

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Análisis sísmico del módulo tipo 780 con la norma sismorresistente E.030 1977-2019 y comparativa a una estructura de concreto armado y pórticos de acero aplicando arriostres de pandeo restringido

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

AUTOR

Ronaldiny Salome Montalvo Santisteban

ASESOR

Ronald Esteban Villanueva Maguiña

<https://orcid.org/0000-0002-3707-5503>

Chiclayo, 2022

ARTICULO CIENTIFICO

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	aprenderly.com Fuente de Internet	1%
5	creativecommons.org Fuente de Internet	1%
6	doku.pub Fuente de Internet	1%
7	Osman Tunca. "Design of buckling restrained steel braces using application programming interface between simulation and discrete optimization", Structures, 2022 Publicación	1%
8	civiljournal.semnan.ac.ir Fuente de Internet	1%

Índice

Resumen	3
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Desarrollo	5
Discusión	9
Conclusiones.....	22
Referencias bibliográficas	24

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad analizar el desempeño sísmico del módulo tipo 780 pre NDSR 1997 de dos niveles ubicado en lima metropolitana con la normativa peruana sismorresistente E.030 1977-2019 y comparativa con E.030 2019 a una estructura de concreto armado y pórticos de acero aplicando arriostres de pandeo restringido en ambos sistemas.

Evaluar cómo se desempeñan los sistemas estructurales, mediante el modelamiento para concreto armado y acero estructural aplicando arriostres de pandeo restringido en ambos sistemas para obtener las respuestas del sistema y evaluar los perfiles a utilizar.

Se aplico el análisis estático no lineal Pushover para identificar el punto de desempeño de la estructura, se calculó la curva bilineal para obtener el punto de fluencia efectiva para definir el tramo elástico e inelástico y sectorizar con el comité Visión 2000, dando como resultado que el módulo tipo 780 con los parámetros de la norma E.030 de 1977 la estructura se mantiene y sísmicamente se desempeña bien, mientras que comparando la estructura de concreto armado y acero estructural, la última tiene un mejor desempeño.

Palabras clave: Arriostres de pandeo restringido (BRB), Análisis no lineal estático, Desempeño estructural, ASCE 41-17, VISION 2000(SEAOC,1995).

Abstract

The purpose of this research is to analyze the seismic performance of the module type 780 pre NDSR 1997 of two levels located in metropolitan lima with the Peruvian seismic resistant regulation E.030 1977-2019 and comparative with E.030 2019 to a reinforced concrete structure and steel gantries applying restricted buckling braces in both systems.

Evaluate how structural systems perform, through modeling for reinforced concrete and structural steel applying restricted buckling braces in both systems to obtain the answers of the system and evaluate the profiles to be used.

The nonlinear static analysis Pushover was applied to identify the point of performance of the structure, the bilinear curve was calculated to obtain the effective yield point to define the elastic and inelastic section and sectorize with the Vision 2000 committee, resulting in the module type 780 with the parameters of the E.030 standard of 1977 the structure is maintained and seismically performs well , while comparing the structure of reinforced concrete and structural steel, the latter has a better performance.

Keywords: Restrained buckling bracing (BRB), Static nonlinear analysis, Structural performance, ASCE 41-17, VISION 2000(SEAOC,1995).

Introducción

El Perú es uno de los países que se encuentra dentro del cinturón de fuego, por consecuencia se encuentra en una zona de subducción donde la placa oceánica y sudamericana chocan o subducen una bajo la otra, la oceánica se sumerge bajo la continental por ser más densa, esta área también es llamada zona de Benioff, donde se producen sismos profundos, intermedios y superficiales en el Perú. (Rosales Romero, 2012)

Por otro lado la costa del Perú es una zona de elevada sismicidad por ubicarse en una zona 4 según la norma E030 diseño sismorresistente, han ocurrido hechos como el sismo en 1940 de magnitud 8.2 en la escala de Richter que afectó el Callao del Perú, el de 1996 frente a las costas de Chancay y Huacho de magnitud 7.5 grados en la escala de Richter, el de 1974 en la provincia de Cañete de magnitud 7.5 grados en la escala de Richter, el de 1993 en Lima de 5.8 grados en la escala de Richter. (Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2019)

En este artículo se analizará el desempeño sísmico del edificio escolar módulo tipo 780 pre NDSR-1997 de dos niveles ubicado en Lima metropolitana, ya que estos fueron diseñados con los parámetros normativos antes de la norma sismorresistente del año 1997. (Quiroz Rojas, 2017)

Se evaluará mediante el modelamiento con su geometría y características que brinda PRONIED, para verificar cómo se comporta la estructura se aplicará la actual norma de diseño sismorresistente E.030 y E.030 1977, finalmente comparando dos sistemas estructurales, concreto armado y pórticos de acero aplicando arriostres de pandeo. Reforzar la estructura una estructura con BRB mejora su comportamiento.

Los arriostros restringidos por pandeo (BRB) se aplican ampliamente en pórticos de hormigón armado (RCA) para mejorar su desempeño bajo carga sísmica. Se desarrolló un procedimiento para diseñar tales estructuras basado en relaciones de rigidez. (Bai et al., 2022)

restringido. Se justifica que estos sistemas de arriostros de pandeo restringido nos proporciona mayor rigidez lateral en la estructura por lo tanto hacen que tenga un mejor desempeño, esto nos ayudará a que las edificaciones no tiendan al colapso repentino y de un tiempo considerable para evacuar.

Ante un análisis de diseño usando arriostros de pandeo restringido podemos disminuir los perfiles o secciones a utilizar teniendo en cuenta las derivas que nos indica la norma.

Desarrollo

La mejora de los niveles de desempeño sísmico de los edificios existentes mediante el uso de varios métodos de refuerzo ha sido el principal interés en la ingeniería estructural. (Erdem & Karal, 2022)

Debido al comportamiento de histéresis estable y los costos favorables, la riostra de pandeo restringido (BRB) es un amortiguador de alto rendimiento en áreas sísmicas para proteger las estructuras de los edificios de daños severos, especialmente para marcos de acero. Sin embargo, la combinación de BRB y estructuras de hormigón armado (RCA) es complicada debido a la diferencia material entre BRB y RCA. (Chen & Bai, 2023)

Para el diseño por desempeño se debe analizar previamente la interacción BBR-estructura, requisitos de rigidez, resistencia, y daño por fatiga.

se adopta un método de diseño plástico basado en el rendimiento (PBPD) fácil de operar para marcos resistentes al momento de hormigón reforzado (RCA) con refuerzo de pandeo (BRB) para fortalecer los marcos resistentes al momento existentes mediante BRB. (Ouyang et al., 2022)

resultados de las pruebas de mesa vibratoria en un marco de concreto reforzado (RCA) de un solo piso y una sola bahía que fue reforzado por una riostra restringida de pandeo (BRB), el objetivo del refuerzo por BRB era aumentar la resistencia y rigidez lateral, y la disipación de energía del marco. Se utilizó un marco complementario sin refuerzo como muestra de control y se probó junto con el marco reforzado con

