

La importancia de la regularidad estructural ante el sismo: Regularidad en altura.

The importance of structural regularity against earthquake: Regularity in height.

Presentación: 26/09/2023

Lautaro Falchini

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela (U.T.N. F.R.Ra.) – Argentina
lautarofalchini777@gmail.com

Resumen

El trabajo consistió en la modelización de un edificio de nueve pisos, cuya altura total es de 27 m. Sus dimensiones en planta son de 9 m por 9 m. El programa utilizado fue CypeCAD (2023). El edificio se modeló en tres sistemas estructurales distintos: pórticos, pórticos y tabiques con irregularidad en altura (piso flexible), y pórticos y tabiques con regularidad en altura. El objetivo es analizar el comportamiento ante el sismo de los tres sistemas. Para ello se eligió una columna común y se estudió la deformada, los esfuerzos normales, cortantes y flectores a lo largo de toda su altura. Los resultados dejan plasmado que aunque el agregado de tabiques es de gran aporte para resistir sismo, lo primordial es la regularidad en altura, puesto que un edificio con tabiques pero con pisos flexibles tendrá mayor riesgo de sufrir daño estructural que un edificio sin tabiques pero con un correcto diseño sismorresistente.

Palabras clave: Sismo, Sismorresistente, Regularidad estructural, CypeCAD, Piso flexible

Abstract

The work consisted of the modeling of a nine-story building, whose total height is 27 m. Its plan dimensions are 9 m by 9 m. The program used was CypeCAD (2023). The building was modeled in three different structural systems: frames, frames and partitions with irregularity in height (flexible floor), and frames and partitions with regularity in height. The objective is to analyze the earthquake behavior of the three systems. For this purpose, a common column was chosen and the deformation, normal, shear and bending forces were studied along its entire height. The results show that although the addition of partitions is of great contribution to resisting earthquakes, the essential thing is the regularity in height, since a building with partitions but with flexible floors will have a greater risk of suffering structural damage than a building without partitions but with a correct earthquake-resistant design.

Keywords: Earthquake, Earthquake resistant, Structural regularity, CypeCAD, Weak story

Introducción

El desarrollo del trabajo comenzó con la modelización de un edificio de nueve pisos en el programa CypeCAD (2023), el mismo cuenta con una altura total de 27 m y está realizado en hormigón armado con losas macizas. Las dimensiones en planta son 9 m en el eje X y 9 m en el eje Y, considerando que no comparte medianera con ninguna construcción aledaña. Para la edificación se desarrollaron tres diseños estructurales distintos:

a) Estructura aporricada (pórticos de hormigón armado)

b) Estructura aporricada con tabiques asimétricos en altura generando un piso flexible

c) Estructura aporricada y tabiques simétricos en altura

Para calcular los esfuerzos, es necesario definir una ubicación a fines de determinar las cargas provocadas por el sismo. Se ubicó al edificio en la provincia de Mendoza, aplicando la zona sísmica mas desfavorable acorde a los reglamentado por el Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles CIRSOC 103 (2018).

Desarrollo

Se evaluaron los resultados obtenidos en los tres diseños estructurales distintos, en cada uno de ellos se compararon las deformaciones máximas del edificio y los esfuerzos normales, flectores y cortantes en una columna característica del edificio.

Edificio uno: estructura aporricada

El primero modelo estructural se basa en una planta de columnas de 0,20 m por 0,20 m con un módulo en X e Y de 3 m, se desarrolla de forma constante en los nueve niveles de la edificación (Figura 1).

