

RESULTADOS PROYECTO

Resumen de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo, correspondientes a validación numérica de la respuesta del edificio de 3 pisos, y al análisis comparativo en función de parámetros globales y locales para la estructura de base fija versus su símil de base aislada, sometidas al registro de la estación Curicó, del terremoto Maule 2010.

Validación numérica

Los resultados obtenidos son consistentes al ensayo experimental Sofie Project, validando numéricamente la respuesta sísmica de la estructura en base a modos de vibración, desplazamientos y aceleraciones absolutas de techo. En la Tabla 1 se muestra a modo resumen los resultados con sus respectivos errores relativos.

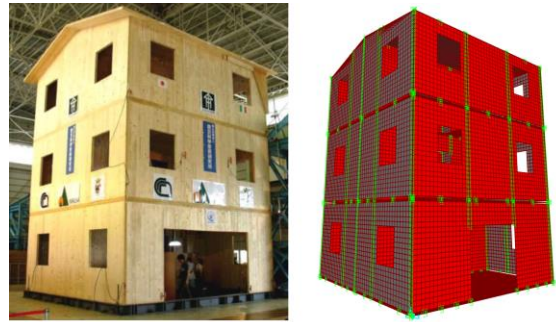


Fig 6. Edificio de tres pisos ensayado en Sofie Project versus la modelación propia.

Tabla 1. Resumen validación numérica

Modelo	Periodo [s]	Desp. máx. de techo [mm]	Accl. máx. de techo [m/s ²]
Experimental	0.18	25.70	11.00
Modelación propia	0.21	21.58	11.88
Error (%)	17%	16%	8%

Respuesta Local

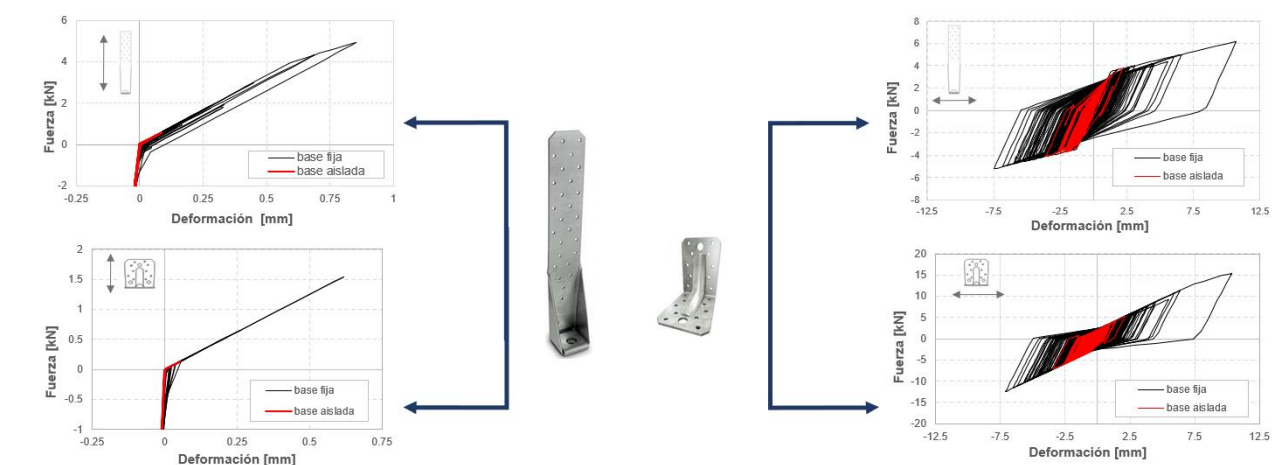


Fig 7. Respuesta histerética de los conectores hold-down y angle-bracket.

Se generan reducciones de hasta en un 90% en las deformaciones a esfuerzos de tracción para ambos conectores manteniéndose en el rango elástico. Por otra parte, las deformaciones producidas por esfuerzo de cortes hay disminuciones en hasta un 67 % y 89% en las deformaciones de corte producidas en conectores hold-down y angle-brackets respectivamente (ver Fig. 7).

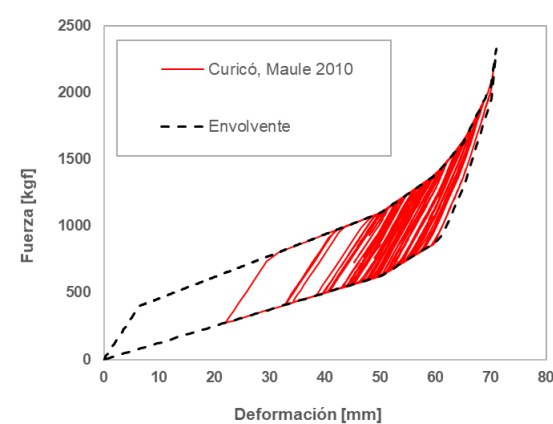


Fig 8. Constitutiva ISO3D-2G

En la Fig. 8 se muestra la constitutiva del dispositivo, la cual consiste en un elemento MultiLinear conectado en paralelo a un Friction Spring Damper; que se conecta en serie a un elemento friccional de radio infinito para simular la condición simplemente apoyada. El coeficiente de fricción utilizado entre el dispositivo y el suelo es $\mu = 0.5$.

Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran la efectividad del sistema de aislamiento tridimensional, siendo consistente al principio de aislamiento, debido a que se obtuvo un aumento de tres veces el periodo fundamental de la estructura, generando reducciones de hasta un 60% en el corte basal y hasta un 64% en la reacción vertical. Además, se redujo significativamente de las deformaciones producidas en los conectores, permaneciendo en el rango elástico para esfuerzos a tracción. Esto demuestra que no es necesario llevar la estructura a periodos más altos, debido a que el periodo obtenido ya es efectivo el sistema de aislamiento propuesto.

Se concluye que la utilización de aislamiento tridimensional en estructuras de CLT es una solución altamente competitiva, ya que es técnicamente factible y económicamente viable frente a otros sistemas de aislamiento sísmico. Si bien, la investigación cumple con las expectativas planteadas por otra parte, abre a ciertas recomendaciones para estudiar la influencia del dispositivo en estructuras con distintas relación de aspecto y contenidos de frecuencia considerar un mayor set de registros que representen distintos.

Agradecimiento

Agradezco a la UDP por darme la formación entregada durante mi permanencia en la carrera, como también a ISOVEP por darme oportunidad de utilizar su tecnología sísmica en mi investigación. Y por último a Madera21 por generar instancias para el desarrollo de profesionales competentes con ideales hacia un futuro sostenible.

Bibliografía

- Ugalde, D., Almazán, J. L., Santa María, H., & Guindos, P. (2019). Seismic protection technologies for timber structures: a review
- Cecotti, A., & Follesa, M. (2006). Seismic behaviour of multi-Storey X-Lam Buildings.
- Reyes, S., & Almazán, J. (2020). A novel device for a vertical rocking isolation system with uplift allowed for industrial equipment and structures.
- Rinaldin, G., & Fragiaco, M. (2016). Non-linear simulation of shaking-table tests on 3- and 7-storey X-Lam timber buildings.

Respuesta Global

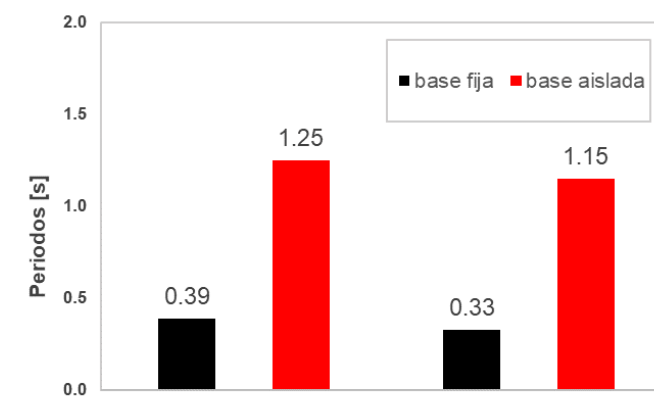


Fig 9. Periodo en las direcciones principales

Se obtuvo un periodo modal lineal de tres veces mayor para la estructura de base aislada, respecto a la de base fija, siendo consistente a los principios del sistema de aislamiento propuesto (ver Fig.9).

Los desplazamientos relativos de techo aumentaron más de dos veces para la dirección X y hasta cuatro veces para la dirección Y (ver Fig. 10). Esto se explica debido al movimiento de rocking generado en la base de la superestructura generó reducciones de hasta un 64% en la reacción vertical (ver Fig. 11) y de hasta un 60% para el corte basal en ambas direcciones como se observa en la Fig 12.

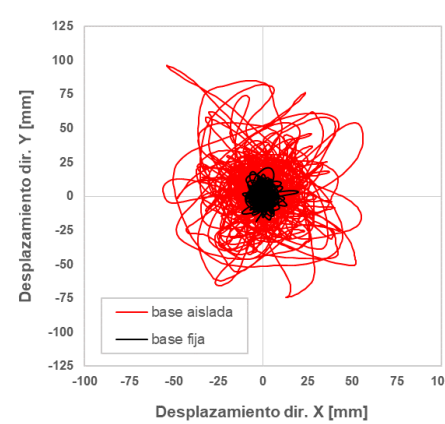


Fig 10. Diagrama de desp. de techo.

