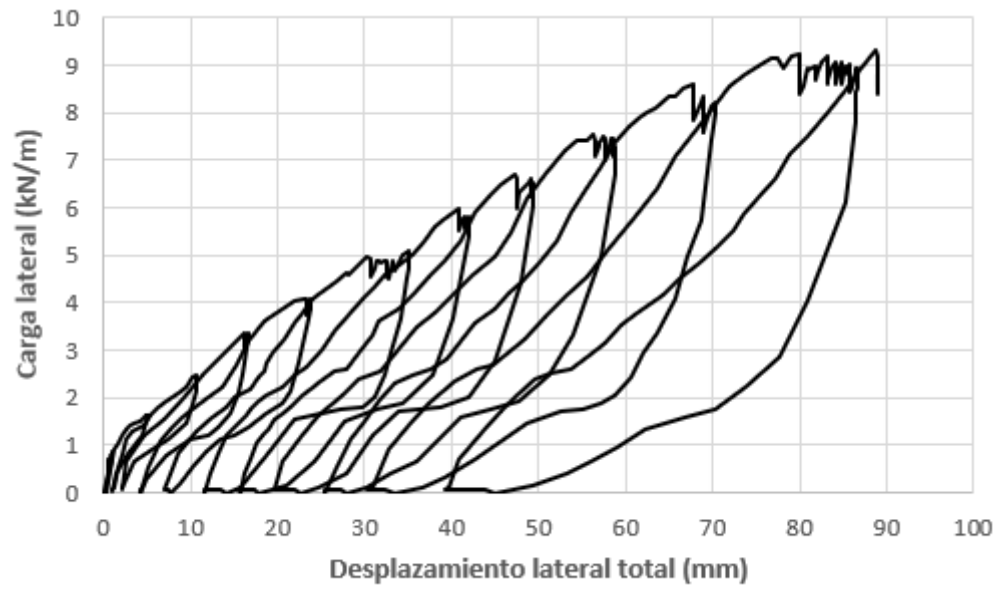
(a)



N° INFORME	3481
FECHA EMISIÓN	12.08.2020
N° DE PÁGINA	4/6



(b)



(c)

Figura N°3: Curvas de carga-descarga lateral versus desplazamiento lateral total para: (a) probeta#1, (b) probeta#2 y (c) probeta#3

4. CARGAS

La carga máxima representativa del sistema corresponde al menor valor de carga máxima alcanzada por cualquiera de las probetas, en este caso 7.36 (kN/m) para la probeta # 1. Para ese nivel de carga se obtuvieron deformaciones horizontales totales de 69.08 mm, mientras que las efectivas fueron 49.57mm (restando levantamientos y deslizamientos). En base al promedio de los ensayos, se estima que la carga en el límite de proporcionalidad corresponde a 4.09 (kN/m). La deformación horizontal efectiva para ese nivel de carga fue de 10.55 mm.

5. FALLAS, ALABEOS Y DESPRENDIMIENTOS

En los 3 paneles se evidenciaron fallas asociadas a desplazamientos laterales excesivos del sistema, debido a su baja rigidez lateral. Los daños se observaron principalmente en el borde que sufría mayores levantamientos en el muro, a través de dislocaciones de los bloques “ladrillos” de madera. Los 3 ensayos se detuvieron antes de que se alcanzara a desarrollar la máxima resistencia del sistema, ya que se iba en camino a alcanzar desplazamientos laterales totales excesivos de 100mm, lo que ponía en riesgo la estabilidad del sistema y daños en los sensores y equipos. En la Figura N°4 se muestra lo antes mencionado.




Figura N°4: Modos de falla por carga horizontal para paneles ensayados.

6. CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS

De acuerdo con el formato de la Norma Chilena NCh806EOf71, en promedio los paneles ensayados poseen las siguientes características:

- Carga de rotura: 750.51 (kgf/m). (Se dividió la carga de rotura por el largo del panel, 2.40m)
- Carga en límite de proporcionalidad: 417.06 (kgf/m) (Se dividió la carga limite por el largo del panel, 2.40m)
- Deformación admisible en límite de proporcionalidad: 10.55 (mm).

Por lo tanto, desde el punto de vista de la resistencia a la carga horizontal el panel logra clasificar en la categoría RH1c, indicada en la normativa NCh806EOf71.



Msc. ALEXANDER OPAZO VEGA
Jefe de Área Ingeniería Estructural CITEC
Universidad del Bío-Bío



Dr. ARIEL BOBADILLA MORENO
Director CITEC
Universidad del Bío-Bío

EJECUTOR : CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC UBB
AVENIDA COLLAO 1202, CONCEPCIÓN

CLIENTE

NOMBRE : BME CHILE SPA.

DIRECCIÓN : Lynch 0587, Temuco

1. IDENTIFICACIÓN DEL PANEL DE ENSAYO

1.1 Marca y tipo:

El panel corresponde a un muro representativo del sistema constructivo BME, compuesto por bloques o “ladrillos” de madera conectados entre sí a través de listones, tarugos y tornillos. Según la norma NCh806Of1971 corresponde a la clasificación tipo VI (mixtos), clase C (madera).

1.2 Fecha de fabricación: 26.05.2020

1.3 Geometría:

Simétrico con respecto a sus revestimientos.

1.4 Dimensiones:

Largo: 2.40 (m)

Ancho: 1.20 (m)

Espesor: 0.12 (m)

1.5 Materiales y características constructivas:

Panel de geometría rectangular (1200x2400mm) del tipo muro de bloques o “ladrillos” de madera, con un espesor total de 120mm. Está formado por bloques o “ladrillos” de madera de pino radiata estabilizados y tratados (400mm largo, 120mm ancho, 70mm alto) sin revestimientos adicionales. Los bloques o “ladrillos” son conectados entre sí a través de listones y tarugos de madera, reforzados por medio de tornillos autoperforantes del tipo HBS6120.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

2.1 Posición del panel de ensayo:

El panel se ensayó en posición horizontal.

2.2 Luz entre apoyos:

Se utilizó una luz entre apoyos de 2.20 m.

2.3 Tiempo de mantención de la carga:

En los 3 ensayos se aplicaron incrementos de cargas iguales, con una tolerancia de 10% de la carga. Siempre el número de incrementos de carga fue igual o superior a 5 y, después de la aplicación de cada incremento de carga, se mantuvo el nivel de carga lo más constante posible por un periodo adecuado.

2.4 Normativa utilizada:

Este ensayo se realizó según las indicaciones de la Norma Chilena Oficial NCh 803.Of2016 “Elementos de construcción-Segmentos de muro-Ensayo de flexión”. En la Figura 1 se muestra la implementación del ensayo en el laboratorio.



Figura N°1: Implementación de ensayo en flexión, según NCh 803.

3. GRÁFICOS

Los resultados de este ensayo se muestran gráficamente en las Figuras N°2 a N°3. En todos estos gráficos se calculó la carga vertical como la fuerza aplicada dividida por el ancho del panel (1.20m). En ambas figuras solo se muestran los niveles de carga que fueron comunes a todos los ensayos.