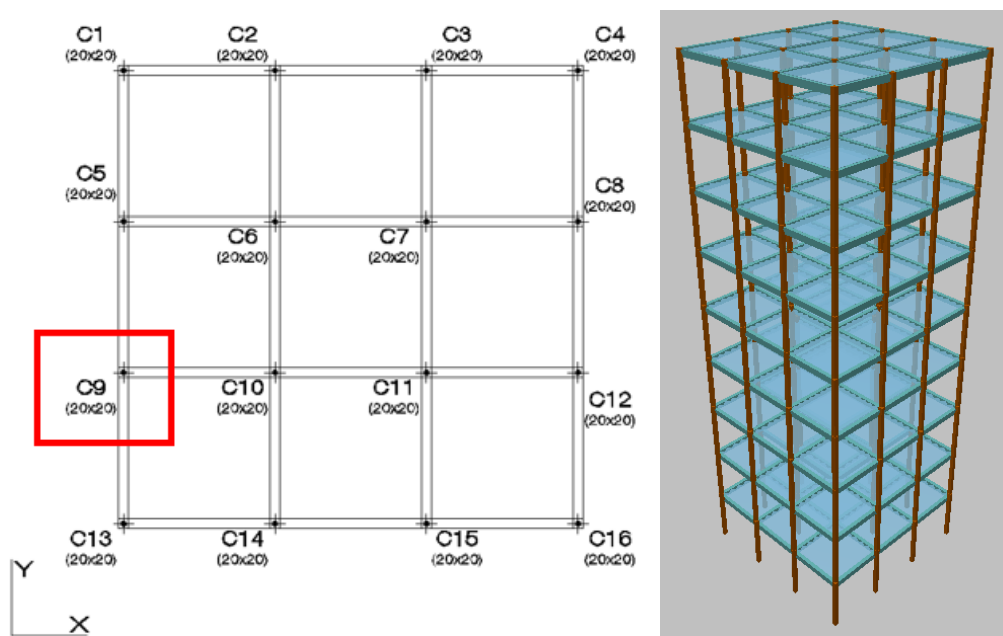


Figura 1. Diseño estructural del edificio uno, pórticos.

Edificio dos: Pórticos y tabiques asimétricos en altura (piso flexible)

Para el segundo modelo estructural se mantuvo la planta del edificio uno, pero se anexaron cuatro tabiques simétricos en planta, ubicados en el centro de las cuatro caras del edificio vinculando las columnas existentes en estos puntos.

Los tabiques presentan una discontinuidad en el nivel cinco generando un piso flexible de forma intencional. De esta manera se pudo evaluar la respuesta de la estructura al presentar dicha discontinuidad (Figura 2).

