



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA ESTRUCTURA DE MEDIANA ALTURA EN BASE A MADERA

Resumen

En la actualidad, tanto a nivel nacional como internacional, se está potenciando el uso de la madera como material de construcción, esto debido a las amplias ventajas que presenta con respecto a otros materiales de uso común, tales como, hormigón, acero y albañilería.

Específicamente, el sistema en base a marcos livianos de madera corresponde al sistema en madera más utilizado en Chile, esencialmente para viviendas unifamiliares de hasta dos pisos, contrario a lo que pasa en países como Estados Unidos, Canadá y Japón, donde se utiliza para construcciones residenciales de mediana altura. Lo anterior es debido principalmente a la falta de investigaciones y el desconocimiento acerca del comportamiento sísmico que estas estructuras presentan frente a solicitaciones y requerimientos propios de Chile, generando que la edificación en mediana altura en base a marcos livianos de madera no se desarrolle.

Por lo anterior, es que se modela un edificio tipo habitacional de 3 pisos en base a marcos livianos de madera, diseñado bajo la normativa sísmica vigente, con la finalidad de estudiar la vulnerabilidad sísmica que presenta frente a registros sísmicos chilenos por medio de la ejecución de análisis dinámico incremental y la obtención de curvas de fragilidad para diferentes estados de daño. Además, se incorpora un sistema en base a Angle Brackets, donde dichos conectores por piso deben tener el doble de capacidad que los muros de corte, de modo de evitar una falla frágil, aumentando su seguridad frente a eventos catastróficos.

La modelación es realizada con un alto nivel de detallamiento con la finalidad de incorporar la mayor cantidad de efectos. Debido a la alta demanda computacional es que los análisis se ejecutan a través del software OpenSees implementando la computación paralela.

A partir de los resultados, se obtiene que el proveer de mayor ductilidad al sistema en marcos livianos de madera mediante los conectores Angle Bracket generó que su vulnerabilidad sísmica disminuyera. Las probabilidades de que la estructura colapse bajo un evento de determinada intensidad son menores a las que propone la literatura, teniendo un aumento en la razón de margen de colapso, lo que implica un aumento en sus niveles de seguridad.

Introducción

Antecedentes:

- Alarcón y Pinto (2018): Por medio de la ejecución de análisis estáticos sobre un sistema en base a marcos livianos de madera determinan que para evitar un modo de falla frágil en el sistema y asegurar que la respuesta en términos de desplazamiento esté controlada por el racking la capacidad en corte de los Angle Bracket (AB) debe ser el doble de la capacidad de muros de corte.
- Grandón (2018): Estudia el comportamiento sísmico de un edificio tipo habitacional de 3 pisos en sistema marco plataforma. Obtiene valores de razón de margen de colapso (CMR) inferiores a lo aceptable (CMR=1).

Dirección	S _{MT} (g)	Ŝ _{CT} (g)	CMR
X	1.70	0.75	0.43
Y	1.75	1.26	0.72

Tabla 1. Razón de margen de colapso modelo frágil

Caso de estudio:

En base al estudio del modelo de Grandón, se estima que los bajos valores de CMR están asociados a que la relación entre capacidad en corte de los AB y capacidad en corte de muros presenta valores inferiores a 0.8, generando un modo de falla frágil, por este motivo se le denominará "Modelo frágil".

Se propone el caso en estudio con la finalidad de proveer al modelo frágil de mayores niveles de ductilidad, utilizando lo propuesto por Alarcón y Pinto (2018), y generar un aumento en sus valores de CMR, disminuyendo la vulnerabilidad que presenta el sistema.

Siendo el caso de estudio el siguiente:

- Edificio tipo habitacional
- Superficie en planta: 270 m²
- 3 pisos
- Relación capacidad en corte AB – Muros corte = 2

Dirección de análisis	Capacidad muros de corte (kN)	Capacidad Angle Bracket (kN)	Cantidad Angle Bracket
X	272.6	38.9	78
Y	489.6	69.9	140

Tabla 2. Angle Bracket por piso

La disposición de los Angle Bracket se realiza de manera simétrica por nivel la que se presenta de forma esquemática en la Figura 1.

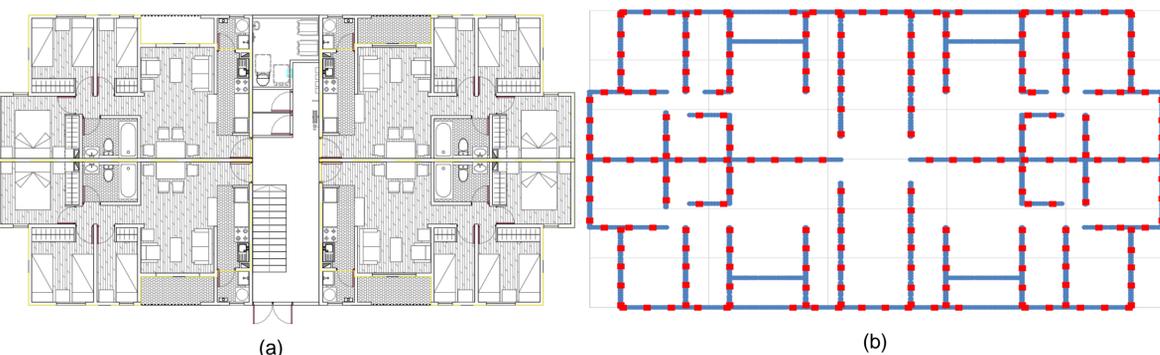


Figura 1. (a) Planta edificio en estudio – (b) Representación esquemática disposición Angle Bracket en planta

Metodología

Materiales y modelación:

En la Tabla 3 se presentan los materiales utilizados, además de el tipo de comportamiento que se consideró.

