



DISEÑO DE MUROS DE CORTE PARA EL SISTEMA PLATAFORMA EN MADERA ASERRADA. PROPUESTA PARA MODIFICACIÓN NORMA CHILENA NCH1198

SHEAR WALLS DESIGN FOR TIMBER PLATFORM FRAME SYSTEM (LIGHT FRAME). MODIFICATION PROPOSAL FOR CHILEAN STANDARD NCH1198

González, Ignacio ⁽¹⁾*; Korceck, Jorge ⁽²⁾

⁽¹⁾ Ingeniero Civil Estructural. IGR Structural Engineering. Santiago, Chile

⁽²⁾ Ingeniero Civil. Santiago, Chile

* Contacto: ignacio@igr-se.cl

CÓDIGO: A4602319

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollar una metodología de diseño y a la vez proponer un capítulo en la norma NCh1198 para diseñar muros de corte en madera aserrada para el sistema plataforma. En Chile no existe en la actualidad una metodología que exponga sobre el diseño de muros de corte en madera aserrada para el sistema plataforma. Para lograr este objetivo se utilizó como referencia la norma americana SDPWS (Special Design Provisions for Wind & Seismic) edición 2015, la cual expone las verificaciones y condiciones de diseño que deben cumplir estos muros para el caso sísmico y el caso de solicitaciones de viento. Todas las verificaciones y requerimientos constructivos están adaptados para ser aplicados en Chile.

Palabras-clave: Diseño de Muros de corte, Sistema plataforma madera aserrada.

Abstract

The objective of this paper is to develop a design methodology and at the same time to propose a chapter in the NCh1198 standard to platform frame system walls design. In Chile, there is currently no methodology that exposes the design of shear timber walls for the platform system. To achieve this objective, the American standard SDPWS (Special Design Provisions for Wind & Seismic) 2015 edition was used as a reference, which exposes the verifications and design conditions that these walls must meet for the seismic case and the case of wind solicitations. All verifications and construction requirements are adapted to be applied in Chile.

Keywords: Shear walls design, Platform frame system.



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en Chile existe una brecha normativa que permita abordar el diseño de estructuras de madera con el sistema marco plataforma de una manera global. Si bien contamos con una normativa vigente, la NCh1198, ésta solo abarca el diseño de los elementos de forma aislada (columnas, vigas, uniones, etc.). Este trabajo pretende acortar la brecha que existe actualmente al incorporar la metodología para el diseño de muros de corte para el sistema plataforma de acuerdo a la norma americana (SDPWS 2015), para luego ser incorporada en la actualización de la norma NCh1198.

2. ESTRUCTURACIÓN GENERAL DE UN MURO DE CORTE

Un muro de corte está constituido a través por un entramado de pies derechos, soleras de amarre (una superior y otra inferior), placa arriostrante, que puede ser por una o por ambas caras, un patrón de clavado perimetral y un sistema de anclaje.