BRB. Se emplearon diferentes niveles del récord del terremoto de Kobe de 1995 para imponer la carga dinámica en los marcos hasta una aceleración máxima del suelo (PGA) de 0,679 g. La implementación del BRB aumentó la rigidez lateral del marco, lo que resultó en una reducción de aproximadamente el 80 % en el período fundamental inicial del marco. El hormigón en la región de la rótula plástica en la base de las columnas en el marco de control se aplastó a $PGA = 0,679$ g después de la fluencia del refuerzo longitudinal. El marco reforzado con BRB se mantuvo dentro del rango elástico en todas las etapas de la aplicación de la carga, exhibiendo una alta resistencia lateral con cierta reducción en la rigidez de 0,679 g. La fuerza lateral sostenida por el marco reforzado con BRB en PGA de 0,679 g fue casi un 215 % mayor (en promedio) en comparación con la fuerza máxima sostenida por el marco de control. La relación de ductilidad de desplazamiento para el marco de control fue de 2,42.(Rafi et al., 2021)

Para los arriostramientos con restricción de pandeo tradicionales (BRB), la placa central es acero de alto límite elástico y el sistema de restricción externo es un tubo de acero relleno de hormigón, tiene las desventajas de alto límite elástico y gran peso, lo que producirá un gran efecto adicional.(Wang et al., 2021) Si hay más peso hay más fuerza sísmica por lo tanto los BRB disipan más energía.

Se desarrolla y aplica un método de diseño de rehabilitación sísmica a un estudio de caso real complejo: un edificio residencial de hormigón armado de ocho pisos equipado con arriostramientos de pandeo consisten en un muro de hormigón armado y arriostramientos con restricción de pandeo dentro de un marco de acero adyacente al muro. Las estructuras consideradas se diseñan de acuerdo con los códigos vigentes utilizando el análisis de espectro de respuesta. Se crearon modelos numéricos no lineales en los que las paredes estaban hechas del modelo de elementos de fibra. La energía inelástica, la energía de entrada, la energía cinética, la energía de deformación elástica y la demanda de energía de amortiguamiento

restringido. Métodos: El método de diseño permite predecir la respuesta sísmica pico, así como agregar los amortiguadores en la estructura para obtener una distribución uniforme de la demanda de ductilidad.(Ferraioli et al., 2021)

Se llevó a cabo una investigación experimental para evaluar el desempeño de un nuevo sistema de riostras con restricción de pandeo (BRB) para reacondicionar pórticos de concreto reforzado sísmicamente deficientes. El BRB consta de una barra central de acero interior dúctil diseñada para ceder en tensión y compresión sin pandearse mientras controla la respuesta a las fuerzas sísmicas.(Al-Sadoon et al., 2020)

Se estudia el análisis de elementos finitos para el pórtico CFST con BRB, que se realiza bajo carga cíclica baja. utilizando el software de ABAQUS. El modelo de falla y la curva del esqueleto se analizan comparativamente con los componentes del experimento relacionado, verificando que la simulación de elementos finitos del marco CFST con BRB es efectiva. Al cambiar la relación de compresión axial de la columna (n) y la relación de acero (α) de la sección de la columna respectivamente, se estudió el efecto de los parámetros estructurales en el comportamiento sísmico de los pórticos CFST con BRB.(Ren et al., 2012)

El enfoque energético es útil para comprender el comportamiento de los sistemas estructurales sometidos a fuertes movimientos del suelo. En esta investigación, se investigan y comparan las respuestas energéticas de los pórticos arriostrados con restricción de pandeo, así como de los sistemas duales sujetos a los terremotos NF y FF. Los sistemas duales se investigaron mediante la implementación de un análisis de historial de tiempo no lineal.(Beiraghi, 2018). Donde se obtuvo las respuestas del sistema, los disipadores BRB afectan muy profundamente en la generación de la curva de capacidad, fuerza vs desplazamiento.

Uno de los factores importantes para reducir los daños por terremotos es la brecha de separación entre dos estructuras adyacentes. Este estudio de caso investigó el efecto de la duración significativa del

terremoto en dos estructuras de acero resistentes a momentos adyacentes con diferentes alturas y cerca de una falla activa. El golpeo entre pares de tres pórticos resistentes a momento de acero de 3, 6 y 9 pisos se evaluaron usando un método de análisis de historia de tiempo no lineal considerando la rigidez y resistencia reducidas. Los resultados mostraron que para el suelo tipo 3 previsto, el riesgo de amplificación por golpes y colapso entre los edificios de 3 y 6 pisos es más alto que en otros. Esto se debe a la necesidad del estándar iraní 2800 de calcular la brecha de separación por métodos no lineales para los edificios con una altura de más de 8 pisos. Asimismo, el análisis de la duración

significativa de los sismos aplicados demostró que este parámetro es un factor determinante y efectivo en el golpeo de las estructuras, especialmente de las edificaciones adyacentes con diferentes alturas. Cabe destacar que todo el análisis fue realizado por 9 registros sísmicos. (Rezaee Manesh et al., 2021)

Análisis estático no lineal (Método Pushover)

Arriostres de pandeo restringido

Se presenta de manera esquemática, los componentes básicos de los BRB. (Avecillas León, 2015)

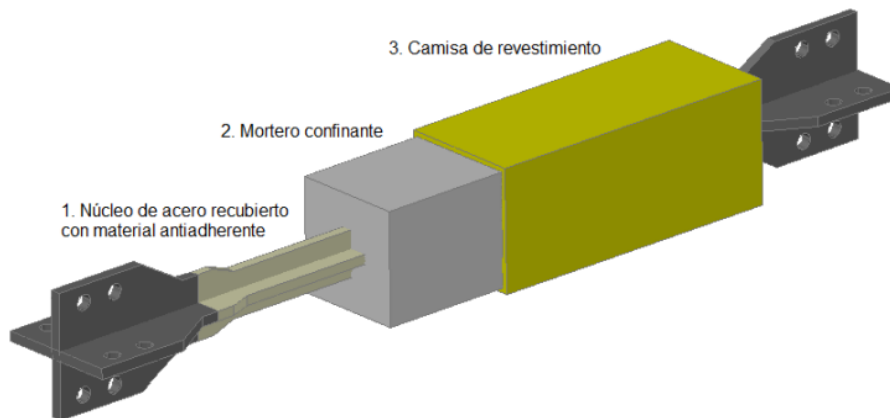


Figura 1 Componentes de un arriostre de pandeo restringido.

Fuente 1 análisis de factibilidad de la implementación de riostras de pandeo restringido como dispositivos disipadores de energía, cuenca-ecuador, 2015.

Diagrama de fuerza-desplazamiento de un BRB.

