

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

[DOI 10.35381/cm.v8i3.951](https://doi.org/10.35381/cm.v8i3.951)

Interacción pórtico - Mampostería en edificaciones de estructura metálica

Steel frame - mansonry interaction in steel structure buildings

Mercy Soraida Barroso-Barroso
mercy.barroso.38@est.ucacue.edu.ec
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-1509-054X>

Juan Barbecho-Chuisaca
juan.barbecho@ucacue.edu.ec.com
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Cuenca
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-3524-4019>

Recibido: 15 de agosto 2022
Revisado: 01 de octubre 2022
Aprobado: 15 de noviembre 2022
Publicado: 01 de diciembre 2022

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

RESUMEN

La presente investigación ha modelado la mampostería no estructural mediante el planteamiento analítico de puntales rígidos y un elemento de puntal central (elemento no lineal). La evaluación de los pórticos más la mampostería no estructural se ha generado a través de un análisis estático no lineal (pushover) en el software ETABS. La investigación evalúa varias tipologías de fachadas típicas en edificaciones, para lo cual, usando las curvas de capacidad y puntos de desempeño obtenidos a partir del análisis pushover se han comparado las respuestas estructurales de las diferentes configuraciones de la mampostería no estructural dentro de los sistemas aporricados. Como resultados se ha obtenido que la mampostería genera daños leves, moderados y graves de los elementos estructurales que podrían llevar incluso al colapso de una estructura.

Descriptores: Diseño estructural; construcción de viviendas; diseño de vivienda. (Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The present investigation has modeled the nonstructural masonry through the analytical approach of rigid struts and a central strut element (nonlinear element). The evaluation of the struts plus the nonstructural masonry has been generated through a nonlinear static (pushover) analysis in ETABS software. The research evaluates several typologies of typical building facades, for which, using the capacity curves and performance points obtained from the pushover analysis, the structural responses of the different configurations of the nonstructural masonry within the portal frame systems have been compared. As results, it has been obtained that masonry generates slight, moderate and severe damage to structural elements that could even lead to the collapse of a structure.

Descriptors: Structural design; housing construction; housing design. (UNESCO Thesaurus).

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

INTRODUCCIÓN

En los últimos años América Latina se ha visto afectado por eventos sísmicos de magnitud intermedia y alta, que han dejado grandes daños en las construcciones y un sin número de muertos en diferentes ciudades, registrándose así el más mortífero en el 2010 en Haití con 300.000 víctimas mortales y 350.000 heridos. (BBC, 2017). La precariedad de las construcciones y las aglomeraciones urbanas contribuyeron a esta catástrofe, lo cual, nos obliga a preguntarnos qué se está haciendo para evaluar las construcciones que fueron edificadas hace años atrás, qué parámetros no fueron incorporados al diseño, qué rigurosas son las normas y códigos vigentes en el país. Otras de las interrogantes es qué medidas se toman en el diseño de estructuras actuales.

El Ecuador es considerado como un país de alta peligrosidad sísmica por su ubicación geográfica, al ser parte del cinturón de fuego y la cercanía con las placas tectónicas en movimiento como la placa de Nazca y la Sudamericana. Se tiene evidencias que, durante los últimos 470 años, se han registrado numerosos sismos que han devastado ciudades enteras como Ambato, Riobamba, Ibarra entre otras (Yépez, 2007).

El último sismo registrado en el Ecuador de magnitud Mw 7.8 fue el 16 de abril de 2016 ocurrido en Pedernales con intensidad máxima de IX (según escala macrosísmica europea, EMS-98), como consecuencia del terremoto se registraron 700 personas fallecidas, más de 7000 heridos y 22000 personas refugiadas. (Instituto Geofísico, 2020). Como consecuencia de tales eventos, se han realizado varios estudios de peligrosidad sísmica con la finalidad de disminuir el riesgo en las edificaciones. A pesar de ello el sistema estructural de pórticos a momento no ha mejorado referente a su concepción de diseño en el país. El sistema apórticado aún es el más utilizado en la mayoría de las construcciones, incluso cuando es considerado uno de los menos eficientes en zonas de alta peligrosidad sísmica.

Comúnmente en el diseño de estructuras de hormigón armado, metálicas o mixtas sólo se contempla los elementos estructurales de los pórticos para soportar cargas laterales.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

Sin embargo, el diseño no termina ahí, al contrario, se debe proceder con la verificación del desempeño de la estructura, el análisis de seguridad estructural que presentará una estructura ante diferentes sismos (frecuente, ocasional, de diseño y máximo). Es muy probable que con la inclusión de la mampostería no estructural se encuentren deficiencias en el comportamiento de la estructura (Norma E.070, 2020), que podrían provocar graves daños, con consecuencias fatales, evidenciadas en experiencias de sismos pasados.

No considerar la interacción pórtico – mampostería en el diseño de las estructuras, tiende a omitir muchas de las irregularidades en elevación y/o patologías que inducen a la estructura a presentar deficiencias en su comportamiento, los mismos que muchos diseñadores ignoran. Por tal razón, es necesario que se investigue los daños que provocarían la mampostería no estructural en las estructuras. Al considerarse a la mampostería como un material con gran rigidez, pero con poca resistencia y ductilidad, se evidenciaría nuevos efectos en las estructuras como: torsión en planta, piso blando, efectos de columna corta y otras patologías que aparentemente ya fueron solucionadas en el diseño solo con los pórticos.

La investigación brinda una primera idea acerca de cómo podría afectar la mampostería a la estructura, y evidencia un desempeño cercano a la realidad ante posibles eventos sísmicos esperados, con la finalidad de obtener estructuras más seguras que salvaguarden la vida ante estos fenómenos. Para lograr dicha investigación se plantea realizar un modelo matemático con las mismas características de la estructura a estudiar e incorporar los elementos no estructurales a través de diferentes métodos ya utilizados en otros países para este tipo de análisis.

Las observaciones realizadas por técnicos y peritos a edificios afectados por la acción sísmica evidencia que la presencia de mampostería no estructural puede tener efectos positivos o negativos para la estructura. La presencia de los rellenos se asocia comúnmente con el aumento significativo en la rigidez estructural general implícita en los rellenos.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

De igual manera, se presenta una frecuencia natural de vibración más alta, que, dependiendo del espectro sísmico relevante, puede conducir a un aumento en las fuerzas sísmicas (Furtado, et al. 2010). Los pórticos rellenos pueden modificar el comportamiento estructural de un edificio, generando esfuerzos en lugares de la estructura que no fueron diseñados para resistir esos incrementos de esfuerzos (Paulay & Priestley, 1992) Por ejemplo, cuando los muros de mampostería se extienden hasta cierta altura de la columna (Columna corta) se deja una sección corta en la columna la cual, induce a un aumento en el valor cortante de diseño (Varum, 2003).

En la modelación de pórticos rellenos de mampostería se pueden considerar 2 enfoques: micro-modelos y macro-modelos simplificados. Los micro-modelos involucran modelos con numerosos elementos que toman en cuenta los efectos locales a detalle, y se obtiene una representación más precisa. Sin embargo, para obtener los resultados esperados se requiere de un gran cálculo, así como también de la calibración de una gran cantidad de parámetros. Los macro-modelos por otra parte incluyen modelos basados en la compresión física de los paneles rellenos sometidos a cargas sísmicas, para la simulación se utilizan unos pocos puntales para representar los efectos de este elemento no estructural en la respuesta del pórtico (Crisafulli, et al., 2000).

El macro-modelo propuesto por (Furtado, et al., 2010), es un modelo simplificado del puntal bi-diagonal equivalente propuesto por (Crisafulli, et al., 2000). Este modelo es utilizado para la simulación del comportamiento no lineal de los paneles de mampostería de relleno sometidos a cargas cíclicas. Cada panel de mampostería está definido estructuralmente por cuatro puntales con comportamiento rígido y un elemento de puntal central, donde se concentra el comportamiento histérico no lineal (Figura 1). Las fuerzas desarrolladas en el elemento central son puramente de tracción o compresión (Rodrigues, et al., 2010).

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

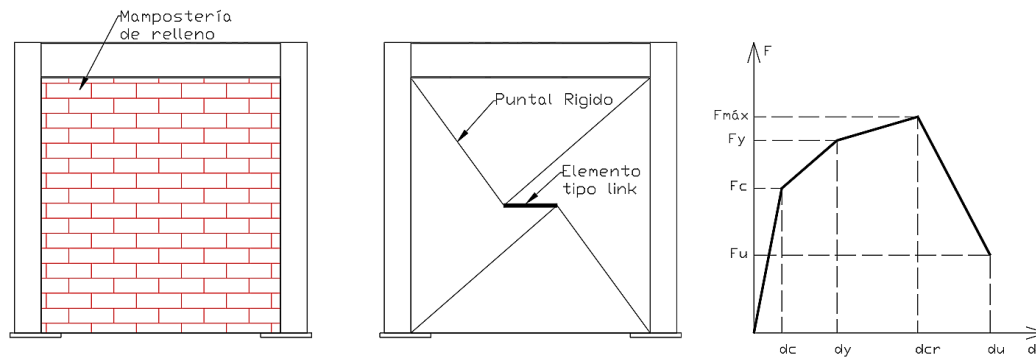


Figura 1. Macro-modelo para la simulación de un panel de mampostería de relleno Furtado, et al. 2010.

