

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EFECTO DE PLACAS DE YESO
CARTÓN EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE MUROS DE CORTE
ESBELTOS PARA EDIFICACIONES DE MEDIANA ALTURA EN
MADERA CON SISTEMA MARCO PLATAFORMA**



Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación

**ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EFECTO DE PLACAS DE YESO
CARTÓN EN LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DE MUROS DE CORTE
ESBELTOS PARA EDIFICACIONES DE MEDIANA ALTURA EN
MADERA CON SISTEMA MARCO PLATAFORMA¹**

Jorge Catalán Linco²; Luis Vásquez Valenzuela; Pablo Mardones Díaz;
Raúl Campos Pous y Gonzalo Hernández Careaga.

**INSTITUTO FORESTAL
2025**

¹ Estudio financiado por el convenio INFOR-MINAGRI 2025

² Investigadores Instituto Forestal, Sede Biobío. jorge.catalan@infor.cl



INFOR

INSTITUTO FORESTAL

Sucre 3397, Ñuñoa, Santiago

Chile

F. 56 2 223667115

www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-309-2

Registro Propiedad Intelectual N° 2026-A-1902

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Catalán, Jorge; Vásquez, Luis; Mardones, Pablo; Campos, Raúl y Hernández, Gonzalo (2025). Estudio Experimental del Efecto de Placas de Yeso Cartón en la Resistencia y Rigidez de Muros de Corte Esbeltos para Edificaciones de Mediana Altura en Madera en Sistema Marco Plataforma. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 283. P. 16.
<https://doi.org/10.52904/20.500.12220/33168>

PRÓLOGO

Los bosques absorben CO₂ desde la atmósfera, almacenan el carbono en la madera y liberan oxígeno al ambiente. De acuerdo con el último inventario de gases de efecto invernadero (GEI), realizado por el Ministerio de Medio Ambiente el 2018, los bosques de Chile mitigaron el 62% de los GEI generados por el país.

No solo los bosques contribuyen a mitigar los gases de efecto invernadero, también lo hace la construcción con madera, cuya fabricación de componentes emite menos CO₂ que los fabricados con materiales alternativos, tales como el acero y el hormigón, y además el carbono se mantiene retenido en la madera empleada.

Desde sus inicios el Instituto Forestal (INFOR) ha estudiado las maderas provenientes de los bosques nativos y las plantaciones, determinando sus propiedades físicas y mecánicas y sus aptitudes de uso. Más recientemente ha prestado especial atención a la madera aserrada estructural destinada a la fabricación de componentes constructivos con valor agregado.

En este estudio se determina el aporte en resistencia y rigidez de placas de yeso cartón en muros de corte esbeltos para edificaciones en madera de entramado ligero de mediana altura.

El trabajo fue financiado con recursos del Convenio 2025, suscrito entre el Ministerio de Agricultura (MINAGRI) y el Instituto Forestal (INFOR).

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	OBJETIVO.....	1
3.	METODOLOGÍA.....	1
3.1	Ensayos de Muros a Carga Lateral Cíclica Reversible.....	1
3.2	Determinación de Curvas Envolventes y EEEP	2
3.3	Tipologías de Muro Ensayadas.....	4
4.	RESULTADOS	7
4.1	Gráficas de Histéresis y Envolventes.....	7
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	12
5.1	Resistencia al Corte	12
5.2	Rigidez Elástica y Rigidez Secante.....	13
6.	CONCLUSIONES.....	15
7.	REFERENCIAS	16

1. INTRODUCCIÓN

Un muro estructural tiene por objetivo transmitir los esfuerzos de corte producidos por cargas como vientos y sismos a la fundación y entre pisos consecutivos, además de las cargas verticales por peso propio y sobrecarga de uso.

La NCh1198, en su versión 2024 (INN, 2024), incorpora una metodología de diseño de muros de corte para edificaciones de madera materializadas mediante el sistema marco plataforma, basada en el *Special Design Provisions for Wood and Seismic* (SDPWS). Sin embargo, este método no considera el aporte de elementos no estructurales, como las placas de yeso cartón, las cuales pueden generar un efecto de refuerzo sobre la placa OSB, incrementando sus propiedades de resistencia y rigidez al corte.

La norma NCh3537 (INN, 2021) define un método de ensayo para determinar la resistencia y rigidez de segmentos de muro sometidos a carga lateral cíclica reversible contenida en su plano. Esta metodología incorpora la degradación estructural que experimentan las estructuras a lo largo de su vida útil, reflejando la naturaleza sísmica característica del país.

Este informe presenta la metodología, los resultados y las conclusiones de los ensayos mecánicos a carga lateral realizados sobre tres tipologías de muros de estructura de madera contruidos conforme a la normativa vigente, con el propósito de generar antecedentes para una futura actualización de la NCh1198.

Los ensayos mecánicos se realizaron en el Laboratorio de Madera Estructural del Instituto Forestal (LME-INFOR) en Concepción, el cual cuenta con un sistema de gestión acreditado bajo la norma NCh-ISO 17025.