Para la generación del gráfico de la Figura N°2, se calculó la deformación vertical del panel como el promedio en 2 bordes ubicados en la mitad de la longitud de apoyo. Por su parte en la Figura N°3, se muestra la curva completa carga-descarga vertical versus deformación vertical. El panel que tuvo menor resistencia de los 3 ensayados fue la probeta #2. En la Tabla 1 se muestran los datos asociados a la generación de la Figura N°2

Tabla 1: Valores numéricos para construir curvas carga vertical vs deformación vertical

carga (kN/m)	carga (T)	desplazamientos bajo carga (mm)			desplazamientos residuales (mm)			promedios (mm)	
		ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	dprom	rprom
4.09	0.50	4.65	4.02	4.20	0.32	0.44	0.91	4.29	0.55
8.17	1.00	9.31	7.86	8.09	0.67	0.62	1.76	8.42	1.01
12.26	1.50	11.89	11.45	11.55	0.74	0.72	2.11	11.63	1.19
16.35	2.00	14.54	15.77	14.68	0.81	0.85	2.30	14.99	1.32
20.43	2.50	18.65	19.59	18.01	1.26	0.91	2.49	18.75	1.55
24.52	3.00	22.90	23.61	21.26	1.07	0.55	2.70	22.59	1.44
28.60	3.50	26.75	27.61	24.45	1.12	1.29	2.82	26.27	1.74
32.69	4.00	30.06	--	28.54	1.31	--	3.14	--	--
36.78	4.50	--	--	31.95	--	--	3.39	--	--
40.86	5.00	--	--	36.23	--	--	3.72	--	--

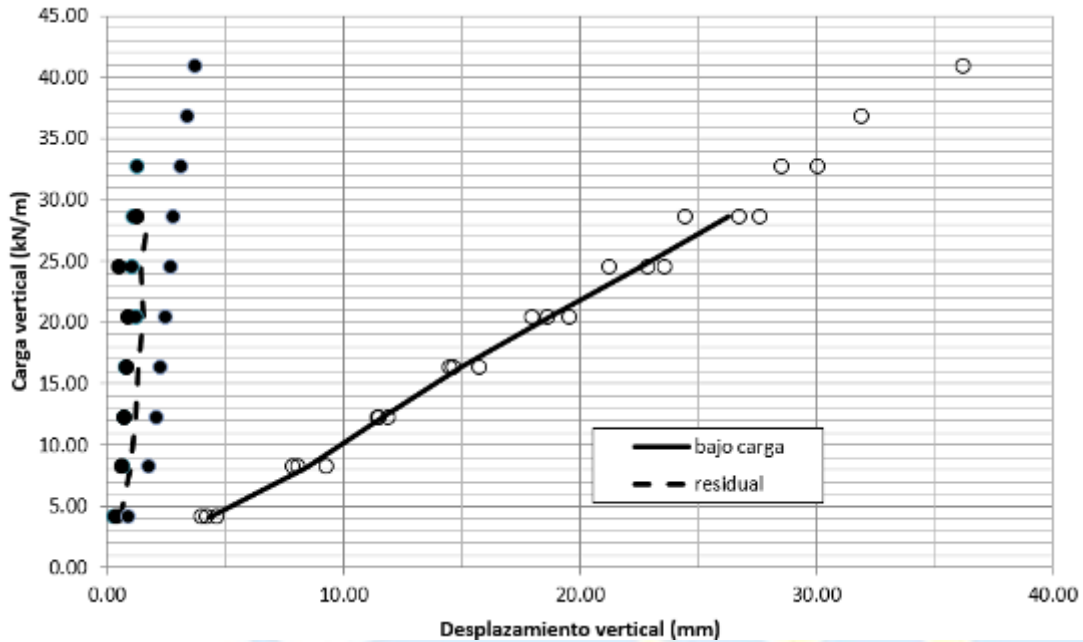


Figura N°2: Gráfico de resultados de los ensayos de flexión, según NCh 803. (Nota: La línea continua negra corresponde a un ajuste lineal por tramos, al promedio de los desplazamientos asociados a cada nivel de carga)

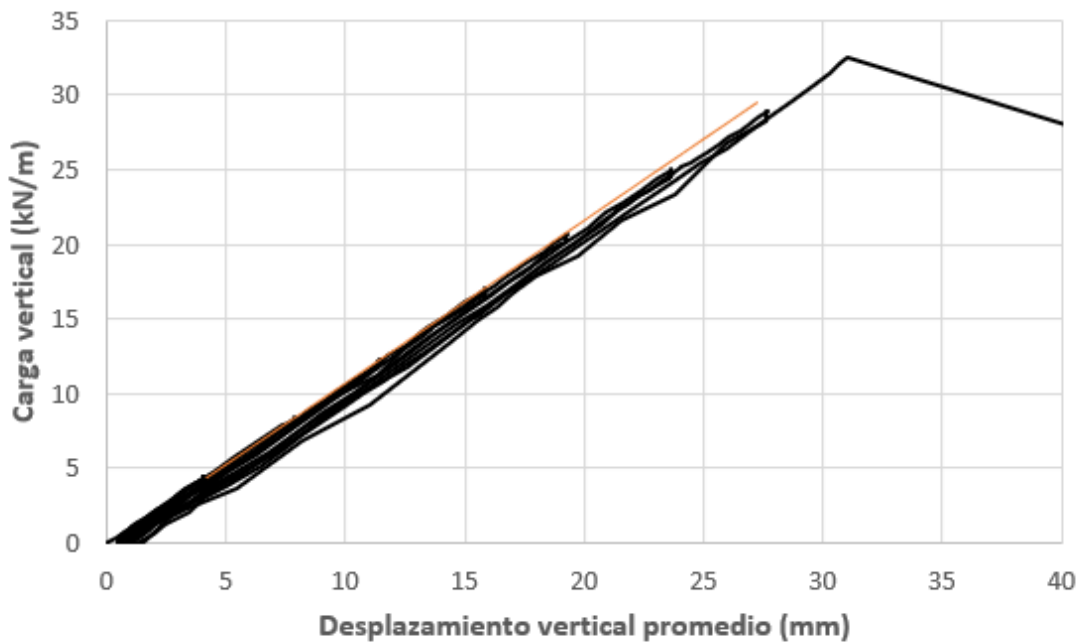


Figura N°3: Gráfico carga-descarga vertical versus deformación vertical para probeta #2 (menos resistente)

4. CARGAS

La carga máxima representativa del sistema corresponde al menor valor de carga máxima alcanzada por cualquiera de las probetas, en este caso 28.60 (kN/m). Para ese nivel de carga se obtuvieron deformaciones verticales de 27.61mm. En base al promedio de los ensayos, se estima que la carga en el límite de proporcionalidad corresponde a 20.43 (kN/m). La deformación vertical para ese nivel de carga fue de 18.75mm.

5. FALLAS, ALABEOS Y DESPRENDIMIENTOS

En los 3 paneles ensayados se evidenciaron fallas por flexión en borde flexo-traccionado, acompañado de desplazamientos verticales excesivos, y fractura de postes de madera en los bordes del panel. En la Figura N°4 se muestra un resumen gráfico de lo mencionado anteriormente.




Figura N°4: Modos de falla por flexión para paneles cargados.

6. CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS


De acuerdo con el formato de la Norma Chilena NCh806EOf71, en promedio los paneles ensayados poseen las siguientes características:

- Carga de rotura: 2916.39 (kgf/m). (Se dividió la carga de rotura por el ancho del panel, 1.20m)
- Carga en límite de proporcionalidad: 2083.28 (kgf/m) (Se dividió la carga limite por el ancho del panel, 1.20m)
- Deformación admisible en límite de proporcionalidad: 18.75 (mm).

Por lo tanto, desde el punto de vista de la resistencia a la flexión el panel logra clasificar en la categoría RT3c, indicada en la normativa NCh806EOf71.