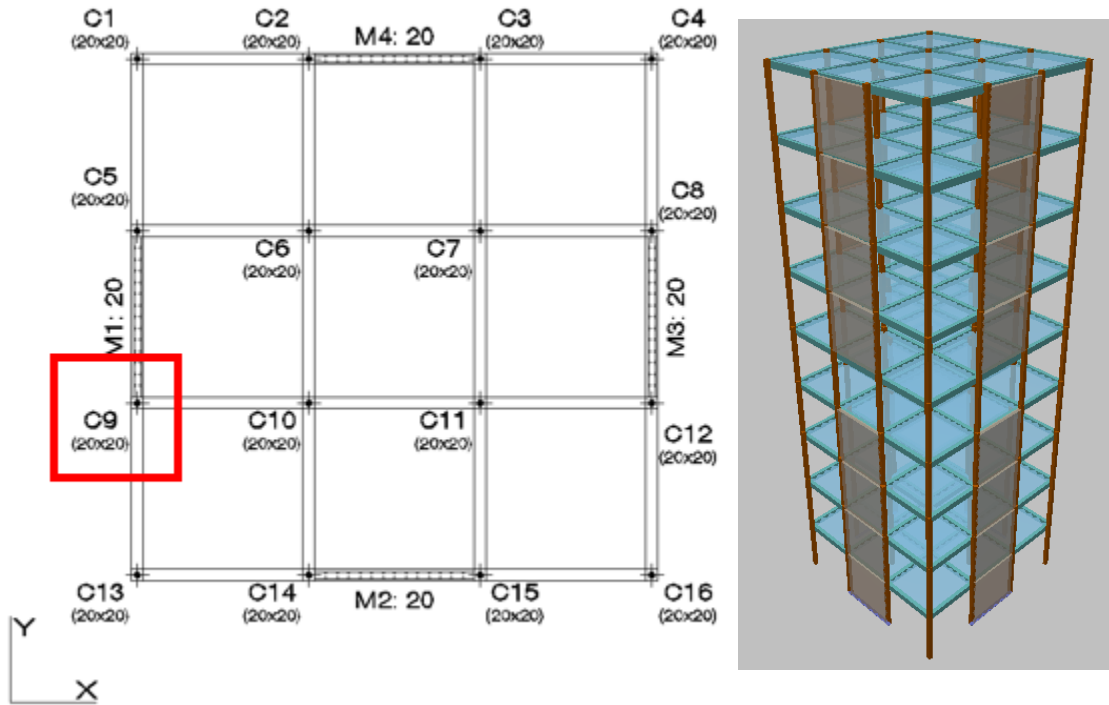


Figura 2. Diseño estructural del edificio dos, pórticos y tabiques asimétricos en altura generando un piso flexible.

Edificio tres: Pórticos y tabiques simétricos en altura

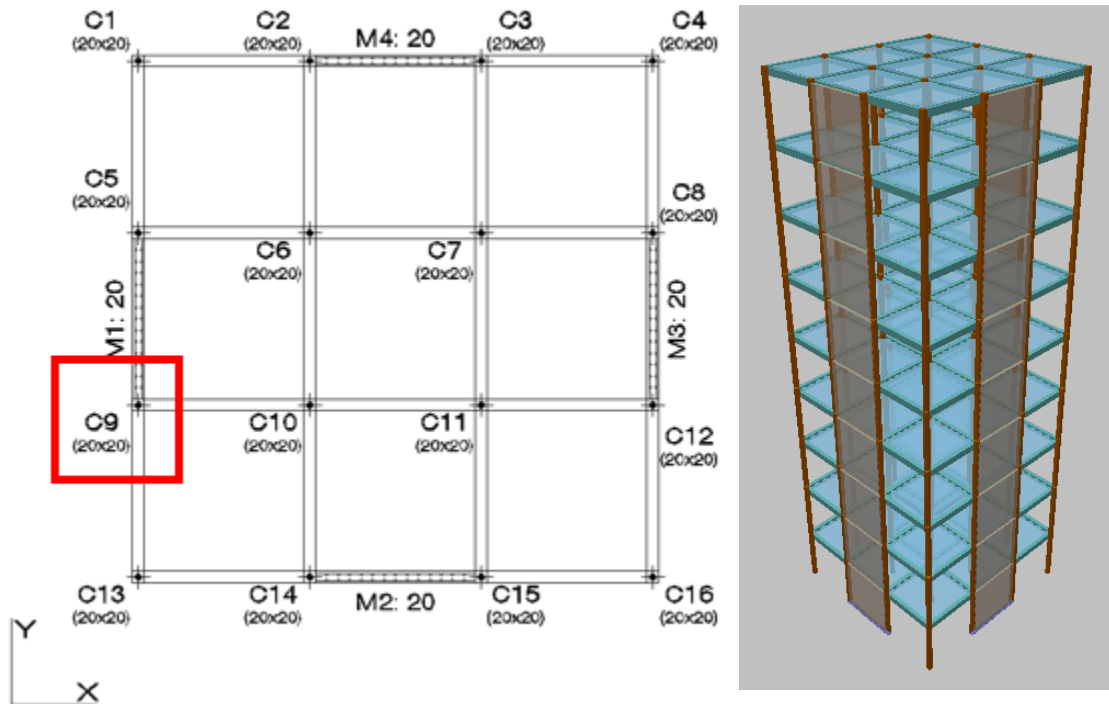


Figura 3. Diseño estructural del edificio tres, pórticos y tabiques simétricos en altura.