Curva característica de un arriostre de pandeo restringido

Para el análisis estático no lineal se aplicó una curva característica del arriostre de pandeo restringido, la cual se extrajo de la

tesis ‘análisis de factibilidad de la implementación de riostras de pandeo restringido como dispositivos disipadores de energía’. (Avecillas León, 2015)

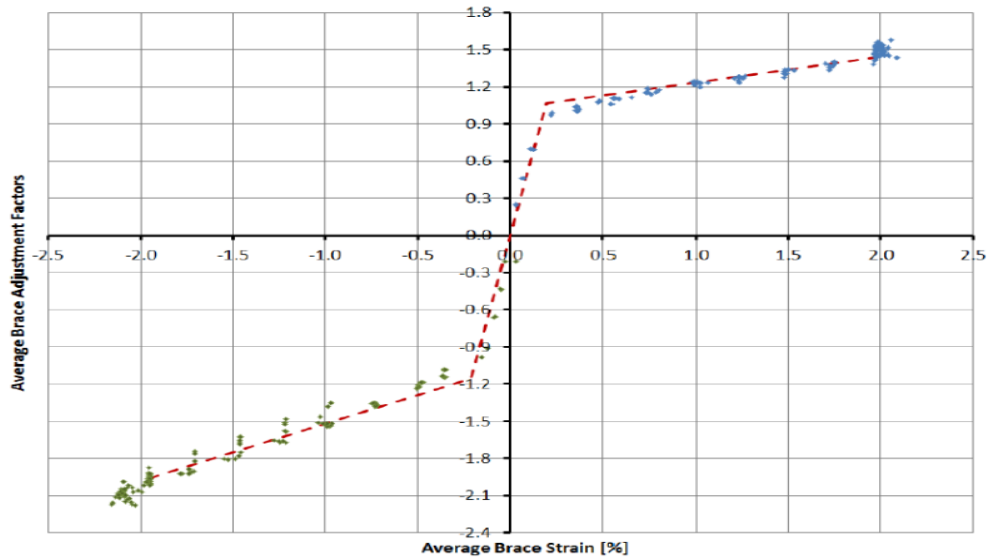


Figura 2 Curva característica de un arrioste de pandeo restringido, fuerza-desplazamiento.

Fuente 2 Análisis no lineal estático de una edificación de muros portantes con un modelo de fibras 2018.

Muros de corte equivalente a elementos Frame.

Para la curva característica del muro se extrajo del estudio “análisis no lineal estático de una edificación de muros portantes con un modelo de fibras”.

Donde se consideró la curva propuesta por el FEMA 440

Curva esfuerzo-deformación.(Caro Jaimes & Arias Navarro, 2018)

Curva característica del muro de corte según FEMA 440 (Caro Jaimes & Arias Navarro, 2018)

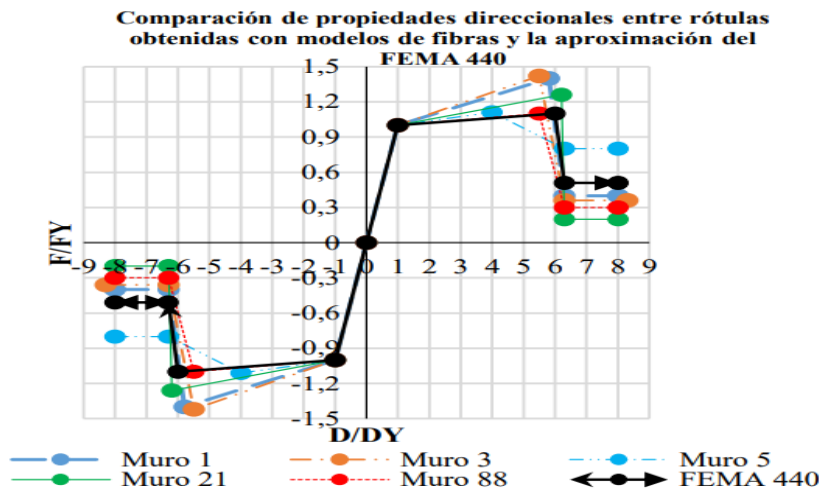


Figura 3 Curva característica del muro de corte según FEMA 440.

Fuente 3 Análisis no lineal estático de una edificación de muros portantes con un modelo de fibras 2018.

Discusión

Resultados del módulo Pre NDSR-1997 con los parámetros de la norma sismorresistente E.030 del año 1977 y 2019.

Con ayuda del estudio comparación de la norma técnica de edificación E.030 diseño sismorresistente 1997 vs la norma básica de diseño sismorresistente 1977, aplicadas en el Perú centros educativos INFES (Región sur-Arequipa, afectados por el sismo del 23 de junio del 2001) se obtuvo los parámetros de la normativa sismorresistente de 1977, que a continuación se mostraran en el análisis de resultados.(Martel Vargas, 2003)

Espectro de respuesta del módulo 780 con la normativa de 1977

Antiguamente en el año de 1977 toda la costa peruana se encontraba en una zona 1 con un factor de 1.

El factor U para para una categoría A lo decidía el proyectista, en este caso es 1.5.(Blanco Blasco, 2010)

El factor suelo le corresponde un tipo II con un factor de 1.2 y un valor Ts de 0.6, según la ubicación del módulo, que en este caso es lima metropolitana.

El factor de reducción sísmica Rd=5 para pórticos de concreto armado en la dirección X.

Factor C

$$C = \frac{0.8}{\frac{T}{T_s} + 1} \quad EC.01$$

Para sistemas rígidos, c=0.4

$$H = \frac{ZUSC}{Rd} p \quad EC.02$$

Donde el coeficiente sísmico se calculaba con la siguiente expresión.

El coeficiente C se calculaba de acuerdo a los periodos y al Ts.(Blanco Blasco, 2010)

La actual norma nos dice que la costa se encuentra en una zona 4 por lo tanto le corresponde un factor Z=0.45.

El factor U=1.5 por ser una estructura esencial.

El factor suelo por ser S2

El factor R0=8 por ser un sistema a porticado en la dirección x

Valores de TP Y TL 0.6 y 2 sucesivamente según el tipo de suelo.

$$V = \frac{ZUCS}{R} * P \quad EC.03$$

$$T < TP \quad C = 2.5 \quad EC.04$$

$$TP < T < TL \quad C = 2.5 \left(\frac{TP}{T} \right) \quad EC.05$$

$$T > TL \quad EC.06$$

$$C = 2.5 \left(TP \frac{TL}{T^2} \right) \quad EC.07$$

Donde la fuerza cortante en la base se calcula con la siguiente expresión

El factor de amplificación C se se calculara mediante la expresión que se muestra.(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2019)

A continuación se muestran los espectros de pseudoaceleraciones para distintos años.