Elemento	Tipo	Comportamiento	Propiedades
Conector a corte	Angle Bracket New 150	No lineal	Tomasi & Sartori (2013)
Conector a flexión	Hold Down RG	No lineal	Tomasi & Sartori (2013)
Unión madera - OSB	Clavo helicoidal	No lineal	Nikola Zisi (2008)
Unión madera - madera	Clavo anular	Lineal	J. Humbert (2014)
OSB	Espesor: 11.1 mm	Lineal	Lousiana Pacific
Pino radiata	C24	Lineal	NCh1198Of.2014

Tabla 3. Propiedades materiales.

La modelación se realiza bajo un enfoque detallado, incorporando la mayor cantidad de efectos. La mayor parte de los nodos poseen 6 grados de libertad, se simula el roce producto de la interacción muro-diafragma y muro-fundación, además de considerar el comportamiento histórico de uniones Angle Bracket, Hold Down y conexiones madera-OSB. Debido a la alta demanda computacional requerida, fue necesaria la implementación de computación paralela.

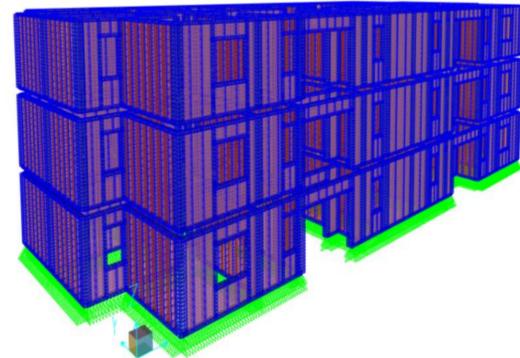


Figura 3. Modelo 3 pisos en ambiente SAP

Análisis dinámico incremental

El análisis dinámico incremental permite investigar el comportamiento de la estructura desde su respuesta elástica, pasando por el estado de fluencia hasta la respuesta no lineal, finalizando con el posterior colapso de la estructura, según lo propuesto por Vamvatsikos y Cornell.

Este análisis considera la realización de varios análisis tiempo historia sometiendo al modelo estructural a 6 registros sísmicos (acelerogramas) en cada dirección de análisis, los cuales son escalados hacia arriba o hacia abajo a diferentes niveles de intensidad mediante un factor de escala, llevando eventualmente a la estructura al colapso o a un estado límite determinado.

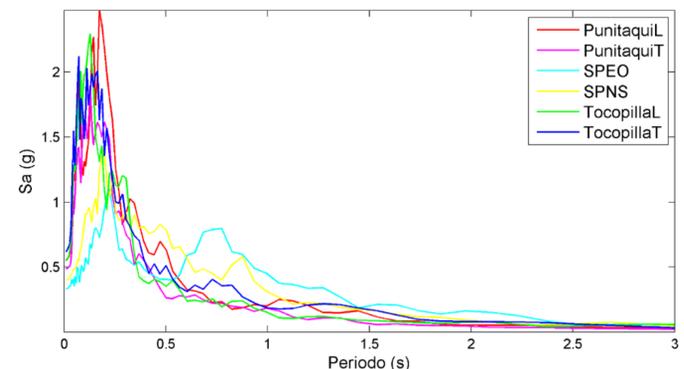


Figura 3. Registros sísmicos

El propósito es registrar la respuesta del modelo estructural (medida de daños), obtenida a partir de cada análisis tiempo historia, en cada nivel de intensidad (medida de intensidad) del movimiento de suelo escalado. Como resultado se obtiene una curva de respuesta parametrizada versus nivel de intensidad llamada curva IDA.

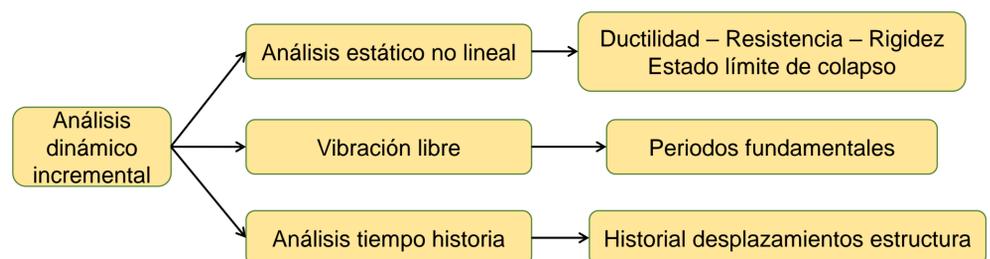


Figura 4. Tipos de análisis

Curva de fragilidad:

A partir de los análisis IDA se obtiene la curva de fragilidad en cada dirección de análisis, la que es utilizada para determinar la probabilidad de que la estructura alcance un determinado estado de daño cuando se ve sometida a un evento de determinada intensidad, evaluando la respuesta estructural del sistema.

Razón de margen de colapso (CMR):

El método FEMA P695 establece la razón de margen de colapso (CMR) como un parámetro mediante el cual se busca caracterizar la seguridad estructural del sistema. Dicho parámetro consiste en la relación entre la intensidad media de colapso (Ŝ_{CT}) y la intensidad de sismo máximo considerado (S_{MT}). Cuando este valor es mayor a 1 se considera que el sistema es capaz de resistir el sismo máximo considerado.