Para el modelo de mampostería de relleno, el comportamiento no lineal del elemento central se caracteriza por la curva monótonica que permite determinar la respuesta a cargas cíclicas en función del comportamiento del material definido por la curva envolvente y los parámetros histéricos.

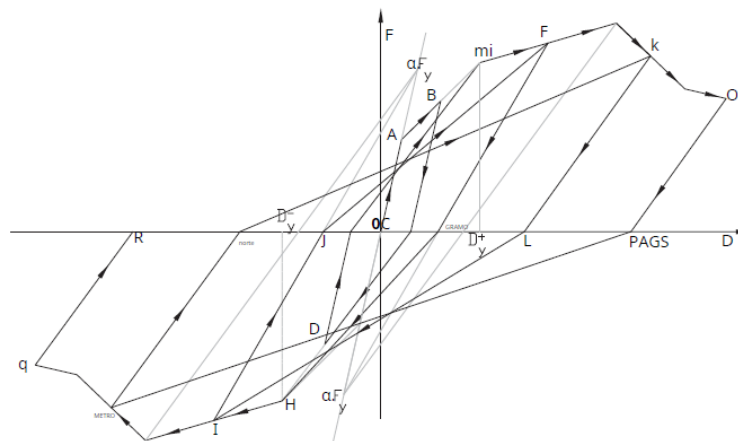


Figura 2. Modelo Histerético (Furtado, et al. 2010).

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este estudio se realiza el análisis matemático de varios modelos de pórticos en estructura metálica como se indica en la Figura 3, estos elementos cumplen con los parámetros de diseño vigentes en el Ecuador, es decir son capaces de resistir cargas verticales y cargas laterales cumpliendo con las normas (NEC-15), y las del American Institute of Steel (AISC 360-16, AISC 341-16). Los pórticos tienen un nivel de altura de 3.0m y una luz de 5.45m, 5.40m y 4.00m respectivamente, las secciones de los elementos estructurales se presentan en la Figura 3. El material utilizado es Acero estructural ASTM A36 con $f_y=248.10$ MPa y $f_u= 372.16$ MPa.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

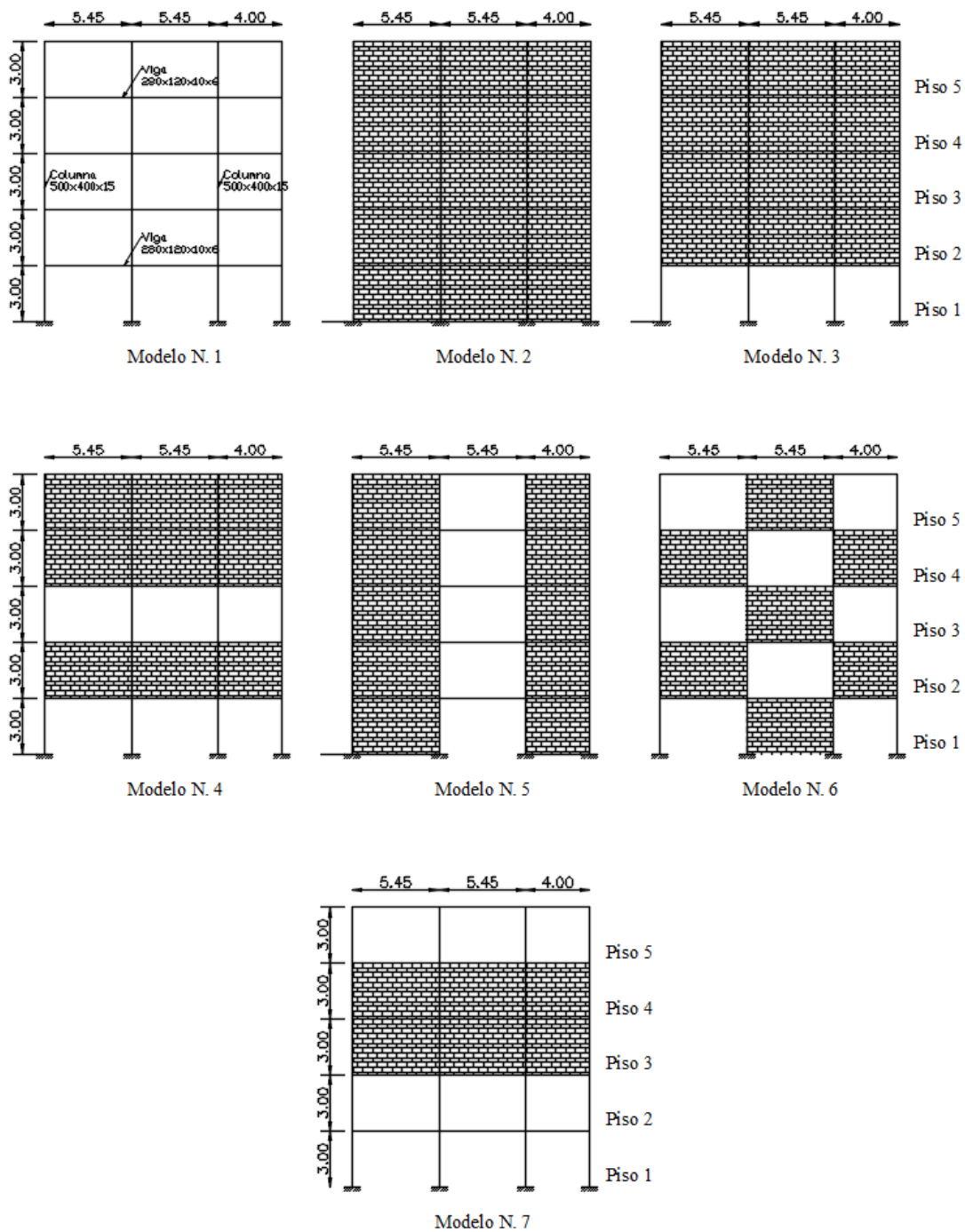


Figura 3. Pórticos con diferentes distribuciones de mampostería.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

El diseño de los elementos estructurales se realizó mediante el método de Diseño basado en fuerzas (DBF). Los parámetros que determinan el espectro de diseño elástico, tipo de suelo, coeficiente de Importancia (I), factor de reducción de resistencia sísmica (R) se detallan en la Tabla 1. En base a lo cual, se verificó el cumplimiento de la derivada inelástica de piso para estos sistemas que es de 0.02 (NEC, 2015).

Tabla 1. Parámetros de entrada para la construcción del espectro de diseño según la NEC-15

<i>Descripción</i>	<i>Valor tomado</i>
Ciudad	Ambato, Tungurahua
Aceleración máxima en roca (Z)	0.4g
Tipo de suelo	C
Fa	1.2
Fd	1.11
Fs	1.11
r	1
η (Sierra)	2.48
I	1
Irregularidad en elevación	1

Se verificó que las secciones de los elementos estructurales cumplan con los criterios de acuerdo a las normas AISC 360-16 (ANSI/AISC 360-16, 2016). Posteriormente, para la evaluación de los pórticos incluidos la mampostería se realizó mediante el método de análisis estático no lineal (Pushover), que consiste en un modelo matemático que incorpora directamente las características no lineales de cada uno de los elementos estructurales, sometidos a la aplicación incremental y monotónica de cargas laterales hasta que la estructura colapse. Durante el análisis, se observa la secuencia de agrietamiento, fluencia, post-fluencia y fallo de los elementos estructurales y no

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

estructurales. Este análisis se realiza en la estructura bajo el efecto de las cargas muertas y el 25% de la carga viva de diseño.

Para evaluar el nivel de desempeño de los pórticos ante los eventos sísmicos se utilizaron los niveles de desempeño recomendados por el (ASCE/SEI 41-17, 2017). En donde el criterio de aceptación para la deformación de los elementos principales requiere de la formación de las rótulas plásticas (ASCE/SEI 41-17, 2017), en donde existen cuatros niveles de aceptación: Ocupación Inmediata (IO), Seguridad de Vida (LS), Prevención de Colapso (CP) y Colapso ver figura 3.

