

# SISTEMA DE AISLAMIENTO SÍSMICO TRIDIMENSIONAL APLICADO A ESTRUCTURA DE TRES PISOS EN MADERA CONTRALAMINADA (CLT)



## Abstract

En la última década, la madera contralaminada o también conocida como CLT por sus siglas en inglés (Cross Laminated Timber) se ha posicionado fuertemente en la construcción de edificios sustentables en Europa y Norteamérica. Si bien su rendimiento sísmico ha sido investigado, aún no existe suficiente evidencia que permita validar su comportamiento en zonas altamente sísmicas como es el caso de Chile.

En este trabajo se ha evaluado el desempeño de un innovador sistema de aislamiento sísmico, aplicado a un edificio de tres pisos construido en CLT. El sistema de aislación sísmica tridimensional es materializado con el dispositivo ISO3D-2G, el cual provee de flexibilidad rotacional en la base de la superestructura sin traslación lateral, y que por medio de la rotación flexibiliza el centro de masa de la estructura.

La estructura en estudio es modelada numéricamente en el software comercial SAP2000 considerando conectores representados por elementos link con respuesta histerética y paneles emulados por elementos shell con propiedades elásticas. Se validó la respuesta de la estructura de base fija en base a formas modales, desplazamientos y aceleraciones de techo, obteniendo resultados consistentes al ensayo experimental en Sofie Project. Por otra parte, la estructura de base aislada utilizó una configuración de elementos link con propiedades no-lineales representar correctamente el comportamiento del dispositivo.

La efectividad del sistema de aislación se realiza mediante un análisis tiempo-historia con registro de la estación Curicó del terremoto de Maule 2010, comparando parámetros globales y locales de la estructura de base fija versus su símil de base aislada con el sistema de aislación propuesto.

## Introducción

Actualmente en Chile la normativa sísmica clasifica al CLT como un sistema no-tradicional, obligando a ingenieros a diseñar prácticamente en rango elástico con un factor de reducción de respuesta  $R=2$ , el cual es un valor muy bajo en comparación a sistemas tradicionales. Esto causa que el corte basal de diseño sea demasiado alto, requiriendo conectores y paneles muy robustos que incrementan considerablemente su costo de implementación. Una alternativa para impulsar la construcción de edificios en CLT es incorporar sistemas tradicionales de aislación sísmica lateral, sin embargo, debido a los procesos de mecanizado y vulcanizado propios de su fabricación, el costo de estos dispositivos es demasiado alto para este tipo de estructuras.

## Objetivo

Evaluar mediante modelos numéricos el desempeño sísmico de un innovador sistema de aislamiento tridimensional en un edificio de tres pisos construido con madera contralaminada

- Sintetizar el estado del arte del sistema constructivo CLT.
- Definir, representar y calibrar las conexiones de la estructura mediante elementos no-lineales disponibles en el software SAP2000.
- Elaborar y validar un modelo numérico de edificio de tres pisos.
- Incorporar sistema de aislación sísmica tridimensional en la estructura modelada numéricamente.
- Comparar desempeño sísmico de la estructura de base fija y de base aislada sometidas al registro Curicó, Maule 2010.

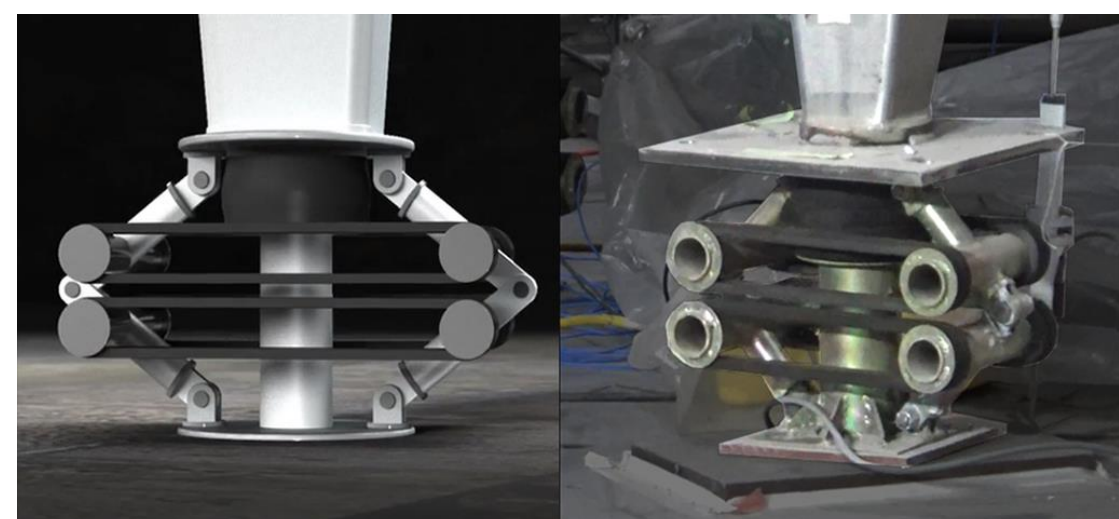


Fig 5. Simulación y dispositivo real ISO3D-2G - ISOVEP

## Metodología

El trabajo realizado consistió principalmente en tres etapas:

1. Se modela numéricamente el edificio de tres pisos ensayado a escala real en la investigación experimental Sofie Project en el software comercial SAP2000.
  - Los paneles son representados por elementos shell lineales.
  - Los conectores son representados y calibrados por elementos link no-lineales con el modelo histerético Pivot de acuerdo a ensayos disponibles en la literatura.

