

## COMPARACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

Angelo Marinilli

Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME). Facultad de Ingeniería (FI), Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo: *angelo.marinilli@ucv.ve*

### RESUMEN

La mampostería confinada es un sistema estructural donde los muros portantes constan de paredes de mampostería totalmente rodeadas por elementos de confinamiento de concreto reforzado. En la literatura técnica se pueden encontrar diversos métodos numéricos que permiten modelar las edificaciones de mampostería confinada para realizar análisis sísmicos. Entre estos se encuentran el método de los elementos finitos, el método de las columnas anchas y el método de las diagonales equivalentes. En este trabajo se presentan las características más importantes de estos métodos, y se presentan algunos ejemplos de aplicación que permiten contrastar sus ventajas y limitaciones.

**Palabras clave:** mampostería confinada, modelado numérico, elementos finitos, columnas anchas, diagonal equivalente.

### INTRODUCCIÓN

La mampostería confinada es un sistema estructural ampliamente empleado para la construcción de viviendas y otros tipos de edificaciones en diversas partes del mundo. Los muros portantes constan de paredes de mampostería rodeadas en todo su perímetro por elementos esbeltos de concreto reforzado.

Actualmente se está desarrollando la norma venezolana para análisis, diseño y construcción de edificaciones de mampostería estructural. Contemporáneamente se adelanta la actualización de la norma sísmica venezolana, incluyendo ahora a las edificaciones de mampostería estructural entre los sistemas resistentes a sismo. En este marco de referencia se requieren métodos de modelado numérico que permitan incorporar las propiedades más importantes de las edificaciones de mampostería confinada, y que permitan identificar las características más importantes de sus respuestas bajo la acción de las solicitaciones sísmicas.

En la literatura técnica se pueden encontrar diversos métodos numéricos que permiten modelar las edificaciones de mampostería confinada, tales como el método de los elementos finitos, el método de las columnas anchas y el método de las diagonales equivalentes. El objeto de este trabajo es presentar las características más importantes de estos métodos y desarrollar algunos ejemplos de aplicación que permiten contrastar sus ventajas y limitaciones.

Con este trabajo se pretende hacer una contribución para la construcción de viviendas seguras desde el punto de vista estructural y sismorresistente. El trabajo está enmarcado en una línea de investigación que se desarrolla en el IMME, con la finalidad de racionalizar el uso de la mampostería estructural en Venezuela (López *et al.*, 1985).

## 1. MAMPOSTERÍA CONFINADA

Los muros portantes de mampostería confinada consisten básicamente de paredes de mampostería y elementos esbeltos de confinamiento. Las paredes son fabricadas con ladrillos o bloques unidos horizontal y verticalmente con mortero. Los elementos de confinamiento –machones y vigas de corona– son fabricados usualmente de concreto reforzado. Las dimensiones transversales de estos elementos son comparables con el espesor de las paredes de mampostería y son vaciados después de su construcción, generándose una unión efectiva entre ellos.

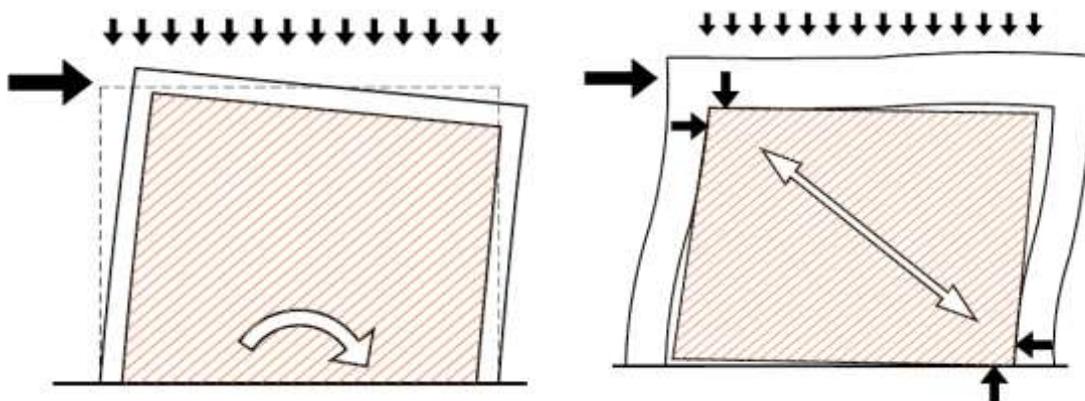


Figura 1: Comportamiento ante cargas laterales de muros confinados (izquierda) y pórticos rellenos (derecha). Tomado de Meli *et al.* (2011).

Las características descritas hacen que el comportamiento de un muro de mampostería confinada bajo la acción de cargas laterales en su plano sea gobernado esencialmente por deformaciones a corte, diferenciándose así del comportamiento de un pórtico de concreto reforzado relleno de mampostería. En este último las columnas y la viga se deforman a flexión, la pared de mampostería se separa parcialmente del pórtico y entre las esquinas opuestas que se mantienen en contacto con el pórtico se forma un puntal de compresión, tal como se ilustra en la Figura 1.

### **1.1 Norma venezolana para edificaciones de mampostería estructural**

El Subcomité Técnico de Normalización de Mampostería –coordinado por la Fundación Centro Nacional de Investigación y Certificación en Vivienda, Hábitat y Desarrollo Urbano (Cenvih)– desarrolla actualmente la norma venezolana que establece los requisitos mínimos para análisis, diseño y construcción de edificaciones de mampostería estructural –confinada o reforzada internamente– en todo el territorio nacional. Los lineamientos para su desarrollo pueden ser consultados en la referencia Marinilli y López (2016). Una vez aprobada, esta norma sustituirá los requisitos sobre mampostería estructural contenidos en las “Normas para el Cálculo de Edificios” del Ministerio de Obras Públicas 1955 (MOP, 1959), que aún no han sido derogados.

Como parte de los requisitos generales, la norma establece que para el análisis de las edificaciones de mampostería estructural se deben utilizar modelos matemáticos que cumplan con los principios establecidos en la resistencia y la mecánica de materiales, de modo que describan adecuadamente las respuestas estructurales esperadas. El comentario de la norma sugiere el uso de modelos numéricos basados en el método de los elementos finitos, el método de las columnas anchas y el método de las diagonales equivalentes, pero este último sólo para modelar muros diafragma.

### **1.2 Norma venezolana para edificaciones sismorresistentes**

Contemporáneamente al desarrollo de la norma de mampostería, el Subcomité Técnico de Normalización de Sismorresistencia –coordinado también por el Cenvih– adelanta la actualización de la norma sísmica venezolana, incluyendo ahora las edificaciones de mampostería estructural entre los sistemas resistentes a sismo.

Los lineamientos para esta actualización pueden ser consultados en la referencia López *et al.* (2017). Es importante recalcar que la Norma Venezolana Covenin “Edificaciones Sismorresistentes” vigente no incluye las edificaciones de mampostería estructural entre los sistemas resistentes a sismo (NVC 1756, 2001).