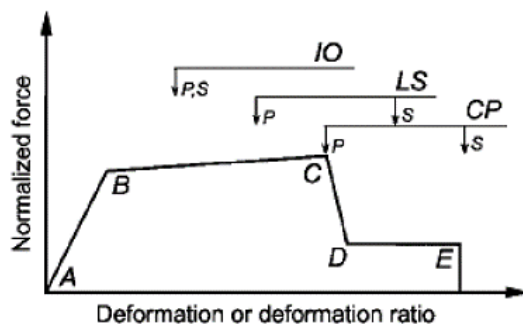


Figura 4. Criterios de Deformación de los elementos (ASCE/SEI 41-17, 2017).

El análisis numérico se realiza a partir de elementos tipo frame elaborados en el programa ETABS, donde los elementos principales son de estructura metálica ASTM A36. Se ubicaron rotulas plásticas en los extremos de los elementos con el fin de analizar a profundidad el comportamiento de los pórticos al incluir la mampostería con diferentes configuraciones y validar los resultados obtenidos. Para modelar se definió el material con la resistencia a la fluencia y plástica del Acero A36, un módulo de Poisson de 0.3 y una elongación en su rango plástico de 0.2. Adicionalmente se incluyó la mampostería en los pórticos metálicos de acuerdo al método de Rodríguez y Furtado, el mismo que en

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

relación al modelado en ETABS define cuatro elementos como puntales rígidos tipo frame y un elemento central tipo link, la rigidez de la mampostería es de 5356.05 Ton/m (Játiva & Torres, 2021). El valor de la rigidez de la mampostería cargada en el elemento tipo link se tomó del ensayo experimental de un pórtico en una estructura metálica, el mismo que fue sometido a carga lateral y fue ensayado considerando la mampostería y sin mampostería.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los porticos se modelaron en el software ETABS agregando los valores de rigides de los estudios experimentales, para garantizar que estos modelos representen adecuadamente la interaccion portico – mamposteria, el análisis se realizó para el sismo de diseño para un período de retorno de 475 años (objetivo de desempeño de seguridad básica). En la mayoría de pórticos empieza a fluir las columnas lo que determina el nivel de desempeño que alcanza el prevención de colapso.

De manera general, en todos los modelos presenta una notable fluencia en las rotutas plasticas de las vigas, asemejandose a un portico sin mamposteria, sin embargo, la fluencia en las columnas se concentran en los elementos opuestos a la dirección del sismo. Se observa que la respuesta estructural se ve afectada por la distribución de la mampostería de tal manera que podría presentarse casos de piso blando como se aprecia en la Figura 6 (g). El modelo que se muestra en la Figura 6(b) en particular tiene mayor rigidez y es el pórtico que está cubierto por completo de paneles de mampostería a pesar de poseer masas similares en todas las plantas, por lo tanto, presenta una falla en las columnas.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

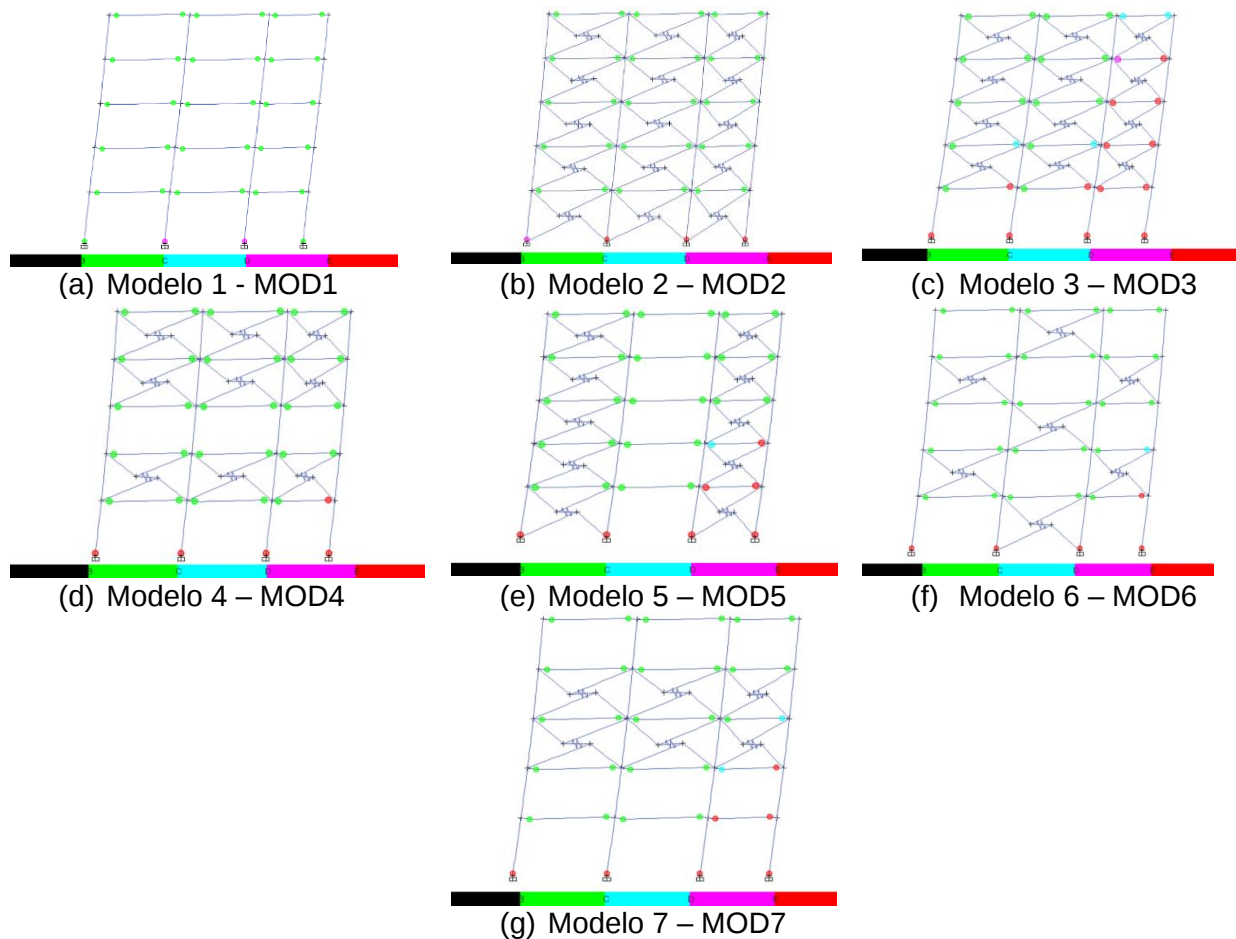


Figura 5. Deformaciones y desempeño estructural – pórticos con diferentes distribuciones de mampostería.

La evaluación del pórtico sin mampostería al ser sometida a cargas laterales muestra el desempeño de seguridad de vida con una deriva del 0.02, es decir, se cumple con el requerimiento de desempeño según la normativa. Este análisis es el que comúnmente se realiza en cálculos estructurales tanto en edificaciones nuevas como en evaluaciones de estructuras existentes. Se puede ver que previo al colapso de la estructura se concentra la plastificación en las columnas iniciales.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