Msc. ALEXANDER OPAZO VEGA
Jefe de Área Ingeniería Estructural CITEC
Universidad del Bío-Bío



Dr. ARIEL BOBADILLA MORENO
Director CITEC
Universidad del Bío-Bío

EJECUTOR : CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC UBB
AVENIDA COLLAO 1202, CONCEPCIÓN

CLIENTE
NOMBRE : BME CHILE SPA.
DIRECCIÓN : Lynch 0587, Temuco

1. IDENTIFICACIÓN DEL PANEL DE ENSAYO

1.1 Marca y tipo:

El panel corresponde a un muro representativo del sistema constructivo BME, compuesto por bloques o “ladrillos” de madera conectados entre sí a través de listones, tarugos y tornillos. Según la norma NCh806Of1971 corresponde a la clasificación tipo VI (mixtos), clase C (madera).

1.2 Fecha de fabricación: 26.05.2020.

1.3 Geometría:

Simétrico con respecto a sus revestimientos.

1.4 Dimensiones:

Alto: 2.40 (m)

Largo: 1.20 (m)

Espesor: 0.12 (m)

1.5 Materiales y características constructivas:

Panel de geometría rectangular (2400x2400mm) del tipo muro de bloques o “ladrillos” de madera, con un espesor total de 120mm. Está formado por bloques o “ladrillos” de madera de pino radiata estabilizados y tratados (400mm largo, 120mm ancho, 70mm alto) sin revestimientos adicionales. Los bloques o “ladrillos” son conectados entre sí a través de listones y tarugos de madera, reforzados por medio de tornillos autoperforantes del tipo HBS6120.

1.6 Método de selección:

Para seleccionar los paneles a ensayar, se tomaron de manera aleatoria 3 paneles, de un total de 12, fabricados especialmente para los ensayos.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

2.1 Posición del panel de ensayo:

El panel se ensayó en posición vertical.

2.2 Luz entre apoyos:

Se utilizó una luz entre apoyos de 2.2 m

2.3 Masa total del saco de impacto.

La masa total del saco de impacto correspondió a 30.0 kg y golpeo en el revestimiento típico del panel

2.4 Normativa utilizada:

Este ensayo se realizó según las indicaciones de la Norma Chilena Oficial NCh 804.Of2017 “Elementos de construcción-Segmentos de muro-Ensayo de impacto”. Se ensayaron un total de 3 paneles a impacto. En la figura N°1, se muestra la implementación del ensayo.



Figura N°1: Implementación de ensayos de impacto

3. GRÁFICOS Y TABLAS

En la Figura N°2 se muestran los desplazamientos horizontales instantáneos medidos en el panel para distintas cargas de impacto (energías de impacto para distintas alturas de caída). La energía de impacto se calculó como el producto entre la masa del saco de impacto, por la altura de caída relativa al centro y la aceleración de gravedad.

En la Tabla N°1 se muestran los resultados de los ensayos de impacto a partir de los cuales se generaron los gráficos.

4. ALTURA DE CAÍDA

Siguiendo los requerimientos de la Norma NCh804, se comenzó el ensayo con una altura de caída de 150 mm (con respecto a la mitad de la altura del panel), para luego ir incrementando esta altura cada 150 mm.

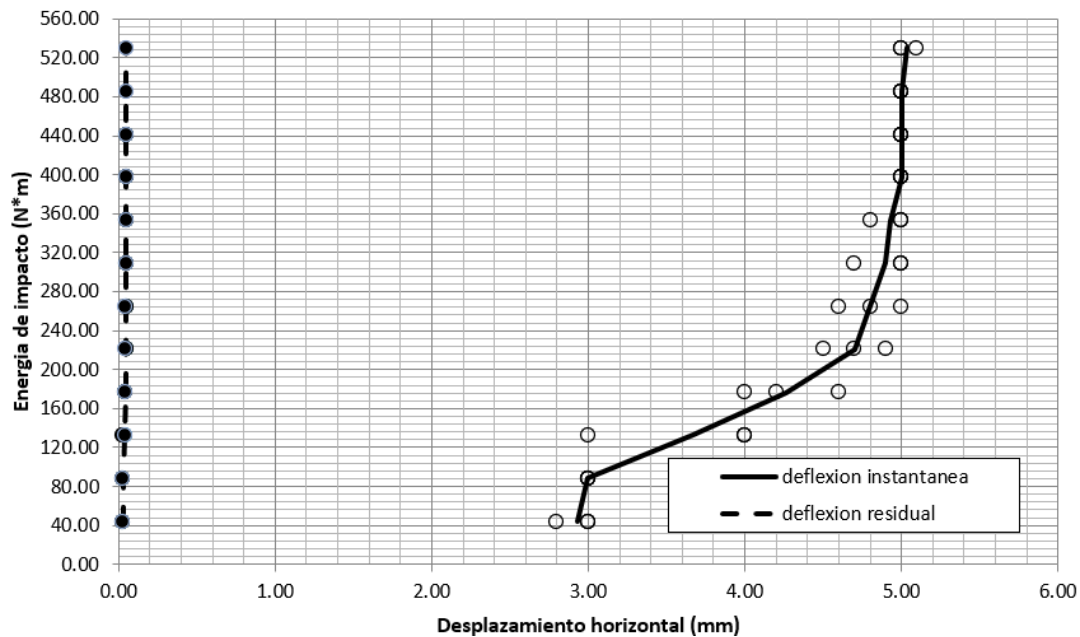


Figura N°2: Gráfico de resultados de los ensayos de impacto

Tabla N°1: Resultados ensayos de Impacto.

energía (N*m)	altura (m)	desplazamientos bajo carga (mm)			desplazamientos residuales (mm)			promedios (mm)	
		ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	dprom	rprom
44.15	1.35	2.80	3.00	3.00	0.03	0.03	0.03	2.93	0.03
88.29	1.50	3.00	3.00	3.00	0.03	0.03	0.03	3.00	0.03
132.44	1.65	4.00	3.00	4.00	0.04	0.03	0.04	3.67	0.04
176.58	1.80	4.60	4.00	4.20	0.05	0.04	0.04	4.27	0.04
220.73	1.95	4.90	4.70	4.50	0.05	0.05	0.05	4.70	0.05
264.87	2.10	5.00	4.80	4.60	0.05	0.05	0.05	4.80	0.05
309.02	2.25	5.00	5.00	4.70	0.05	0.05	0.05	4.90	0.05
353.16	2.40	5.00	5.00	4.80	0.05	0.05	0.05	4.93	0.05
397.31	2.55	5.00	5.00	5.00	0.05	0.05	0.05	5.00	0.05
441.45	2.70	5.00	5.00	5.00	0.05	0.05	0.05	5.00	0.05
485.60	2.85	5.00	5.00	5.00	0.05	0.05	0.05	5.00	0.05
529.74	3.00	5.10	5.00	5.00	0.05	0.05	0.05	5.03	0.05

5. MECANISMOS DE FALLA, GRIETAS Y DESPRENDIMIENTOS

Los paneles no sufrieron deterioro durante la prueba.

6. CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS.

De acuerdo con el formato de la norma chilena NCh806.EOf71, en promedio los paneles ensayados poseen las siguientes características:

- Carga de impacto para la cual no existe deterioro aparente: 353.16 (J)
- Carga de impacto para la cual el panel no se rompe: 529.74 (J)
- Máxima razón deformación residual-deformación instantánea en zona elástica: menor a 3%

De los resultados antes mencionados se concluye que los paneles tienen un comportamiento satisfactorio frente a las cargas de impacto.