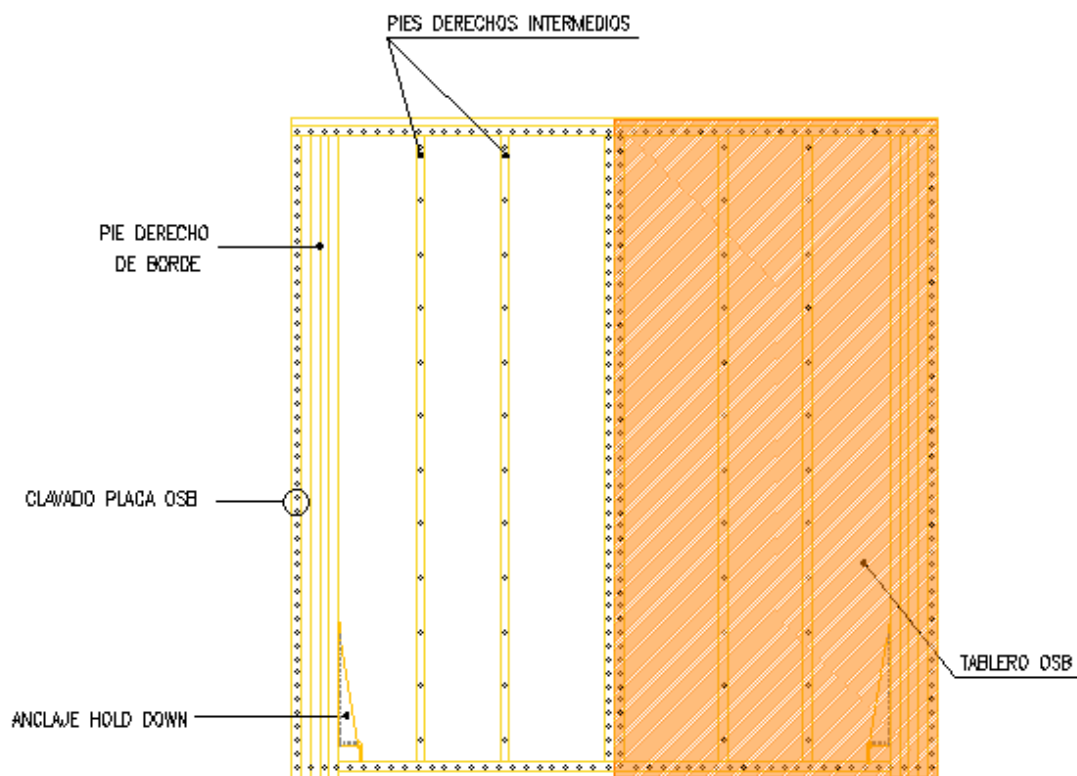


Figura 1: Estructuración de un muro de corte. Fuente: CIM UC.

Todos los elementos en conjunto entregan al sistema una rigidez lateral y vertical lo suficientemente rígidas para estructurar un edificio en media altura. En su desempeño estructural cada pieza cumple un rol importante y requiere de sus propias verificaciones, que podrán ser calculadas a partir de las fuerzas que lleguen al muro como un elemento monolítico. (Cárcamo, 2017).



3. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

El código de diseño para el sistema marco-plataforma elaborado por la American Wood Council, específicamente el Special Design Provisions for Wind & Seismic (SDPWS, 2015), establece los requerimientos mínimos necesarios para llevar a cabo el cálculo y la verificación de muros de corte formulados en base a marcos de madera con placas laterales.

La metodología entregada considera para el cálculo de muros de corte: la deflexión debido a la flexión y la deflexión por corte, la deformación de los conectores, la elongación de los anclajes y cualquier otra fuente de deflexión (American Wood Council, 2015).

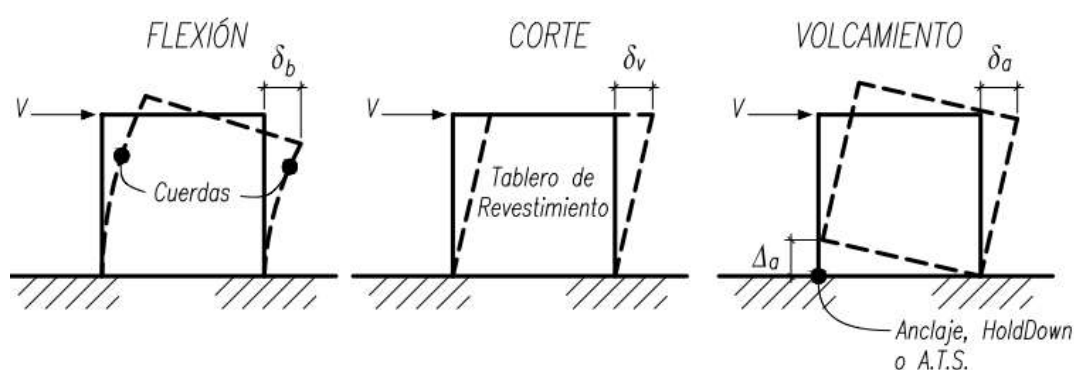


Figura 2 : Comportamiento estructural de un muro de corte. Fuente: CIM UC

Como método simplificado para muros en un plano, el código de diseño desarrollado por la American Wood Council (2015) propone que la deformación total del muro de corte se calcule como sigue:

$$\delta = \left(\frac{2}{3} * \frac{vh^3}{EAb} \right)_{Flexión} + \left(\frac{vh}{G_a} \right)_{Corte} + \left(\frac{h\Delta_a}{b} \right)_{Volcamiento} \quad (1)$$

