

Desempeño vibratorio de losas CLT sometidas a caminatas en un edificio de 5 pisos.

El uso de madera contralaminada (CLT) en aplicaciones estructurales y especialmente en losas ha aumentado considerablemente durante los últimos años. Sin embargo, su comportamiento vibratorio bajo excitación por caminatas representa un aspecto crítico para el diseño que no ha sido validado con datos experimentales en edificios en Chile, lo que dificulta una correcta modelación y limita el desarrollo normativo al respecto.

A raíz de lo anterior, este proyecto evalúa múltiples caminatas individuales en una losa de CLT existente en un edificio completamente construido en madera contralaminada. Mediante análisis modal operacional (OMA) se realiza la caracterización dinámica de la losa y posteriormente se realiza calibración de un modelo numérico detallado para la evaluación de indicadores de desempeño como el Vibration Dose Value (VDV).

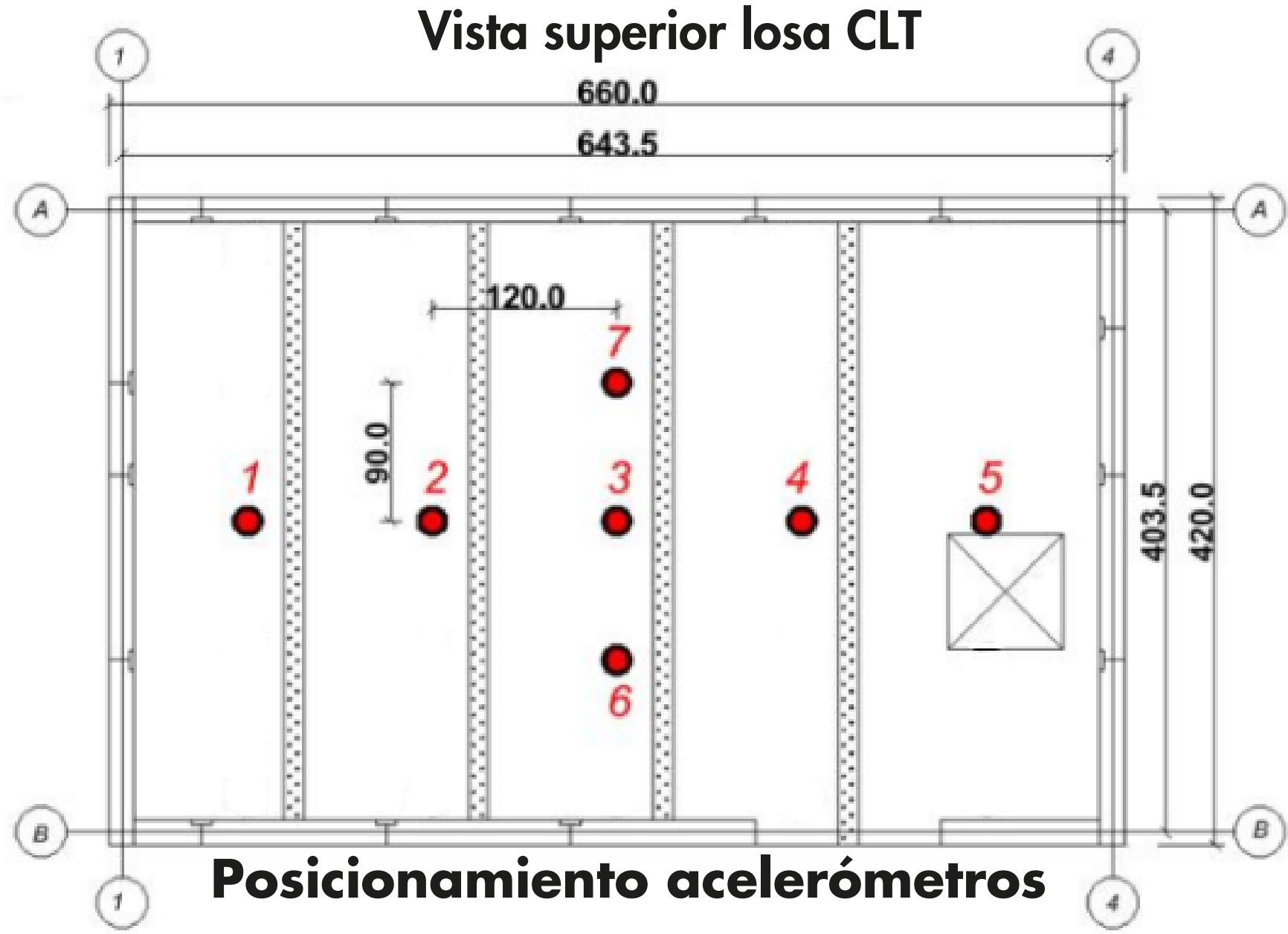


Vista exterior torre Pymelab

Torre Pymelab Universidad del Bío-Bío

Edificio construido completamente en madera contralaminada.