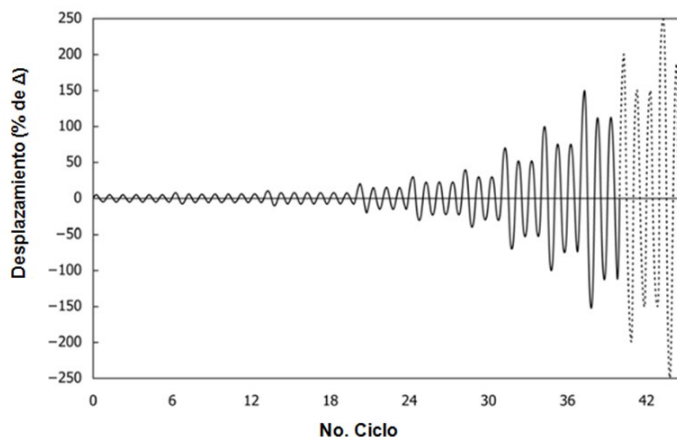
2. OBJETIVO

Determinar el aporte de las placas de yeso cartón en los parámetros de resistencia al corte nominal y rigidez elástica en tipologías de muro que se utilizan en edificaciones de mediana altura, sometidos a cargas de corte cíclicas reversibles, fabricados con madera aserrada estructural de pino radiata y tablero OSB, de acuerdo con la NCh3537.

3. METODOLOGÍA

3.1 Ensayos de Muros a Carga Lateral Cíclica Reversible

El método de ensayo aplicado a los muros se describe en la Norma Chilena NCh 3537: Ensayo de carga cíclica (reversible) para la resistencia al corte de elementos verticales de sistemas de resistencia a la fuerza lateral de edificaciones - Método de ensayo (INN, 2021). El diseño experimental consideró 5 tipologías de muros con revestimiento. Para cada tipología con revestimiento se consideran 2 repeticiones. Los ensayos consideran la aplicación de una carga cíclica reversible de acuerdo con el protocolo de Curee que se presenta en la Figura N°1 y Cuadro N°1.



(Fuente: NCh 3537)

Figura N°1
PATRÓN DE DESPLAZAMIENTO CURE

Cuadro N°1
PROTOCOLO CUREE, AMPLITUD DE LOS CICLOS PRIMARIOS

Patrón	Fase	Número mínimo de ciclos	Amplitud del ciclo primario, %Δ
1	1	6	5
2	2	7	7,5
	3	7	10
3	4	4	20
	5	4	30
4	6	3	40
	7	3	70
	8	3	100
	9	3	100+100α ^A
	10	3	Incrementos adicionales de 100 α (hasta que la muestra falle)

(Fuente: NCH 3537) ^A α≤0.5

3.2 Determinación de Curvas Envolventes y EEEP

La curva de envolvente se construye a partir de los puntos extremos de cada ciclo de histéresis de carga-desplazamiento sin considerar los ciclos intermedios. Dado que existen 2 ramas o envolventes en los cuadrantes positivos y negativos del gráfico carga deformación (Figuras N°2 y N°3), la curva envolvente determinada para cada ensayo se calcula a partir del promedio de ambas.

La curva de energía elastoplástica equivalente (EEEEP) es una curva que idealiza el comportamiento no lineal registrado en los ensayos a una curva bilineal. Esta curva permite distinguir de manera clara la rigidez frente a cortante elástica (K_e) de cada ensayo, además de aproximar la energía disipada total de cada probeta ensayada. Esta energía corresponde al área encerrada bajo la curva de envolvente. La curva EEEP se construye a través de la determinación

de varios parámetros que se muestran en la Figura N°4 y que pueden calcularse mediante las ecuaciones expuestas en la NCh3537.

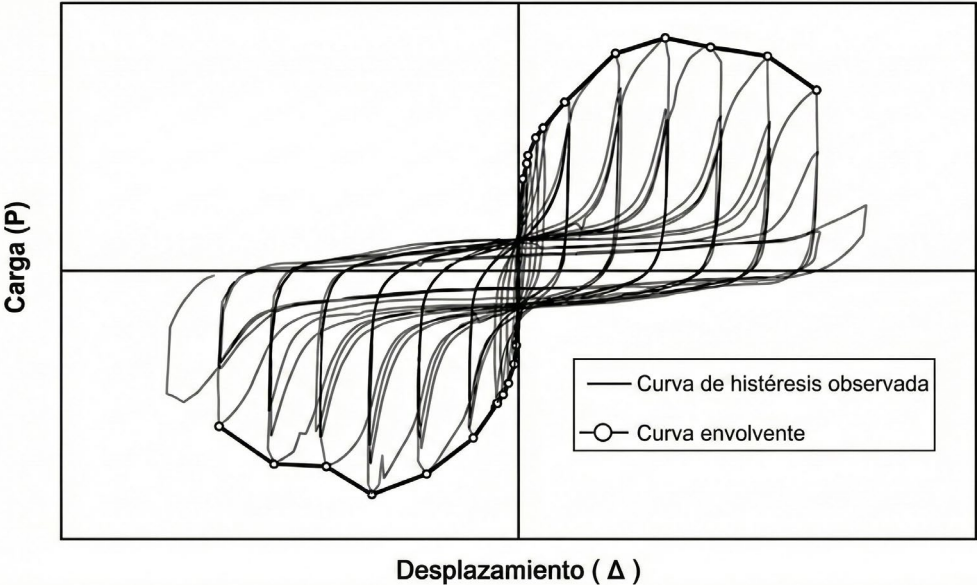


Figura N°2
EJEMPLO DE CURVA DE HISTÉRESIS Y ENVOLVENTES POSITIVA Y NEGATIVA
(FUENTE: NCh 3537)