Donde:

- b : es la longitud del muro de corte, cm.
- Δ_a : elongación vertical de sistema de anclajes del muro, cm.
- E : Módulo de elasticidad de los pies derechos de borde, kgf/cm².
- A : Área transversal de los pies derechos de borde, cm².
- G_a : Módulo de corte aparente que depende de la distribución de fijaciones y la deformación por corte de las placas laterales, kgf/cm.
- h : Altura del muro de corte, cm.
- v : Corte inducido por unidad de longitud, kgf/cm.
- δ : Máxima deflexión del muro de corte determinada a partir de un análisis elástico, cm.



4. TIPOS DE MUROS

En la norma americana existe tres tipos de metodologías para el diseño de muros de corte, cada una de estas posee sus ventajas y limitaciones. La elección de cada una de ellas depende de las condiciones de diseño.

- **Muros segmentados:** corresponden a paños de muros de altura entre pisos sin aberturas (ver Figura 3), y tienen las siguientes consideraciones o limitaciones:
 - Las secciones de muro que se encuentran por encima o por debajo de las aberturas no se consideran.
 - En los extremos de cada segmento de muro con altura total, se requieren elementos de anclaje o sujeción.
 - Se debe disponer de conectores de transferencia de esfuerzos de cortes a lo largo de toda la línea del muro.

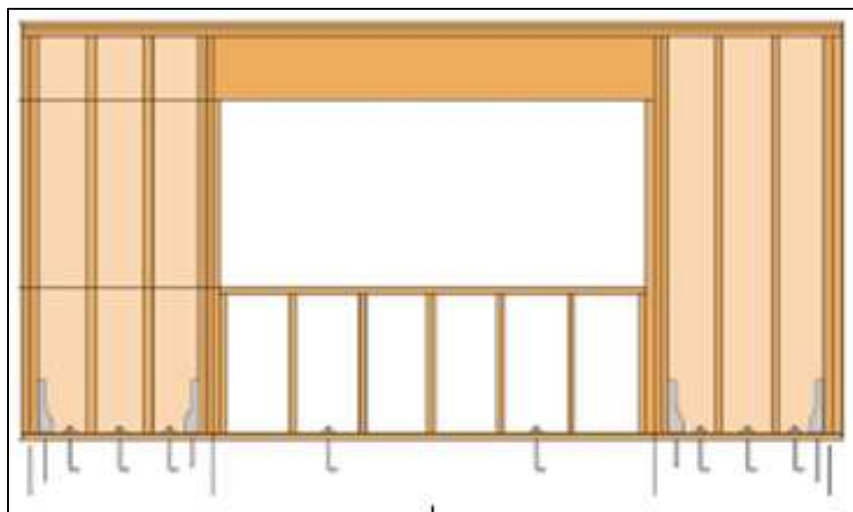


Figura 3. Muro de corte de madera segmentado. Fuente: (WoodWorks - Wood Product Council, 2016)

- **Muros perforados:** son muros con aberturas que no están diseñados para transferir esfuerzos de los segmentos adyacentes (ver Figura 4), y tienen las siguientes consideraciones o limitaciones:
 - Las secciones de muro que se encuentran por encima o por debajo de las aberturas no se consideran.
 - En los extremos de cada segmento de muro con altura total, se requieren elementos de anclaje o sujeción.
 - Se debe disponer de conectores de transferencia de esfuerzos de cortes a lo largo de toda la línea del muro.