Concepción - Chile



Mediciones experimentales

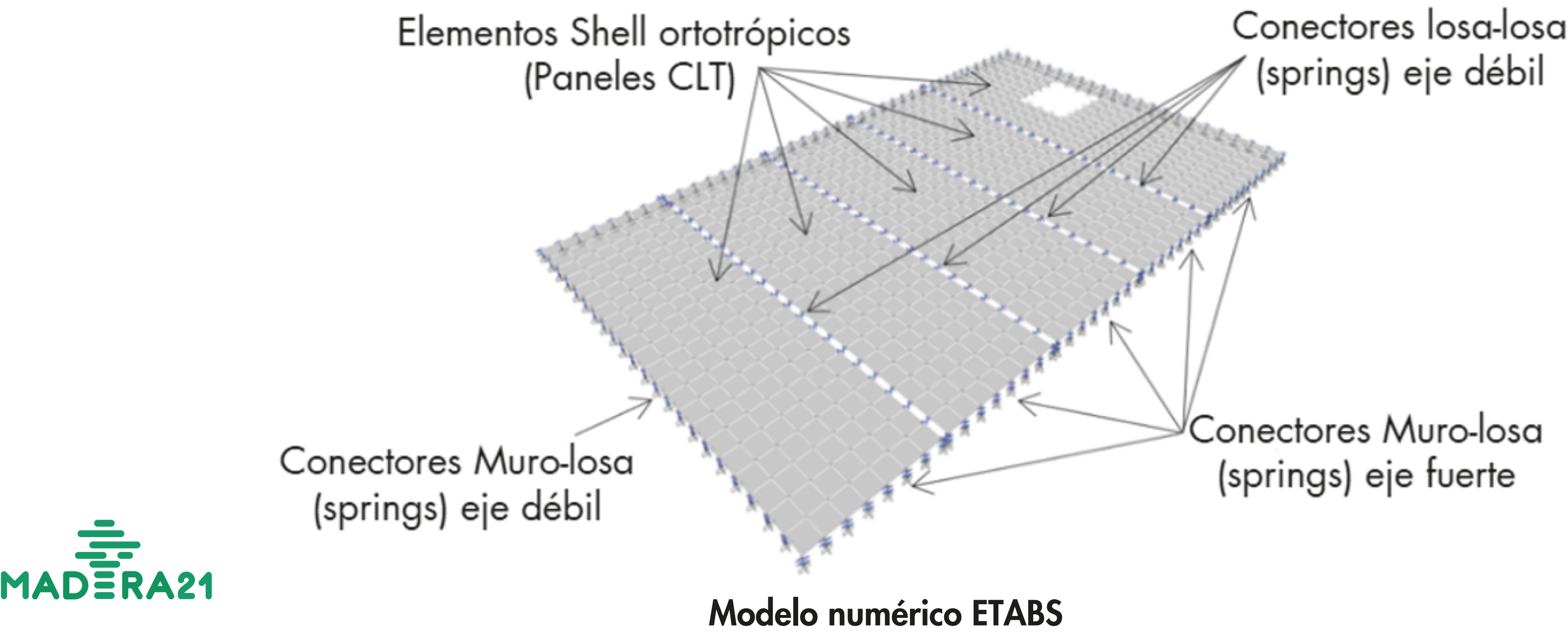
Se realizaron mediciones de 15 segundos para 5 caminantes a 5 frecuencias de caminata. Las aceleraciones se monitorearon mediante 7 acelerómetros piezoeléctricos modelo 603C01 PCB Piezotronics. La distribución de acelerómetros considera abordar la totalidad de la losa.

Modelación numérica

Se elaboró un modelo numérico detallado de la losa en estudio mediante el software de elementos finitos ETABS.