Los requisitos establecidos en la norma tienen como finalidad lograr que las edificaciones desarrollen comportamientos adecuados y seguros bajo la acción de las cargas accidentales producidas por los sismos. Particularmente se establece que toda edificación debe poseer un sistema estructural para resistir sismos, con la estabilidad, resistencia, rigidez y ductilidad necesarias, capaces de transmitir las fuerzas sísmicas desde su punto de aplicación hasta las fundaciones, cumpliendo con los requerimientos de resistencia y deformabilidad del terreno. Esta norma establece lineamientos para la modelación matemática similares a los de la norma de mampostería.

## 2. MÉTODOS DE MODELADO DE LA MAMPOSTERÍA CONFINADA

A continuación, se presentan las características más importantes de los métodos de modelado numérico, comúnmente indicados en la literatura técnica para las edificaciones de mampostería confinada.

### 2.1 Método de los elementos finitos

Modelar una estructura mediante el método de los elementos finitos, consiste básicamente en dividirla en subregiones –denominadas elementos finitos– dentro de las cuales se preestablece la dependencia del desplazamiento de cualquier punto con respecto a los desplazamientos de los nodos. Particularmente, una estructura de mampostería confinada puede ser modelada representando los elementos de confinamiento mediante elementos de pórtico y las paredes de mampostería mediante elementos finitos, tal como se muestra esquemáticamente en la Figura 2. Para fines ingenieriles los resultados obtenidos con este método pueden ser considerados como exactos. Detalles adicionales pueden ser consultados en las referencias Oñate (1995), Bazán y Meli (1999) y Pérez-Gavilán *et al.* (2012).

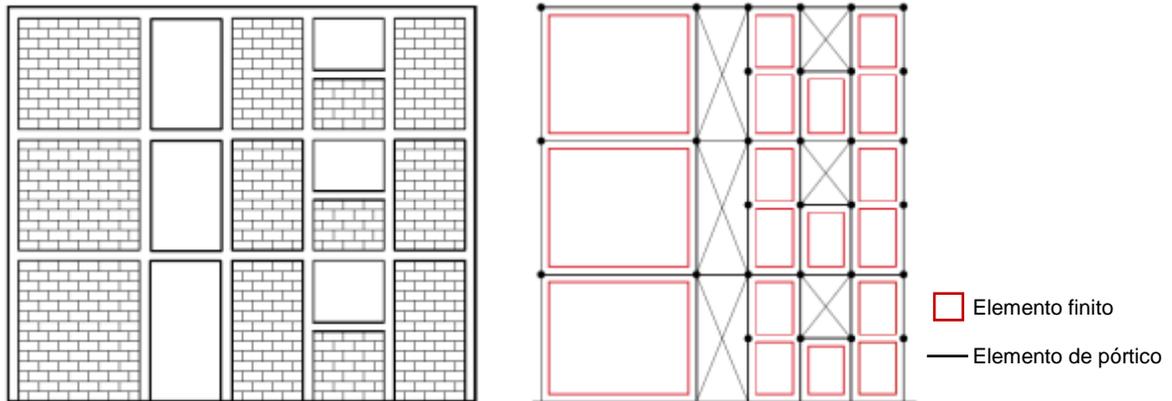


Figura 2: Modelo de elementos finitos.  
Tomado de Pérez-Gavilán *et al.* (2012).

## 2.2 Método de las columnas anchas

Modelar una estructura de mampostería confinada por medio del método de las columnas anchas, consiste básicamente en sustituir los muros de mampostería por columnas ubicadas en sus centros geométricos, a las que se asignan las secciones transversales de los muros adecuadamente transformadas. Para obtener la sección transformada de un muro se debe sustituir las áreas de concreto de los machones por áreas equivalentes de mampostería. Las vigas de corona que conectan las columnas se modelan de manera que los segmentos contenidos dentro de los muros sean infinitamente rígidos, y los segmentos fuera de ellos tomen en cuenta la contribución de la losa y de los antepechos a sus rigideces. La Figura 3 muestra esquemáticamente la implementación del modelo de columna ancha. Meli (1992) presenta el análisis sísmico de una edificación de mampostería confinada de acuerdo con la norma mexicana utilizando el método de las columnas anchas. Pueden consultarse detalles adicionales sobre este método en la referencia Pérez-Gavilán *et al.* (2012).

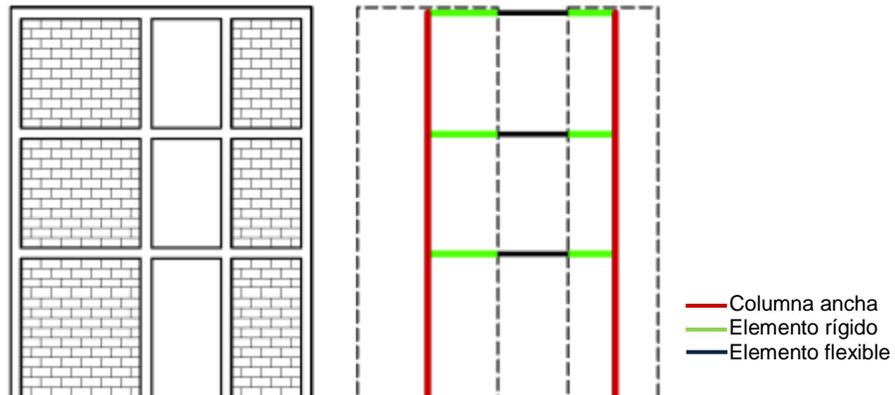


Figura 3: Modelo de columna ancha.  
Tomado de Pérez-Gavilán *et al.* (2012).

### 2.3 Método de las diagonales equivalentes

Modelar una edificación de mampostería confinada mediante el método de las diagonales equivalentes, consiste básicamente en representar los elementos de confinamiento –machones y vigas de corona– mediante elementos de pórtico y sustituir las paredes de mampostería por bielas diagonales a compresión. Las bielas deben poseer el mismo espesor de la pared y el mismo módulo de elasticidad de la mampostería, pero su anchura se debe determinar de manera que su efecto sea similar al que produce la pared de mampostería sobre el comportamiento del sistema. La Figura 4 muestra esquemáticamente la implementación del modelo de diagonales equivalentes.

Es importante observar que este método fue propuesto originalmente para representar el efecto de las paredes de mampostería de relleno –usualmente conocidas como “muros diafragma”– sobre el comportamiento de pórticos de concreto reforzado bajo la acción de cargas sísmicas, tal como se ilustra en la Figura 1 (derecha). Pueden consultarse detalles adicionales sobre este método y ejemplos prácticos en las referencias Bazán y Meli (1999) y Pérez-Gavilán *et al.* (2012).

