



JIDeTEV

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



JIDeTEV- Año 2022 -ISSN 2591-4219

Modelo de barras con diagonal equivalente aplicable al estudio de deformaciones laterales en muros de corte de madera

Diego A. García^{a, b*}, Guido M. Alfonso^a, Angela B. Alvez, Florencia N. Villalba Castillo^a, María Belén Ramos Baez^a, Nicolas I. Guidura^a y Brihan E. Gerhardt^a

^a Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC), Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina
e-mails: diego.garcia@fio.unam.edu.ar, gmalfonso14@gmail.com, angelabelenañvez@gmail.com, villalbacastillofn@gmail.com, belenramosbaez@gmail.com, nicolas.ivan.guidura@gmail.com, gerhardtezequiel28@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta el estudio de las deformaciones ante cargas laterales de muros de corte de madera mediante el modelo de diagonal equivalente. En una edificación en madera, estos muros tienen el objetivo de conducir las cargas horizontales que actúan sobre la edificación a la fundación de la misma confiriendo un adecuado grado de rigidez al conjunto. Dentro de este tipo de cargas se encuentran las cargas generadas por el sismo y la acción del viento, siendo esta última la más importante para nuestra región. Un muro de corte, en su configuración más común, está compuesto de un bastidor de forma rectangular formado por piezas de madera aserrada al cual se le añade una placa, de material derivado de la madera, mediante clavos perimetrales y centrales en uno de los lados del bastidor. Para el estudio de las deformaciones laterales se presenta el desarrollo del modelo de diagonal equivalente, el cual es luego implementado en el software SAP2000 y en un código que desarrolla el método matricial para estructuras de barras. Se estudian las respuestas estructurales para distintas configuraciones de diseño y se comparan los resultados del modelo con el objetivo de implementarlo luego, en próximas etapas, en el modelado de una construcción completa de madera.

Palabras Clave – Construcciones con madera, Deformaciones laterales, Muros de corte, Modelo de diagonal equivalente.

1 Introducción

Actualmente, en el ámbito de la construcción de viviendas, se implementan en nuestro país programas para la ejecución de las mismas con materiales no tradicionales que promuevan el uso eficiente de la energía y la sustentabilidad. Algunos de los programas financian la construcción de viviendas con uso intensivo de la madera, como material sustentable. El sistema constructivo en madera de mayor difusión en nuestra región es el denominado de entramado ligero, en el cual, a partir de un bastidor de madera y un sistema de capas, con distintas finalidades (sostén estructural, aislación, arriostamiento, etc.) se obtienen paneles que pueden utilizarse en la ejecución de las paredes de las viviendas. Estos elementos surgen de un proceso totalmente industrializado, actuando como dinamizador de las industrias locales constituyéndose en una alternativa competitiva. Estos paneles están constituidos por varios elementos, una configuración multicapa, a saber: una estructura resistente o bastidor, una cubierta la cual puede ser de machimbre o placas de terminación, placas multilaminadas o tableros de virutas (Oriented Strand Board, OSB) que confieren arriostamiento, una aislación hidráulica, una aislación térmica y un revestimiento inferior. Desde diversos organismos

*Autor en correspondencia.

relacionados con la construcción en la Provincia de Misiones como ser el Instituto Provincial de Desarrollo Habitacional (IPRODHA) y la Asociación de Productores, Industriales y Comerciantes Forestales de Misiones y Norte de Corrientes (APICOFOM) se plantea la necesidad de evaluar objetivamente el comportamiento mecánico estructural como alternativa competitiva a los sistemas de construcción tradicionales que utilizan distintos tipos de mampuestos. El sistema constructivo de entramado ligero de madera está dentro de los sistemas constructivos más utilizados en los países productores de madera, como Canadá y Estados Unidos entre otros. Dentro de los atributos de este sistema se encuentran la prefabricación, velocidad de construcción, eficiencia energética y en general su versatilidad ayuda a potenciar soluciones sustentables con el medio ambiente. Uno de los problemas que deben enfrentar los ingenieros que desarrollan sus proyectos con este sistema constructivo, es saber aplicar correctamente todas las variables que se involucran en un muro de corte tales como la cantidad de pies derecho, el espaciado de clavos, sistema de anclaje, placas de OSB, etc.