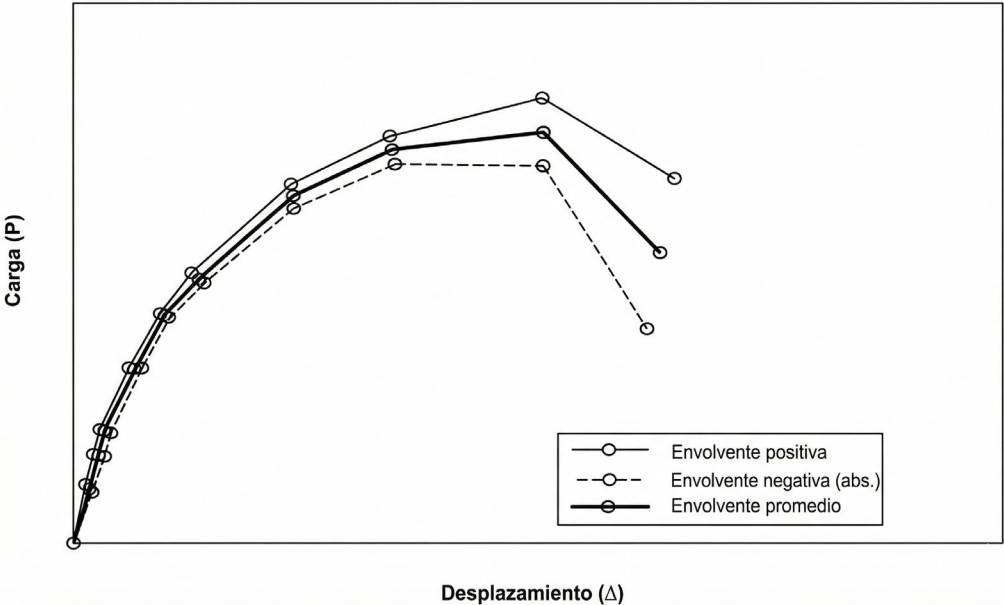


Figura N°3
EJEMPLO DE DETERMINACIÓN DE CURVA ENVOLVENTE PROMEDIO
(FUENTE: NCh 3537)

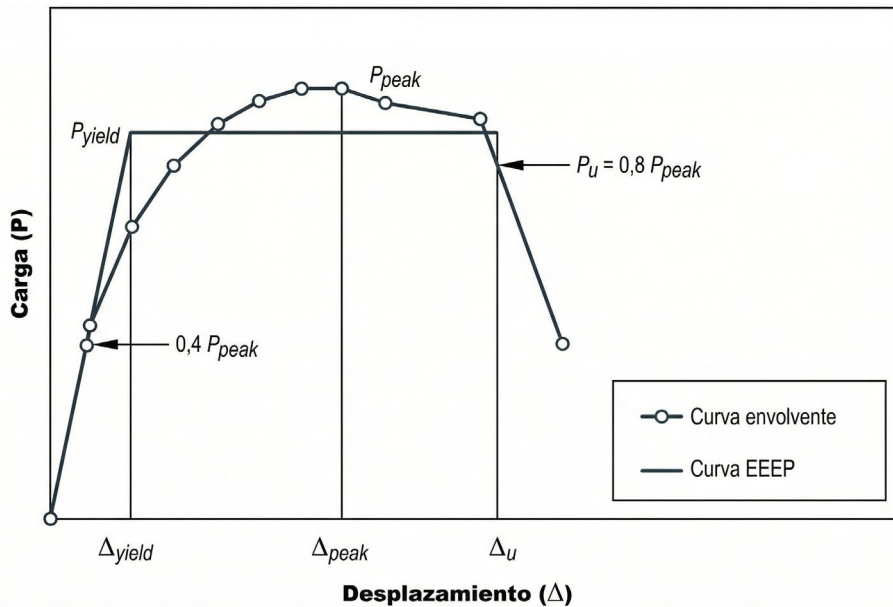


Figura N°4
CURVA ENVOLVENTE PROMEDIO Y CURVA EEEP
(FUENTE: NCh 3537)

3.3 Tipologías de Muro Ensayadas

Las tipologías de muros ensayados a carga horizontal se describen en el Cuadro N°2, completando un total de 5 ensayos. Todos los muros presentan un sistema de anclaje unido a una viga de fundación de acero mediante 2 pernos de anclaje grado 8, de 1-1/8" de diámetro con conectores *Hold-down* modelo HD12 de *Simpson Strong-Tie*.

El tamaño de las probetas de muro ensayados fue 1,22 m de ancho por 2,47 m de alto. Las Figuras N°5 a N°7 ilustran la configuración de los muros ensayados y el tipo de conector utilizado.

Los muros ensayados consideran un nivel de resistencia al fuego proporcionado por las placas de yeso instaladas en ambas caras opuestas del muro de corte, F-60.