Msc. ALEXANDER OPAZO VEGA
Jefe de Área Ingeniería Estructural CITEC
Universidad del Bío-Bío



Dr. ARIEL BOBADILLA MORENO
Director CITEC
Universidad del Bío-Bío

EJECUTOR : CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC UBB
AVENIDA COLLAO 1202, CONCEPCIÓN

CLIENTE

NOMBRE : BME CHILE SPA.

DIRECCIÓN : Lynch 0587, Temuco

1. IDENTIFICACIÓN DEL PANEL DE ENSAYO

1.1 Marca y tipo:

El panel corresponde a un muro representativo del sistema constructivo BME, compuesto por bloques o “ladrillos” de madera conectados entre sí a través de listones, tarugos y tornillos. Según la norma NCh806Of1971 corresponde a la clasificación tipo VI (mixtos), clase C (madera).

1.2 Fecha de fabricación: 26.05.2020

1.3 Geometría:

Simétrico con respecto a sus revestimientos.

1.4 Dimensiones:

Alto: 2.40 (m)

Largo: 1.20 (m)

Espesor: 0.12 (m)

1.5 Materiales y características constructivas:

Panel de geometría rectangular (1200x2400mm) del tipo muro de bloques o “ladrillos” de madera, con un espesor total de 120mm. Está formado por bloques o “ladrillos” de madera de pino radiata estabilizados y tratados (400mm largo, 120mm ancho, 70mm alto) sin revestimientos adicionales. Los bloques o “ladrillos” son conectados entre sí a través de listones y tarugos de madera, reforzados por medio de tornillos autoperforantes del tipo HBS6120.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

2.1: Longitud de referencia:

Para medir las deflexiones verticales se utilizó una longitud de referencia en los transductores de desplazamiento de 2.2 m

2.2 Tiempo de mantención de la carga:

En los 3 ensayos se aplicaron incrementos de cargas iguales, con una tolerancia de 10% de la carga. Siempre el número de incrementos de carga fue superior a 5 y, después de la aplicación de cada incremento de carga, se mantuvo el nivel de carga lo más constante posible por un periodo de 5 minutos. La velocidad de carga fue 1 (mm/min).

2.3 Normativa utilizada:

Este ensayo se realizó según las indicaciones de la norma chilena oficial NCh 801.Of2016 “Elementos de construcción-Segmentos de muro-Ensayo de compresión”. Se ensayaron un total de 3 paneles a compresión. En la Figura N°1 se muestra la implementación del ensayo en el laboratorio.



Figura N°1: Implementación de ensayo en compresión, según NCh 801.

3. GRÁFICOS

Los resultados de este ensayo se muestran gráficamente en las Figuras N°2 y N°3. La carga vertical se calculó como la fuerza aplicada dividida por el largo del panel (1.20m).

Para la generación del gráfico de la Figura N°2, se calculó la deformación vertical del panel como el promedio en 4 líneas verticales (ambas caras, 2 bordes), multiplicado por la razón entre la altura del panel y el largo de las líneas verticales ($2.44/2.2=1.1$). En la figura solo se muestran los niveles de carga que fueron comunes a todos los ensayos. En la Tabla 1 se muestran los datos asociados a la generación de la Figura N°2.

Tabla 1: Valores numéricos para construir curvas carga vertical vs deformación vertical

Carga (kN/m)	Carga (T)	Deformaciones verticales							
		bajo carga (mm)			residuales (mm)			promedios (mm)	
		ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	dprom	rprom
32.70	4.00	1.93	2.27	2.66	0.45	0.71	1.27	2.28	0.81
65.40	8.00	2.73	2.75	3.12	0.59	0.80	1.90	2.87	1.10
98.10	12.00	3.54	3.18	5.28	0.76	0.95	2.47	4.00	1.39
130.80	16.00	4.16	3.58	6.17	0.86	1.04	2.63	4.63	1.51
163.50	20.00	4.85	4.18	6.86	1.10	1.24	2.94	5.30	1.76
196.20	24.00	5.77	4.80	7.60	1.27	1.42	3.16	6.06	1.95
228.90	28.00	6.82	5.79	8.39	1.63	1.67	3.40	7.00	2.23
261.60	32.00	8.05	6.92	8.96	3.01	2.18	3.58	7.98	2.92
294.30	36.00	--	8.67	10.00	--	--	4.21	--	--
327.00	40.00	--	--	10.88	--	--	--	--	--



		Desplazamientos laterales							
		bajo carga (mm)			residuales (mm)			promedios (mm)	
Carga (kN/m)	Carga (T)	ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	ensayo 1	ensayo 2	ensayo 3	dprom	rprom
32.70	4.00	1.21	1.33	2.31	0.27	0.18	0.19	1.62	0.21
65.40	8.00	2.04	1.57	3.92	0.33	0.27	0.20	2.51	0.27
98.10	12.00	2.42	1.64	4.39	0.40	0.30	0.22	2.82	0.31
130.80	16.00	2.37	1.57	4.51	0.41	0.30	0.22	2.82	0.31
163.50	20.00	2.17	1.49	4.57	0.32	0.33	0.25	2.74	0.30
196.20	24.00	1.63	1.35	4.71	0.67	0.28	0.34	2.56	0.43
228.90	28.00	1.78	2.26	5.09	0.20	0.76	0.51	3.04	0.49
261.60	32.00	3.03	4.40	5.41	2.35	1.98	0.75	4.28	1.69
294.30	36.00	--	9.78	6.56	--	--	1.32	--	--
327.00	40.00	--	--	10.17	--	--	--	--	--