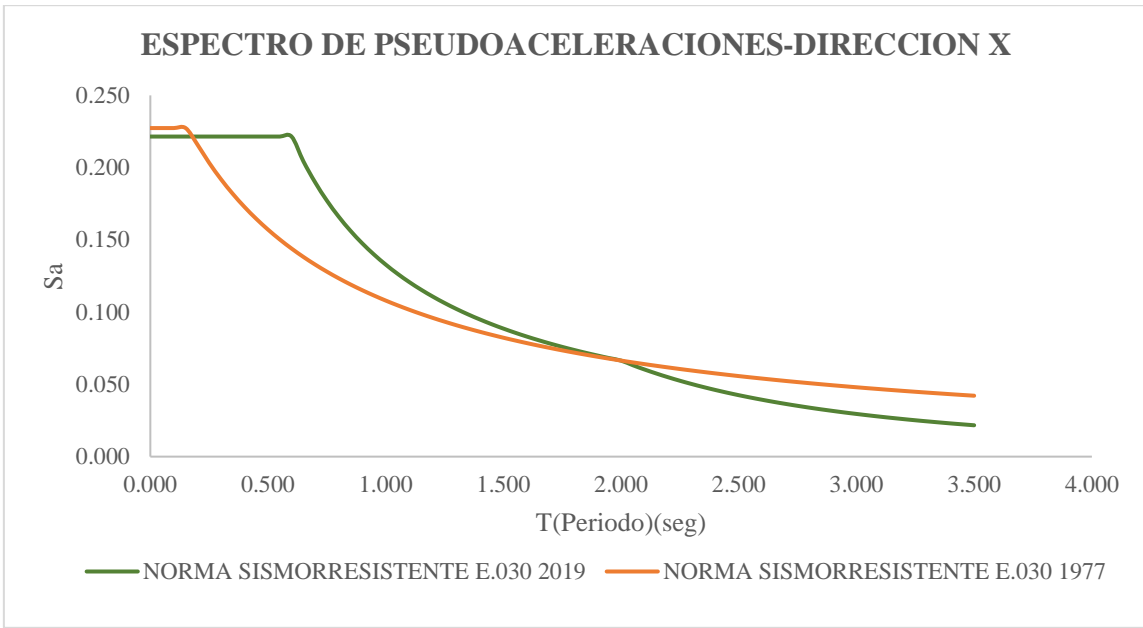


Gráfico 1 Espectro de pseudoaceleraciones en dirección X para la norma E.030 1977-2019.

Fuente 4 Fuente Propia

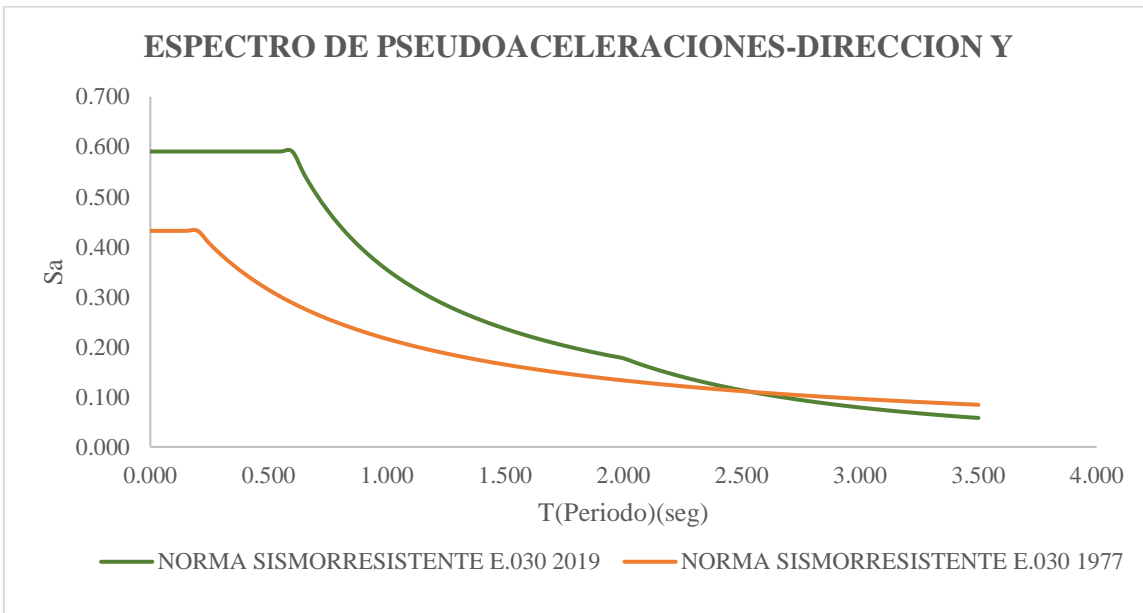


Gráfico 2 Espectro de pseudoaceleraciones en dirección Y para la norma E.030 1977-2019.

Fuente 5 Fuente Propia

Evaluando el módulo con los parámetros de diferentes años se obtuvo las siguientes

distorsiones de entrepiso para ambas direcciones X y Y.

Comparativa para las distorsiones máximas para norma E.030 1977-2019

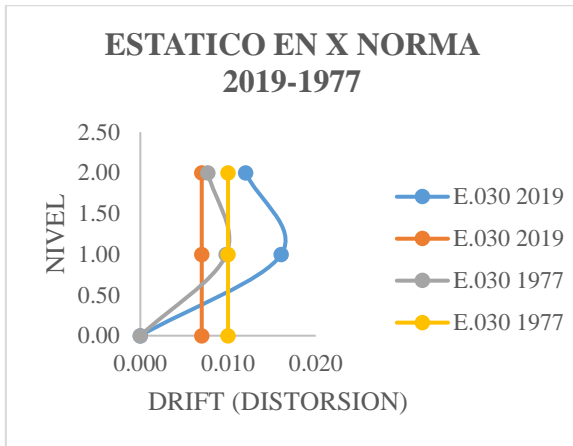


Gráfico 3 Estático en X para la norma E.030 1977-2019

Fuente 6 Fuente propia

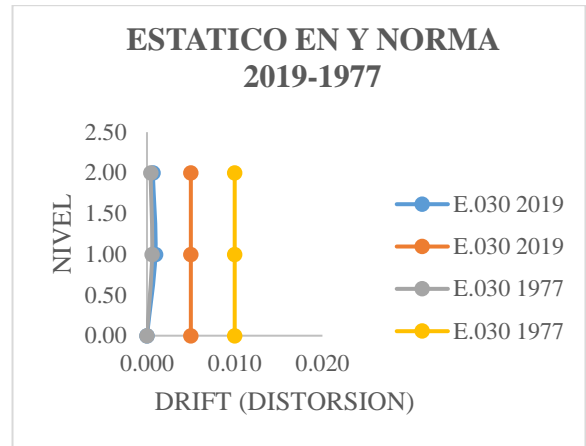


Gráfico 4 Estático en Y para la norma E.030 1977-2019,

Fuente 7 Fuente propia

Se observa que el análisis en X del módulo para la norma de 1977 está cumpliendo la distorsión máxima de 0.01 pero muy ajustada, mientras que con la norma actual los desplazamientos en esa dirección sobrepasan más del doble de la distorsión permisible 0.07.