Dentro de este sistema, es común emplear muros de corte como parte principal del sistema resistente lateral para soportar las cargas horizontales generadas por los movimientos sísmicos y la acción del viento, siendo esta última la de mayor preponderancia para nuestra zona geográfica. Tradicionalmente, un muro de corte individual consiste de un marco o bastidor de madera de 1.2 m de largo y 2.4 m de alto compuesto de piezas verticales denominadas pie-derechos de escuadría 2x4 pulgadas espaciados a 600 mm, de piezas horizontales denominadas soleras formadas por miembros individuales también de 2x4 pulgadas ubicadas en los extremos formando un bastidor en conjunto con los pies derechos, y anclajes tipo hold-downs convencionales en las esquinas para prevenir el volcamiento. La resistencia lateral es proporcionada mediante tableros de OSB o multilaminados fenólicos de 9 a 11 mm de espesor colocados en un lado del muro, unidos al marco de madera a través de clavos helicoidales espaciados a 150 mm en los bordes exteriores y a 300 mm en el interior, como configuración tradicional de clavado.

En el presente trabajo se presenta el desarrollo del modelo de diagonal equivalente para ser aplicado a un sistema de barras utilizado para el estudio de las deformaciones horizontales de un muro de corte de madera [1-2]. Se presenta el desarrollo del modelo, el cual luego se implementa en el software SAP2000 y en un código que desarrolla el método matricial para análisis de estructuras de barras. Los resultados del modelo son comparados con las expresiones teóricas de las deformaciones [3], con el objetivo de emplearse, en etapas futuras del proyecto, al estudio de la respuesta estructural completa de madera. El modelo se aplica utilizando propiedades mecánicas de especies de madera cultivadas en la provincia de Misiones las cuales son aceptadas para el uso estructural en el país a través del Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601 [4]. Se presentan resultados para las configuraciones más comunes empleadas en nuestra región.

2 Materiales y métodos

El muro de corte o panel de madera utilizado en el sistema constructivo de marco plataforma, es un tipo de sistema estructural, en el cual todas sus partes componentes con su desempeño específico, aportan a la rigidez y resistencia tanto lateral como vertical. En la Figura 1 se observa un muro de corte preparado para ser ensayado en laboratorio ante la acción de cargas horizontales [5].



Figura 1: Muro de corte con placa arriostrante de OSB [5].

Es un tema de interés en la Ingeniería Civil el poder calcular las deformaciones horizontales de este tipo de muros. En este trabajo se estudiarán las deformaciones horizontales a través del desarrollo de un modelo de diagonal equivalente, el cual se describe a continuación.

2.1 Modelo de diagonal equivalente

Este método se utiliza para modelar la respuesta lateral, en términos de deformaciones, del muro de corte. Se basa en definir un elemento diagonal ficticio, que representa adecuadamente la rigidez lateral del muro en cuestión [1-2]. Consiste en un marco infinitamente rígido el cual está perfectamente articulado en los extremos y contiene 1 diagonal flexible axialmente a la tracción. Bajo este mecanismo, la diagonal toma toda la carga lateral y simplemente deben compatibilizarse los desplazamientos axiales de la barra con los desplazamientos laterales del muro. La barra se define como un elemento de reticulado, que solo admite fuerzas a tracción, es isótropa con un módulo de elasticidad arbitrario y de sección transversal circular.

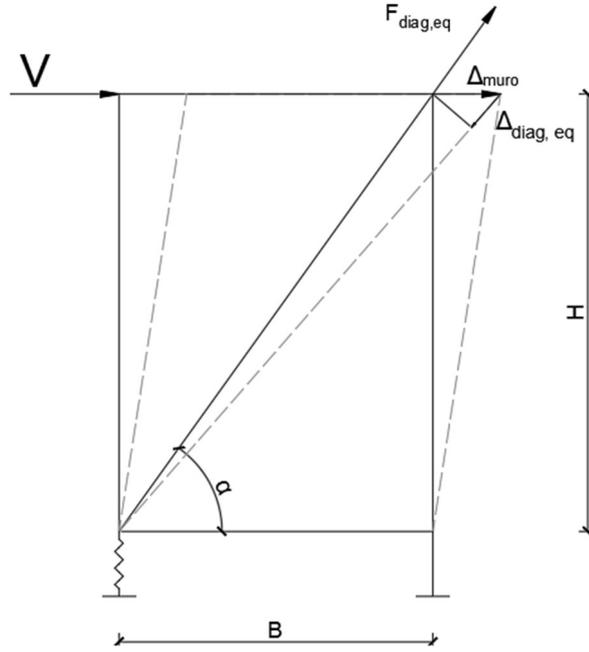


Figura 2: Modelo de marco de elementos de barra con diagonal equivalente [1].