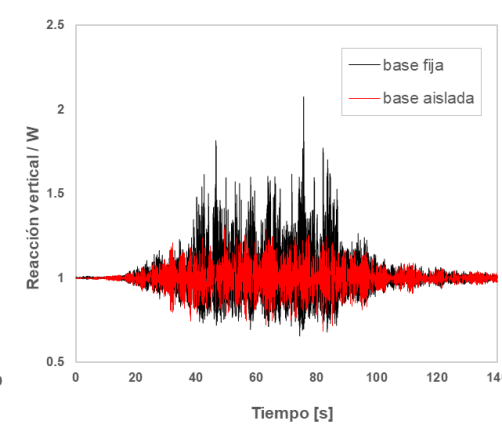


Fig 11. Reacción vertical

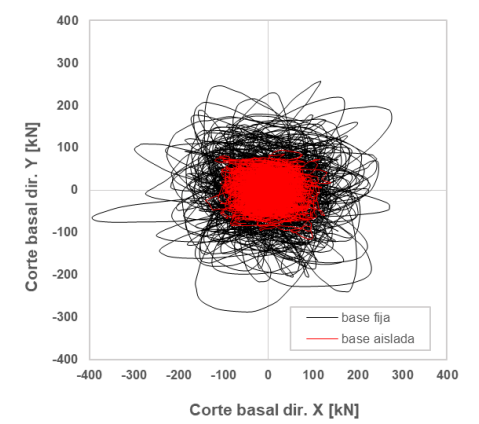


Fig 12. Relación de corte basal.

En la Tabla 2 se muestra un resumen de las aceleraciones absolutas laterales y verticales obtenidas. Además, en la Fig. 13 se muestra representativamente la aceleración lateral de techo normalizada.

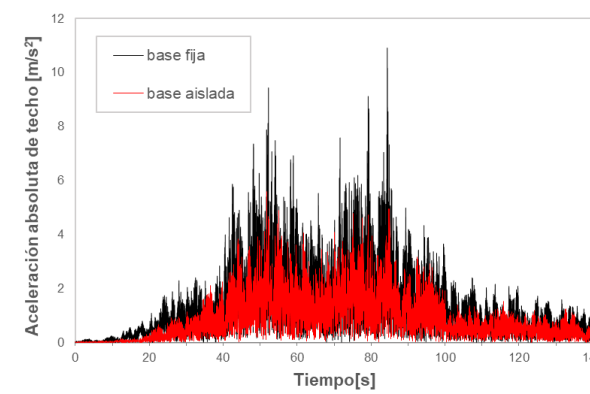


Figura 13. Aceleración lateral normalizada

Tabla 2. Resumen de aceleración lateral y vertical máximas.

Aceleración máxima absoluta	Aceleración lateral [m/s ²]			Aceleración vertical [m/s ²]		
	techo	2 ^{do} piso	1 ^{er} piso	techo	2 ^{do} piso	1 ^{er} piso
Base fija	10.92	8.56	9.62	19.20	18.50	19.12
Base aislada	5.61	4.22	9.30	14.82	15.07	13.71
Reducción	49%	51%	3%	23%	19%	28%

Finalmente, en la Fig. 14 se muestra la relación de desplazamiento del centro de masa con el corte basal en dirección X. Para la estructura de base fija se obtuvo un periodo efectivo de tiempo-historia de 0.3s y factor de amortiguamiento efectivo de 14%. Por otra parte, para la estructura aislada sísmicamente se obtuvo un periodo efectivo de 0.92s y un factor de amortiguamiento de 23%.

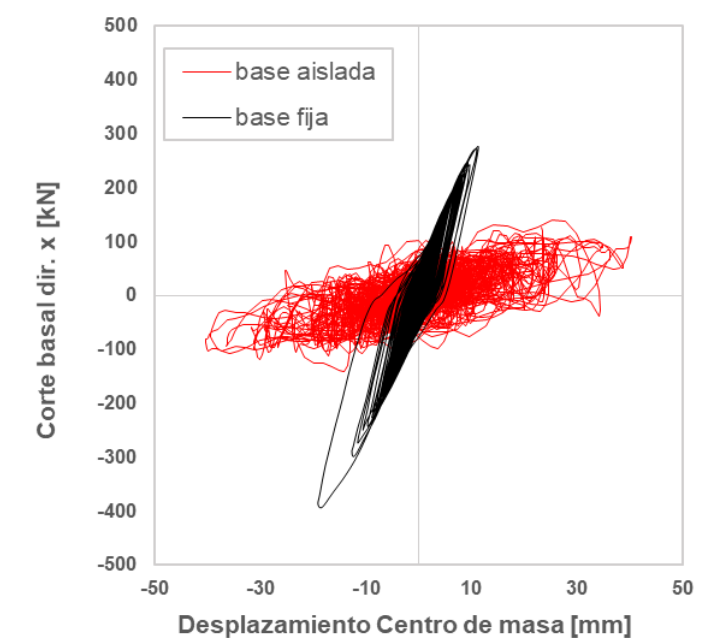


Figura 14. Relación de desplazamiento del CM con el corte basal en dirección X