El módulo en la dirección Y para ambas normas de E.030 1977 y 2019 están cumpliendo derivas, debido que la estructura es rígida debido a la presencia de muros de albañilería en esa dirección.

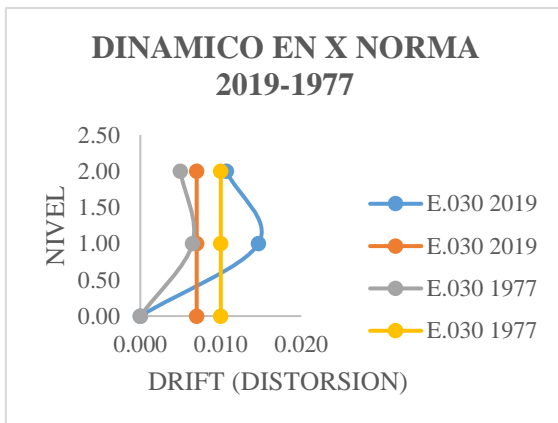


Gráfico 5 Dinámico en X para la norma E.030 1977-2019.

Fuente 8 Fuente Propia

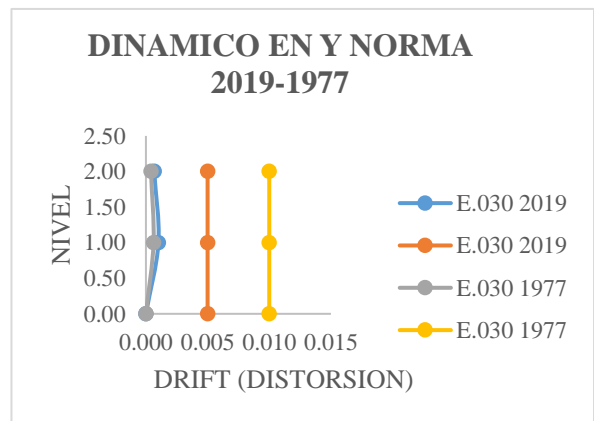


Gráfico 6 Dinámico en Y para la norma E.030 1977-2019.

Fuente 9 Fuente Propia

El módulo para el análisis dinámico en X para la norma antigua cumple la distorsión máxima de 0.01, mientras que para la norma actual sobrepasa el doble de 0.07.

El sismo dinámico en la dirección Y, cumple para ambas normas debido a los muros de albañilería.

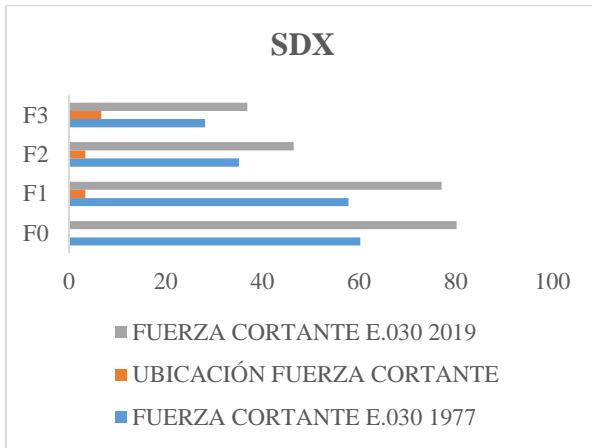


Gráfico 7 Cortante dinámico X en la base para la norma E.030 1977-2019.

Fuente 10 Fuente Propia

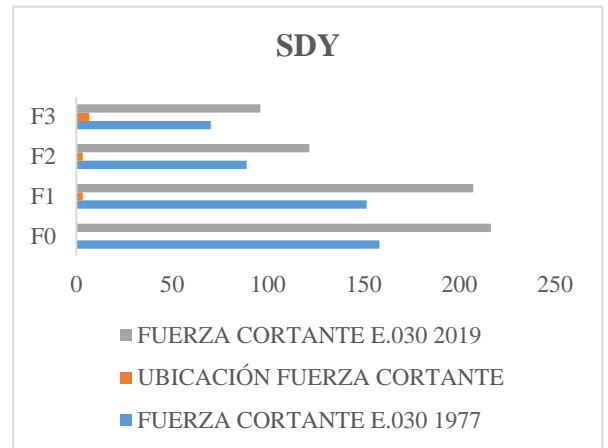


Gráfico 8 Cortante dinámico Y en la base para la norma E.030 1977-2019.

Fuente 11 Fuente Propia

Se observa que en la dirección X el módulo tipo 780 con la norma del año del 2019 absorbe mayor cortante en la base que con la norma del año de 1977.

Se observa que en la dirección Y el módulo tipo 780 con la norma del año del 2019 absorbe mayor cortante en la base que con la norma del año de 1977.

Resultados del análisis estático no lineal-pushover para el módulo base con la norma E.030 del año 1977.

Curva de capacidad y curva Bilineal en la dirección XX

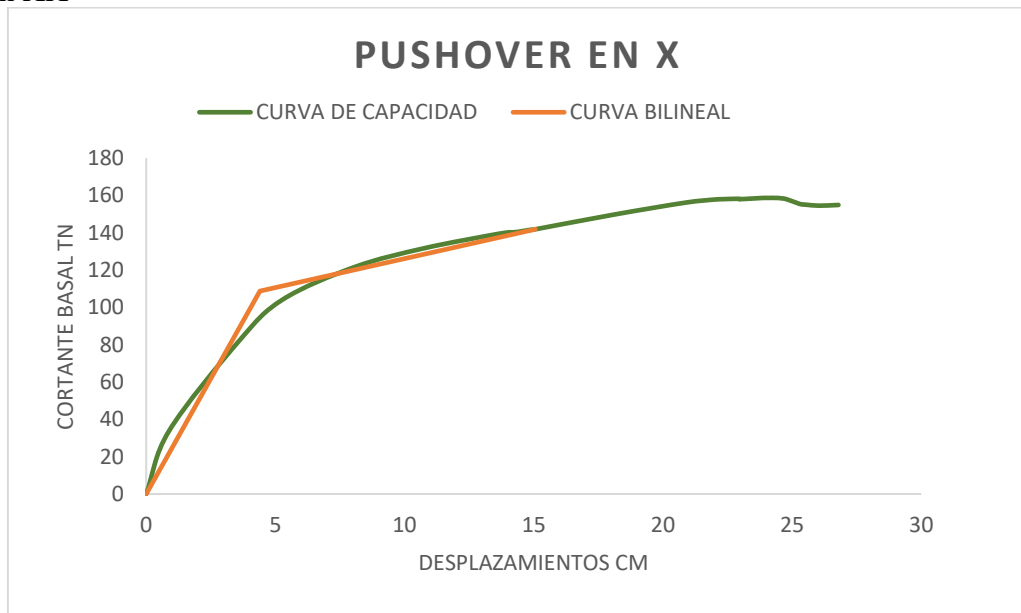


Gráfico 9 Curva de capacidad cortante vs desplazamiento para el módulo base con los parámetros de la norma sismorresistente de 1977.