Asumiendo pequeñas deformaciones, se puede establecer la relación de rigideces entre muro y diagonal, compatibilizando desplazamientos por simples relaciones trigonométricas de acuerdo al ángulo de la diagonal (α):

$$K_{eq,muro} = \frac{V}{\Delta_{muro}} = \frac{F_{diag,eq} * \cos \alpha}{\Delta_{diag,eq} / \cos \alpha} = K_{diag,eq} * \cos^2 \alpha \quad (1)$$

Dado que para la barra ficticia podemos definir su rigidez axial como:

$$K_{diag,eq} = \frac{A_{diag,eq} * E_{diag,eq}}{L_{diag,eq}} \quad (2)$$

Se puede determinar el área necesaria de la barra como:

$$A_{diag,eq} = \frac{K_{eq,muro} * L_{diag,eq}}{\cos^2 \alpha * E_{diag,eq}} \quad (3)$$

en donde, si conocemos la rigidez equivalente del muro se determina el radio de la diagonal como:

$$r_{diag,eq} = \sqrt{\frac{K_{eq,muro} * b_{muro}}{\pi * \cos^3 \alpha * E_{diag,eq}}} \quad (4)$$

Este modelo tiene la ventaja respecto de otros, en que puede modelar la respuesta lateral con una precisión aceptable de forma extremadamente eficiente desde el punto de vista del costo computacional. A pesar de ello, la principal desventaja del modelo es que no permite emular la rigidez axial, pero a los fines de la presente investigación, el parámetro de interés es la rigidez lateral, por lo tanto, este método resulta adecuado.

Luego, para la implementación del modelo es necesario obtener la rigidez lateral equivalente del muro $K_{eq,muro}$, para ello se utiliza un modelo de resortes en serie donde cada uno de ellos representa la contribución de un componente de deformación: la rigidez a flexión (K_F) y la rigidez a corte (K_Q) que incluye la deformación cortante en placa y en medios de unión.

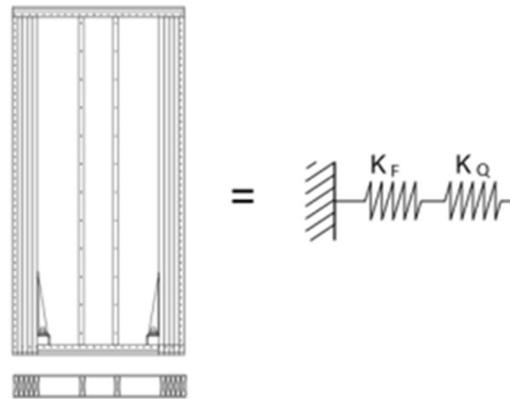


Figura 3: Ilustración de rigideces equivalentes en serie.

De esta manera, tendremos que la rigidez lateral equivalente del sistema será igual a:

$$K_{eq,muro} = \left(\frac{1}{K_F} + \frac{1}{K_Q} \right)^{-1} \quad (5)$$

Para la obtención del componente de rigidez relacionado a la flexión del muro, se utilizó la siguiente expresión:

$$K_F = \frac{3EAB^2}{2H^3} \quad (6)$$

en donde: A es el área total de los pies derechos de borde, B es la dimensión de la base del muro, E es el módulo de elasticidad y H es la altura del muro.

Para la obtención del componente de rigidez relacionado al corte, se utilizaron dos alternativas. La primera utilizando la expresión de la norma de Estados Unidos, Special Design Provisions for Wind and Seismic (SDPWS) [6] la cual establece el termino de deformación por corte, del cual se desprende la rigidez como:

$$K_Q = \frac{GaB}{H} \quad (7)$$

en donde, además de los parámetros presentados anteriormente, se incluye el módulo de corte aparente G_a . Este parámetro utiliza en forma combinada el efecto de la deformación por corte de las placas de arriostamiento y de la deformación en los medios de unión entre la placa arriostrante y las piezas de madera aserrada que forman el bastidor. Por otro lado, se utilizó la propuesta de Moroder [1] para la evaluación de la rigidez global a corte. En la misma, se consideran los efectos de la deformación por corte en la placa y en el medio de unión de manera separada. Las cuales se evalúan a través de las siguientes expresiones:

$$K_C = \frac{G_v t_v B}{H} \quad (8)$$

para la rigidez a corte de la placa, en donde G_v es el módulo de corte de la placa arriostrante y t_v es el espesor de la placa,

$$K_{uh} = \frac{K_{ser} b B}{2sH} \quad (9)$$

para la rigidez de los medios de unión colocados en las hileras horizontales, en donde k_{ser} es el módulo de deslizamiento del elemento unión, s es la separación entre clavos, b es la distancia horizontal entre ejes de paneles, dado que la expresión admite utilizar secciones menores de paneles, y finalmente,

$$K_{uv} = \frac{K_{ser} h B}{2sH} \quad (10)$$

para la rigidez de los medios de unión colocados en las hileras horizontales, en donde h es la distancia vertical entre ejes de paneles, dado que la expresión admite utilizar secciones menores de paneles.