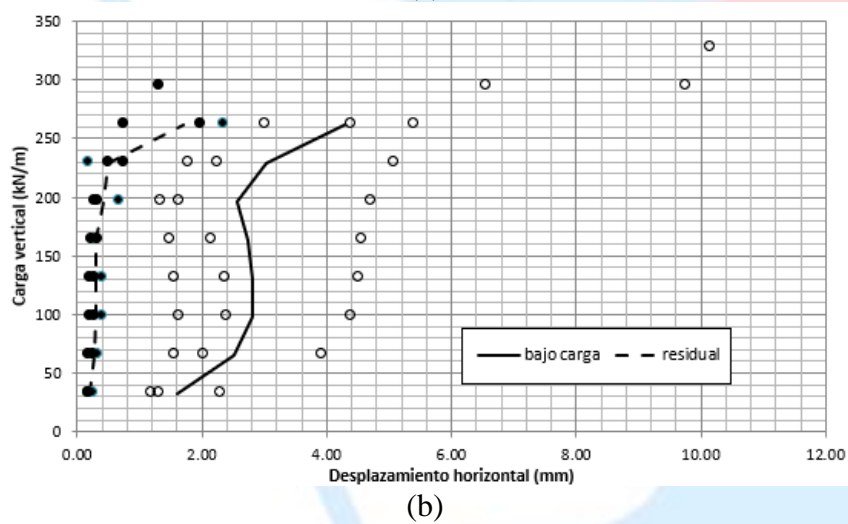
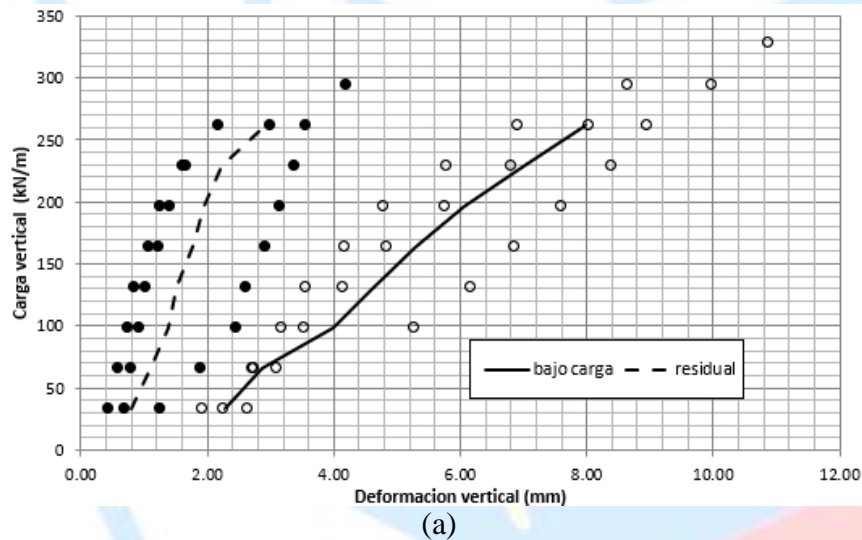
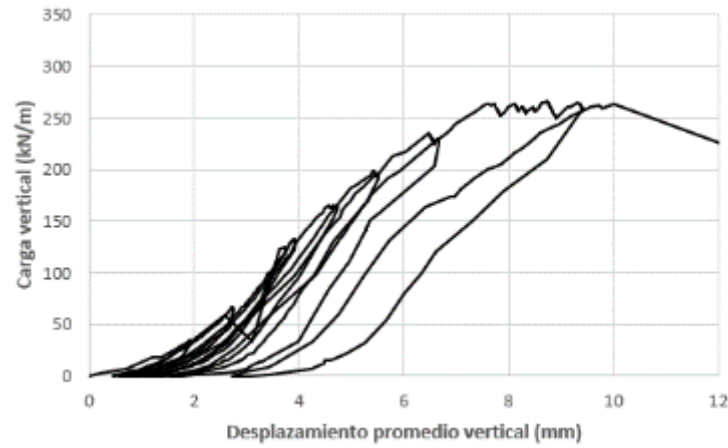


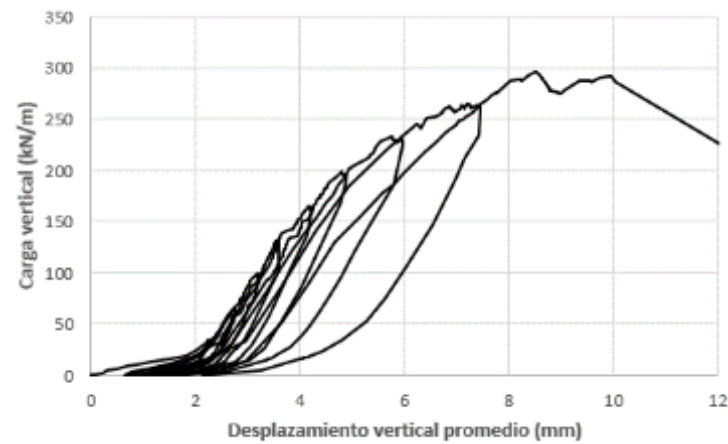
Figura N° 2: Gráficos de resultados: (a) carga vertical vs deformación vertical, (b) carga vertical vs deformación horizontal. (Nota: La línea continua negra corresponde a un ajuste lineal por tramos, al promedio de los desplazamientos asociados a cada nivel de carga).



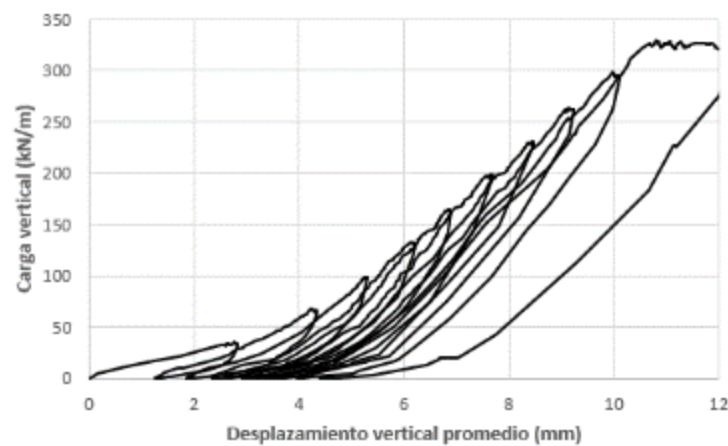
N° INFORME	3484
FECHA EMISIÓN	12.08.2020
N° DE PÁGINA	4/5



(a)



(b)



(c)

Figura N° 2: Gráficos de carga-descarga fuerza vs desplazamiento vertical para: (a) probeta#1, (b) probeta#2, (c) probeta #3.

4. CARGAS

La carga máxima representativa del sistema estuvo limitada por el peor desempeño a compresión de los paneles, generado por la probeta # 1. De esta forma, la carga máxima fue de 261.60 (kN/m). Para ese nivel de carga se obtuvieron deformaciones verticales máximas de 8.05 (mm) y desplazamientos laterales máximos de 3.03 (mm).

En base al promedio de los resultados, se estima que la carga en el límite de proporcionalidad corresponde a 130.80 (kN/m). La deformación vertical y desplazamiento lateral para ese nivel de carga fueron 4.63 (mm) y 2.82 (mm), respectivamente.

5. FALLAS, ALABEOS Y DESPRENDIMIENTOS

En los 3 paneles ensayados se evidenciaron fallas por pandeo local y fractura de los postes de borde de los muros. En la Figura N°3 se muestra un resumen gráfico de lo mencionado anteriormente.




Figura N°3: Modos de falla por compresión para paneles cargados.

6. CONFORMIDAD CON LOS REQUISITOS

De acuerdo al formato de la norma chilena NCh806.EOf71, los paneles ensayados poseen las siguientes características:

- Carga de rotura: 26675.78 (kgf/m)
- Carga en límite de proporcionalidad: 13337.89 (kgf/m)
- Deformación admisible en el límite de proporcionalidad: 4.63 (mm) vertical y 2.82(mm) lateral

Por lo tanto, desde el punto de vista de la resistencia a la compresión el panel clasifica en la categoría RC3c.


Msc. ALEXANDER OPAZO VEGA
Jefe de Área Ingeniería Estructural CITEC
Universidad del Bío-Bío



Dr. ARIEL BOBADILLA MORENO
Director CITEC
Universidad del Bío-Bío

CÓD ÁREA : AA

EJECUTOR : CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC UBB.
AVENIDA COLLAO 1202, CONCEPCIÓN.

CLIENTE

NOMBRE : BME CHILE SPA
DIRECCIÓN : Lynch 0587, Temuco

I. ANTECEDENTES

Se informa sobre la determinación del coeficiente de transmisión térmica de un muro en base a ladrillos de madera. Trabajo solicitado al Laboratorio de Ciencias de la Construcción, Área Acondicionamiento Ambiental, por el Sr. Juan Escobar B., en representación de la empresa BME Chile SpA.

II. OBJETIVO DEL ENSAYO

Conocer el coeficiente de transmisión térmica de una muestra de tamaño natural representativa de un elemento de ventana.

III. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO SOMETIDO A ENSAYO

La muestra del sistema de muro en base a ladrillos de madera sometido a ensayo es la siguiente:

Descripción : Elemento muro compuesto por bloques o “ladrillos” de madera (pino radiata estabilizado y tratado) de forma de un paralelepípedo rectangular que posee ángulos longitudinales y cortos a la vista biselados con ranuras a lo largo de sus caras de apoyo en su unión horizontal. Ranuras destinadas a vincular solidariamente los bloques dispuestos en la hilada superior a forma de traba. En unión con bloque lateral posee ranura vertical con el objeto de unir con tarugo del mismo material, resolviendo con estos encastres las uniones horizontal y vertical. Espesor muro, $e=0,120\text{m}$.

Especificaciones técnicas : Según plano y corte adjunto, parte integrante de este Informe.

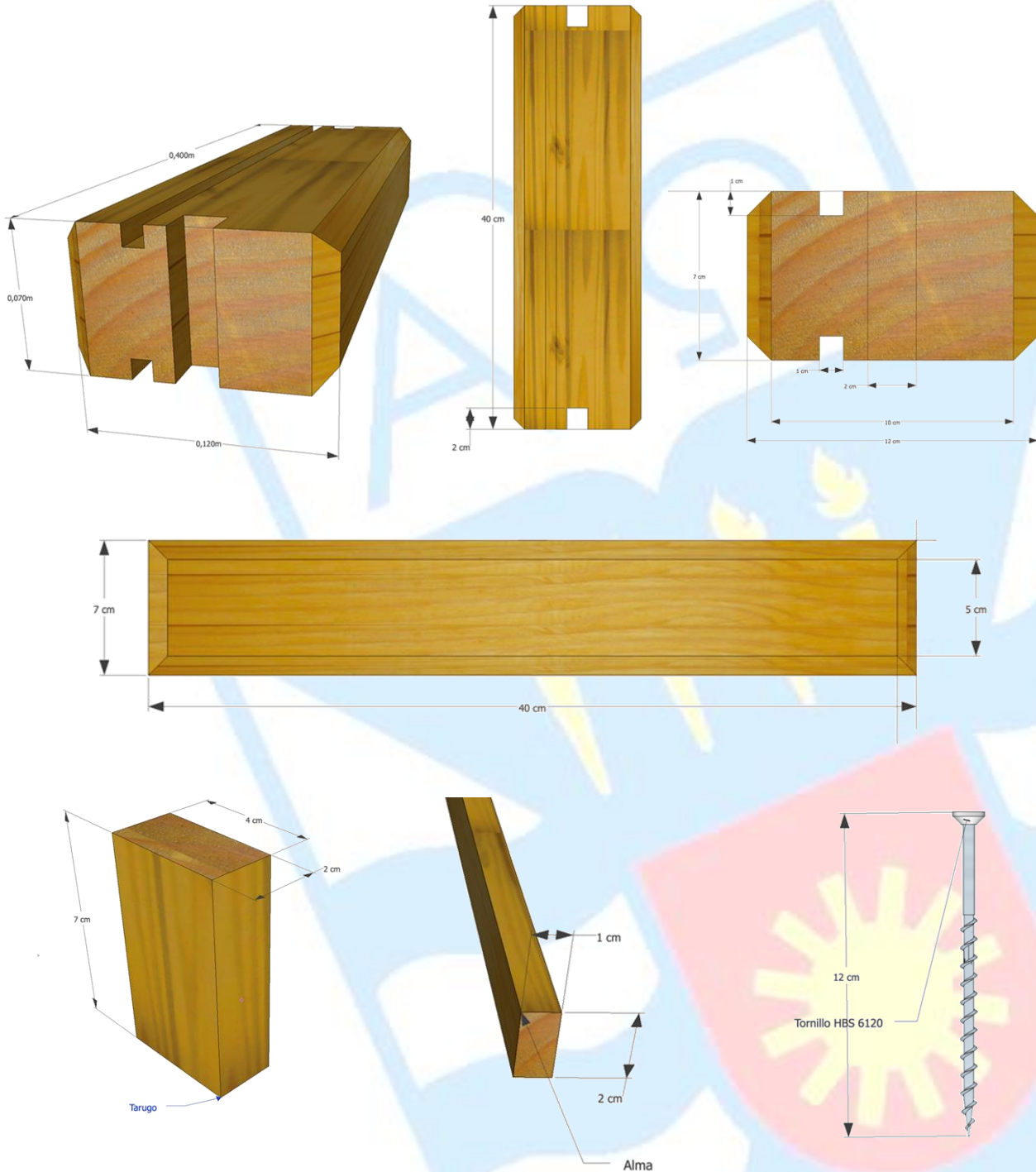
Dimensiones muestra : Ancho 1,36 m; Alto 1,54 m.

Nota: Especificaciones de armado entregadas por el mandante.

PLANO Y CORTES CONSTRUCTIVOS



Nº INFORME	3928
FECHA EMISION	01.02.2021
Nº DE PAGINA	2/5



Nota: esquema proporcionado por el cliente.
IV. MÉTODOS Y EQUIPOS

Se utiliza el método de la cámara térmica, de acuerdo al procedimiento descrito en la Norma Chilena NCh 851 Of2008 “Aislación Térmica – Determinación de Propiedades de Transmisión Térmica en estado estacionario y propiedades relacionadas – Cámara Térmica Calibrada y de Guarda”.

El aparato utilizado para aplicar el método consta básicamente de tres cámaras, que son cajas abiertas por uno de sus lados: 1) Cámara de guarda o caliente (1,85 x 1,85m); 2) Cámara fría; 3) Cámara de medición o protegida (1,0 x 1,0 (m)). Ver figura N° 1. El método se reduce a conocer, bajo condiciones estacionarias, el flujo de calor que atraviesa un elemento constructivo y las temperaturas respectivas en un área de medición de 1,0 m². La muestra de 1,39 x 1,55 (m) se coloca en posición vertical entre dos cámaras térmicas especiales con emisividad de caras internas de 0,2; en una de ellas se simula un ambiente caliente en base a resistencias eléctricas de potencia regulable y, en la otra cámara opuesta, un ambiente frío en base a una unidad de frío convencional. De este modo fluye a través del elemento constructivo una cantidad de calor que es inversamente proporcional a su aislación térmica.

Bajo estas condiciones se determina la transmitancia térmica (U) como sigue:

$$U = \frac{\phi}{A\Delta T_{aa}}$$

- U : Transmitancia térmica, (W/m² K).
- φ : Flujo térmico que atraviesa el elemento, (W).
- A : Área de medición, (m²).
- ΔT_{aa} : Diferencia de temperaturas promedio: aire – aire ambos lados del elemento (K)