Fuente 12 Fuente propia

Se observa un máximo desplazamiento para la estructura a porticada en la dirección X, de 26.8cm y una fuerza cortante máxima de 158.24tonf.

Punto de desempeño según comité visión 2000

Para hallar el punto de desempeño se representó la curva bilineal el cual nos indica que tiene como desplazamiento de fluencia hacia el desplazamiento objetivo.

Se tiene un desplazamiento objetivo D_o de 15.06 cm con una cortante V_o de 141.88Tnf, y un punto de fluencia efectiva D_y en 4.40cm con una cortante en el límite elástico V_y de 108.76Tnf. Se tiene una ductilidad μ_d dividiendo el desplazamiento ultimo D_o/D_y un valor de 3.42.

Método de los coeficientes en la dirección X

CURVA BILINEAL	
D (cm)	V (Tn)
0	0
4.4	108.76
15.06	141.88

Tabla 1 Datos para realizar la curva bilineal en el eje X

Por otro lado, con ayuda del ETABS se encontró el punto de desempeño según Fema 440, con un desplazamiento 10.93cm en el punto de intersección de las curvas de capacidad y demanda.

Desempeño sismorresistente Albañilería E.030 1977

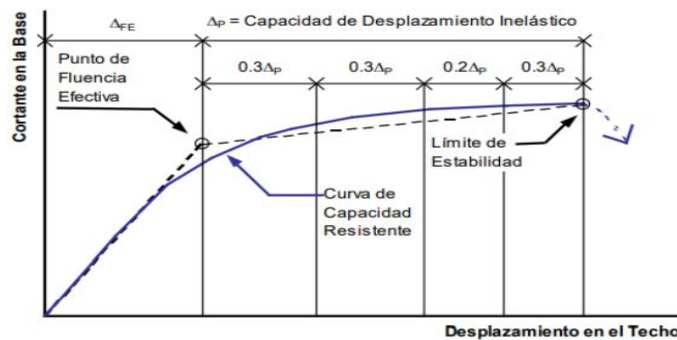


Figura 4 Desempeño para edificaciones según visión 2000

Fuente 13 Diseño basado en desempeño

Para analizar el desempeño estructural del módulo 780 se siguió el procedimiento que brinda el comité visión 2000 que nos permite sectorizar la curva de capacidad e identificar en que estado se encuentra la estructura. (Gallegos Ortiz, 2016)

Para ello se extrajo el desplazamiento en el techo de 1.18cm en el programa ETABS, teniendo en cuenta el punto de fluencia efectiva de 4.40cm y una fuerza cortante de 108.76 tnf, la sectorización quedó de la siguiente manera $\Delta_{FE} = 4.40$

$\Delta_p =$	1.18		
4.76cm	5.11cm	5.34cm	5.70cm

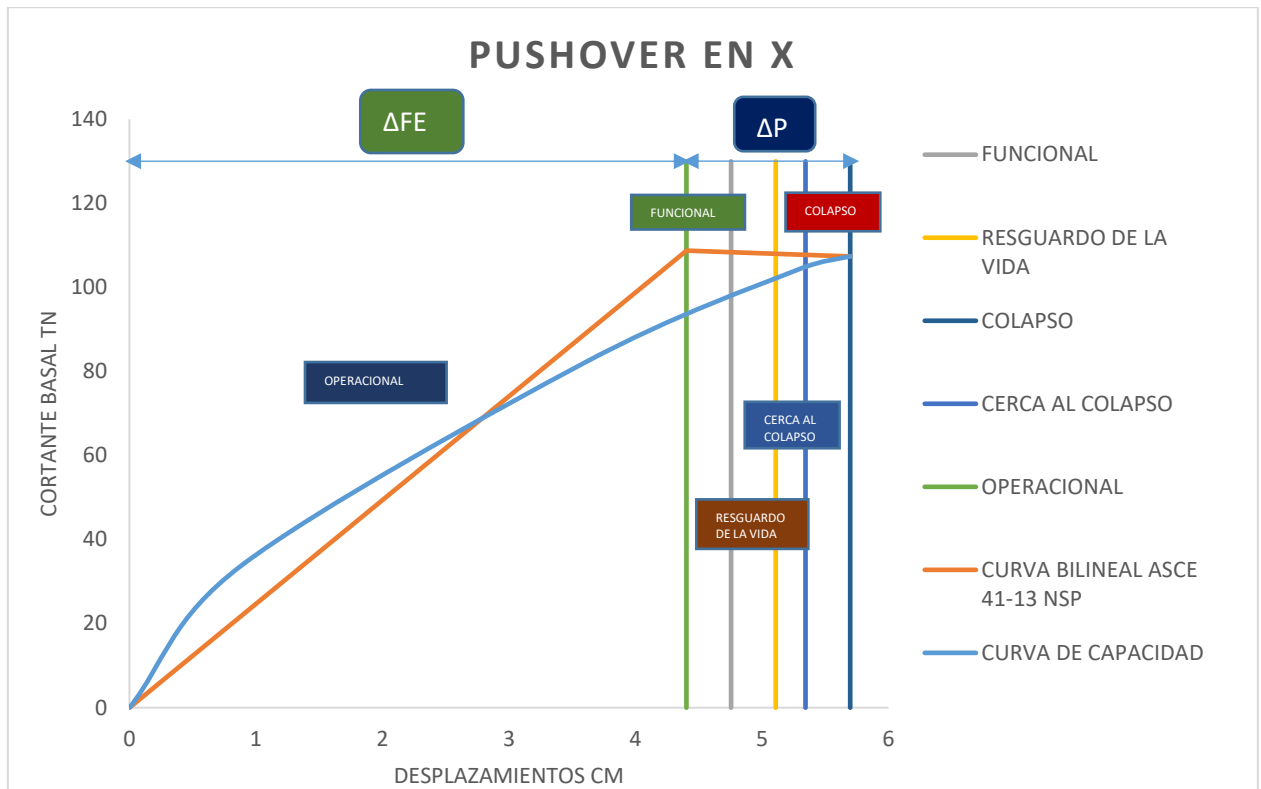


Gráfico 10 Curva de capacidad con la norma E.030 1977 con la sectorización que brinda el comité Visión 2000.

Fuente 14 Fuente propia

Se observa que la curva de capacidad sectorizada con el comité visión 2000 no tiene un buen desempeño debido que en el punto de fluencia efectiva 4.40cm tiene una cortante en el límite elástico de 108.76tonf y la estructura llega al colapso con 107.4tonf, la relación es de 0.98 dando a entender que la estructura falla, dando un desplazamiento máximo hasta el colapso de 5.70cm, pero no llega al punto objetivo de 15.06cm dando a entender que la estructura falla antes.