El módulo de deslizamiento instantáneo del elemento unión o rigidez del medio de unión (K_{ser}), puede obtenerse con la siguiente ecuación [4]:

$$K_{ser} = \frac{\rho_M^{1,5} D^{0,8}}{25} \quad (11)$$

expresada en unidades de fuerza por unidad de longitud, en donde D es el diámetro de los clavos y ρ_M es la media geométrica de las densidades de los elementos de madera intervinientes en la unión. La misma se obtiene como:

$$\rho_M = \sqrt{\rho_{M1} \rho_{M2}} \quad (12)$$

en donde ρ_{M1} es la densidad de las piezas aserradas que forman los bastidores y ρ_{M2} es la densidad teniendo la densidad de la placa arriostrante [7]. Finalmente, la rigidez equivalente del muro puede expresarse como:

$$K_{eq,muro} = \left(\frac{1}{K_F} + \frac{1}{K_C} + \frac{1}{K_{uh}} + \frac{1}{K_{uv}} \right)^{-1} \quad (13)$$

3 Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de aplicar el modelo de diagonal equivalente con distintas configuraciones de armado de muros de corte. El esquema utilizado es el siguiente:

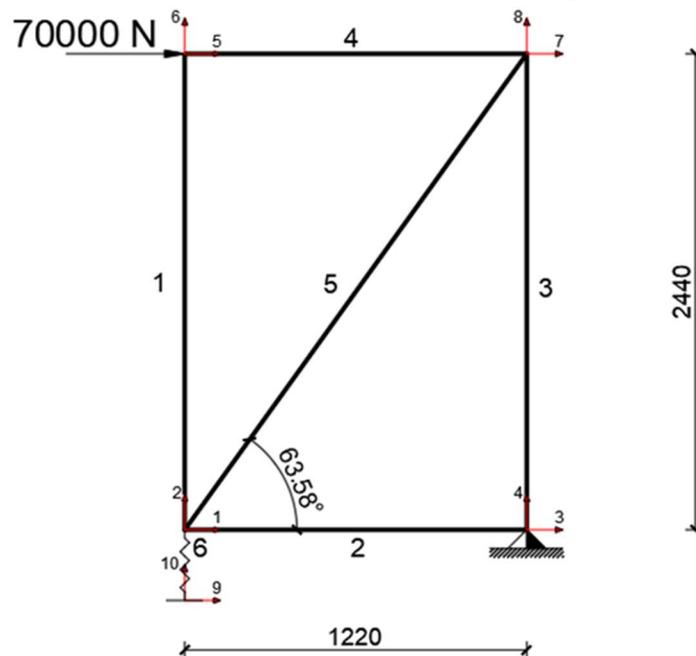


Figura 4: Modelo de barras con diagonal equivalente implementado.

Las dimensiones en el gráfico están expresadas en milímetros, en este caso con una carga horizontal de referencia de 70 kN utilizada de comparación. Este mismo sistema se reprodujo en primera instancia en el programa SAP2000 y luego utilizando el método matricial, esto para ser utilizado en etapas posteriores de forma automatizada.

La Figura 5 muestra el modelado del sistema de barras en el programa SAP2000. La figura de la izquierda muestra el modelo de barras del muro de corte de madera sin carga aplicada con un resorte en el nudo inferior izquierdo y empotrado en el nudo inferior derecho en donde también se observan las coordenadas locales correspondientes a cada nudo. En la figura de la derecha, se observa la deformación horizontal del sistema ante la acción de una carga lateral.