El último modelo presenta un diseño estructural semejante al del edificio dos, pero en este caso los tabiques no presentan la discontinuidad en el nivel cinco, continuando su linealidad desde las fundaciones hasta el final del edificio (Figura 3).

Resultados

A continuación se exponen tablas y figuras que comparan los resultados obtenidos en los tres modelos estructurales y las conclusiones obtenidas en cada caso.

Para realizar la comparación se seleccionó la columna C9, los esfuerzos y la deformada que se estudiaron corresponden al estado de carga de sismo en X modo uno, calculado por el programa CypeCAD (2023).

Esfuerzo axial (N)

Los esfuerzos obtenidos se presentan en la Figura 4 y las conclusiones se exponen en la Tabla 1.

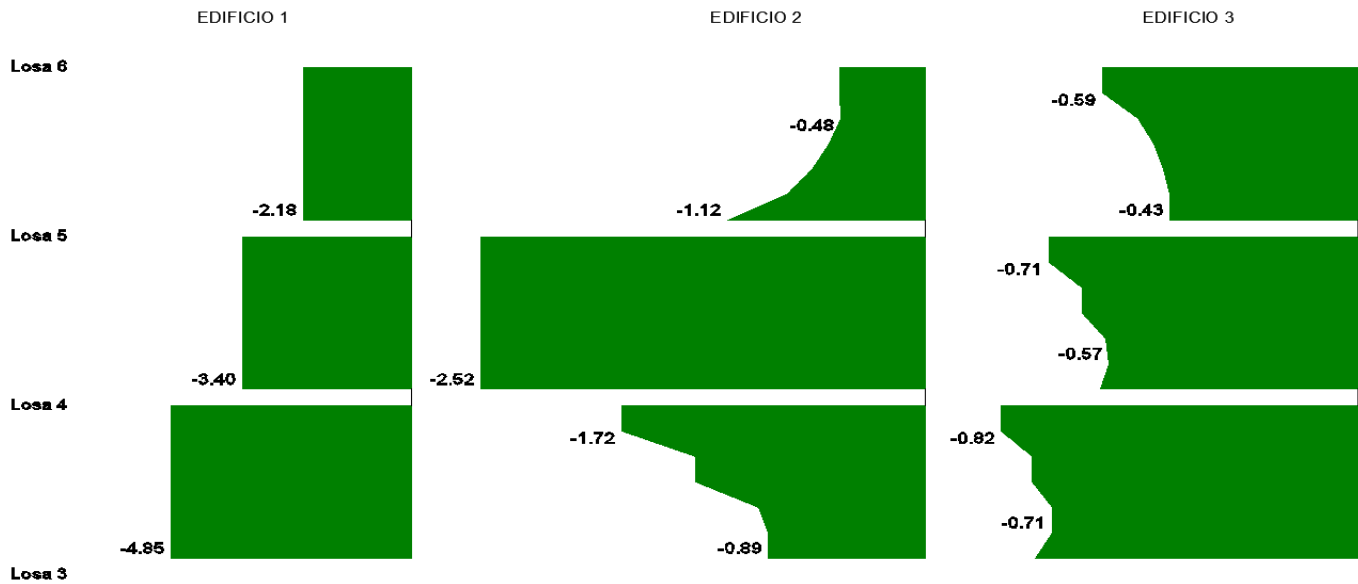


Figura 4. Esfuerzo axial sobre la columna C9 entre las losas 4 y 5.

Esfuerzo cortante (V_x): los esfuerzos obtenidos se presentan en la Figura 5 y las conclusiones se exponen en la Tabla 2.