Los muros fueron modelados mediante elementos tipo SHELL y el módulo de elasticidad de la madera fue introducido como una propiedad isotrópica, para ser modificado posteriormente mediante factores que permiten representar la ortotropía característica de la madera. Los rangos iniciales para el módulo de elasticidad y densidad fueron definidos en base a datos históricos para maderas provenientes de la Región del Bío-Bío.

Se modeló las uniones muro-losa y losa-losa mediante elementos tipo link, cuyo comportamiento se consideró una variable en estudio. El rango analizado evaluó la rigidez rotacional desde un caso simplemente apoyado hasta el caso de un empotramiento perfecto.



Modelo numérico ETABS

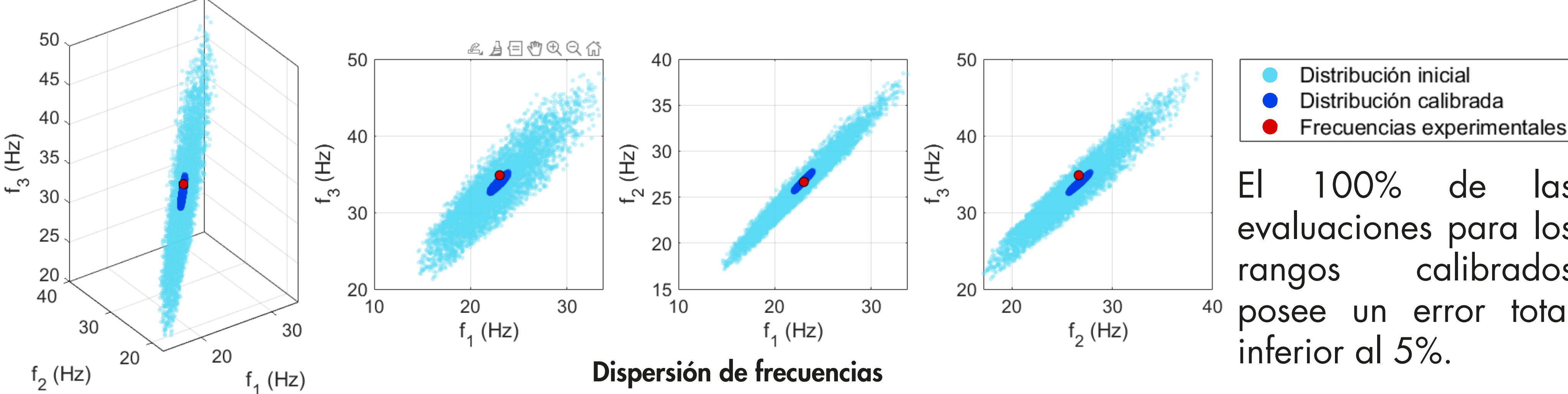
Calibración del modelo numérico

Se realizó calibración del modelo mediante un proceso iterativo basado en Análisis de Sensibilidad Regional (RSA) y muestreos aleatorios mediante Latin Hypercube Sampling (LHS). Se generaron 5000 combinaciones para cada iteración y un análisis modal en ETABS por cada una, totalizando 20000 iteraciones.

En base a cada una de las iteraciones se clasificó los modelos en categoría “B” correspondientes a aquellos con error total bajo el 5% y “NB” para errores mayores al umbral señalado.