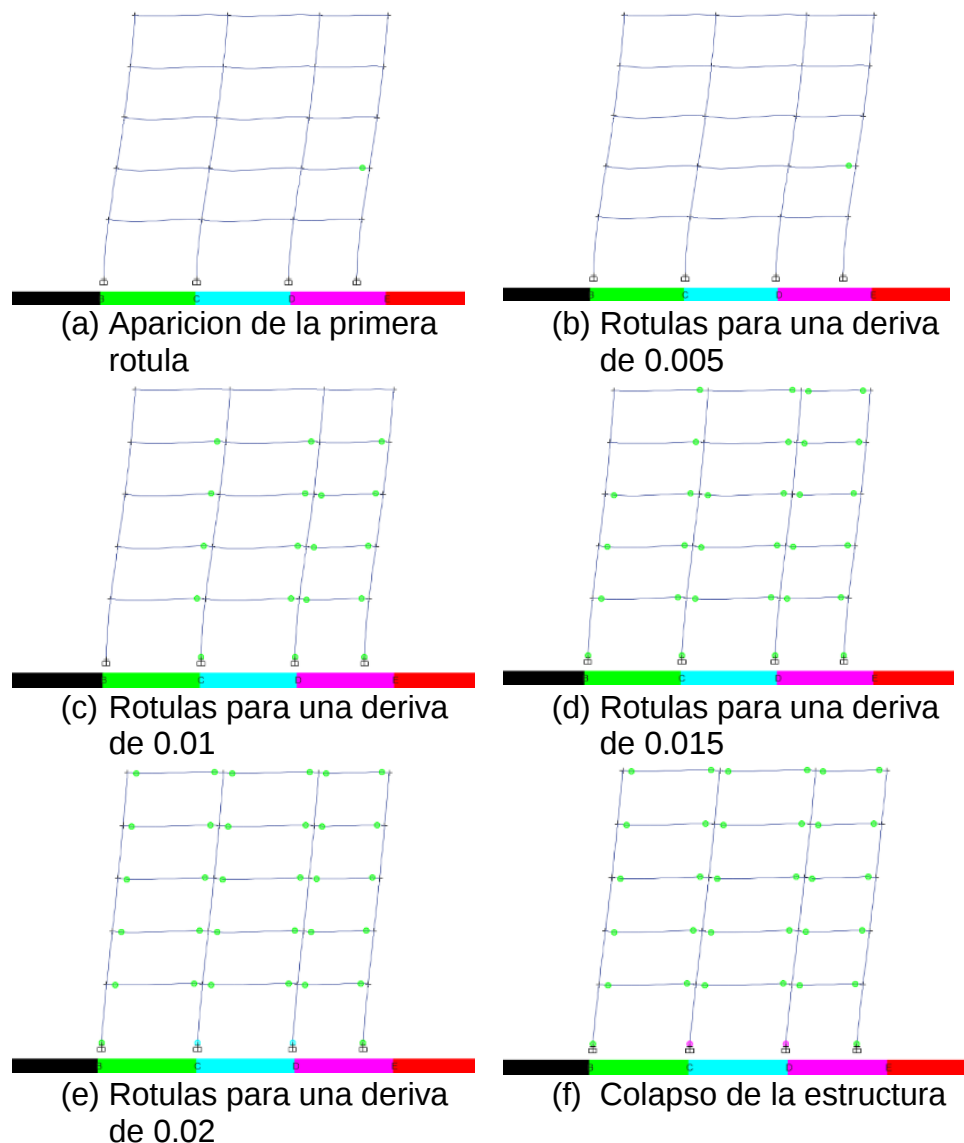


Figura 6. Resumen del comportamiento del pórtico del modelo 1.

En el análisis del pórtico relleno por completo de mampostería se observa que se cumple con el desempeño deseado y se alcanza el nivel de seguridad de vida. Respecto al patrón de formación de rótulas plásticas se puede decir que tiene el mismo que el del modelo base MOD 1.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

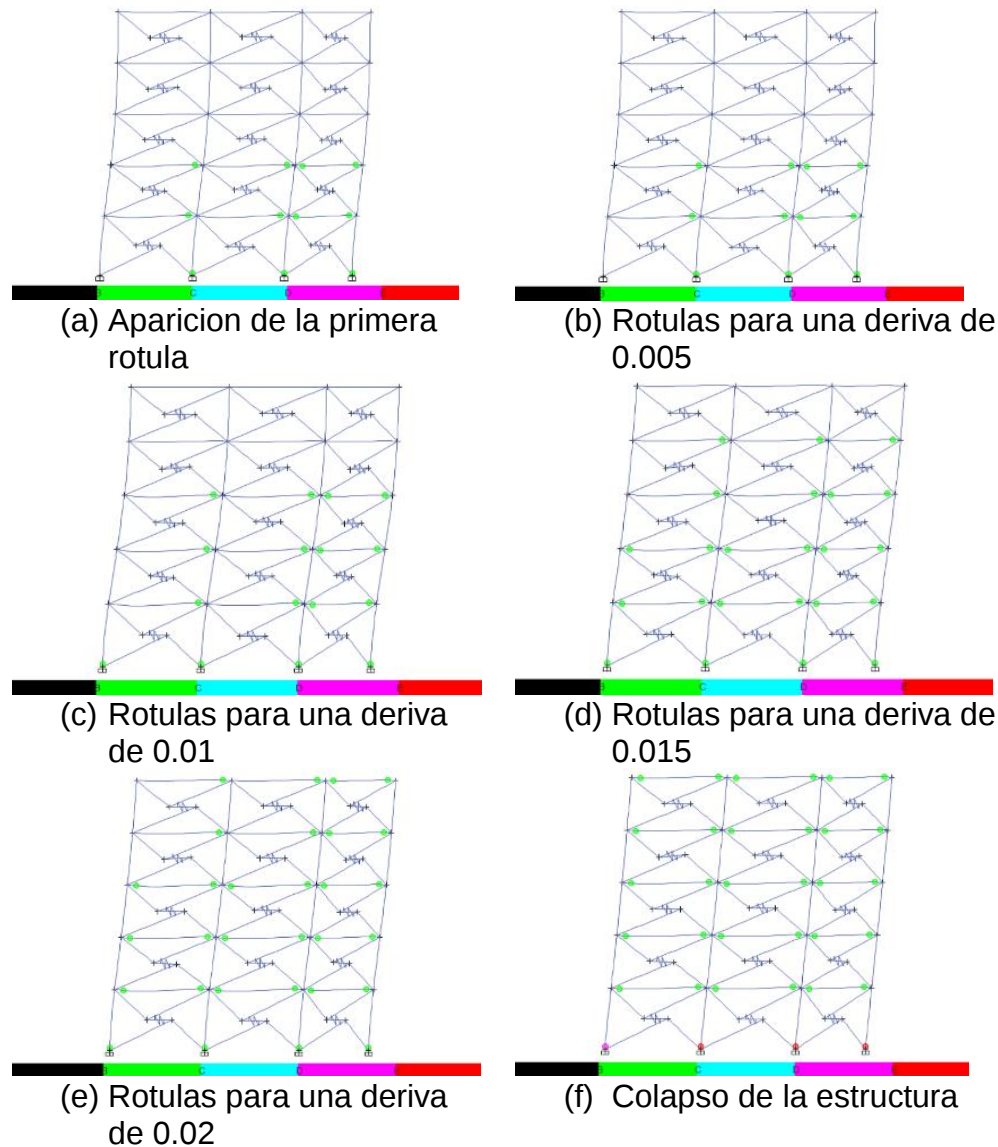


Figura 7. Resumen del comportamiento del pórtico del modelo 2.

La evaluación refleja que la deriva del 0.015 se presenta un nivel de desempeño alcanzado de prevención de colapso, por lo tanto, no cumple con los parametros de normativa debido a que se genera efecto de piso blando en la estructura. Este tipo de distribuciones de mampostería se encuentran en muchos edificios existentes.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

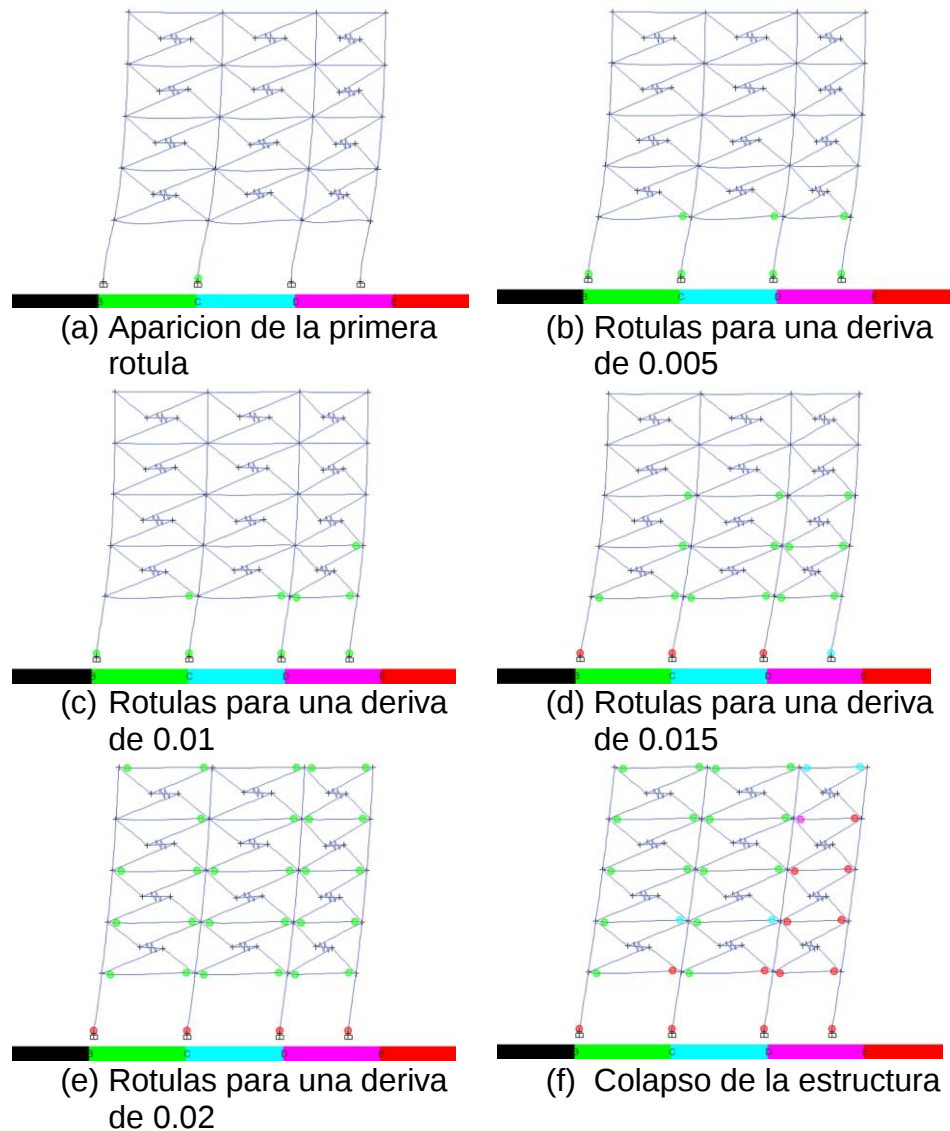


Figura 8. Resumen del comportamiento del pórtico del modelo 3.