Figura N°5
CONFIGURACIÓN DE ENSAYOS DE MURO
CON REVESTIMIENTO



Figura N°6
CONECTOR MURO FUNDACIÓN



Figura N°7
CONFIGURACIÓN DE ENSAYOS DE MURO
SIN REVESTIMIENTO DE YESO CARTÓN

Cuadro N°2
TIPOLOGÍAS DE MUROS ENSAYADOS A CARGA LATERAL

Tipología	Estructura	Placa de Arriostre	Repeticiones
OSB-120-10	Madera aserrada de pino radiata, grado estructural visual MGP10, seca en cámara, escuadría 35x138 mm ($1\frac{1}{2}$ x 6"); y pie derechos distanciados a 406 mm. Pies derechos de borde consideran 5 piezas de madera.	Placa estructural de OSB en ambas caras del marco, de 9.5 mm de espesor fijada con clavos 8d (3.1 mm de diámetro y 80 mm de largo) distanciados en la zona perimetral a 100 mm y 200 mm en el interior, hincados con pistola neumática. No considera instalación de placa de yeso.	1
O1G-120-10-Sc	Madera aserrada de pino radiata, grado estructural visual MGP10, seca en cámara, escuadría 35x138 mm ($1\frac{1}{2}$ x 6"); y pie derechos distanciados a 406 mm. Pies derechos de borde consideran 5 piezas de madera.	Placa estructural de OSB en ambas caras del marco de 9.5 mm de espesor fijada con clavos 8d (3.1 mm de diámetro y 80 mm de largo) distanciados en la zona perimetral a 100 mm y 200 mm en el interior, hincados con pistola neumática. Una capa con placas de yeso cartón RF60 Gyplac espesor 15 mm vinculadas al conjunto OSB madera mediante tornillos Mamut #8 espaciados a 200 mm. Por ambas caras.	2
O1G-120-10-St	Madera aserrada de pino radiata, grado estructural visual MGP10, seca en cámara, escuadría 35x138 mm ($1\frac{1}{2}$ x 6"); y pie derechos distanciados a 406 mm. Pies derechos de borde consideran 5 piezas de madera.	Placa estructural de OSB en ambas caras del marco de 9.5 mm de espesor fijada con clavos 8d (3.1 mm de diámetro y 80 mm de largo) distanciados en la zona perimetral a 100 mm y 200 mm en el interior, hincados con pistola neumática. Una capa con placas de yeso cartón RF60 Gyplac espesor 15 mm vinculadas al conjunto OSB madera mediante grapas Bea de largo 65 mm espaciados a 200 mm. Por ambas caras.	2

Notación AAA-BBB-CC-DD.

AAA : Tipo de revestimiento (OSB indica muro sin placas de yeso, O1G indica OSB+1 placa de yeso por cara)

BBB: Ancho del muro (cm)

CC : Espaciamiento de clavado perimetral (cm)

DD : Tipo de fijación para conectar la placa de revestimiento (Sc indica tornillos y St indica grapa)

4. RESULTADOS

4.1 Gráficas de Histéresis y Envolventes

El Cuadro N°3 registra los resultados para las tipologías ensayadas

Los resultados obtenidos permiten observar una tendencia clara respecto del aporte del revestimiento de yeso-cartón a la resistencia lateral de los muros de corte. La tipología de referencia, OSB-120-10, sin revestimiento, alcanzó una carga promedio de 39,9 kN, mientras que las configuraciones con yeso-cartón mostraron incrementos significativos. En particular, la tipología OSB-120-10-Sc, alcanzó un promedio de 55,1 kN, lo que representa un incremento aproximado del 38% respecto del muro de control. Por su parte, la tipología OSB-120-10-St, fijada con grapas, alcanzó un promedio de 50,4 kN, equivalente a un aumento cercano al 26%. Esta diferencia de aproximadamente 12% entre el sistema atornillado y el engrapado evidencia que el tipo de conector utilizado para la instalación de placas de yeso influye en la eficiencia estructural del revestimiento. En conjunto, los resultados confirman que el revestimiento interior no solo cumple un rol de protección contra el fuego, sino que también puede aportar de manera sustantiva a la capacidad resistente lateral de muros de corte.

Las Figuras N°8 a N°12 registran las curvas de histéresis de todos los ensayos ejecutados. En todos se observa la carga máxima alcanzada seguida por una zona de una reducción de rigidez de los muros para altas deformaciones inducidas por el protocolo CUREE.

La Figura N° 13 presenta las envolventes asociadas a los ensayos ejecutados. Se observa una clara distinción del comportamiento de las tipologías ensayadas en cuanto a su capacidad resistente cuando se compara el ensayo de control con los muros revestidos con placas de yeso cartón.

En todas las tipologías de muro ensayadas la falla se genera siguiendo la siguiente secuencia de desarrollo:

- Plastificación del acero de los medios de unión.
- Aplastamiento y desgarramiento de la zona de clavado (unión Yeso Cartón - OSB y madera).
- Desclavado parcial de la unión pie derecho con solera inferior y superior en zona de tracción.
- Corte de medios de unión: Clavos, tornillos y grapas.

Las Figuras N°14 y N°15 registran las fallas descritas.

Para las tipologías ensayadas no se observan fallas asociadas a la concentración de tensiones debido a la instalación del *hold down* HD12.

Cuadro N° 3
CARGAS LATERALES MÁXIMAS DE LOS MUROS ENSAYADOS

Repetición	Tipología (kN)		
	OSB-120-10	O1G-120-10-Sc	O1G-120-10-St
1	39,9	56,2	49,3
2	-	54,0	51,5
Promedio	39,9	55,1	50,4