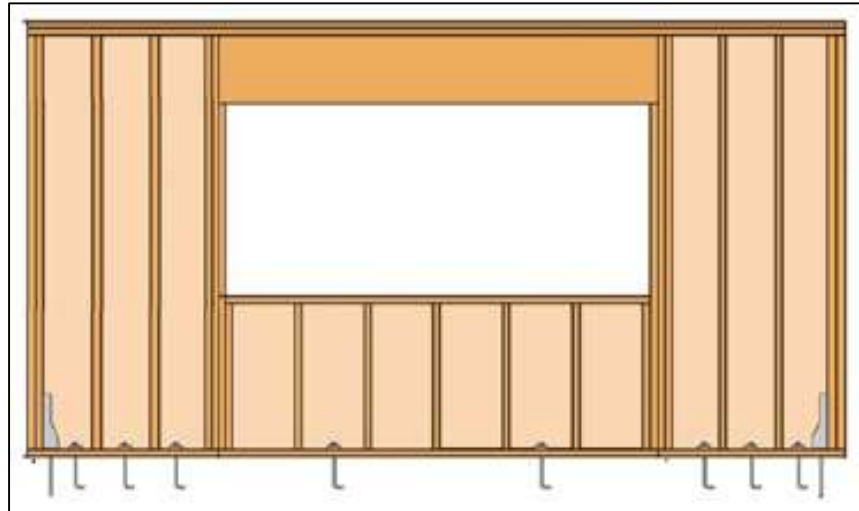
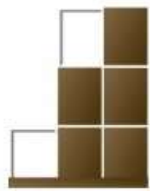


Figura 4. Muro de corte de madera perforado. Fuente: (WoodWorks - Wood Product Council, 2016)

- **Muros de acople:** son muros con aberturas que están diseñados para transferir esfuerzos de los segmentos adyacentes (ver Figura 5), y tienen las siguientes consideraciones o limitaciones
 - Deben ser segmentos de muros en toda la altura del piso a cada extremo de los muros.
 - Se deben utilizar placas metálicas para transferir el esfuerzo de tracción producido por la transferencia de cargas.
 - Se debe disponer de conectores para transferencia de esfuerzos de corte a lo largo de toda la línea del muro.

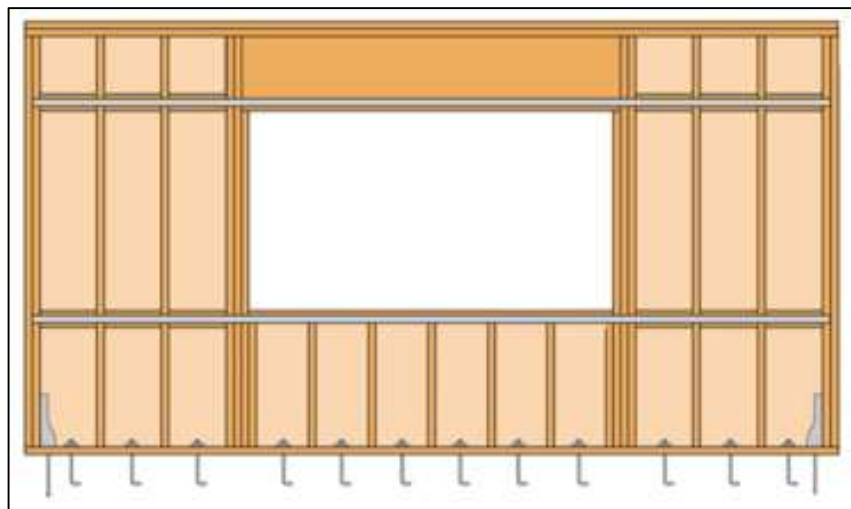


Figura 5. Muro de corte de madera acoplado por vigas y placas metálicas Fuente: (WoodWorks - Wood Product Council, 2016)

Los valores del corte nominal unitario (para los casos sísmicos y de viento) y del módulo de corte se obtienen de la tabla 4.3A de la norma SDPWS.