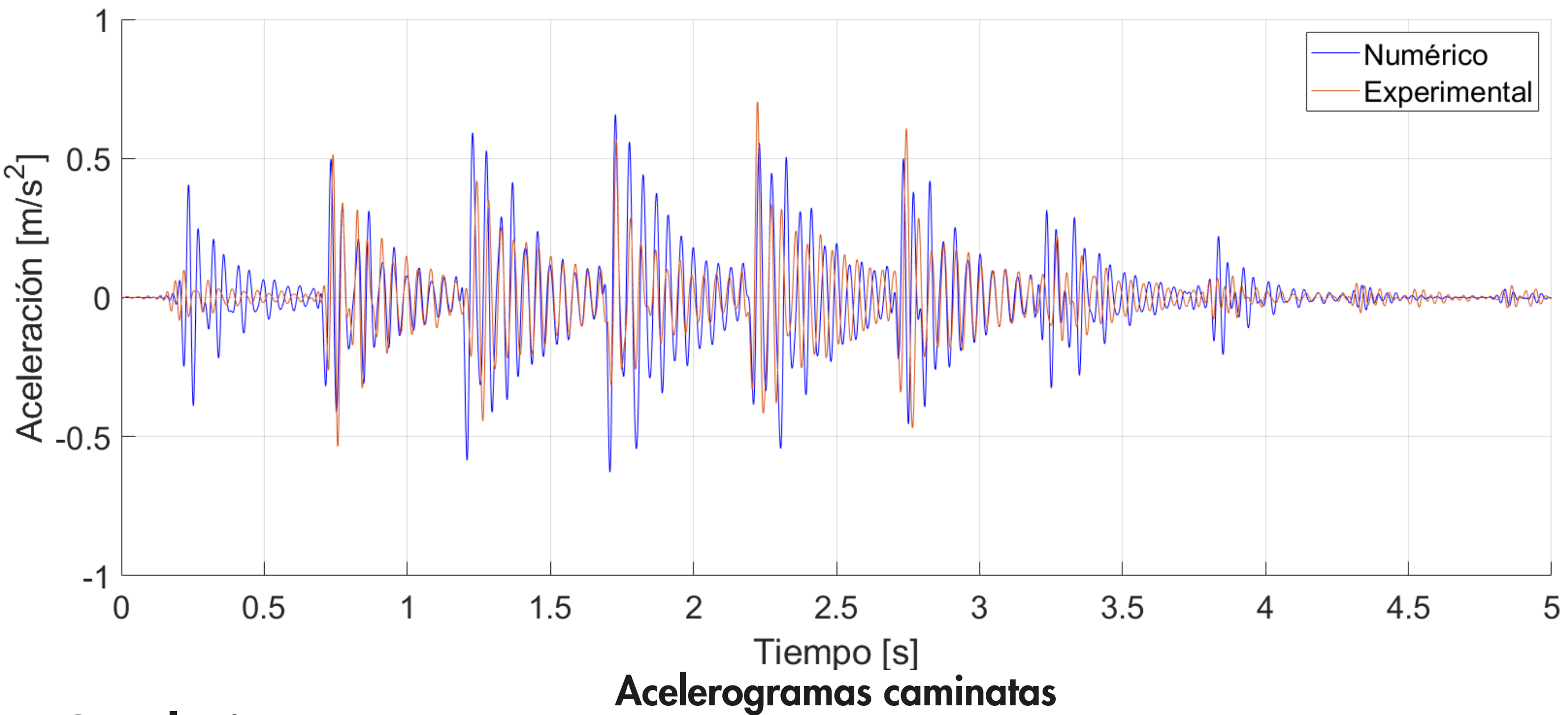
El ajuste de los rangos fue realizado mediante una comparativa de funciones de distribución acumulativa entre modelos “B” y “NB” hasta obtener los rangos finales.

Resultados



Error promedio de 1.1% para las tres frecuencias verticales principales con una correlación modal promedio de 99.6%

Modo	Frecuencia	Frecuencia	Error	MAC
Vertical	Experimental (Hz)	Númerica (Hz)	(%)	(%)
N°1	23.0	22.93	0.30	99.90
N°2	26.65	26.70	-0.19	99.78
N°3	34.85	33.86	2.84	99.04



Conclusiones:

La evaluación experimental demuestra que una correcta representación de las condiciones de borde es fundamental para predecir el comportamiento de una losa CLT en un edificio. Se observó que la rigidez rotacional para este caso alcanza valores relativos entre 0.77 y 0.82, lo que implica que la condición es más próxima a un empotramiento que a los apoyos simples típicamente observados en la literatura.

El modelo calibrado es sólidamente representativo del comportamiento dinámico de la losa alcanzando un error promedio solamente de un 1.1% para un Modal Assurance Criterion (MAC) del 99.6% con los modos verticales experimentales.

Si bien el VDV numérico sobreestima en un 21.05% lo obtenido para un evento similar observado in-situ en la losa, es posible asegurar que el modelo es una aproximación conservadora del comportamiento vibratorio esperado.

Esta investigación representa un aporte fundamental al conocimiento científico y práctico, permitiendo entregar recomendaciones para una modelación más realista de las condiciones de borde en losas de CLT, como también de sus propiedades mecánicas.

Las próximas etapas de este proyecto consideran la evaluación numérica de la totalidad de caminatas registradas. Estas evaluaciones de serviciabilidad se traducirán en recomendaciones de diseño y posibles fundamentos para complementar el marco normativo que actualmente se encuentra en desarrollo en Chile.