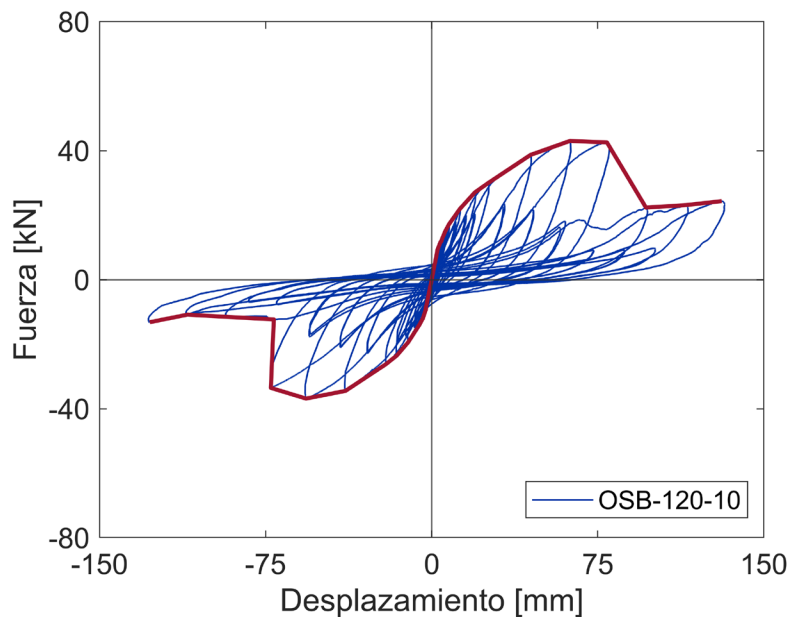


Figura N° 8
HISTÉRESIS Y ENVOLVENTES MURO OSB-120-10

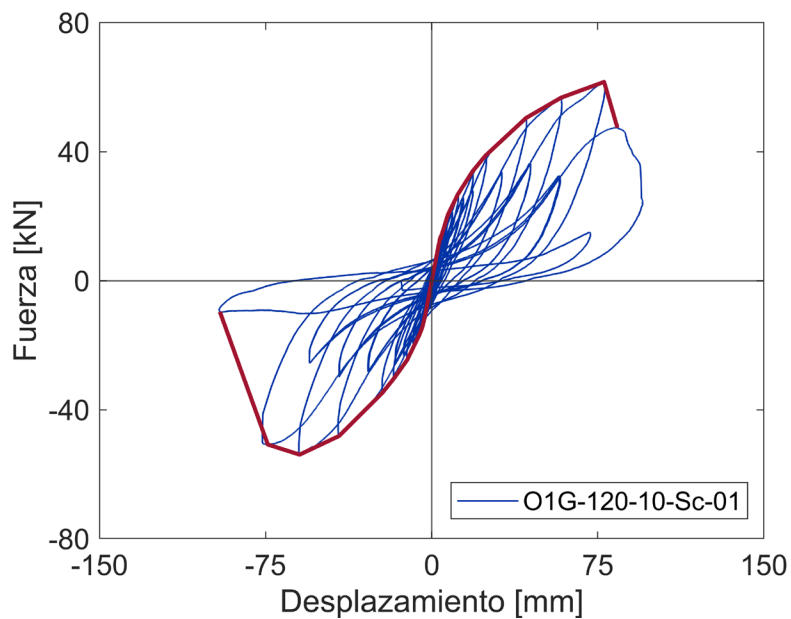


Figura N° 9

HISTÉRESIS Y ENVOLVENTES MURO O1G-120-Sc-01

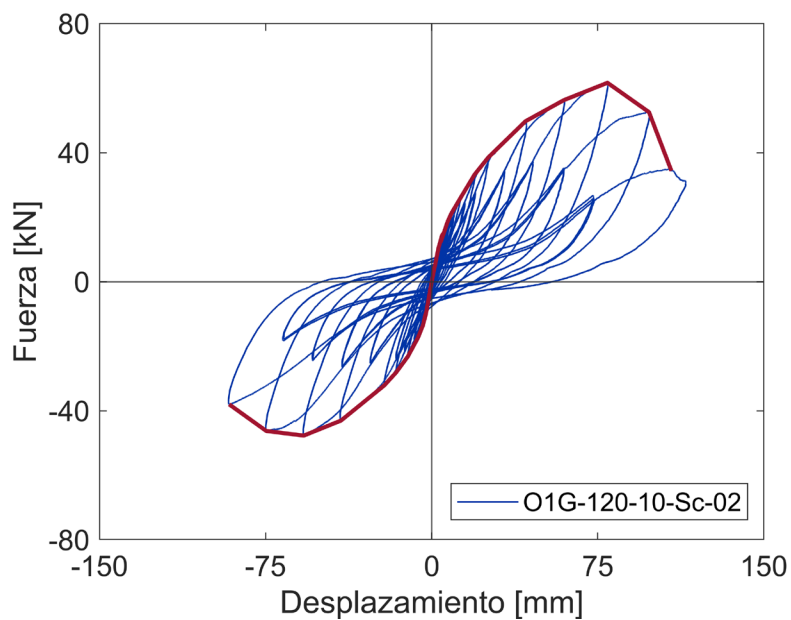


Figura N° 10

HISTÉRESIS Y ENVOLVENTES MURO O1G-120-Sc-02

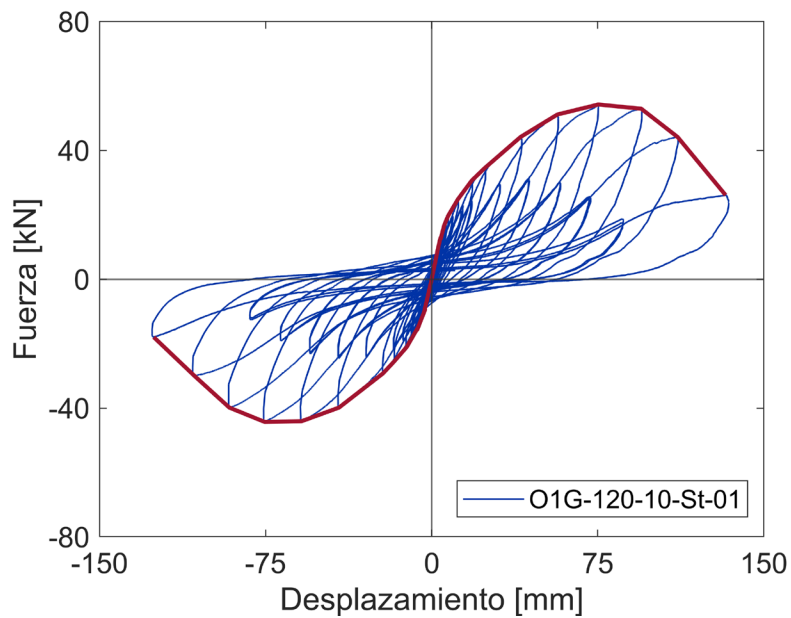


Figura N° 11
HISTÉRESIS Y ENVOLVENTES MURO O1G-120-St-01

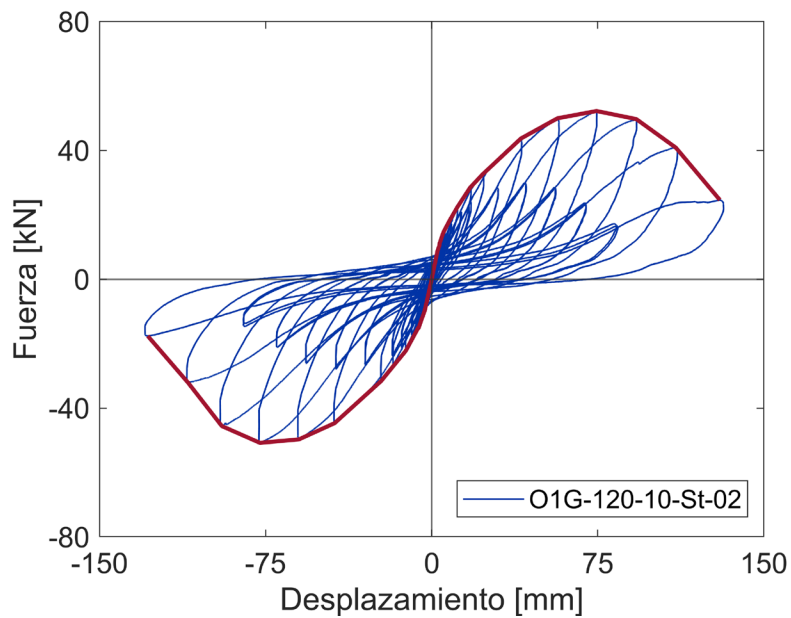


Figura N° 12
HISTÉRESIS Y ENVOLVENTES MURO O1G-120-St-02

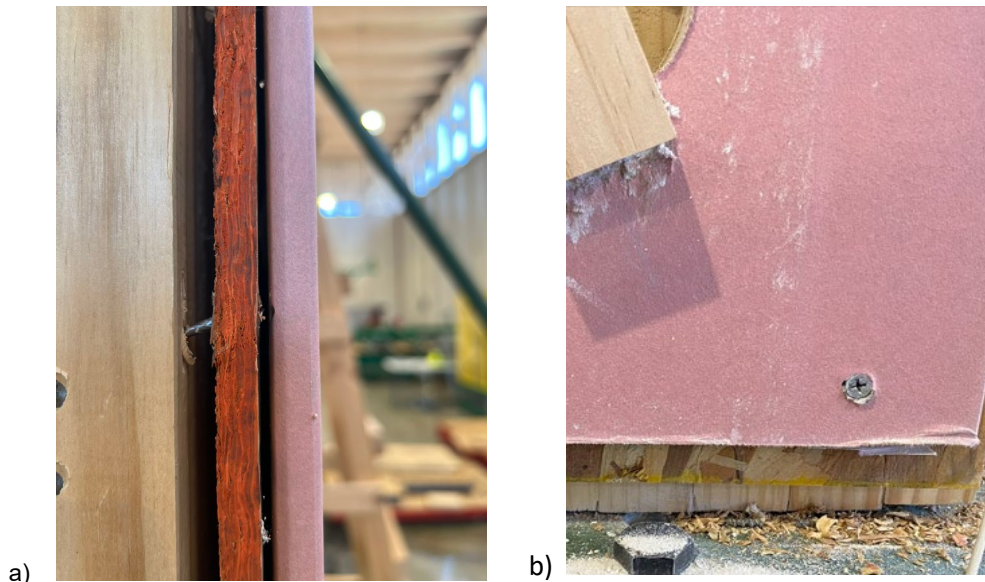