En ella se señalan valores de diseño para un muro arriostrado con paneles estructurales. Adicionalmente se detallan valores nominales para muros que, además de contar con el panel estructural, emplean para el sistema de arriostramiento yeso cartón. Para efectos de este trabajo solo se considerarán muros arriostrados mediante paneles estructurales de madera tipo Sheathing, tipos de clavos 6d y 8d (que son los comúnmente utilizados en Chile), y los valores están en las unidades del sistema internacional de medidas para que pueda hacerse uso a nivel nacional.

Material de revestimiento	Espesor nominal de la placa arriostrante [mm]	Penetración mínima del sujetador en el elemento de encauadre o bloqueo [mm]	Tipo y tamaño de clavo	Caso sísmico				Caso Viento			
				Espacio entre los sujetadores del borde del				Espacio entre los sujetadores del borde del			
				150	100	75	50	150	100	75	50
Paneles estructurales de madera - Tipo Sheathing	7,9	31,8	6d	Vs [N/mm]	Vs [N/mm]	Vs [N/mm]	Vs [N/mm]	Vw [N/mm]	Vw [N/mm]	Vw [N/mm]	Vw [N/mm]
	9,5			5,25	7,88	10,22	13,13	7,37	11,02	14,30	18,39
Tipo Sheathing	9,5	35,0	8d	Vs [N/mm]	Vs [N/mm]	Vs [N/mm]	Vs [N/mm]	Vw [N/mm]	Vw [N/mm]	Vw [N/mm]	Vw [N/mm]
	11,1			5,84	8,76	11,38	14,88	8,17	12,26	15,91	20,87
	11,9			6,42	9,34	11,97	15,47	8,97	13,06	16,78	21,67
				7,00	10,22	13,13	17,07	9,78	14,30	18,39	23,93
				7,59	11,09	14,30	18,68	10,65	15,54	19,99	26,12

Tabla 1: Obtención valores de corte nominal unitario. Fuente: Elaboración propia.



Material de revestimiento	Espesor nominal de la placa arriostrante [mm]	Penetración mínima del sujetador en el elemento de encuadre o bloqueo [mm]	Tipo y tamaño de clavo	Modulo de corte																				
				Espacio entre los sujetadores del borde del panel [mm]																				
				150			100			75			50											
				OSB [N/mm]	PLY [N/mm]	Ga [N/mm]	OSB [N/mm]	PLY [N/mm]	Ga [N/mm]	OSB [N/mm]	PLY [N/mm]	Ga [N/mm]	OSB [N/mm]	PLY [N/mm]	Ga [N/mm]									
Paneles estructurales de madera - Tipo Sheathing	7,9	31,8	6d	2.277	1.664	3.152	2.101	4.203	2.452	6.479	3.152	2.277	1.926	2.627	1.926	3.502	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277		
	9,5	35,0		8d	1.926	1.489	2.627	1.926	3.853	2.452	4.903	2.977	3.677	2.627	1.926	2.452	4.903	2.977	2.977	2.977	2.977	2.977	2.977	
	9,5			2.977	2.101	4.378	2.627	5.429	2.977	7.880	3.502	2.977	2.101	3.853	2.452	4.903	2.977	2.977	2.977	2.977	2.977	2.977	2.977	
	11,1			2.627	1.926	3.327	2.277	4.378	2.627	6.830	3.502	2.627	1.751	3.327	2.277	4.378	2.627	2.627	2.627	2.627	2.627	2.627	2.627	2.627
	11,9			2.277	1.751	3.327	2.277	4.378	2.627	6.830	3.502	2.627	1.751	3.327	2.277	4.378	2.627	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277

Tabla 2: Valores del módulo de corte. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas anteriores, los valores dependen del tipo de clavo a utilizar, el espaciamiento hacia la zona perimetral y el espesor de la placa arriostrante. Con relación al módulo de corte, se debe considerar el material de la placa arriostrante.