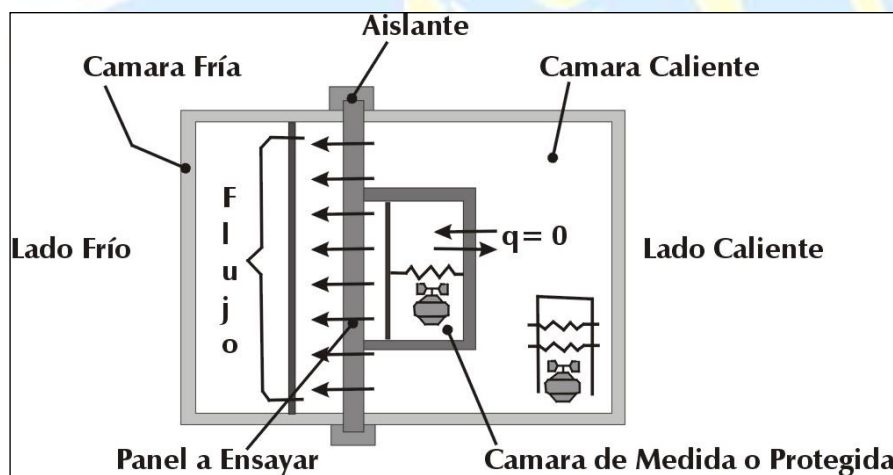
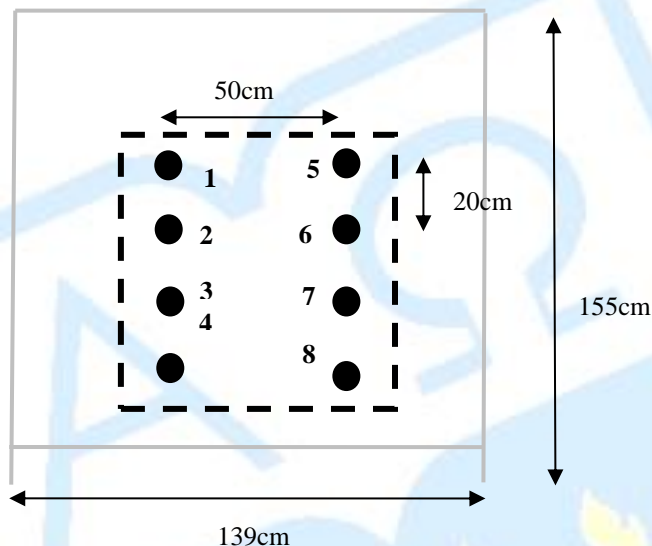


Figura N° 1: Esquema montaje experimental.

Para la medición de las temperaturas superficiales, se disponen 8 termocuplas tipo T (cobre-constantán) por cada cara del muro, conforme al siguiente esquema de montaje:

Esquema de instalación de sensores



V. FECHA DE RECEPCIÓN PROBETA Y DE ENSAYO

Fecha de recepción de la muestra : 02/04/2020
 Fecha de recepción de materiales : No aplica
 Fecha de confección de la muestra : No aplica
 Fecha de inicio de ensayo : 02/05/2020
 Fecha de término ensayo : 04/05/2020

VI. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

La probeta fue puesta por el cliente en Laboratorio, razón por la cual el Laboratorio no se responsabiliza del procedimiento de muestreo.

VII. CONDICIONES DE ENSAYO

Al momento del ensayo el laboratorio tenía una temperatura ambiente de 20°C y una humedad relativa de 61%.

VIII. RESULTADOS

La determinación experimental de la transmitancia térmica (U) del elemento con una exactitud de 5%, arrojó los siguientes resultados:


- **Transmitancia térmica (U)** : **0,89** (W /m² K)
- Resistencia Térmica, (R) : 1,124 (m² K / W)
- Conductancia Térmica, (C) : 1,09 (W /m² K)

Los valores medios asociados a esas determinaciones son los siguientes:


- Temperatura promedio aire lado caliente (TaLc) : 28,5 (°C)
- Temperatura promedio aire lado frío (TaLf) : 8,5 (°C)
- Temperatura promedio superficie lado caliente (TsLc) : 26,4 (°C)
- Temperatura promedio lado frío (TsLf) : 10,0 (°C)
- Temperatura ambiente calculada lado caliente (TnsLc) : 37,0 (°C)
- Temperatura ambiente calculada lado frío (TnsLf) : 7,0 (°C)
- Velocidad promedio del aire lado caliente (VaLc) : 0,20 (m/s)
- Velocidad promedio del aire lado frío (VaLf) : 0,95 (m/s)
- Dirección del aire paralelo lado caliente (DirVaLc) : 0 (rad)
- Dirección del aire paralelo lado frío (DirVaLf) : 0 (rad)
- Potencia media cámara de medición (Ø) : 17,8 (W)
- Duración del ensayo (t) : 48 (h)

IX. OBSERVACIONES



Nota(1) : Los resultados obtenidos no avalan producciones (lotes de producción o lotes de inspección) pasadas, presentes o futuras y es aplicable solamente al elemento ensayado.



RODRIGO ESPINOZA MALDONADO
Coordinador de Sala
Área Acondicionamiento Ambiental
CITEC UBB



ROBERTO ARRIAGADA BUSTOS
Jefe de Sala
Área Acondicionamiento Ambiental
CITEC UBB

Dr. ARIEL BOBADILLA MORENO
Director CITEC
Universidad del Bío-Bío

EJECUTOR : CENTRO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, CITEC UBB.
AVENIDA COLLAO 1202, CONCEPCIÓN.

CLIENTE

NOMBRE : BME CHILE SPA.
DIRECCIÓN : Lynch 0587, Temuco.

I. ANTECEDENTES

Se informa sobre ensayo de estanqueidad de fachada de un muro en base a ladrillos de madera. Trabajo solicitado al Laboratorio de Ciencias de la Construcción, Área Acondicionamiento Ambiental, por el Sr. Juan Escobar B., en representación de la empresa BME Chile SpA.

II. OBJETIVO DEL ENSAYO

Determinar en laboratorio la estanqueidad al agua de fachada de un muro.

III. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO SOMETIDO A ENSAYO.

La muestra del sistema de muro en base a ladrillos de madera sometido a ensayo es la siguiente:

Descripción : Elemento muro compuesto por bloques o “ladrillos” de madera (pino radiata estabilizado y tratado) de forma de un paralelepípedo rectangular que posee ángulos longitudinales y cortos a la vista biselados con ranuras a lo largo de sus caras de apoyo en su unión horizontal. Ranuras destinadas a vincular solidariamente los bloques dispuestos en la hilada superior a forma de traba. En unión con bloque lateral posee ranura vertical con el objeto de unir con tarugo del mismo material, resolviendo con estos encastres las uniones horizontal y vertical. Espesor muro, e=0,120m.