Figura N° 14

- a) FLUENCIA DE CLAVO Y APLASTAMIENTO DE CONJUNTO YESO-OSB-MADERA,
b) CORTE DE MEDIOS DE UNIÓN (TORNILLOS) Y DESGARRO DE CAPA OSB-YESO**

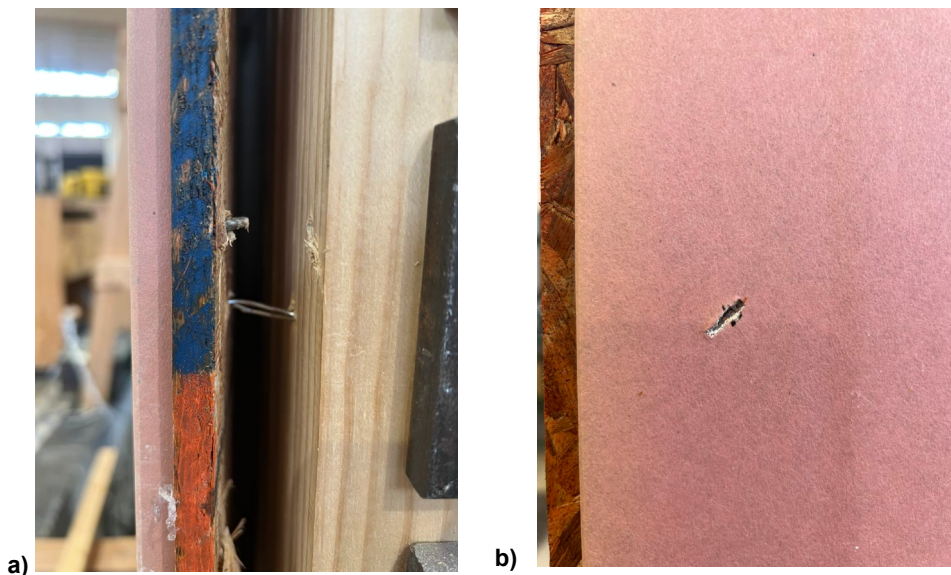


Figura N° 15

- a) CORTE DE CLAVOS Y FLUENCIA DE GRAPAS
b) APLASTAMIENTO LOCAL EN PLACA DE YESO**

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Resistencia al Corte

El Cuadro N°4 presenta la resistencia nominal al corte de las tipologías ensayadas y la resistencia nominal al corte calculada de acuerdo con la SDPWS, la cual se utiliza como referencia.