El cálculo de la deformación depende de los factores correctivos que se deben aplicar a los valores obtenidos de las tablas anteriormente descritas, por el cual incide de manera directa en este resultado, la metodología de diseño elegida.

5. RELACIONES DE ASPECTO Y FACTOR DE AJUSTE A LA CAPACIDAD DEL MURO DE CORTE

La medida y forma de los muros de corte estarán limitadas a las relaciones de aspecto. Como en Chile solo se trabaja con paneles estructurales de madera bloqueados, la relación de aspecto máxima permitida para los muros de corte no debe exceder la relación 3,5:1.

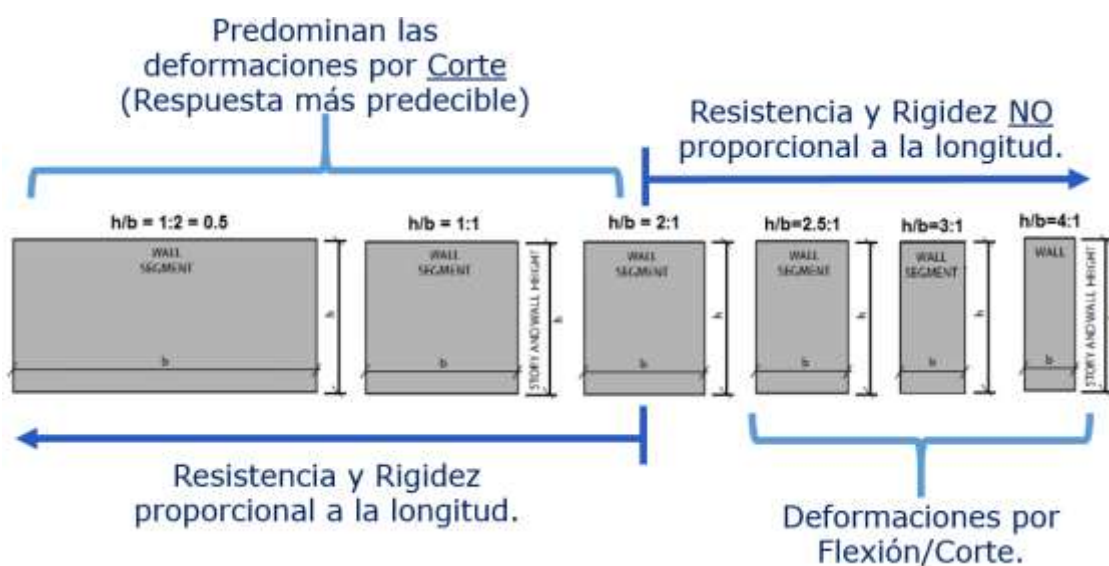


Figura 6: Relaciones de forma o aspecto h/b

5.1. Factores correctivos

Para aquellos muros de corte de madera con relaciones de aspecto mayores que 2:1, la capacidad de corte unitaria nominal deberá ser multiplicada mediante unos de los dos métodos siguientes:

5.1.1. Cálculo de deformación equivalente

Para aquellos muros de corte con panel estructural que posean una relación de aspecto mayores que 2:1, la capacidad de corte nominal unitaria se debe multiplicar por un factor de ajuste por fuerza.

$$WSP = 1,25 - 0,125h/b_s. \quad (2)$$



5.1.2. Cálculo de deformación equivalente

En forma paralela, la capacidad de corte nominal unitaria de los muros de corte con panel estructural que posean una relación de aspecto mayor a 2:1, se puede multiplicar por un factor de ajuste por rigidez.

$$2b_s/h \quad (3)$$

En este caso, en la distribución de esfuerzos de corte hacia los segmentos de altura total individuales se permitirá tomar un proporcional a las capacidades de corte de los segmentos de altura total individuales usados en el diseño.

Los muros corregidos mediante este factor no deben ser corregidos por el parámetro de deformación equivalente.