El análisis de la estructura cumple con el desempeño requerido ya que alcanza el nivel de seguridad de vida. Respecto del comportamiento de las rótulas plásticas se logra identificar que el daño se concentra directamente en el piso blando inferior, mismo que tiene más demanda. En instancias iniciales se logra ver que el daño intenta concentrarse

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

en el piso blando superior, pero finalmente las fuerzas se redistribuyen concentrándose todo el daño en las columnas inferiores.

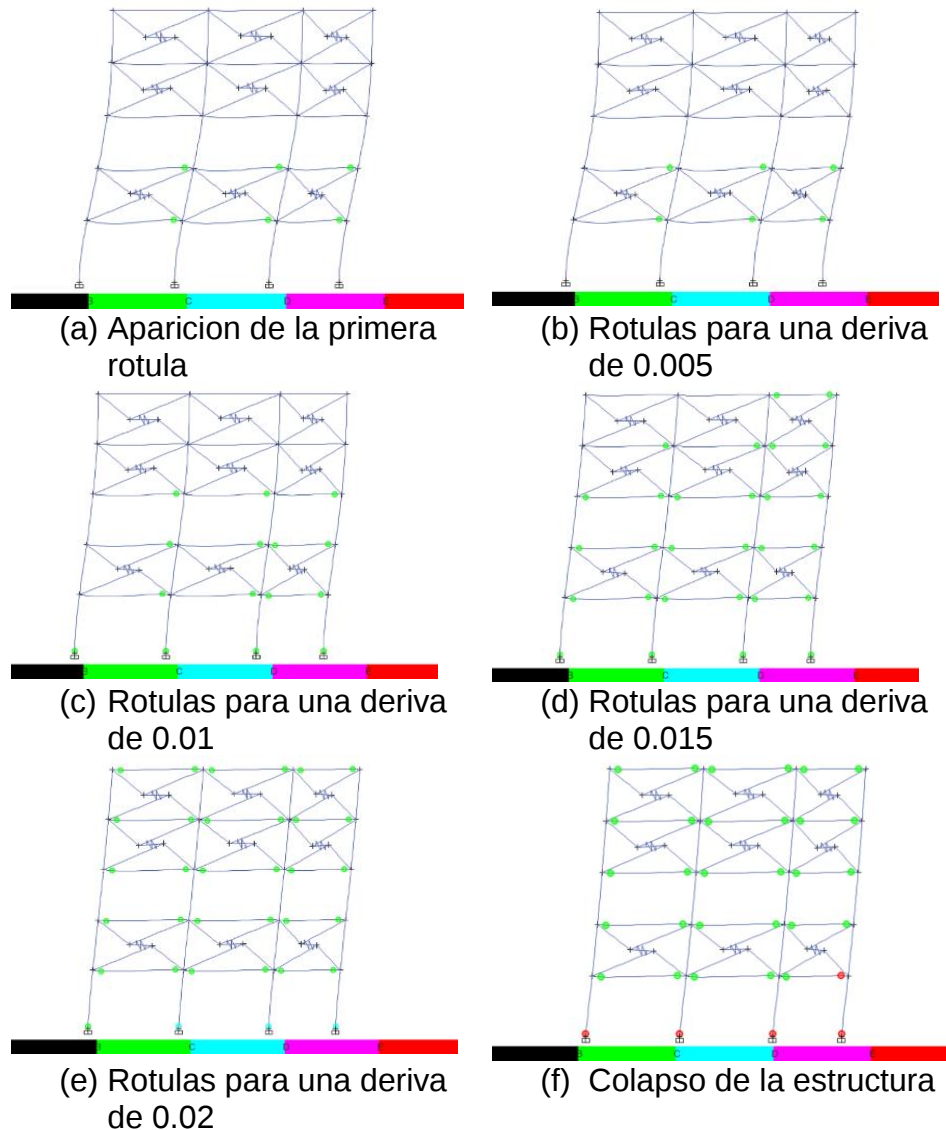


Figura 9. Resumen del comportamiento del pórtico del modelo 4.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

El pórtico sometido a carga lateral presenta un nivel de desempeño para una deriva del 0.02 de prevención de colapso, por lo tanto, se considera que cumple con los parametros de la norma.

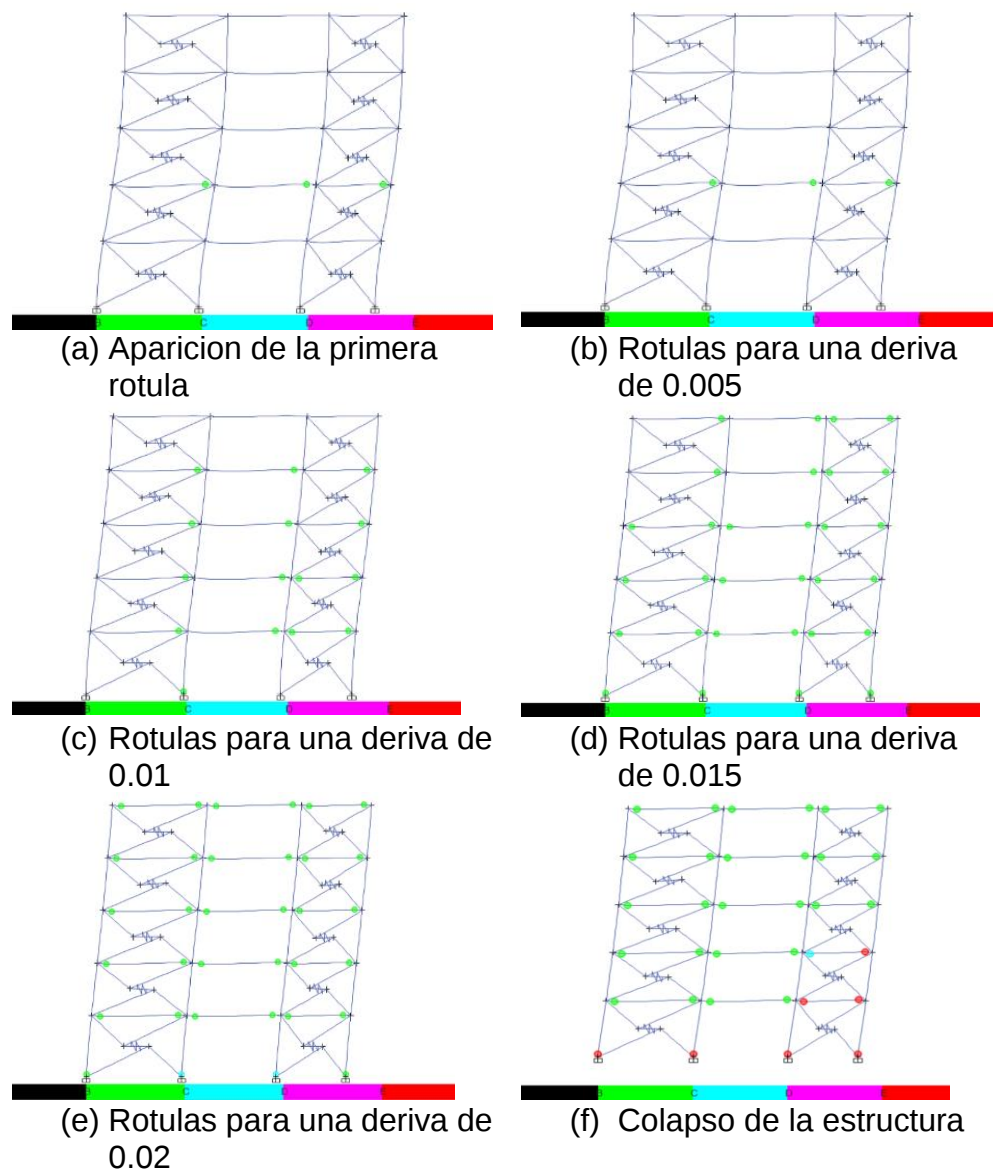


Figura 10. Resumen del comportamiento del pórtico del modelo 5.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

La distribución simétrica de la mampostería en los pórticos no genera grandes daños en los elementos no estructurales, y se mantiene un nivel de desempeño de seguridad de vida. La distribución de plastificación de las rótulas plásticas es muy similar al modelo patrón MOD 1.