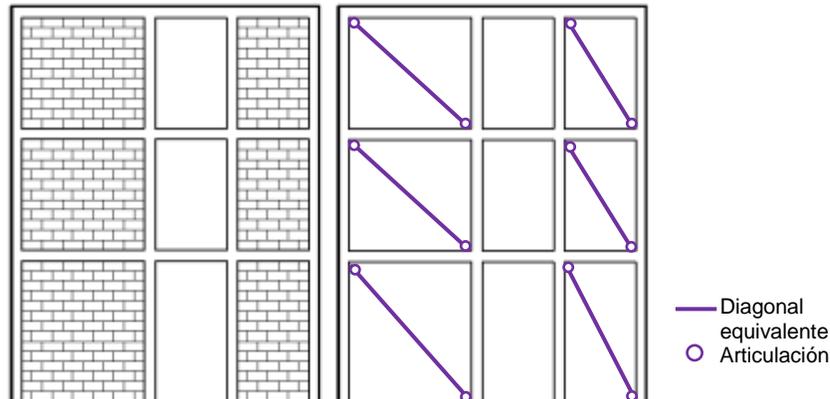


Figura 4: Modelo de diagonal equivalente. Modificado de Pérez-Gavilán *et al.* (2012).

### 3. EJEMPLOS DE APLICACIÓN

A continuación, se presentan algunos ejemplos de aplicación que permiten contrastar las ventajas y limitaciones de los métodos de modelado descritos anteriormente.

La estructura seleccionada consiste de una edificación de muros de mampostería confinada de 1 nivel, cuya planta se muestra en la Figura 5. La altura de la edificación es 3 m. Las paredes de mampostería son de bloques huecos de concreto de espesor 15 cm, unidos horizontal y verticalmente con mortero de cemento y cal. Los elementos de confinamiento son de concreto reforzado. Los machones tienen secciones de 15 x 15 cm y las vigas de corona de 15 x 20 cm. La losa de techo es una losa maciza de concreto reforzado de espesor 12 cm. La Tabla 1 contiene las propiedades mecánicas de los materiales estructurales.

El peso sísmico de la estructura es  $W_s = 14.146$  kgf. La masa resultante se distribuyó de manera uniforme en la losa de techo para todos los modelos realizados. Se supuso que la losa funciona como un diafragma rígido en su plano, por lo que todos los modelos poseen 3 grados de libertad dinámicos (desplazamientos según los ejes horizontales “x” e “y” y rotación según el eje vertical “z”). La Figura 6 muestra el espectro de respuesta elástica usado para el análisis sísmico. Los modelos y los análisis fueron realizados con ayuda del programa de cálculo comercial *ETABS Non Linear Version 9.7.2* (Computers and Structures, 2006).

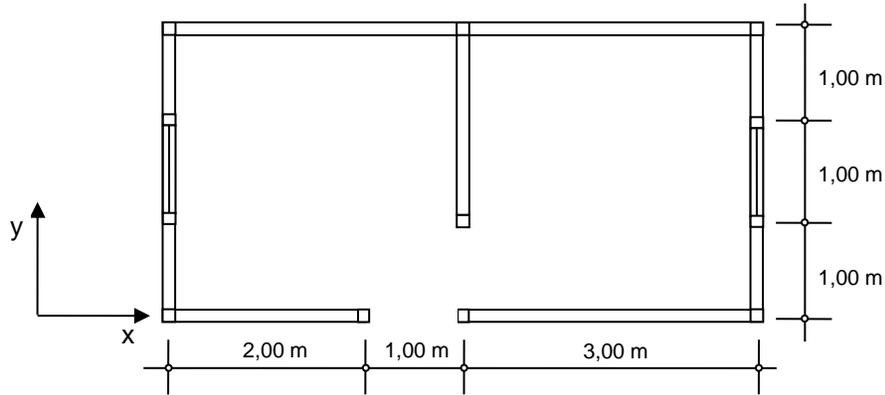


Figura 5: Planta de la estructura analizada y ejes de referencia.

Tabla 1: Propiedades mecánicas de los materiales estructurales.

<b>PROPIEDAD MECÁNICA</b>	<b>MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO</b>
<b>Peso unitario</b>	$\gamma_m = 1.600 \text{ kgf/m}^3$	$\gamma_c = 2.500 \text{ kgf/m}^3$
<b>Resistencia a compresión</b>	$f'_m = 20 \text{ kgf/cm}^2$	$f'_c = 150 \text{ kgf/cm}^2$
<b>Módulo de elasticidad</b>	$E_m = 16.000 \text{ kgf/cm}^2$	$E_c = 185.000 \text{ kgf/cm}^2$
<b>Módulo de Poisson</b>	$\mu_m = 0,25$	$\mu_c = 0,20$

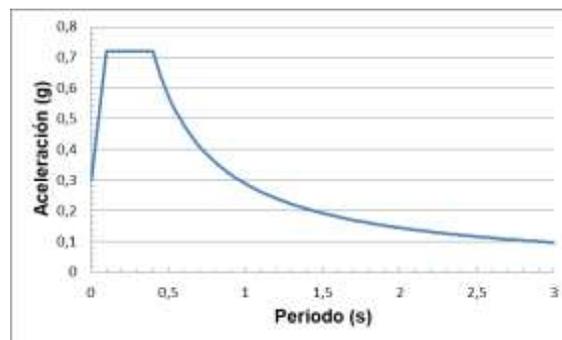


Figura 6: Espectro de respuesta elástica.

### 3.1 Método de los elementos finitos

La Figura 7 muestra el modelo de la edificación, donde las paredes de mampostería se modelaron con elementos finitos tipo “concha” (*shell*) con subdivisiones de

tamaño máximo de 50 x 50 cm, y los elementos de confinamiento con elementos tipo “pórtico” (*frame*). La losa de techo también se modeló con elementos finitos tipo “concha” (*shell*) con subdivisiones de tamaño máximo de 50 x 50 cm, lo que se mantuvo para los modelos restantes. Este es el modelo que se considera más refinado de los tres elaborados, dadas las características del método empleado.

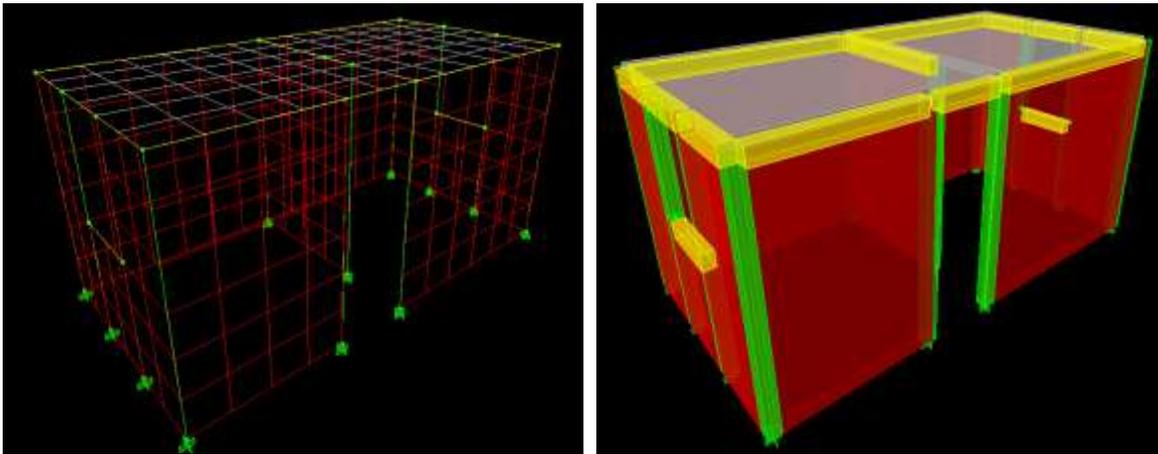


Figura 7: Modelo de elementos finitos: esquema (izquierda) y “render” (derecha).