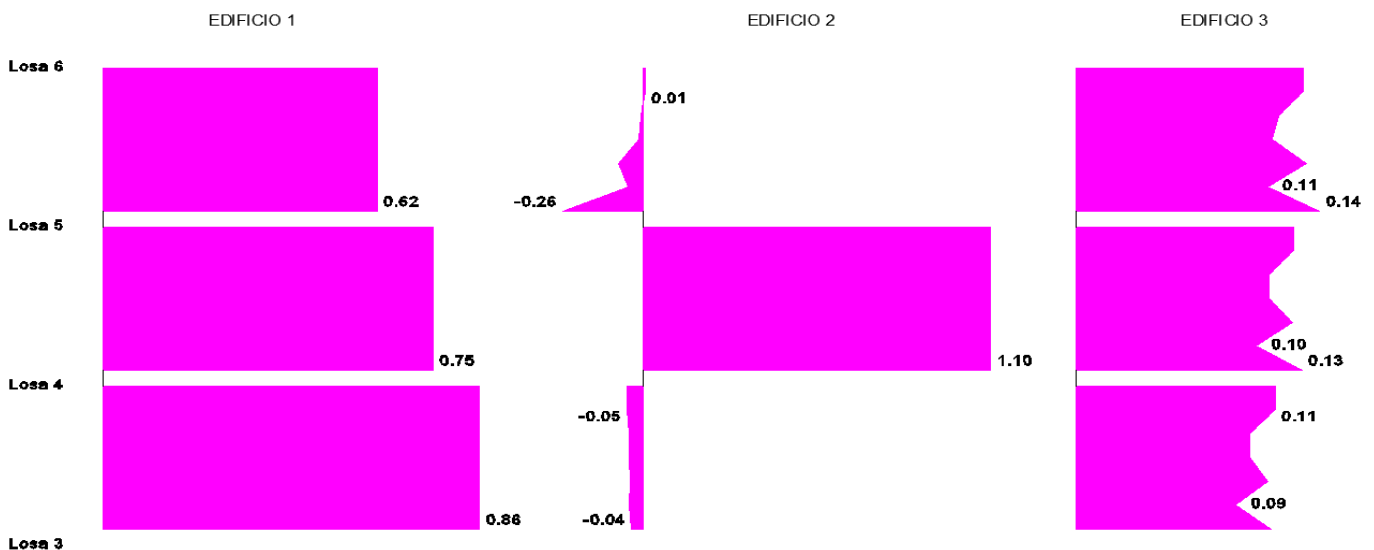


Figura 5. Esfuerzo cortante sobre la columna C9.

Esfuerzo flector (Mx): los esfuerzos obtenidos se presentan en la Figura 6 y las conclusiones se exponen en la Tabla 3.