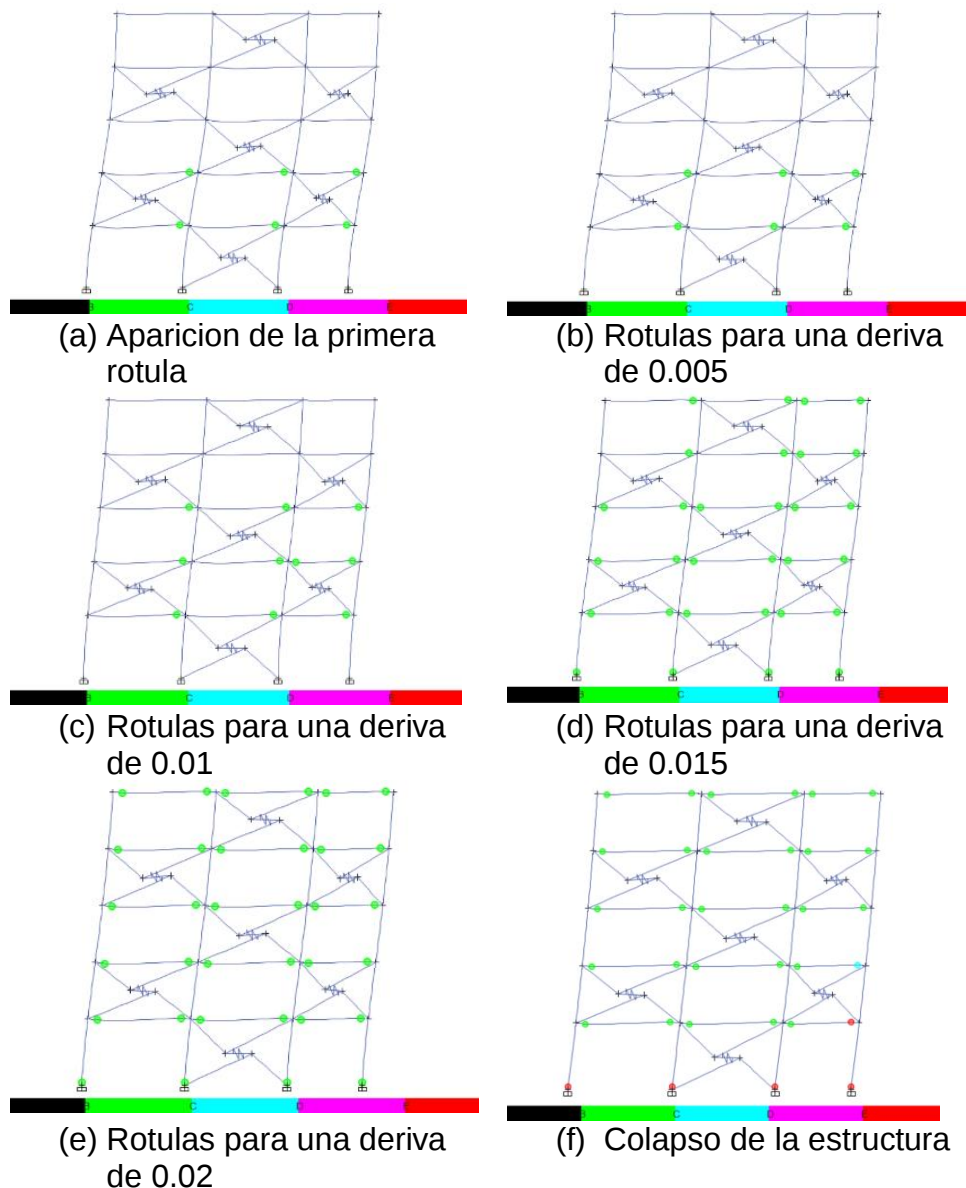
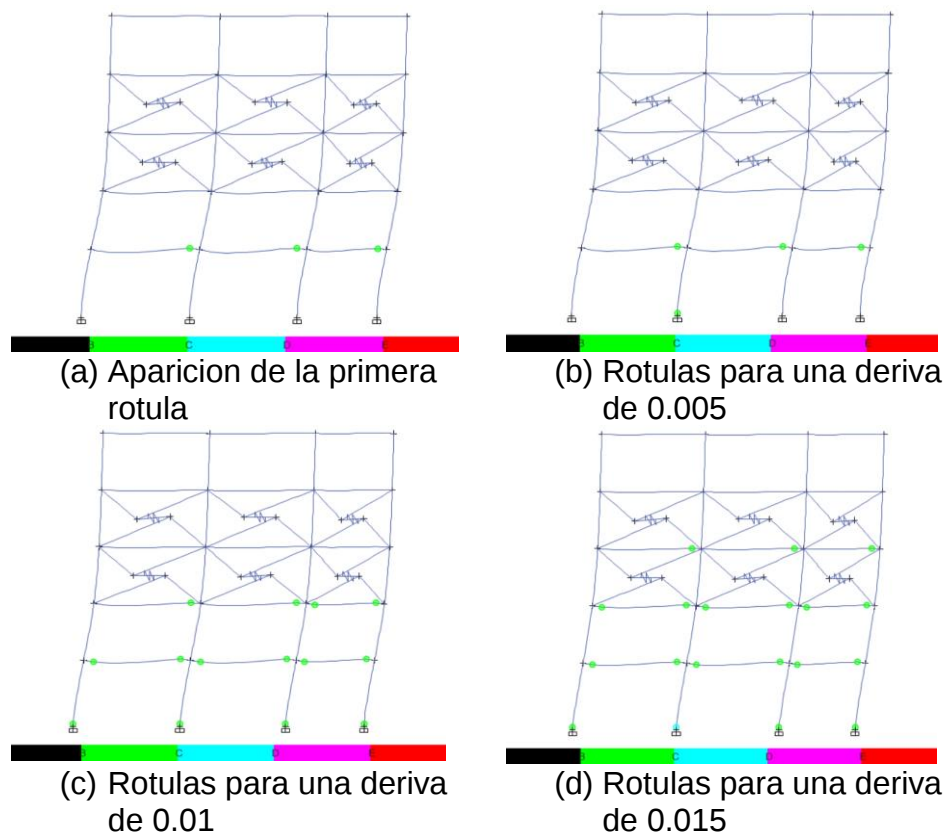


Figura 11. Resumen del comportamiento del pórtico del modelo 6.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

Como se observa en la Figura 12 (e) alcanza el nivel de colapso, generado por piso blando, por lo tanto, no cumple con los requerimientos de desempeño de acuerdo a la norma. En este caso final a diferencia del MOD 4, al tener continuidad en la ubicación de los pisos blandos se terminan concentrando los daños directamente en los pisos inferiores. Por otra parte, respecto del MOD 3 se tiene una mejor comportamiento ya que el piso blando termina siendo la resultante de la rigidez de los dos pisos inferiores.



Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

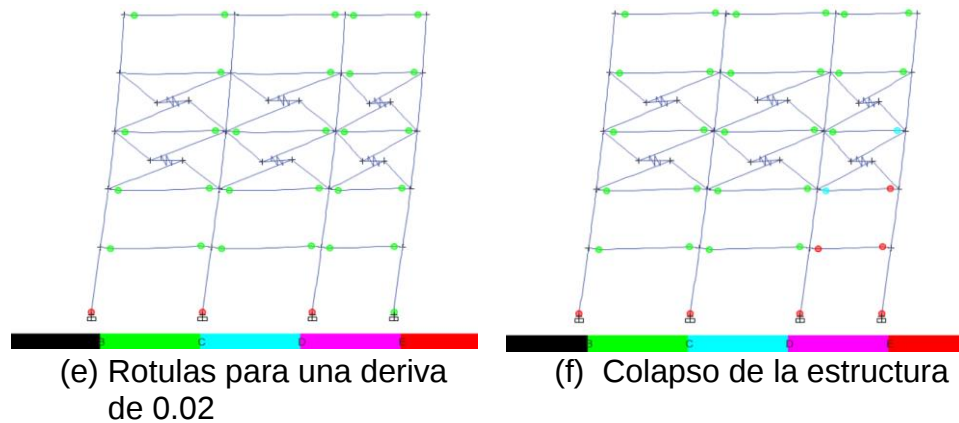


Figura 12. Resumen del comportamiento del pórtico del modelo 7.