Para encontrar el punto de desempeño se utilizó el Fema 440, con un desplazamiento 10.93cm en el punto de intersección de las curvas de capacidad y demanda.

Resultados para el módulo de concreto armado y acero estructural Pre NDSR-1997 con los parámetros de la norma sismorresistente E030 2019

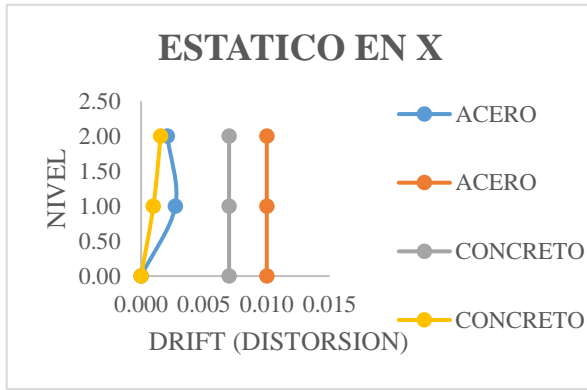


Gráfico 11 Distorsiones en X para la estructura de concreto armado y acero estructural.

Fuente 15 Fuente propia

Se puede observar que el analisis en la direccion X tanto para el modulo de concreto armado y acero estructural cumple con las distorsiones maximas de la norma sismorresistente E.030 de 0.007 y 0.01 sucesivamente, esto por la presencia de

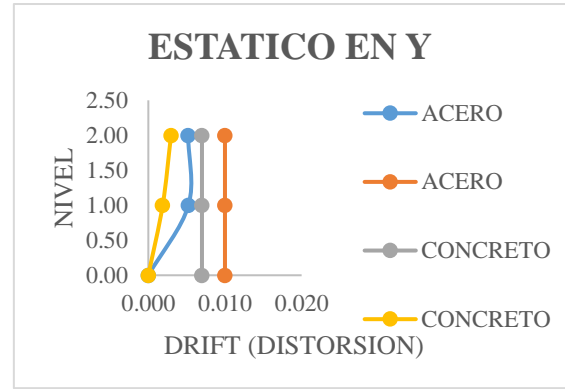


Gráfico 12 Distorsiones en Y para la estructura de concreto armado y acero estructural.

Fuente 16 Fuente propia

muros de corte y arriostres de pandeo restringido.(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2019) En la direccion Y ambos sistemas concreto armado y acero estructural cumplen las distorsiones maximas.

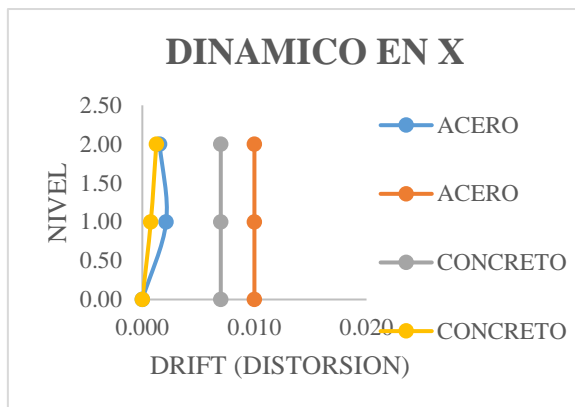


Gráfico 13 Distorsiones en X para la estructura de concreto armado y acero estructural.

Fuente 17 Fuente propia

Para el analisis dinamico en X tranquilamente las dos estructuras cumplen la E.030.

Para el sismo dinámico en Y, se observa que también está cumpliendo la distorsión máxima.

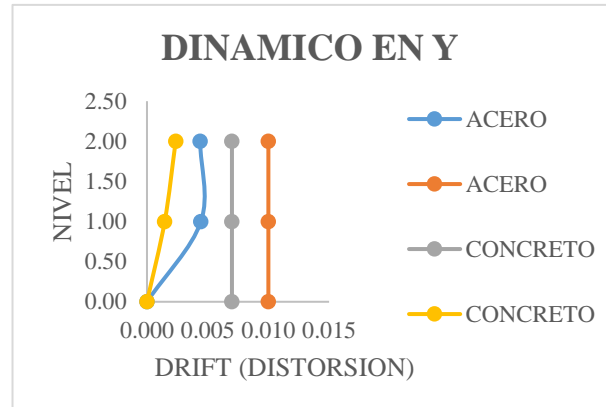


Gráfico 14 Distorsiones en Y para la estructura de concreto armado y acero estructural.

Fuente 18 Fuente propia

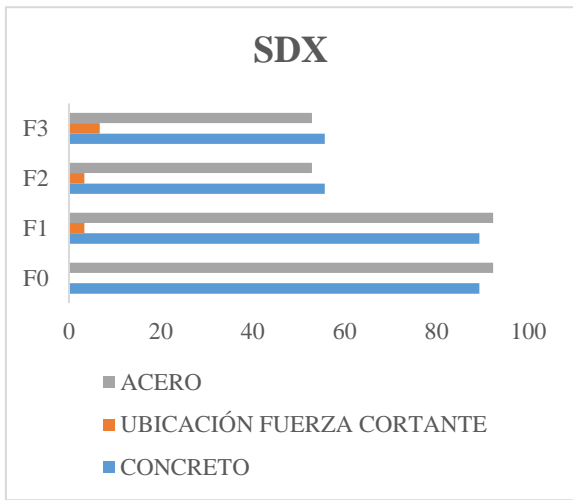


Gráfico 15 Cortante basal en X para la estructura de concreto armado y acero estructural.

Fuente 19 Fuente propia

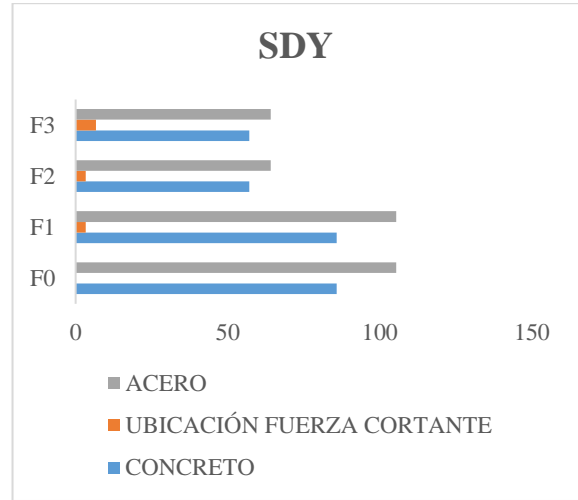


Gráfico 16 Cortante basal en Y para la estructura de concreto armado y acero estructural.