5.2. Cálculo de esfuerzos de tracción y compresión

5.2.1. Para muros de corte segmentados

Los esfuerzos de tracción y compresión que debe soportar el sistema de sujeción del muro se calcula de la siguiente forma:

$$T = C = \frac{vh}{L'} \quad (4)$$

Donde:

C= Esfuerzo de compresión.

h= Altura del muro.

T= Esfuerzo de tracción.

v= Corte de diseño.

L'=distancia de anclajes

5.2.1. Para muros de corte perforados

Cada extremo del muro de corte perforado deberán ser diseñados para soportar los esfuerzos de compresión como de tensión. Estos esfuerzos se calculan mediante la expresión:

$$T = C = \frac{vh}{C_0 \sum L_i} \quad (5)$$

Donde:

Co= Factor de ajuste a la capacidad del muro de corte.

v= Corte de diseño unitario.



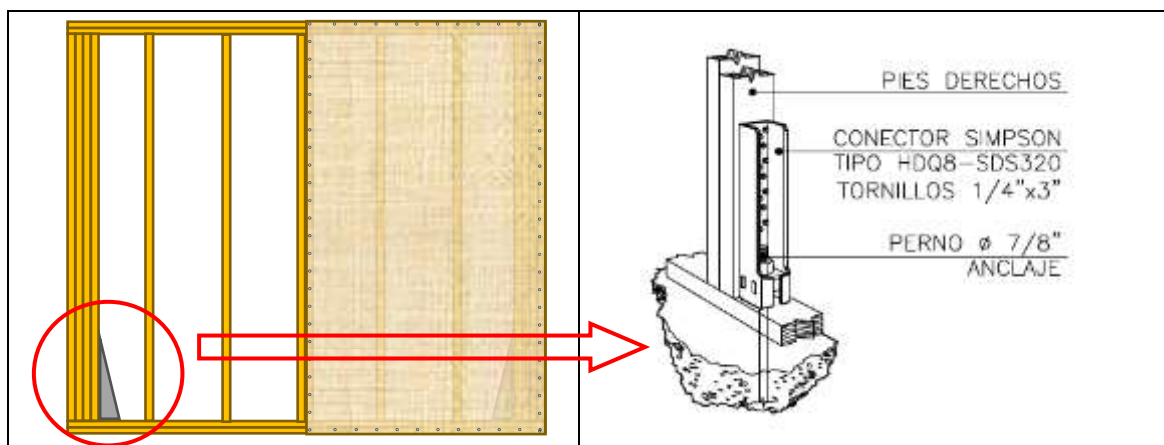
$\sum L_i$ = Sumatoria de las longitudes individuales de cada panel, descontando los largos de las ventanas y puertas.

Las longitudes con una relación de aspecto mayores que 2:1 solo se deben ajustar mediante el método de factor de ajuste.

5.3. Anclajes

Los esfuerzos de tracción y compresión que se generan en los muros de corte deben ser correctamente anclados tanto a la estructura del muro como a las fundaciones. Esto con el fin de validar el cálculo teórico de las deformaciones laterales que se indican en este documento.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar diferentes proveedores con este tipo de soluciones de ingeniería, quienes entregan a través de catálogos la capacidad de los anclajes y sus respectivas rigideces, facilitando el diseño de los muros con el sistema plataforma.



6. CONCLUSIONES

La investigación desarrollada en este trabajo ayuda a generar una guía para el diseño de muros de corte para el sistema marco plataforma, acortando la brecha de diseño que existe actualmente para este sistema constructivo en Chile.

La metodología planteada en este trabajo se adapta a los requerimientos de los distintos materiales utilizados en el mercado Chileno, tales como como clavos, placas de OSB, madera aserrada, tipos de anclajes, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SDPWS (2015), Special Design Provisions for Wind & Seismic, American Wood Council.
- NCh1198 Of.2014 Madera – Construcciones en madera – Cálculo. Instituto Nacional de Normalización, INN. Santiago, Chile.
- Bryan D Wert, MS, PE, SECB (2016), Diseño de muros de corte según la norma SDPWS. Simpson Strong-Tie.