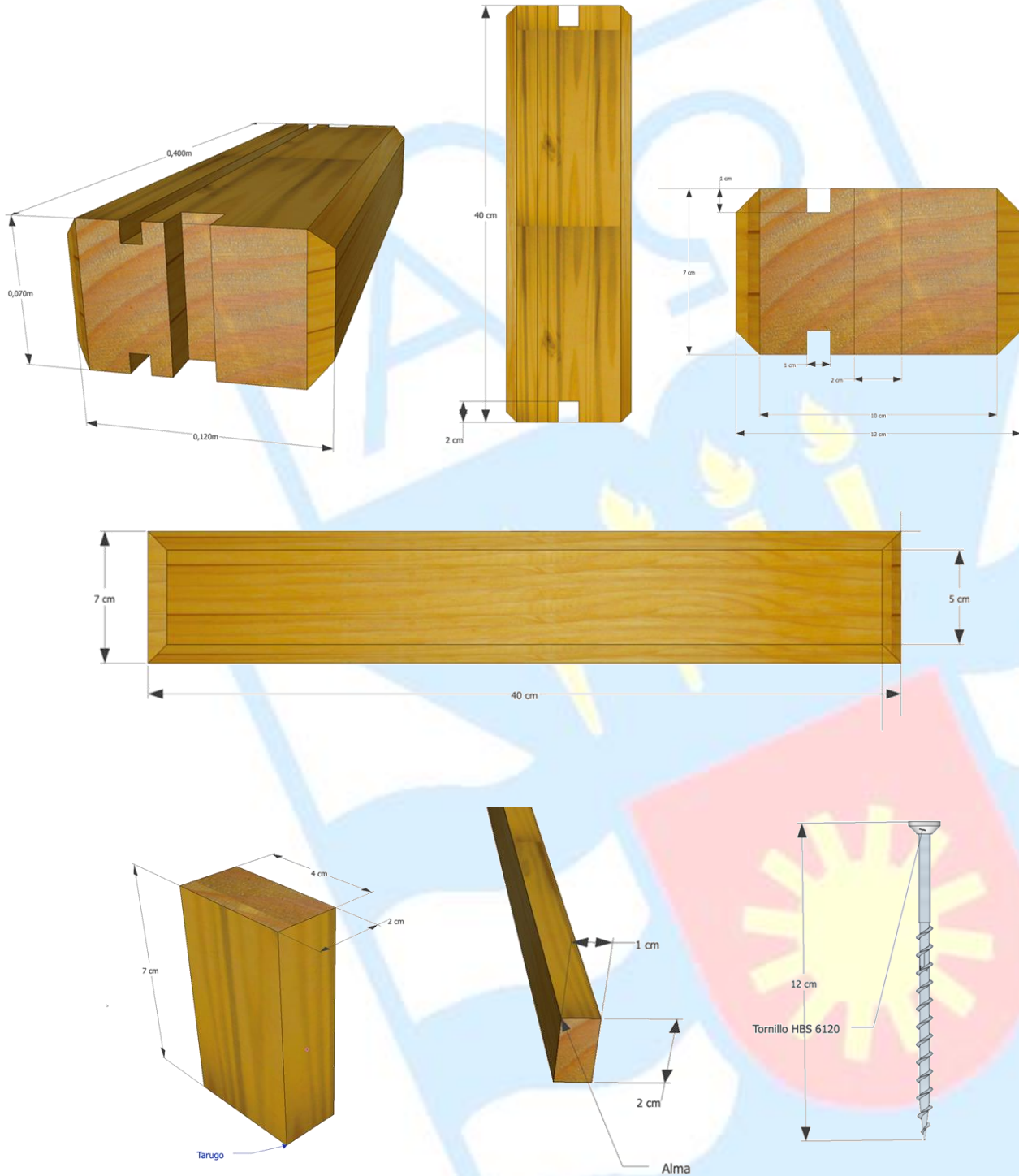
Especificaciones técnicas : Según plano y corte adjunto, parte integrante de este Informe.

Dimensiones muestra : Ancho 1,0 m; Alto 1,0 m.

Nota: Especificaciones de armado entregadas por el mandante.



PLANO Y CORTES CONSTRUCTIVOS



Nº INFORME	3929
FECHA EMISION	03/02/2021
Nº DE PAGINA	3/4

IV. NORMA APLICADA.

NCh 2821 Of2003 “Fachadas – Método de ensayo estanquidad al agua.”

V. METODOLOGÍA DE ENSAYO

El ensayo fue realizado en laboratorio, mediante cámara de infiltración conforme a metodologías descritas en la norma chilena NCh 2821 Of2003 para estanquidad al agua de fachada.

Se utiliza una cámara dotada de una red neumática e hidráulica y los elementos de control y medición necesarios, para cumplir con los requerimientos establecidos en la norma NCh 2821 Of2003. El esquema del equipo se muestra en la figura N° 2:

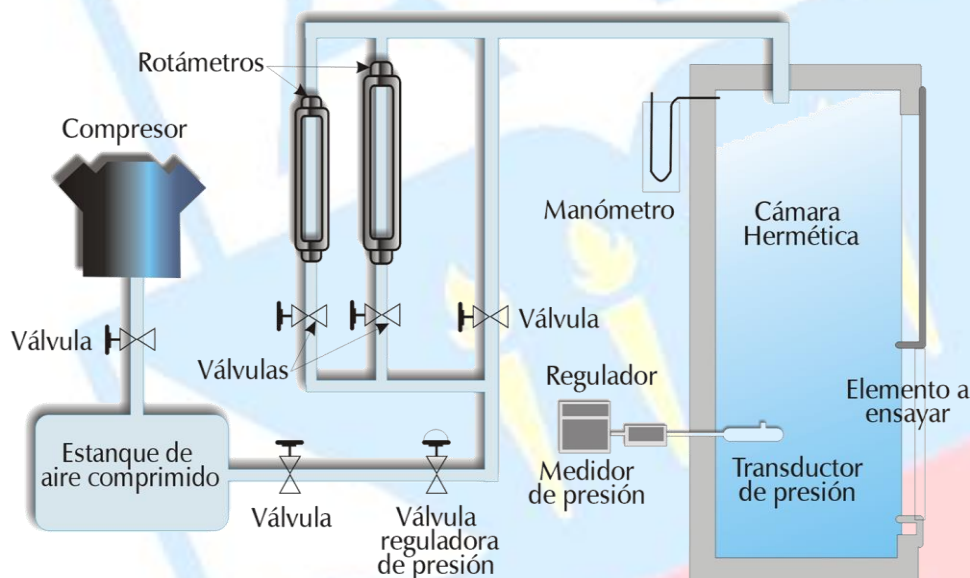


Fig. N° 2: Esquema montaje experimental

VI. CONDICIONES DE ENSAYO

Temperatura ambiente : 18° C
Temperatura cámara : 18° C

VII. FECHA DE ENSAYO.

Fecha ensayo : 26/06/2020

VIII. RESULTADOS

a) Estanquidad de fachada

Caudal de agua Lts/min/m2	Presión Pa	Tiempo minutos	Falla		Duración real minutos
			Si	No	
3	0	15		X	15
3	50	5		X	5
3	100	5		X	5
3	150	5		X	5
3	200	5		X	5
3	300	5		X	5
3	400	5		X	5
3	500	5		X	5
3	600	5		X	5
3	700	5		X	5

b) Pesos de las probetas

Nº de Probeta	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Aumento (kg)
1	19,40	19,60	0,20
2	18,40	18,55	0,15
3	19,45	19,65	0,20


IX. CONCLUSIONES

De acuerdo al método descrito en la NCh 2821 Of2003, no se observan filtraciones de agua por el lado interior del muro, por lo cual la solución clasifica como L700.


Conforme a método de establecimiento de requisitos de estanquidad de fachada para muros, desarrollado por CITEC-UBB, en el contexto del proyecto INNOVA CHILE “Guía Técnica para la Prevención de Patologías en las Viviendas Sociales”, que se encuentra disponible en la página Web www.citec.cl, y que considera criterios de exposición, zona climática y altura de edificación, la solución ensayada cumple con los requerimientos para todas las localidades de nuestro país.

X. OBSERVACIONES


- 1.- Los resultados obtenidos no avalan producciones (lotes de producción o lotes de inspección) pasadas, presentes o futuras y es aplicable solamente al elemento ensayado.
- 2.- Una vez finalizados los ensayos, se registra un aumento de peso promedio de las probetas de 0,18kg, respecto de su peso inicial.



RODRIGO ESPINOZA MALDONADO
Coordinador de Sala
Área Acondicionamiento Ambiental
CITEC UBB



ROBERTO ARRIAGADA BUSTOS
Jefe de Sala
Área Acondicionamiento Ambiental
CITEC UBB



Dr. ARIEL BOBADILLA MORENO
Director Centro de Investigación en
Tecnologías de la Construcción
CITEC UBB