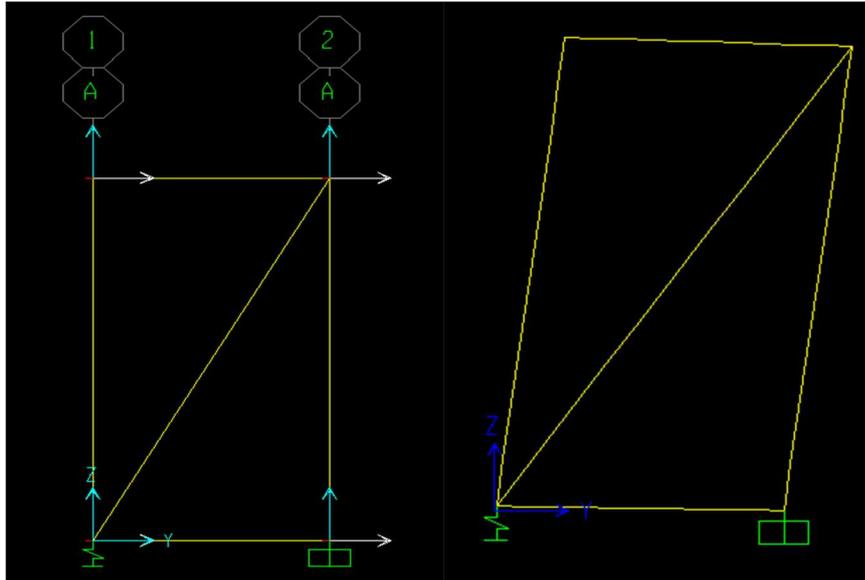


Figura 5: Modelo de barras con diagonal equivalente implementado en el software SAP2000. Izquierda: sistema indeformado, derecha: sistema deformado una vez aplicada la carga.

A continuación, se presenta el estudio de las deformaciones horizontales obtenidas empleando el modelo de barras utilizando una placa de multilaminado como elemento arriostrante [7]. Se utilizaron espesores de placa de 9 y 12 mm, y separaciones de clavos de 150, 200, y 250 mm. Dichas deformaciones se presentan en la siguiente tabla con una variación de carga aplicada sobre la misma de entre 10 y 70 kN con el fin de llegar a obtener deformaciones máximas iguales a 100 mm. En la Tabla 1 se presentan las deformaciones obtenidas, en donde se observa una mayor rigidez para aquellas placas de un espesor de 12 mm. Las mayores deformaciones se obtienen con la placa de 9 mm con una separación entre clavos de 250 mm.

Tabla 1: Deformación en mm, determinado por modelado en SAP2000 placas arriostrantes de madera multilaminada.

Deformaciones SAP (mm)						
Carga (KN)	Espesor 9 mm			Espesor 12 mm		
	Sep. entre clavos (mm)			Sep. entre clavos (mm)		
	150	200	250	150	200	250
10	15.67	17.54	19.41	14.25	16.12	18.00
20	31.33	35.08	38.81	28.50	32.24	35.99
30	47.00	52.62	58.22	42.71	48.37	53.99
40	62.66	70.16	77.63	57.00	64.49	71.98
50	78.33	87.70	97.03	71.25	80.61	89.98
60	93.99	105.23	116.44	85.50	96.76	107.97
70	109.66	122.77	135.85	99.75	112.86	125.97

En función de los resultados presentados, se observa que a mayor espesor de la placa arriostrante multilaminada aumenta la rigidez obteniendo así menores deformaciones. Dicha situación difiere con la variación de la separación entre clavos, ya que la deformación va creciendo a medida que se aumenta la separación. Para una mejor visualización de las deformaciones se presenta en la Figura 6 una gráfica de deformación en función de la carga. Se consideró una deformación límite de 10 cm. Se observa que dicha situación de falla se alcanzada para los distintos casos con una carga aplicada de entre 50 y 70 KN. También es interesante observar que, con un espesor de placa menor, en este caso 9 mm, se pueden alcanzar situaciones de rigidez equivalente a aquellas con una placa de 12 mm de espesor modificando la separación de los clavos.