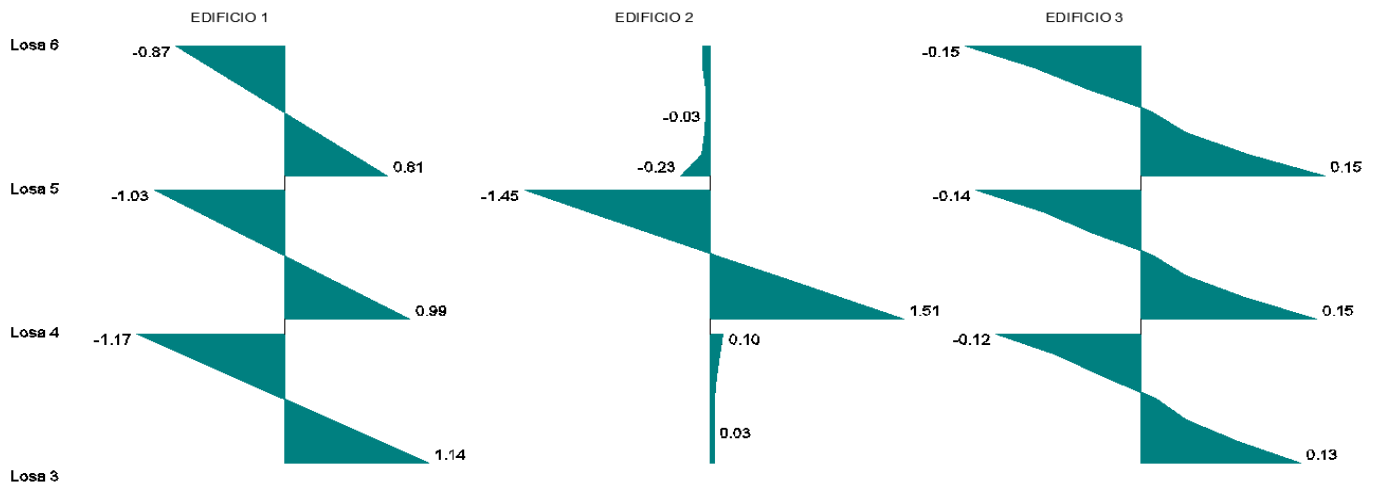


Figura 6. Esfuerzo flector sobre la columna C9.

Desplazamiento: las deformadas obtenidas se presentan en las Figuras 7, 8 y 9, y las conclusiones se exponen en la Tabla 4.

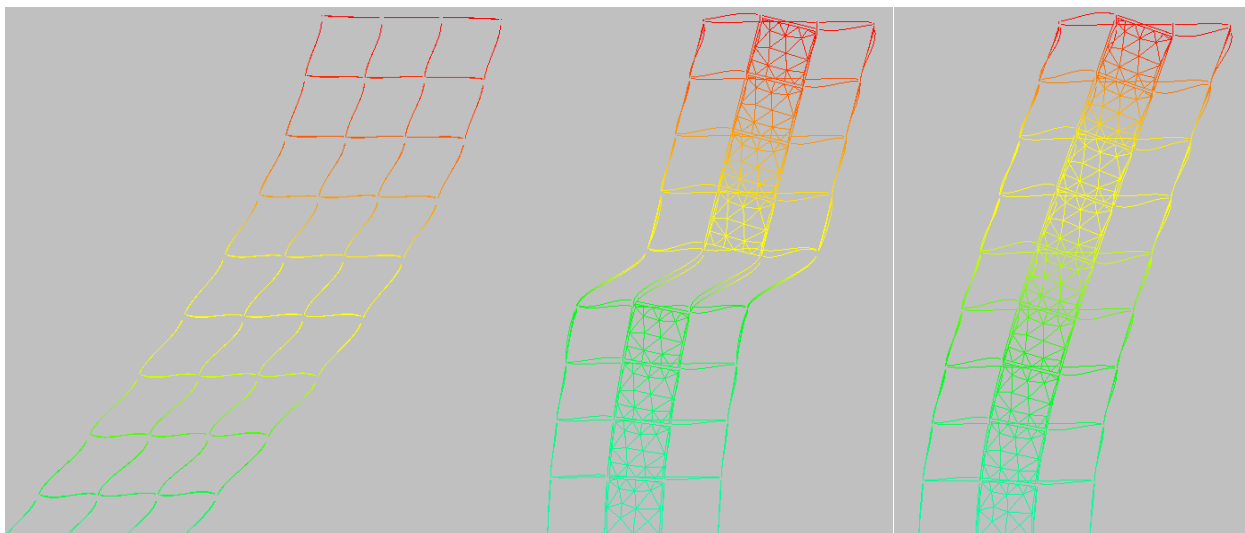


Figura 7. Deformada de los edificios (de izquierda a derecha) uno, dos y tres.

Conclusiones

A continuación se exponen tablas con las conclusiones del análisis, analizando los esfuerzos normal, cortante, flector y las deformadas de los edificios.