El Cuadro N°5 muestra el aporte de las placas de yeso cartón a la resistencia nominal al corte de los muros de corte, evidenciando un aumento del 38% y 26% para los muros con revestimientos instalados con tornillos y grapas, respectivamente.

El Cuadro N°6 presenta la comparación entre los resultados de los ensayos realizados en este estudio y el valor referencial de la SDPWS. En todos los casos, los valores experimentales superan los indicados por dicha normativa, lo que sugiere que, para efectos de diseño, la condición de trabajo de los muros se mantiene lejos de la falla por corte.

La Figura N°16 presenta el régimen de deformaciones observado en los muros según el criterio de deformación admisible considerado. Para el criterio de deformación máxima establecido por la NCh433 (0,002 veces la altura del muro), la relación carga-deformación se mantiene aproximadamente lineal. En cambio, bajo el criterio norteamericano de la ASCE-07 (0,004 veces la altura del muro), la relación carga-deformación muestra un leve ingreso en el rango no lineal. No obstante, para estos niveles de deformación no se observó daño evidente en los muros, lo que indica una condición de trabajo segura.

Cuadro N°4
CORTE NOMINAL (V_s)

Tipología	V_s (N/mm)
OSB-120-10	32,7
O1G-120-10-Sc	45,2
O1G-120-10-St	41,3
Referencial SDPWS	18,6

Cuadro N°5
COMPARATIVA: TIPOLOGÍAS DE MUROS REVESTIDOS VERSUS TIPOLOGÍA DE CONTROL (V_s)

Tipología	Contribución de la placa de yeso en la resistencia
O1G-120-10-Sc	+38%
O1G-120-10-St	+26%

Cuadro N°6
COMPARATIVA CORTE NOMINAL (V_s) VERSUS SDPWS

Tipología	Versus SDPWS
OSB-120-10	+75%
O1G-120-10-Sc	+143%
O1G-120-10-St	+122%

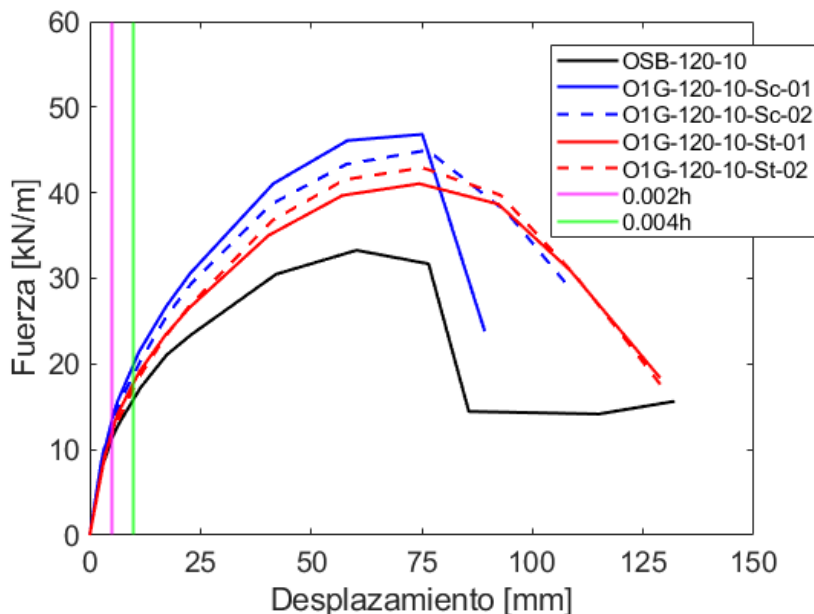


Figura N° 16
LIMITES DE DEFORMACIÓN NCh 433 (0,002h) y ASCE-07 (0,004h)

5.2 Rigidez Elástica y Rigidez Secante

El cuadro N°7 presenta las rigideces elásticas y secantes determinadas para las tipologías ensayadas.

El cuadro N°8 muestra la contribución de las placas de yeso a la rigidez elástica y secante de los muros ensayados. Se observa que, aunque no se aprecia una variación significativa en la rigidez elástica, la rigidez secante calculada a un *drift* del 0,2% (0,002h) aumenta en un 19% al comparar la tipología sin revestimiento con el muro revestido con placas de yeso instaladas con tornillos. Esto se explica al considerar que la rigidez elástica depende de la carga máxima, lo que afecta directamente su valor. Por el contrario, la rigidez secante permite realizar un análisis controlado por deformaciones, criterio que mayoritariamente gobierna el diseño de muros de corte.

Las Figuras N°17 y N°18 respaldan esta interpretación. En la Figura N°17 se observa que las pendientes de las curvas elastoplásticas equivalentes (EEEP) asociadas a la tipología O1G-120-St son menores o iguales que las de la tipología sin revestimiento (OSB-120-10). Sin embargo, en la figura N°18 se aprecia que, al efectuar el análisis por rigideces secantes, las tipologías que incorporan revestimientos presentan valores superiores en todo el rango de deformaciones registrado.