El modelo numérico es validado en base a modos de vibración, desplazamientos y aceleraciones de techo obtenidos experimentalmente por Ceccotti (2006).

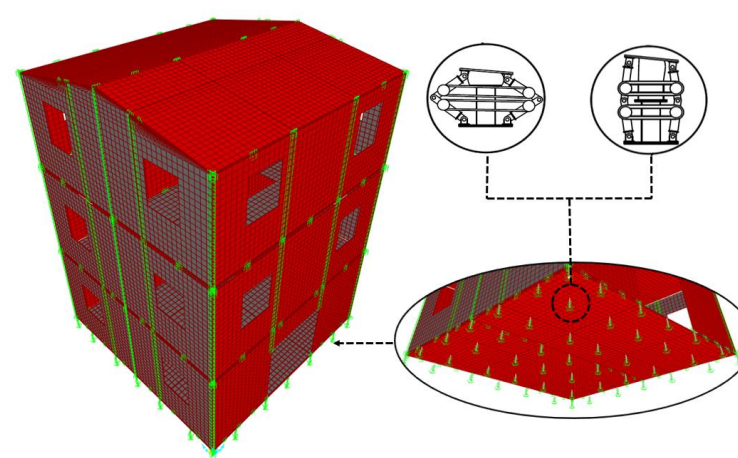


Fig 3. Vista 3D del modelo de base aislada

3. Finalmente, se realizó un análisis dinámico tiempo-historia para comparar el desempeño sistema de aislamiento sísmico versus el modelo de base fija en base a parámetros globales y locales de la estructura mediante al registro Curicó, Maule 2010 en sus tres direcciones.

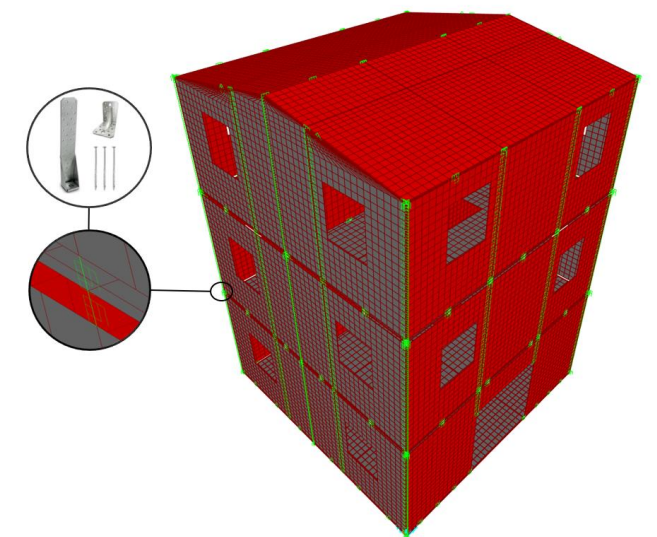


Fig 1. Vista 3D del modelo de base fija

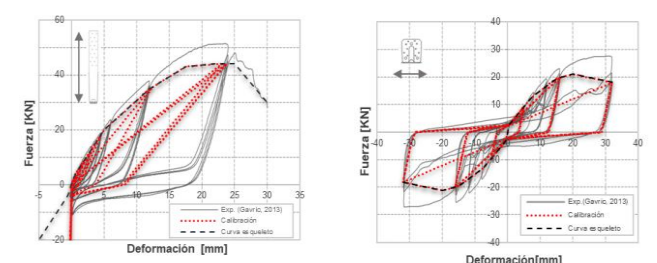


Fig 2. Calibración para angle-bracket a corte y hold-down a tracción- Gavric, 2013.

2. Se incluye el sistema de aislamiento materializado con el dispositivo ISO3D-2G, modelado numéricamente a través de una configuración no-lineal de elementos link que representan las propiedades de compresión y el levantamiento del dispositivo que son distribuidos en la base de la superestructura.

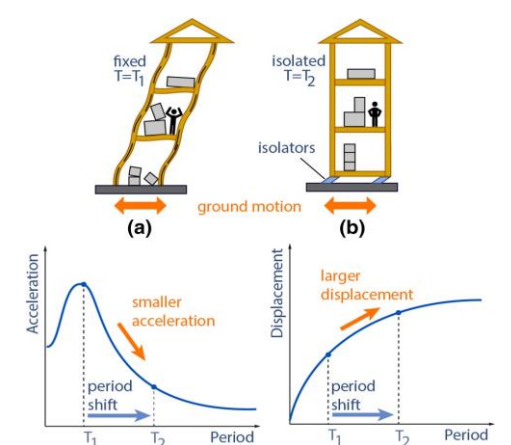


Fig 4. Principio de aislación sísmica – Ugalde, 2019

## ISO3D-2G

A diferencia de los sistemas tradicionales que otorgan flexibilidad lateral a nivel basal, este sistema provee de flexibilidad rotacional a la base de la estructura, generando un modo de aislación por rocking. El funcionamiento de este dispositivo ya fue validado de manera experimental y numéricamente en un estanque de almacenamiento de vino.

El dispositivo utiliza elastómeros deformados a compresión de alto amortiguamiento no vulcanizados, por lo que no requiere elevados costos de fabricación, ni tampoco de mecanizado. El costo de implementación para una estructura de 50 toneladas puede llegar fácilmente a ser inferior a los 10.000 dólares, lo cual lo hace tremendamente competitivo para este tipo de estructuras frente a los sistemas aislación convencional.