### 3.2 Método de las columnas anchas

La Figura 8 muestra el modelo de la edificación donde los muros de mampostería confinada (paredes de mampostería y machones de concreto reforzado) se modelaron con elementos tipo “pórtico” (*frame*) de mampostería. Las propiedades de estos elementos fueron modificadas convenientemente para que fueran equivalentes a las propiedades de los muros confinados. Las vigas de corona se modelaron con segmentos rígidos dentro de los muros y flexibles fuera de ellos.

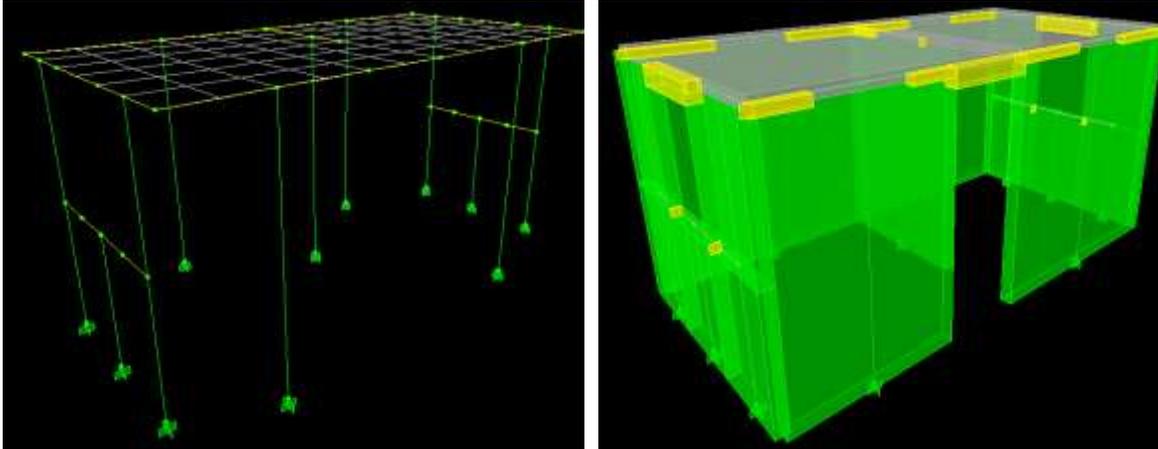


Figura 8: Modelo de columnas anchas: esquema (izquierda) y “render” (derecha).

### 3.3 Método de las diagonales equivalentes

La Figura 9 muestra el modelo de la edificación donde los elementos de confinamiento se modelaron con elementos tipo “pórtico” (*frame*) de concreto, y las paredes de mampostería se modelaron con diagonales equivalentes mediante elementos tipo “pórtico” (*frame*) de mampostería, pero con articulaciones en sus dos extremos.

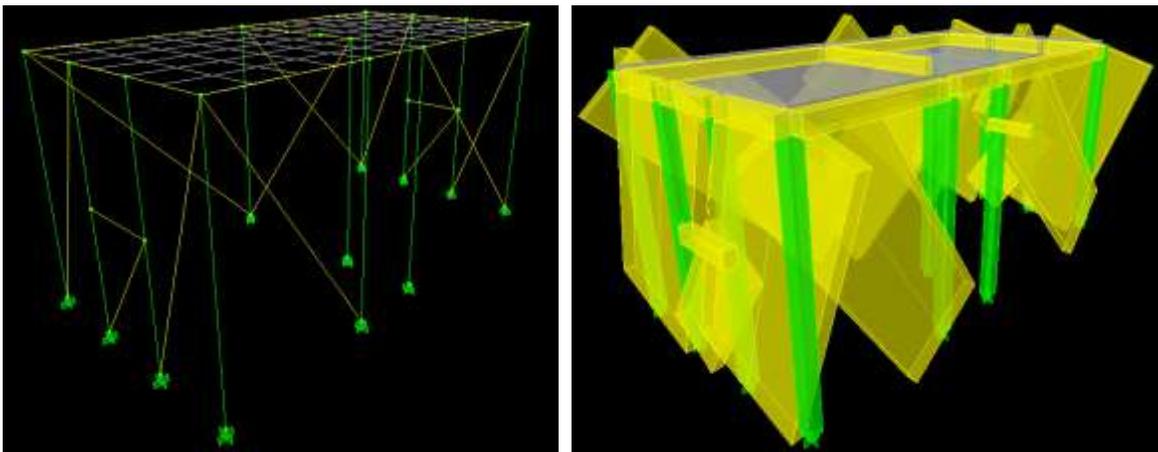


Figura 9: Modelo de diagonales equivalentes: esquema (izquierda) y “render” (derecha).

### 3.4 Análisis de resultados

Las formas modales obtenidas en todos los casos tienen características similares. La primera forma modal corresponde esencialmente a desplazamiento en la dirección “y” (dirección más corta en planta, véase la Figura 5), la segunda a desplazamiento en la dirección “x” (dirección más larga en planta) y la tercera a rotación según el eje vertical.

En la Tabla 2 se observa que los períodos obtenidos con el modelo de las diagonales equivalentes son similares a los obtenidos con el modelo de elementos finitos –con diferencias que no superan 10%– lo que sugiere una adecuada modelación de la rigidez lateral de la edificación. Sin embargo, debe observarse que en el modelo de las diagonales equivalentes los elementos de confinamiento –tanto los machones como las vigas de corona– se deforman esencialmente a flexión, lo que no es consistente con evidencias experimentales del comportamiento de muros de mampostería confinada bajo la acción de cargas sísmicas (véase por ejemplo Meli *et al.*, 2011).

Los períodos obtenidos con el modelo de columnas anchas son mayores a los obtenidos con el modelo de elementos finitos –con diferencias de hasta 81%– sugiriendo en este caso ciertas limitaciones para modelar la rigidez lateral de la edificación. La principal ventaja de los modelos de columnas anchas, es la facilidad de su implementación mediante técnicas analíticas o programas computacionales orientados al análisis de estructuras aporticadas bajo la acción de cargas sísmicas.

Tabla 2: Periodos de vibración ( $T_i$ ).

<b>MODELO</b>	<b><math>T_1</math> (s)</b>	<b><math>T_2</math> (s)</b>	<b><math>T_3</math> (s)</b>
<b>Elementos Finitos</b>	0,057	0,042	0,032
<b>Columnas Anchas</b>	0,098	0,071	0,058
<b>Diagonales Equivalentes</b>	0,054	0,038	0,030

En la Tabla 3 se presentan los cortantes basales obtenidos para cada modelo en las dos direcciones principales en planta de la edificación. Igualmente se presentan los desplazamientos y rotaciones obtenidas en su centro de masas, ubicado en el centro geométrico de la losa de techo.