Cuadro N°7
RIGIDEZ ELÁSTICA Y RIGIDEZ SECANTE PROMEDIO PARA DRIFT DEL 0,2% (0,002h)

Tipología	K_e (kN/mm)	K_{sec} (kN/mm)
OSB-120-10	2,3	2,7
O1G-120-10-Sc	2,4	3,2
O1G-120-10-St	2,2	2,9

Cuadro N°8
TIPOLOGÍAS DE MUROS REVESTIDOS VERSUS TIPOLOGÍA DE CONTROL (K_e y K_{sec})

Tipología	Contribución de la placa de yeso en la rigidez elástica (K_e)	Contribución de la placa de yeso en la rigidez secante (K_{sec})
O1G-120-10-St	+4%	+19%
O1G-120-10-Sc	-4%	+7%

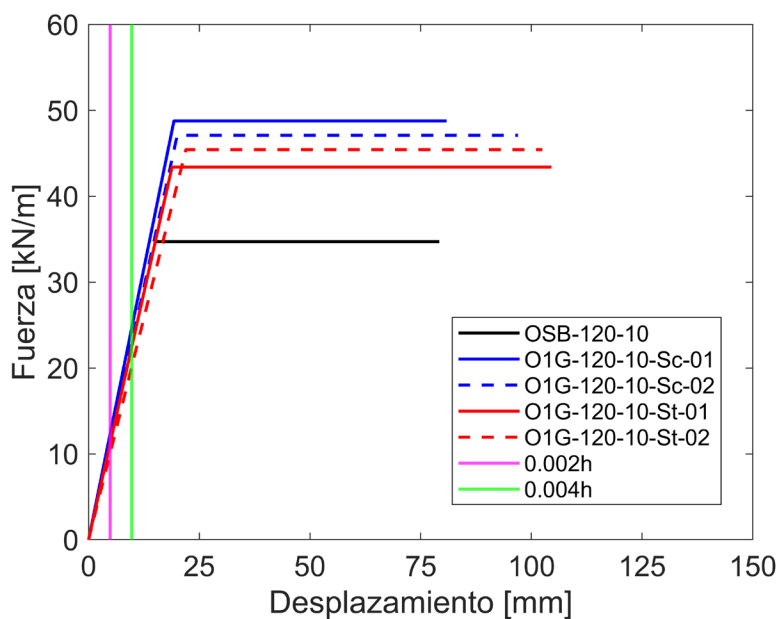


Figura N° 17
CURVAS ELASTOPLÁSTICAS EQUIVALENTES

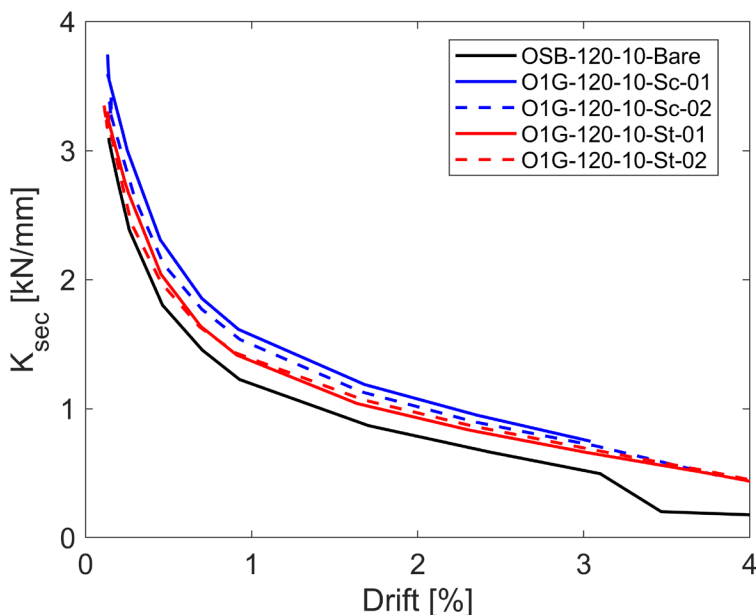


Figura N° 18
EVOLUCIÓN DE LA RIGIDEZ SECANTE EN FUNCIÓN DEL DRIFT

6. CONCLUSIONES

Al considerar los parámetros de resistencia al corte nominal (V_c) y rigidez secante (K_{sec}), se observa un aporte significativo de las placas de yeso cartón en el comportamiento estructural. En tipologías esbeltas como las estudiadas, la contribución más relevante se presenta en la resistencia al corte nominal, donde las conexiones adicionales incorporadas sobre la solución tradicional basada únicamente en OSB permiten aumentar la resistencia hasta en un 38% cuando las placas de yeso se instalan con tornillos.

El efecto sobre la rigidez no se manifestó en la rigidez elástica; sin embargo, se registró un aumento de hasta un 19% en la rigidez secante calculada al 0,2% de deformación lateral para la tipología con placas de yeso instaladas con tornillos. Este efecto se verificó en todo el rango de deformaciones registrado, evidenciando que el aporte del revestimiento se mantiene de manera consistente incluso para altos niveles de deformación.

Este estudio refuerza la necesidad de continuar explorando tipologías de muros con revestimientos a fin de identificar las combinaciones constructivas en las que el refuerzo resulta más efectivo y, con ello, avanzar hacia soluciones de construcción en madera más eficientes.

7. REFERENCIAS

INN (2024). NCh 1198: Madera. Construcciones en madera. Cálculo. Instituto Nacional de Normalización, Chile.

INN (2021). NCh 3537: Ensayo de carga cíclica (reversible) para la resistencia al corte de elementos verticales de sistemas de resistencia a la fuerza lateral de edificaciones - Método de ensayo. Instituto Nacional de Normalización, Chile.

American Society of Civil Engineers. (2017, June). Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers.

SDPWS (2015). Special Design Provisions for Wind and Seismic Standard.



INFOR



www.infor.cl