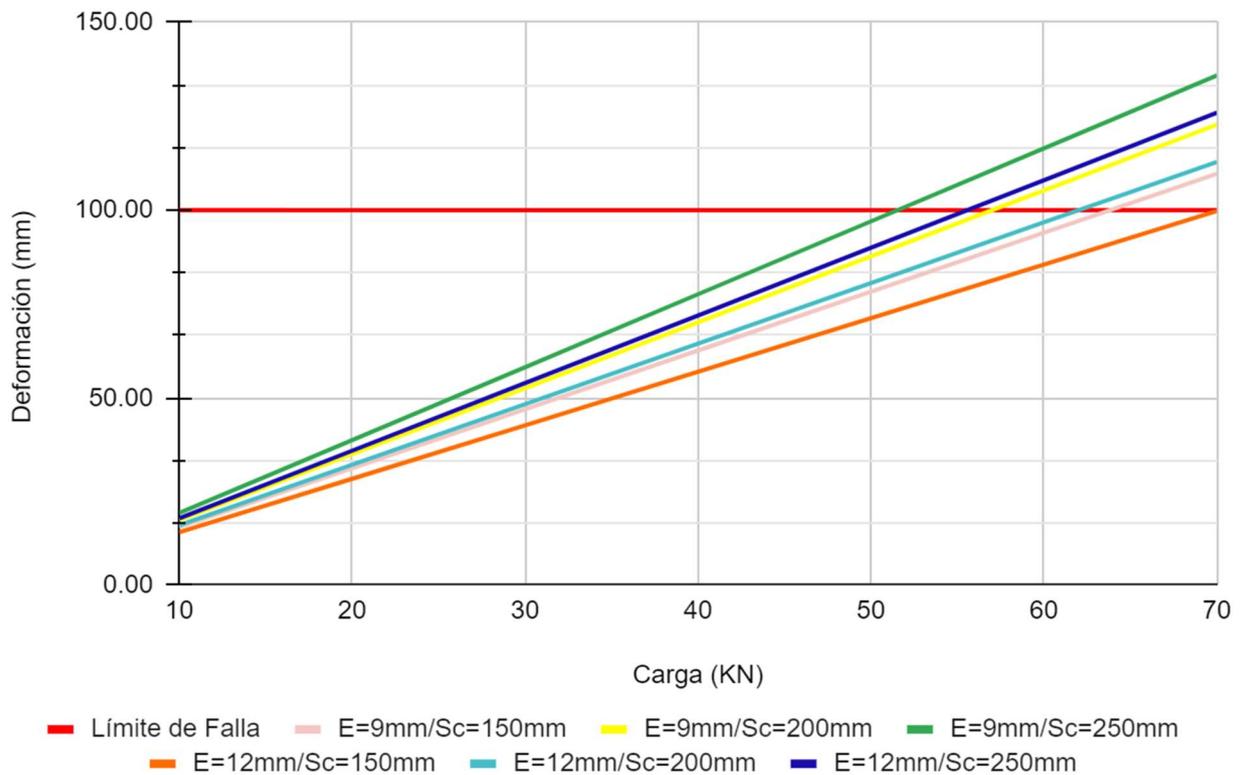


Figura 6: Grafico de resultados deformación en función de la carga para las distintas configuraciones de muros de corte consideradas utilizando placas arriostrantes de madera multilaminada.

Luego, se realizó el mismo estudio utilizando placas arriostrantes de OSB (Oriented Strand Board) como elemento principal arriostrante [7]. Al igual que en el caso anterior, se utilizaron espesores de placa de 9 y 12 mm, y separaciones de clavos de 150, 200, y 250 mm. Dichas deformaciones se presentan en la siguiente tabla con una variación de carga aplicada sobre la misma de entre 10 y 90 kN con el fin de llegar a obtener deformaciones máximas iguales a 10 cm. En la Tabla 2 se presentan las deformaciones obtenidas, en donde se observa una mayor rigidez para aquellas placas de un espesor de 12 mm. Las mayores deformaciones se obtienen con la placa de 9 mm con una separación entre clavos de 250 mm.

Tabla 2: Deformación en mm, determinado por modelado en SAP2000 placas arriostrantes de OSB.

Deformaciones SAP (mm)						
Carga (KN)	Espesor 9 mm			Espesor 12 mm		
	Sep. entre clavos (mm)			Sep. entre clavos (mm)		
	150	200	250	150	200	250
10	11,94	13,82	15,69	11,54	13,41	15,28
20	23,89	27,64	31,38	23,08	26,82	30,56
30	35,84	41,45	47,08	34,62	40,23	45,84
40	47,78	55,27	62,77	46,16	53,64	61,13
50	59,73	69,09	78,46	57,7	67,06	76,41
60	71,67	82,91	94,16	69,24	80,47	91,69
70,00	83,62	96,73	109,85	80,78	93,88	106,97
80,00	95,56	110,55	-	92,32	107,30	-
90,00	107,51	-	-	103,86	-	-