Tabla 3: Cortantes basales ( $V_i$ ), desplazamientos ( $\Delta_i$ ) y rotaciones ( $\theta_i$ ).

<b>MODELO</b>	<b><math>V_x</math> (kgf)</b>	<b><math>V_y</math> (kgf)</b>	<b><math>\Delta_x</math> (cm)</b>	<b><math>\Delta_y</math> (cm)</b>	<b><math>\theta_z</math> (rad)</b>
<b>Elementos Finitos</b>	6.560	7.650	0,0210	0,0442	0,00003
<b>Columnas Anchas</b>	8.459	10.011	0,0774	0,1688	0,00011
<b>Diagonales equivalentes</b>	6.416	7.433	0,0166	0,0376	0,00002

Los cortantes basales obtenidos con el modelo de diagonales equivalentes son similares a los obtenidos con el modelo de elementos finitos –con diferencias que no superan 3%. Los cortantes basales obtenidos con el modelo de columnas anchas son mayores a los obtenidos con el modelo de elementos finitos –con diferencias de hasta 31%– lo que puede explicarse por las diferencias observadas en los períodos de vibración y porque estos se encuentran en la rama ascendente del espectro de respuesta.

Las deformaciones obtenidas con el modelo de diagonales equivalentes son menores a las obtenidas con el modelo de elementos finitos –con diferencias de hasta 21% en los desplazamientos y 33% en la rotación. Las deformaciones obtenidas con el modelo de columnas anchas son mucho mayores que las obtenidas con el modelo de elementos finitos –con diferencias de hasta 282%– lo que puede explicarse por las deficiencias que presenta el método para modelar la rigidez lateral de la edificación, reflejadas en los períodos de vibración y los cortantes basales obtenidos.

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron las características más importantes de algunos métodos utilizados comúnmente para modelar las estructuras de mampostería confinada bajo la acción de cargas sísmicas. Los ejemplos de aplicación desarrollados permitieron contrastar las ventajas y limitaciones de cada uno de estos métodos.

Para poder generalizar las observaciones presentadas en este trabajo, es necesario analizar otras edificaciones que posean características diversas a las del ejemplo aquí considerado.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo recibido por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales para el desarrollo de este trabajo.

## 6. REFERENCIAS

Bazán, M. y Meli, R. (1999). *Diseño Sísmico de Edificios*. Ciudad de México: Editorial Limusa, S. A.

Computers and Structures. (2006). *Linear and Nonlinear Static and Dynamic Analysis and Design of Three-Dimensional Structures. Basic Analysis Reference Manual*. Berkeley: Computers and Structures, Inc.

López, O. A., Castilla, E., Genatios, C. y Lafuente, M. (1985). Una proposición para el estudio de edificaciones de mampostería en Venezuela. *Memorias del Taller Normativa y Seguridad de Construcciones en Zonas Sísmicas – Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela* (pp. 129-147). Caracas.

López, O. A. et al. (2017). Norma venezolana para construcciones sismorresistentes. *Memorias del XI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas y Universidad Central de Venezuela* (pp. NS-13-NS-24). Caracas.

Marinilli, A. y López, O. A. (2016). Propuesta de una norma para edificaciones de mampostería en Venezuela. *Memorias de las XXXIV Jornadas de Investigación del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela* (pp. 115-125). Caracas.

Meli, R. (1992). *Comentarios y ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, DDF*. Series del Instituto de Ingeniería No. ES-4. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Meli, R. et al. (2011). *Seismic Design Guide for Low-Rise Confined Masonry Buildings*. Oakland: Confined Masonry Network, Earthquake Engineering Research Institute.

MOP. (1959). *Normas para el cálculo de edificios MOP 1955*. Caracas: Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales.

NVC 1756. (2001). *Norma Venezolana Covenin 1756:2001. Edificaciones Sismorresistentes*. Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales, Fondo para la Normalización y Certificación de la Calidad y Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Oñate, E. (1995). *Cálculo de Estructuras por el Método de los Elementos Finitos. Análisis Estático Lineal*. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.

Pérez-Gavilán, J. J. *et al.* (2012). *Guía para el Análisis de Estructuras de Mampostería*. Ciudad de México: Comité de Mampostería, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

# **APÉNDICE (Presentación)**



# COMPARACIÓN DE MODELOS NUMÉRICOS PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA CONFINADA

Angelo Marinilli – IMME FIUCV



# Contenido

- Introducción
- Objetivos
- Mampostería confinada
- Métodos de modelado
- Ejemplos de aplicación
- Conclusiones

## Introducción

- La **mampostería confinada** es empleada para la construcción de viviendas y otros tipos de edificaciones.



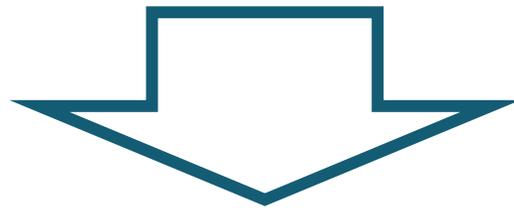
- Desarrollo de la **norma venezolana de mampostería estructural**.
- Actualización de la **norma sísmica venezolana** incorporando la mampostería estructural.



- Necesidad de **métodos de modelado adecuados**.

# Objetivos

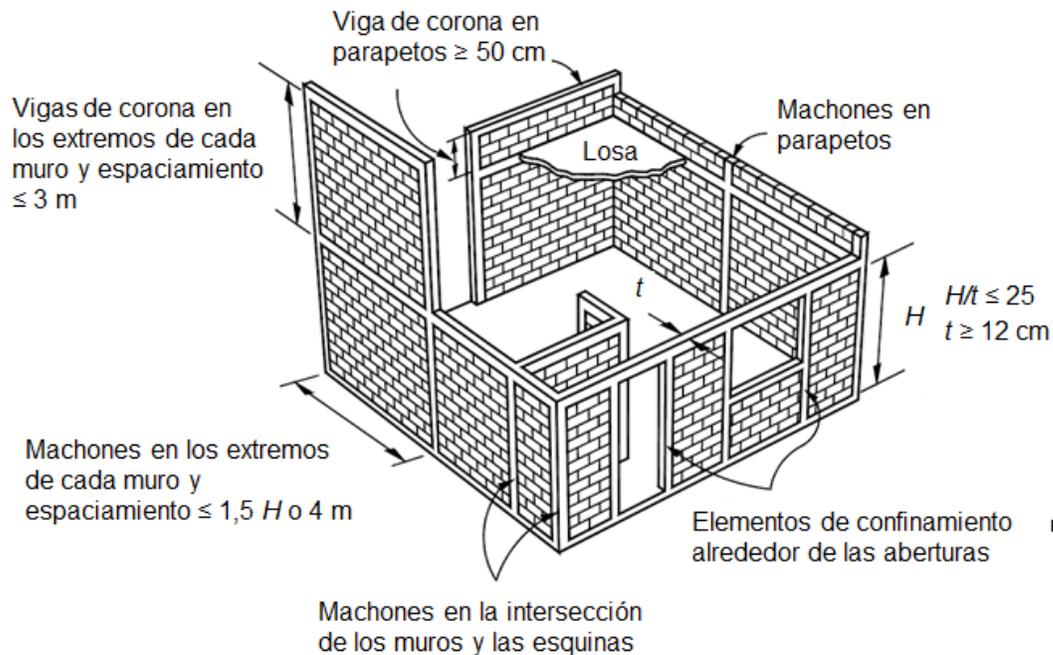
- Presentar las características más importantes de los métodos de modelado.
- Desarrollar algunos ejemplos de aplicación que permiten contrastar sus ventajas y limitaciones.