Las rigideces de cada pórtico se ven afectadas debido a la interacción de los elementos estructurales y no estructurales ver Figura 13, por lo tanto, se verificó que, se modifica el comportamiento de la estructura, generando cambios en la rigidez de piso a piso de acuerdo a la distribución de mampostería, resistencia y ductilidad, además del periodo de vibración, formas modales y desempeño de la estructura. Es por ello que se determina diferentes patologías al aumentar su rigidez que genera torsión en planta, columna corta y efecto de piso blando.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

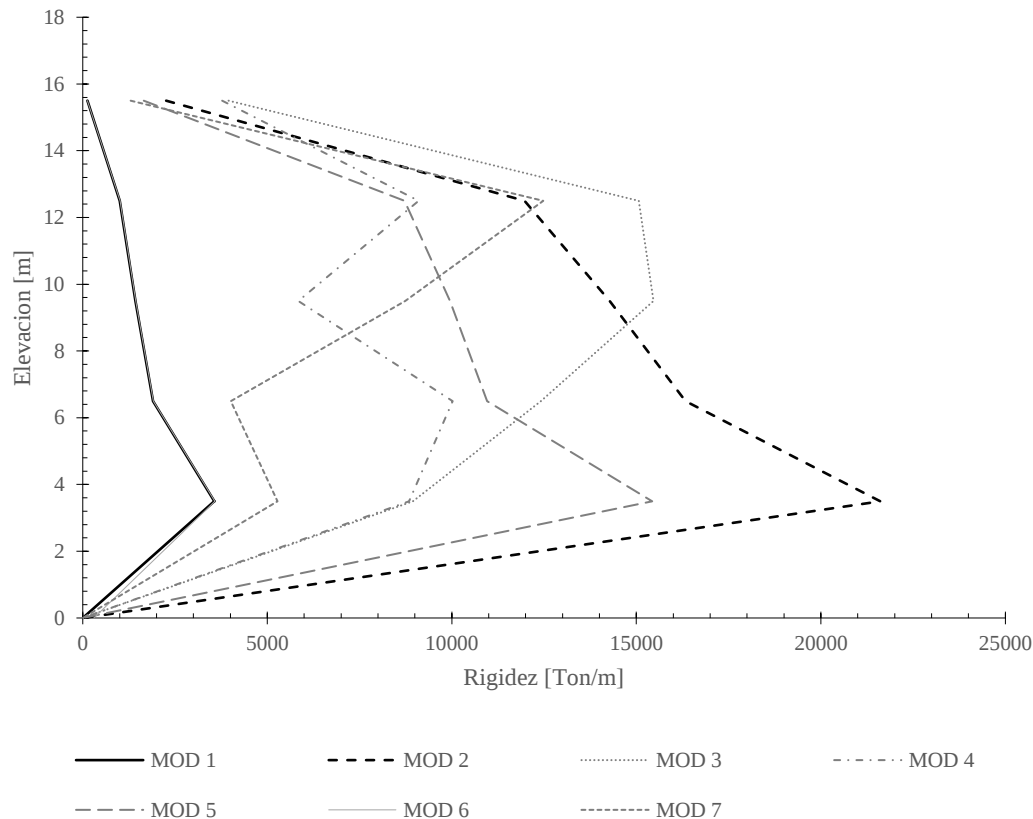


Figura 13. Rigidez de pórticos con posible patología de piso blando.

Las curvas de capacidad de las estructuras en el análisis realizado varían de acuerdo a la distribución de la mampostería, el caso más evidente de la reducción del desplazamiento al incluir la mampostería es el MOD 1 (sin mampostería) y MOD 2 (mampostería en todo el pórtico). Al incluir la mampostería en los pórticos aumenta la rigidez y la resistencia, pero disminuye la ductilidad global de la estructura. Esto se presenta debido a que la mampostería concentra los esfuerzos en zonas específicas, sin embargo, esto no ocurre en los modelos estructurales que no se consideraron los elementos no estructurales.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

Después de realizar varias modelaciones con diferente distribución de mampostería en cada piso se encontró diferentes patologías que aparentemente ya fueron solventadas al momento de diseñar la estructura, sin embargo, es evidente en los MOD 3, MOD 4, MOD 5, MOD 6 Y MOD 7 cambia el comportamiento de la curva generada por el piso blando. Otro de los problemas que podrían existir al momento de un sismo es que si no fue considerado la mampostería en el diseño estructural esta tendería a fallar de forma explosiva causando daños. Es por ello, que después de apreciar este cambio en el comportamiento del pórtico y en los niveles de desempeño se debe incluir otros métodos constructivos de mampostería con el fin de garantizar la adecuada interacción entre pórtico de acero y mampostería.

De acuerdo a la Figura 14, se puede apreciar que los desplazamientos de las estructuras se reducen por el aumento de la rigidez la misma que cambio al incluir los elementos no estructurales. Es por ello que es muy necesario incluir la mampostería en el cálculo estructural.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

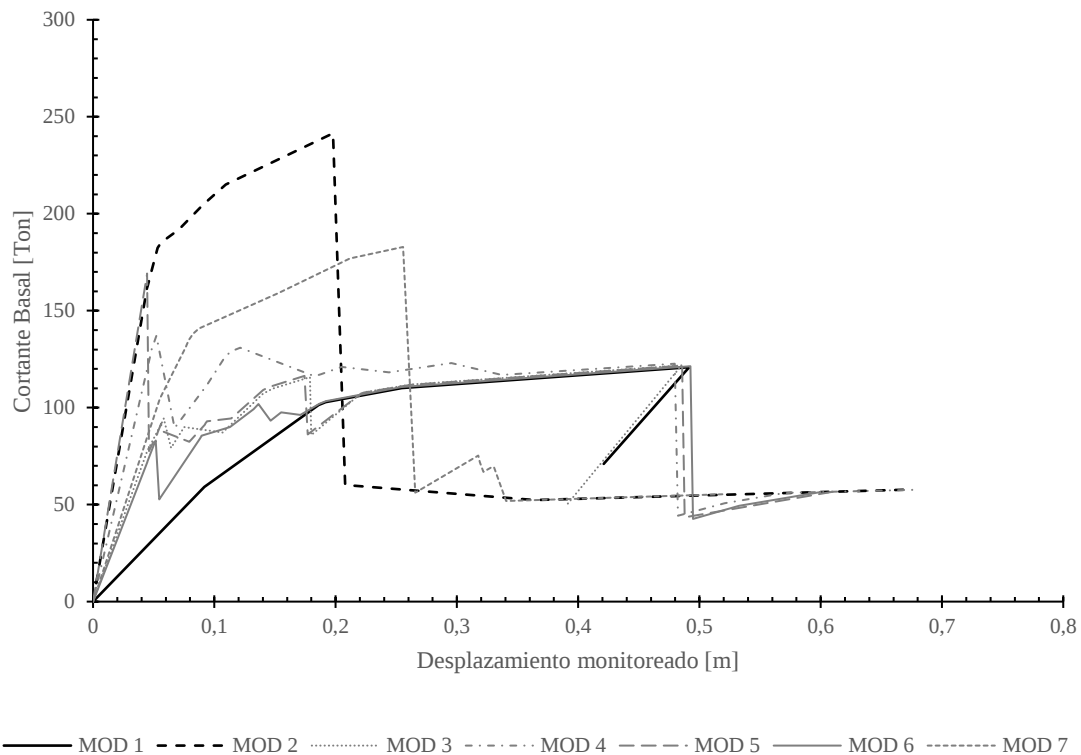


Figura 14. Curva Pushover Sentido X.

En las tablas mostradas se observa los parámetros para el desempeño de las estructuras MOD 1 y MOD 2 para un período de retorno de 475 años. De los datos obtenidos en los modelos es notorio que las demandas de ductilidad y amortiguamiento son superiores en el modelo con mampostería que el sin mampostería en el primer caso con un valor de 1.911 y en el segundo caso de 4.04.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

Tabla 2. Parámetros del desempeño pórtico sin mampostería – MOD1.