En función de los resultados obtenidos, se puede observar que a medida que aumenta la separación entre clavos, la placa alcanza el desplazamiento límite a menor carga, es decir que si éstos se encuentran a una menor distancia proporcionan una mayor rigidez. Ahora bien, fijando el espaciamiento entre clavos y variando el espesor de la placa, se puede señalar que ambos casos alcanzan la deformación límite a valores de carga muy cercanos, quedando demostrado para los casos analizados que el factor de mayor incidencia en la rigidez es la separación entre clavos. Para una mejor visualización de las deformaciones se presenta en la Figura 7 una gráfica de deformación en función de la carga. Definiendo una deformación límite de 100 mm, se observa que dicha situación de falla se alcanza por los distintos casos con una carga aplicada de entre 70 y 105 kN. Este aumento en el rango de carga en relación al caso anterior se debe mayor módulo de corte que posee una placa de OSB en relación a una placa de multilaminado. También es interesante observar que, con un espesor de placa menor, en este caso 9 mm, se pueden alcanzar situaciones de rigidez equivalente a aquellas con una placa de 12 mm de espesor modificando la separación de los clavos.

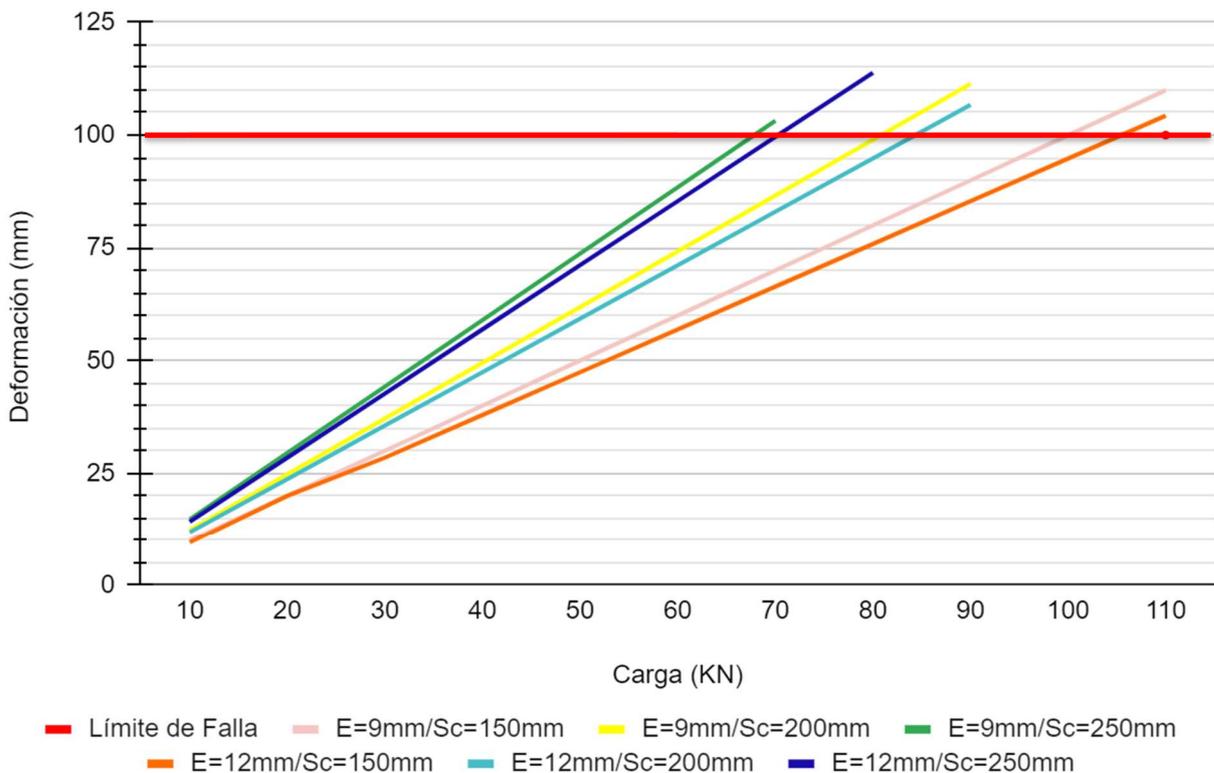


Figura 7: Grafico de resultados deformación en función de la carga para las distintas configuraciones de muros de corte consideradas utilizando placas arriostrantes de OSB.