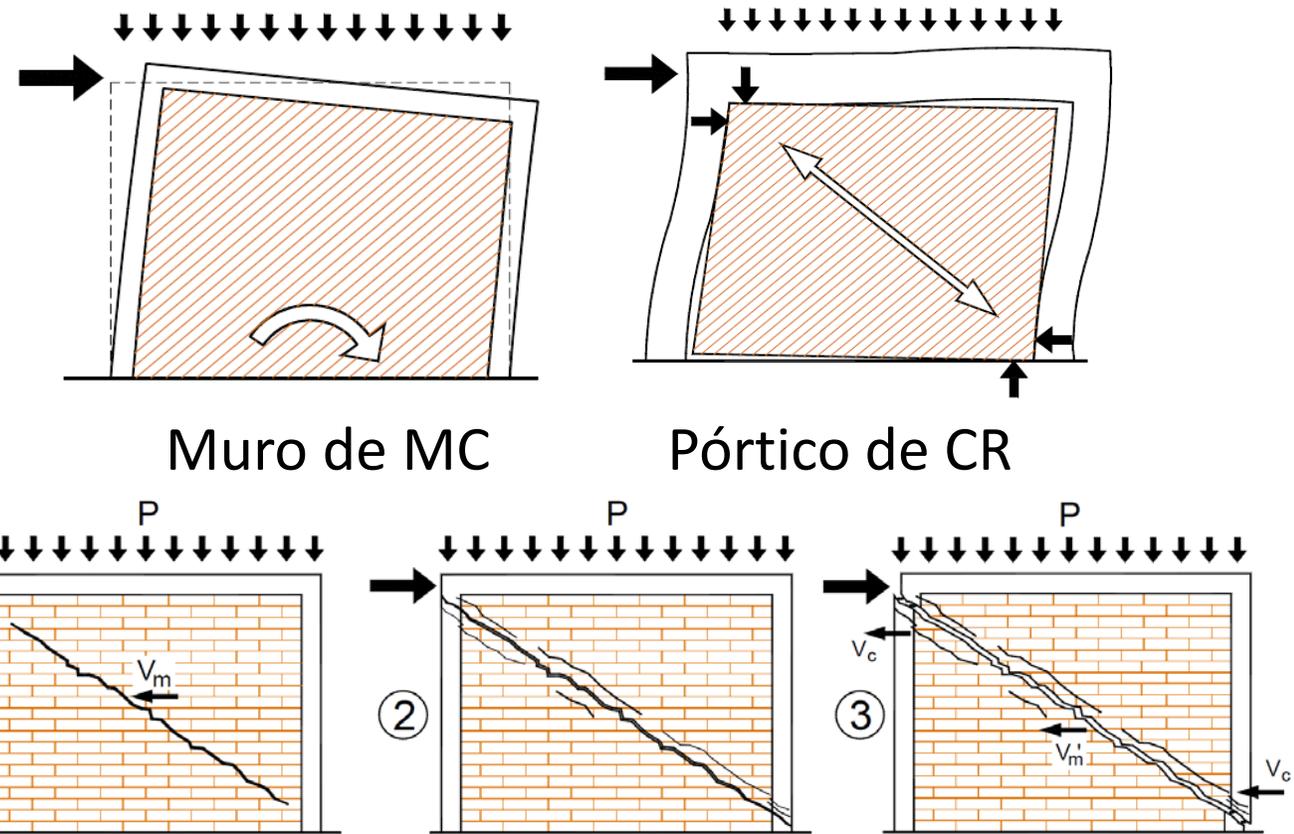
- Contribuir con la construcción de viviendas seguras desde el punto de vista estructural y sismorresistente.

# Mampostería confinada

- Características y requisitos:

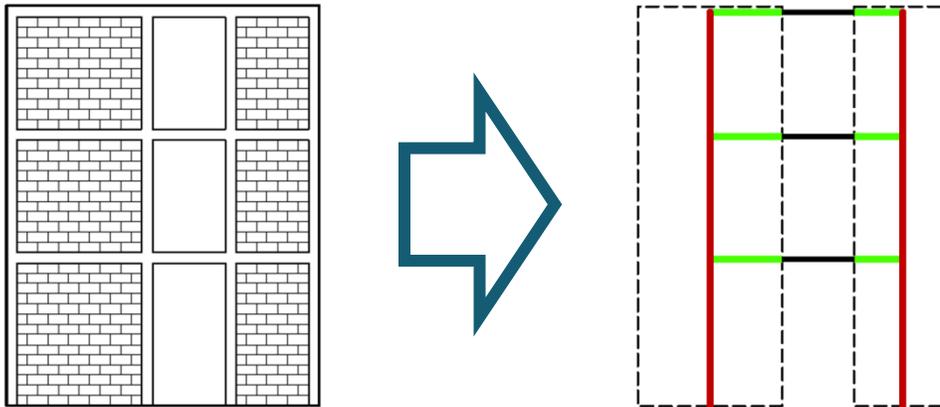


- Comportamiento sísmico:

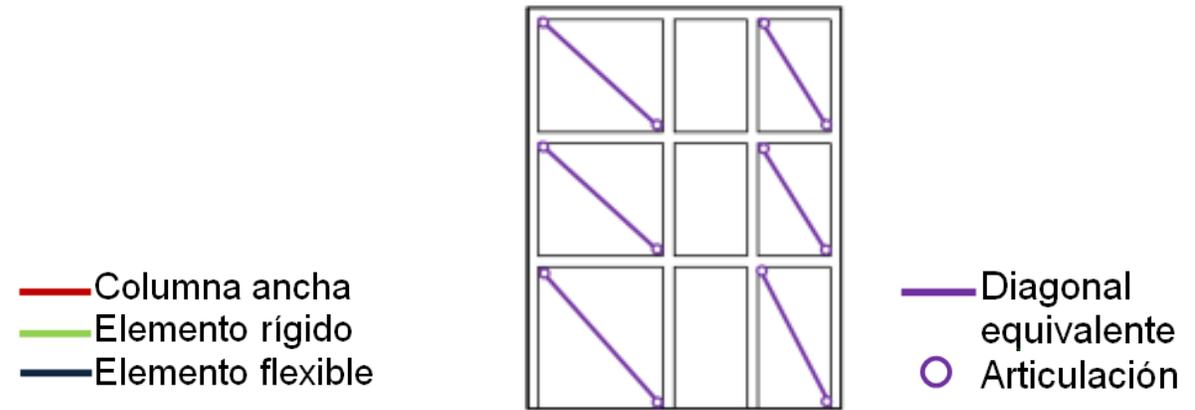


# Métodos de modelado

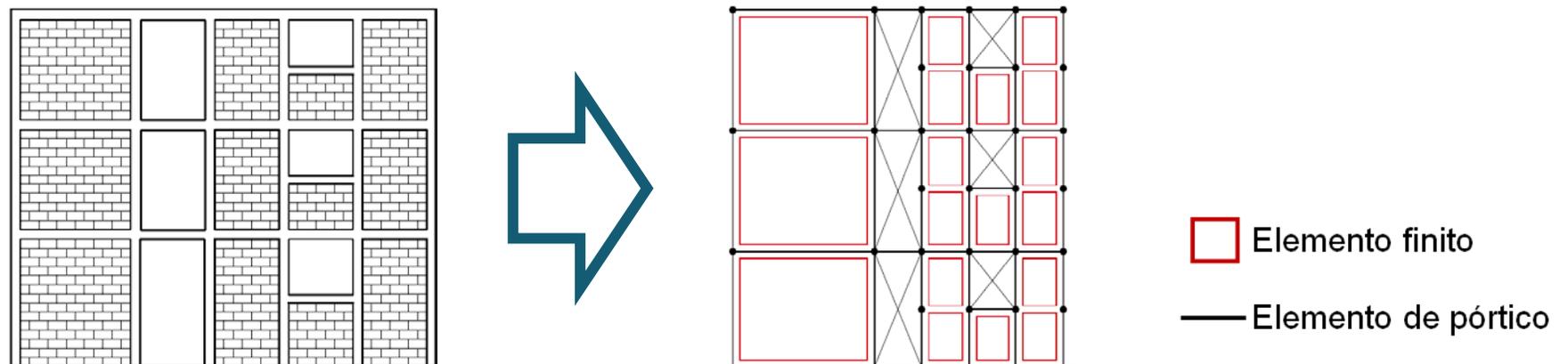
- Columna ancha:



- Diagonal equivalente:

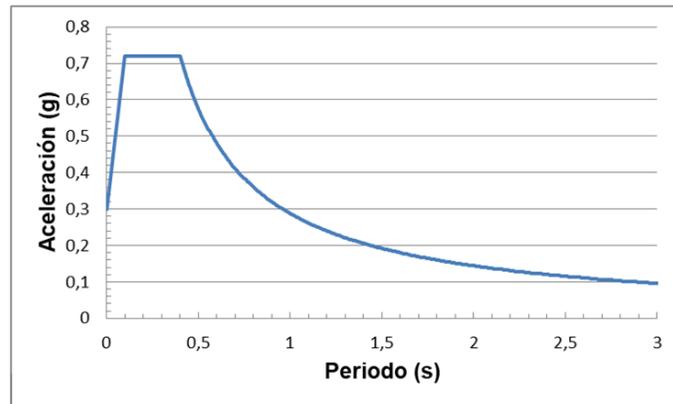


- Elementos finitos:

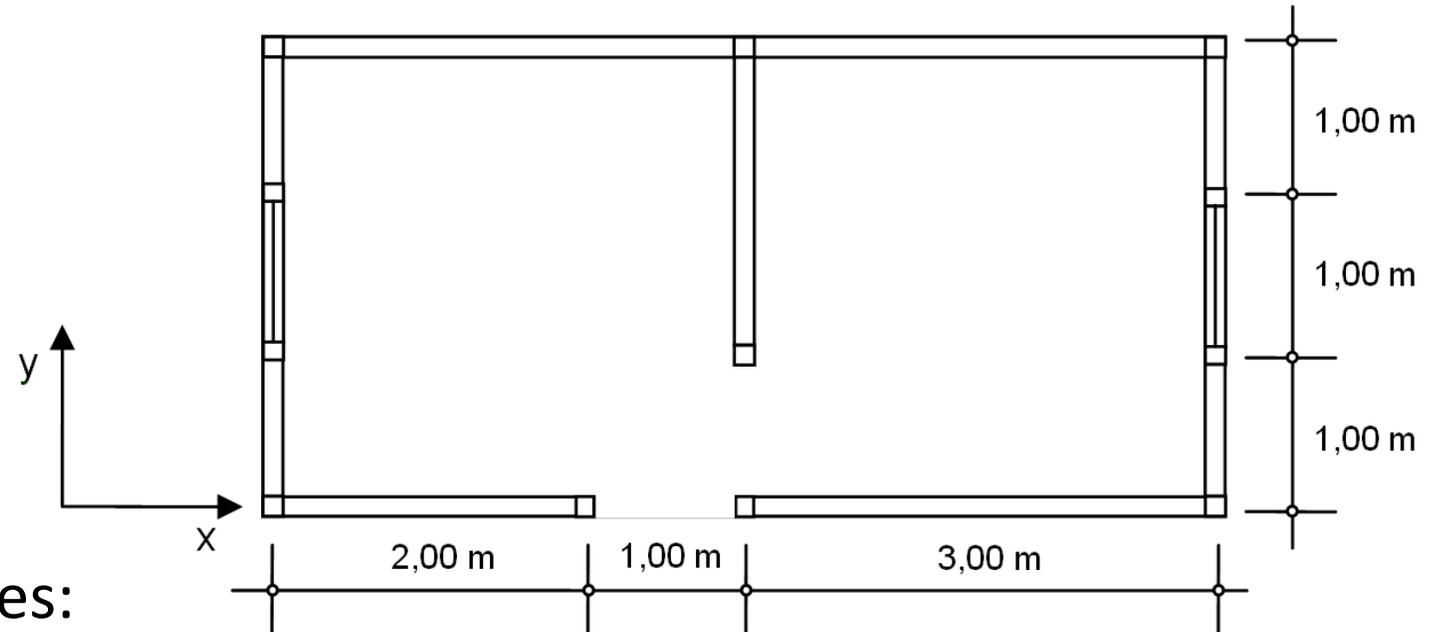


# Ejemplos de aplicación

- Espectro de diseño (R = 1) :