ESFUERZO AXIL		
Edificio	Sistema estructural	Conclusiones (Columna C9)
Uno	Pórticos	El esfuerzo axil aumenta de forma aproximadamente constante sobre la columna
Dos	Pórticos y tabiques asimétricos en altura	El esfuerzo axil presenta un gran incremento en el piso flexible, ya que la carga de los tabiques superiores se transfieren en este piso únicamente por las columnas
Tres	Pórticos y tabiques simétricos en altura	El esfuerzo axil aumenta progresivamente de forma aproximadamente constante sobre la columna, presentado algunas variaciones por la presencia de los tabiques

Tabla 1. Comparativa del esfuerzo axil sobre la columna C9 en cada edificio.

ESFUERZO CORTANTE		
Edificio	Sistema estructural	Conclusiones (Columna C9)
Uno	Pórticos	El esfuerzo cortante aumenta de forma aproximadamente constante sobre la columna
Dos	Pórticos y tabiques asimétricos en altura	El esfuerzo cortante presenta un gran incremento en el piso flexible, ya que la carga de los tabiques superiores se transfieren en este piso únicamente por las columnas
Tres	Pórticos y tabiques simétricos en altura	El esfuerzo cortante disminuye progresivamente de forma aproximadamente constante sobre la columna, debido al efecto de los tabiques

Tabla 2. Comparativa del esfuerzo cortante sobre la columna C9 en cada edificio.

ESFUERZO FLECTOR		
Edificio	Sistema estructural	Conclusiones (Columna C9)
Uno	Pórticos	El esfuerzo flector aumenta de forma aproximadamente constante sobre la columna
Dos	Pórticos y tabiques asimétricos en altura	El esfuerzo flector presenta un incremento notable en el piso flexible, ya que la carga de los tabiques superiores se transfieren en este piso únicamente por las columnas
Tres	Pórticos y tabiques simétricos en altura	El esfuerzo flector disminuye progresivamente de forma aproximadamente constante sobre la columna, debido al efecto de los tabiques

Tabla 3. Comparativa del esfuerzo flector sobre la columna C9 en cada edificio.

DEFORMADA		
Edificio	Sistema estructural	Conclusiones (Columna C9)
Uno	Pórticos	La deformada del edificio se presenta en un modo de corte, propio del sistema rigidizante de pórticos
Dos	Pórticos y tabiques asimétricos en altura	La deformada del edificio empieza a copiar la característica a la de un sistema rigidizante de tabiques (modo voladizo), pero al llegar al piso flexible los desplazamientos se incrementan de gran forma debido a que la rigidez relativa de este piso respecto a los otros es mucho menor
Tres	Pórticos y tabiques simétricos en altura	La deformada del edificio se presenta en un modo de voladizo, propio del sistema rigidizante de tabiques

Tabla 4. Comparativa de la deformada de cada edificio.

Referencias bibliografía

ArcelorMittal. (s.f.). *Earthquake Resistant Steel Structures*. Mixed Sources.

CIRSOC. (2018). *Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes - Parte I - Construcciones en general (INPRES-CIRSOC 103)*. INTI.

CYPE Ingenieros S.A. (2023). *CYPECAD Memoria de cálculo*. Obtenido de Soluciones CYPE para profesionales: <https://learning.cype.com/es/documentos/cypecad-memoria-de-calculo/>

Duggal, S. K. (2013). *Earthquake-Resistant Design of Structures* (Second ed.). Oxford: Oxford University Press.

Elnashai, A. S., & Di Sarno, L. (2008). *Fundamentals of Earthquake Engineering*. Chichester: Wiley.

Erdey, C. K. (2007). *Earthquake Engineering: Application to Desing*. New Jersey: Wiley.

Tapia Hernández, E. (23° de Noviembre de 2018). *Importancia de la regularidad en la respuesta sísmica de los edificios*. Obtenido de Expansión: <https://expansion.mx/bespoke-ad/2018/11/23/importancia-de-la-regularidad-en-la-respuesta-sismica-de-los-edificios>

Tena Colunga, A. (Noviembre de 2010). Irregularidad estructural y su efecto en la respuesta sísmica de edificios. *V Congreso Iberoamericano de Ingeniería Civil*. Mérida, Venezuele.