Finalmente, mediante la aplicación del método matricial, aplicable a sistemas reticulados, se ha desarrollado un código que permitirá modificar las variables de forma más rápida con menor costo computacional y estudiar la influencia de los parámetros. Este código ha sido comparado luego con los resultados obtenidos de la aplicación de las ecuaciones de deformaciones y los resultados provenientes del modelo de elementos finitos del SAP2000. Para los pies derechos se consideraron secciones rectangulares de 2 x 4 pulgadas de lado y de una longitud de 2.440m, para la solera las mismas características de sección y de largo de 1.220 m, en cuanto al material, para este caso, se consideraron los parámetros de diseño para la especie *pino Paraná* aserrada clasificada por resistencia como tipo II [4], de manera similar para la diagonal equivalente. El anclaje tipo hold down fue modelado como un resorte, Figura 4. Se determinaron las matrices de rigidez locales de cada elemento barra con deformación axial, luego se realiza el ensamble para determinar la matriz de rigidez global del sistema y se define el vector de carga para finalmente obtener las deformaciones del sistema mediante la siguiente ecuación:

$$\{F\} = [Kg] * \{U\} \quad (14)$$

en donde: F es el vector de cargas aplicadas, U es el vector de deformaciones axiales y Kg es la matriz de rigidez global del sistema. La matriz de rigidez de cada elemento se definió de la siguiente manera:

$$K = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} \cos^2 \alpha & \sin \alpha \cos \alpha & -\cos^2 \alpha & -\sin \alpha \cos \alpha \\ \sin \alpha \cos \alpha & \sin^2 \alpha & -\sin \alpha \cos \alpha & -\sin^2 \alpha \\ -\cos^2 \alpha & -\sin \alpha \cos \alpha & \cos^2 \alpha & \sin \alpha \cos \alpha \\ -\sin \alpha \cos \alpha & -\sin^2 \alpha & -\cos^2 \alpha & \sin^2 \alpha \end{bmatrix} \quad (15)$$

en donde: E es el módulo de elasticidad del material de la barra igual a 7700 MPa, A es la sección transversal de la barra igual a 5161.3 mm² para soleras y pies derechos y a 1791.62 mm² para la diagonal equivalente, L es la longitud de la barra y α es el ángulo de la barra con respecto al eje global. Utilizando adicionalmente una placa de OSB con espesor de 9 mm y una separación de clavos de 150 mm. Con estos datos se obtuvieron los parámetros de la diagonal equivalente, y se desarrolló el modelo para su verificación. Con el código desarrollado se obtuvo una deformación de 10.2 cm, mientras que aplicando la ecuación de deformaciones y mediante el modelo en el software SAP2000 se obtuvieron deformaciones de 10.5 cm y 10.9 cm, respectivamente.

4 Conclusiones

Se ha presentado el desarrollo de un modelo de barras con diagonal equivalente para el estudio de las deformaciones laterales en muros de corte de madera empleados en el sistema constructivo de entramado ligero. Aplicando el modelo a las configuraciones más usuales en la región se han obtenido valores de deformaciones identificándose los parámetros más influyentes y las condiciones para las cuales se pueden obtener configuraciones de similar rigidez variando el espesor de las placas arriostrantes y la separación entre clavos de unión de las placas a los bastidores de madera aserrada. Mediante la aplicación del método matricial de cálculo de estructuras de barras se ha implementado el modelo en un código que permitirá, en etapas futuras del proyecto de investigación, estudiar con un menor costo computacional la respuesta estructural y la influencia de distintos parámetros.

En etapas futuras, se pretende aplicar el modelo de barras con diagonal equivalente al estudio de una vivienda construida en madera mediante el sistema de entramado ligero. Se espera que el modelo contribuya al estudio estructural de este sistema constructivo y permita consolidar el uso de la madera en el ámbito de la construcción en nuestra región.

Referencias

- [1] Moroder D, "Floor diaphragms in multi-storey timber building", PhD thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, 2016.

- [2] Guindos P. “Modelación numérica”, en *Conceptos avanzados del diseño estructural con madera, Parte II*, 1ra edición, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 2019.
- [3] Guindos P. “Estabilidad lateral y diseño sismorresistente”, en *Conceptos avanzados del diseño estructural con madera, Parte I*, 1ra edición, Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 2019.
- [4] Reglamento Argentino de Estructuras de Madera CIRSOC 601. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)-Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, 2016.
- [5] Opazo AI, *et al*, “Modelación numérica no lineal de muros de corte de madera sometidos a cargas laterales monotónicas”, II Congreso Latinoamericano de Estructuras de Maderas + II Congreso Ibero-Latinoamericano de la Madera en la Construcción (CLEM+CIMAD), Junín, Buenos Aires, Argentina, 2017.
- [6] Special Design Provisions for Wind And Sismic (SDPWS). American Wood Council (AWC), 2015.
- [7] Arguellez Álvarez R, *et al*, “Valores característicos de las propiedades de los tableros”, en *Estructuras de madera bases de cálculo*, Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera (AITIM), Madrid, España, 2013.