- Vivienda de 1 piso: planta

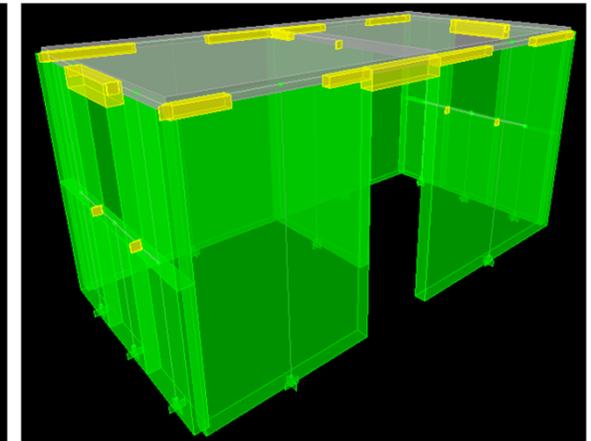
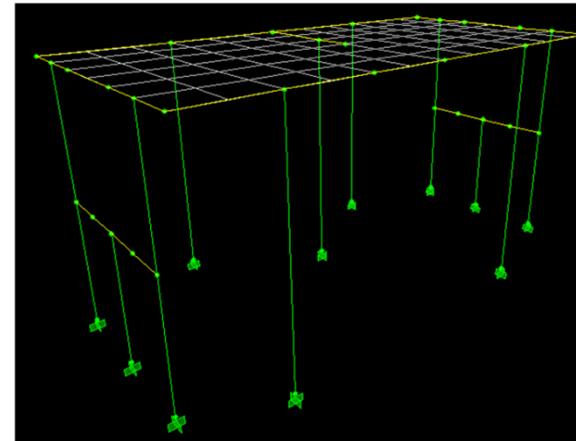
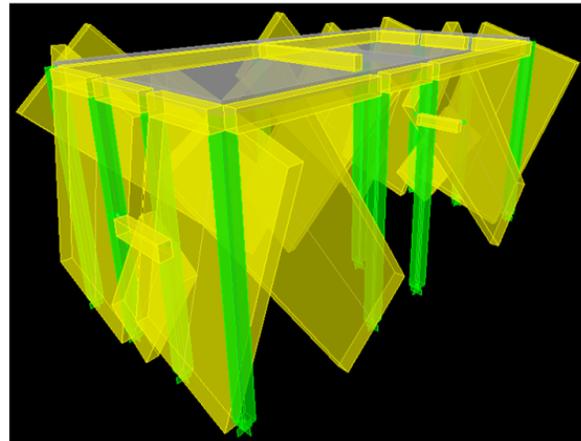
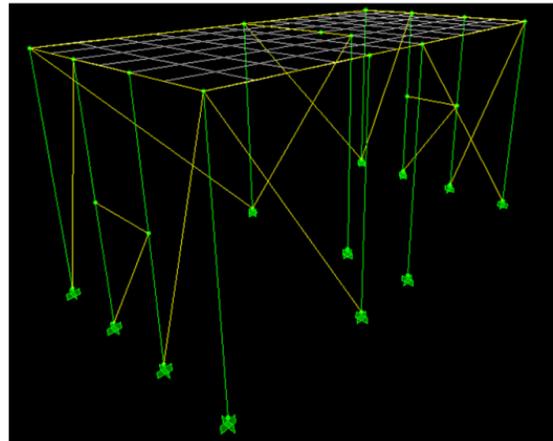
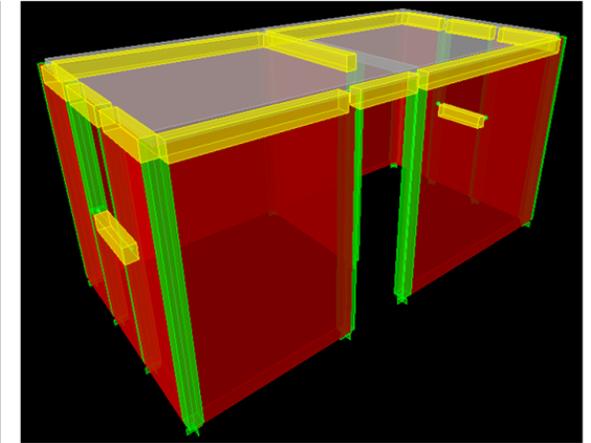
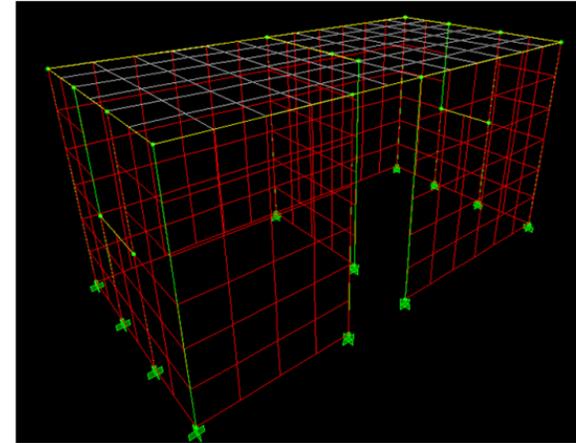


- Propiedades de los materiales:

<b>PROPIEDAD MECÁNICA</b>	<b>MAMPOSTERÍA</b>	<b>CONCRETO</b>
<b>Peso unitario</b>	$\gamma_m = 1.600 \text{ kgf/m}^3$	$\gamma_c = 2.500 \text{ kgf/m}^3$
<b>Resistencia a compresión</b>	$f'_m = 20 \text{ kgf/cm}^2$	$f'_c = 150 \text{ kgf/cm}^2$
<b>Módulo de elasticidad</b>	$E_m = 16.000 \text{ kgf/cm}^2$	$E_c = 185.000 \text{ kgf/cm}^2$
<b>Módulo de Poisson</b>	$\mu_m = 0,25$	$\mu_c = 0,20$

# Ejemplos de aplicación

- Elementos finitos
- Columna ancha
- Diagonal equivalente



## Ejemplos de aplicación

- Resultados: formas modales y períodos

<i>MODELO</i>	<i>T<sub>1</sub> (s)</i>	<i>T<sub>2</sub> (s)</i>	<i>T<sub>3</sub> (s)</i>
<b>Elementos Finitos</b>	0,057	0,042	0,032
<b>Columnas Anchas</b>	0,098	0,071	0,058
<b>Diagonales Equivalentes</b>	0,054	0,038	0,030

- Cortantes basales, desplazamientos y rotaciones:

<i>MODELO</i>	<i>V<sub>x</sub> (kgf)</i>	<i>V<sub>y</sub> (kgf)</i>	<i>Δ<sub>x</sub> (cm)</i>	<i>Δ<sub>y</sub> (cm)</i>	<i>θ<sub>z</sub> (rad)</i>
<b>Elementos Finitos</b>	6.560	7.650	0,0210	0,0442	0,00003
<b>Columnas Anchas</b>	8.459	10.011	0,0774	0,1688	0,00011
<b>Diagonales equivalentes</b>	6.416	7.433	0,0166	0,0376	0,00002

# Conclusiones

- Se presentaron las características de algunos métodos para modelar las estructuras de mampostería confinada bajo la acción de cargas sísmicas.
- Los ejemplos de aplicación permitieron contrastar las ventajas y limitaciones de cada uno de estos métodos.
- Para generalizar estas conclusiones es necesario considerar otras edificaciones de características diversas.

# Agradecimientos

- Se agradece el apoyo recibido por el IMME de la FIUCV para el desarrollo de este trabajo.
- Al Comité Organizador de las XXXVI Jornadas de Investigación IDEC por permitir la divulgación de los resultados.
- Al público asistente por su gentil atención.