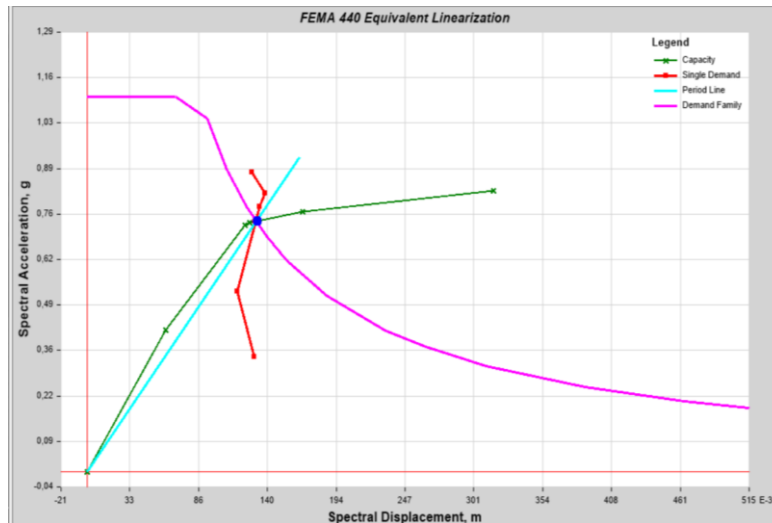
<i>Descripción</i>	<i>Valor tomado</i>
Sa	0.736301
Sd	0.130633
Tsec (s)	0.844
Teff (s)	0.869
β_{eff}	0.0824
Ductilidad	1.911
M	1.066

Tabla 3. Parámetros del desempeño pórtico con mampostería todos los vanos – MOD2.

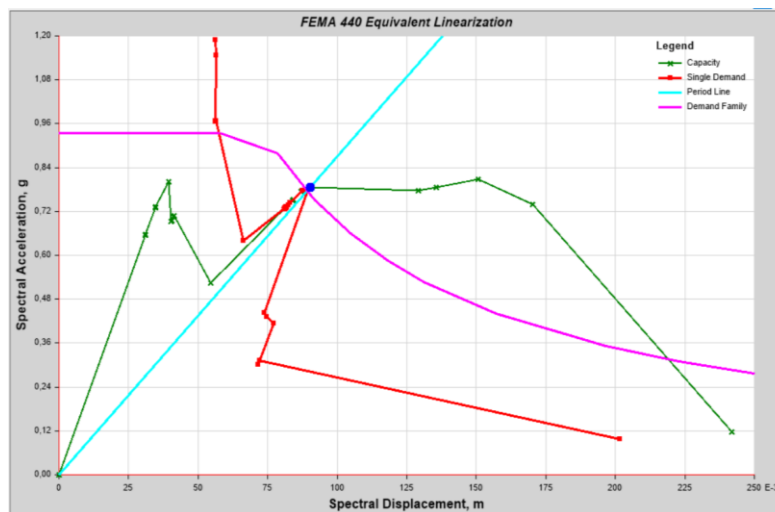
<i>Descripción</i>	<i>Valor tomado</i>
Sa	0.7907
Sd	0.0878
Tsec (s)	0.669
Teff (s)	0.731
β_{eff}	0.1997
Ductilidad	4.0455
M	1.1957

Los puntos de desempeños para un sismo con un período de retorno de 475 años están dentro de seguridad de vida. Sin embargo, después de los resultados tomados del programa computacional se determina que muchas de las estructuras que aparentemente cumplen con todos los parámetros de diseño se ven afectados al incluir la mampostería. Por lo que se debería la incidencia de la mampostería incluso en el análisis de estructuras existentes.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca



(a) Modelo 1 - MOD1



(a) Modelo 2 – MOD2

Figura 9. Punto de desempeño para un periodo de retorno de 475 años.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

CONCLUSIONES

Este artículo describe la propuesta de considerar los elementos no estructurales en el análisis de estructuras mediante un modelo en un programa computacional, para obtener resultados éstos dependen de factores como: propiedades de los materiales e incluso la calidad de la mano de obra utilizada en el país y con ello garantizar y cumplimiento de todos los parámetros de diseño vigentes actualmente.

Al analizar los resultados se evidencia la diferencia en el comportamiento de un pórtico sin mampostería con respecto a las demás tipologías. La rigidez es un factor determinante en el análisis estructural y se ha logrado marcar la diferencia en todos los casos, es decir los pórticos fueron más resistentes con incrementos superiores al 50% (aumento de rigidez). Sin embargo, la rigidez es completamente diferente de piso a piso y se llegando a evidenciar la patología de piso débil. Es por ello que es necesario considerar los paneles de relleno en el cálculo estructural.

Los elementos no estructurales (mampostería) causan daños a las estructuras debido a que son elementos de gran rigidez, pero con poca resistencia y no dúctiles, generando así, ciertas patologías asociadas a la interacción pórtico – mampostería en estructura metálica como los efectos de piso blando, columna corta y torsión. Es por ello que estructuras aparentemente bien diseñadas, pueden no cumplir con el desempeño requerido al momento de hacer el chequeo incluyendo la influencia de la mampostería. Así mismo se recomienda realizar investigación de los materiales utilizados como elementos no estructurales, y obtener datos reales y sectorizados, y con ello analizar y evaluar las estructuras.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

AGRADECIMIENTOS

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mi y mi familia. Mi sincero agradecimiento al Ing. Juan Barbecho por su apoyo y guía durante la realización de esta investigación. A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional y siempre me han ayudado a seguir adelante.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

REFERENCIAS

- American Institute of Steel Construction, Specification For Structural Steel Buildings, (2005) Chicago: American Institute Of Steel Construction.
- ANSI/AISC 360-16. (2016). Specification for Structural Steel Buildings.
- ASCE/SEI Standard 41-17. (2017). Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings
- BBC News Mundo (2017). Los 10 terremotos más potentes y mortíferos de la historia en América Latina [The 10 most powerful and deadliest earthquakes in Latin American history]. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41343606>
- Computers and Structures. (2020). ETABS 2020. CSI
- Crisafuli, F.CJ., Carr, A. & Park, R. (2000). Analytical modeling of infilled frames structures- A general review. 30-47. Bulletin of the New Zealand society for Earthquake Engineering.
- Fema356. (2000). Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation Building. Washington. D. C.: FEMA
- Fema440. (2005). Improvement of Non Linear Static Seismic Analysis Procedures. Washington. D. C.: FEMA
- Furtado, A., & Rodrigues, H., (2010). Modelling of masonry infill walls participation in the seismic behaviour of RC building using Opensees. Portugal: Springer.

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

- Instituto Geofísico Escuela Politécnica. (2020) Cuatro años después del terremoto de pedernales: un testimonio sobre el peligro sísmico en el Ecuador [Four years after the Pedernales earthquake: a testimony on the seismic hazard in Ecuador]. Recuperado de <https://n9.cl/r7p70>
- Játiva A. J., & Torres M. I., (2021). Estudio del reforzamiento de mampostería de bloque de hormigón mediante ensayos destructivos aplicados a pórticos de acero con juntas apernadas [Study of the reinforcement of concrete block masonry by destructive tests applied to steel frames with bolted joints]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22099>
- Medina, C. (2016). Reducción de la vulnerabilidad en estructuras esenciales y especiales de hormigón armado, situadas en zonas de alto peligro sísmico en el Ecuador [Reducción de la vulnerabilidad en estructuras esenciales y especiales de hormigón armado, situadas en zonas de alto peligro sísmico en el Ecuador]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15076>
- Norma Ecuatoriana de Construcción. (2015). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras [Practical Guide for Seismic Evaluation and Rehabilitation of Structures]. https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/GUIA_5.pdf
- Norma Ecuatoriana de Construcción. (2015). NEC-SE-DS Diseño Sismo Resistente [NEC-SE-DS Seismic Resistant Design]. Recuperado de <https://n9.cl/h3wxi>
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2020). Norma E.070 Albañilería [Standard E.070 Bricklaying]. Recuperado de <http://jilsac.com/rnc/Albanileria.pdf>
- Rodrigues, H., Varum, H. & Costa, AG (2005). Modelo numérico não-linear para painéis de alvenaria de enchimento em pórticos de betão armado [Nonlinear numerical model for infill masonry panels in reinforced concrete frames]. Recuperado de <https://www.rcaap.pt/detail.jsp?id=oai:ria.ua.pt:10773/7802>
- Varum, H. (2003). Seismic assessment, strengthening and repair of existing buildings. Portugal: Department of Civil Engineering.
- Yépez, F. (2000). Últimos avances en la evaluación del riesgo sísmico en Quito y futuros proyectos de mitigación [Latest advances in seismic risk assessment in Quito and future mitigation projects]. Obtenido de <http://www.flacsoandes.edu.ec/biblio/catalog/resGet.php?resId=24693>

CIENCIAMATRIA
Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología
Año VIII. Vol. VIII. Nro. 3. Edición Especial 3. 2022
Hecho el depósito de ley: FA2021000002
ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X
Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Mercy Soraida Barroso Barroso; Juan Barbecho Chuisaca

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)