Fuente 20 Fuente propia

El análisis en la dirección X se observa que la estructura de acero estructural absorbe mayor fuerza cortante en la base con 92.33 Tnf.(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2019)

Se aprecia que en la dirección Y la estructura que absorbe mayor fuerza cortante en la base es el sistema de acero estructural con 105.44 Tnf mientras que el de concreto armado 85.84Tnf.(Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2019)

Para la obtención de la curva de capacidad se asignaron rotulas plásticas en los elementos estructurales (arriostres, columnas, vigas) para el modelo de concreto armado se le asigno rotulas tipo fibra.(Caro Jaimes & Arias Navarro, 2018)

Mientras que para el modelo de acero estructural se le asignaron rotulas plásticas siguiendo los lineamientos del ASCE 41-17.(Torres Solis & Vásquez Atiencia, 2021)

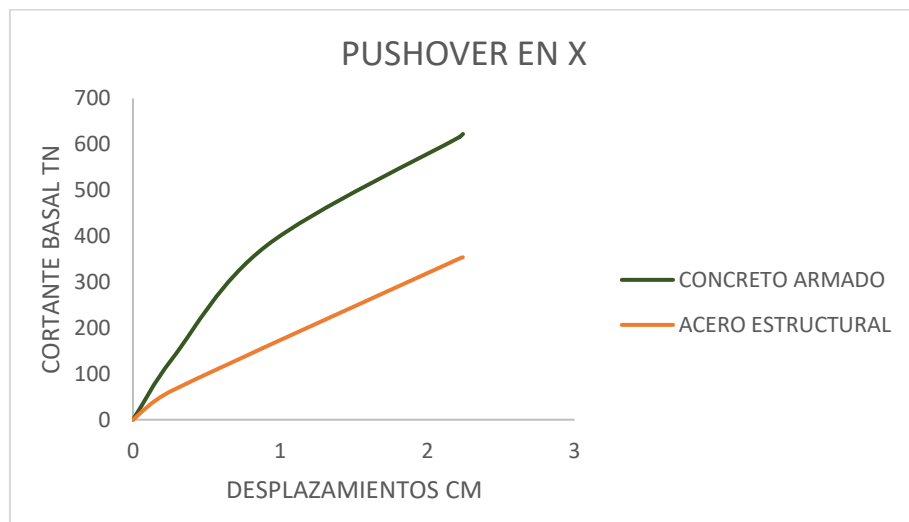


Gráfico 17 Curva de capacidad para la estructura de concreto armado y acero estructural.

Fuente 21 Fuente propia

Se visualiza un máximo desplazamiento para la estructura de concreto armado en la

dirección X, de 2.24cm y una fuerza cortante máxima de 622.44tonf.

Se observa un máximo desplazamiento para la estructura de acero en la dirección de análisis en X con pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF), de 2.24cm y una fuerza cortante máxima de 353.84tonf.

La estructura de concreto armado desarrolla más cortante basal en la base, pero se desplaza igual que la estructura de acero.

Calculando la curva bilineal y sectorizando con el comité visión 2000 la estructura de

acero tiene un mejor comportamiento sismorresistente.

Curva de capacidad y curva Bilineal para la estructura de concreto armado en la dirección X

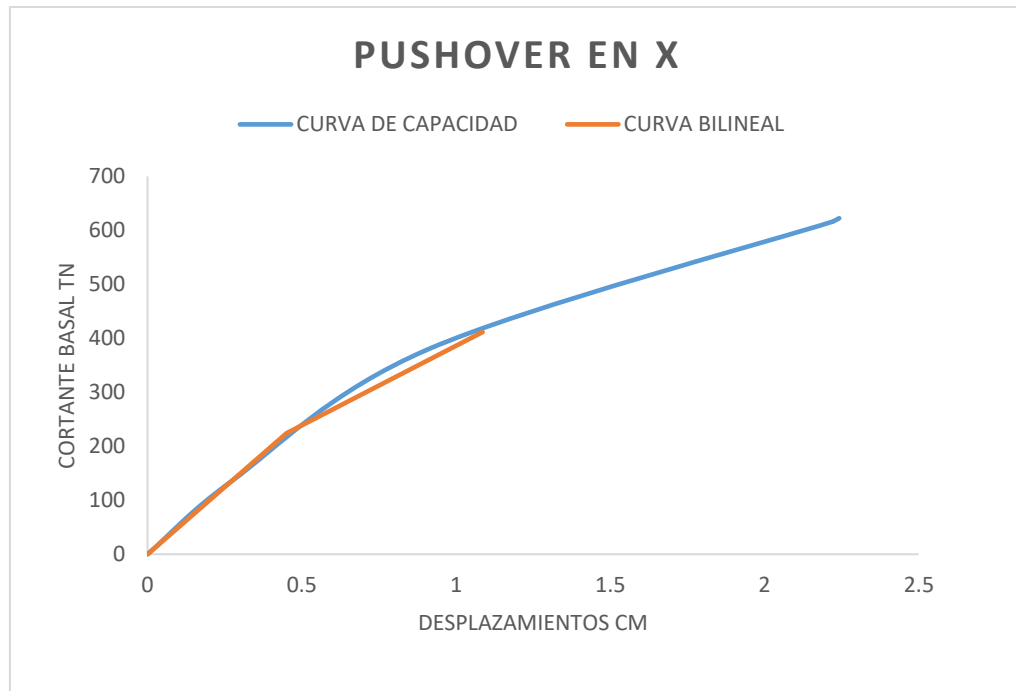


Gráfico 18 Curva de capacidad en la dirección X

Fuente 22 Fuente propia

Se observa un máximo desplazamiento para la estructura de concreto en la dirección X, de

2.24cm y una fuerza cortante máxima de 622.44tonf.

Punto de desempeño según comité visión 2000

Para hallar el punto de desempeño se representó la curva bilineal el cual nos indica que tiene como desplazamiento de fluencia hacia el desplazamiento objetivo.

Se tiene un desplazamiento objetivo D_o de 1.08 cm con una cortante V_o de 411.61Tnf, y un punto de fluencia efectiva D_y en 0.45cm con una cortante en el límite elástico V_y de 224Tnf. Se tiene una ductilidad μ_d dividiendo el desplazamiento ultimo D_o/D_y un valor de 2.4.

Método de los coeficientes en la dirección X

CURVA BILINEAL	
D (cm)	V (Tn)
0	0
0.45	224
1.08	411.61

Tabla 2 Datos para realizar la curva bilineal en el eje X

Con ayuda del ETABS, se tomaron las consideraciones del FEMA 440 se obtiene el siguiente punto de desempeño, con un desplazamiento 1.05cm en el punto de intersección de las curvas de capacidad y demanda.

Para ello se extrajo el desplazamiento en el techo de 0.23cm en el programa ETABS, teniendo en cuenta el punto de fluencia efectiva de 0.45cm y una fuerza cortante de 224tnf, la sectorización quedo de la siguiente manera
 $\Delta FE = 0.43$

Desempeño sismorresistente para concreto armado E.030 2019

$\Delta e =$	0.23cm		
	0.49cm	0.56cm	0.61cm
		0.61cm	0.68cm

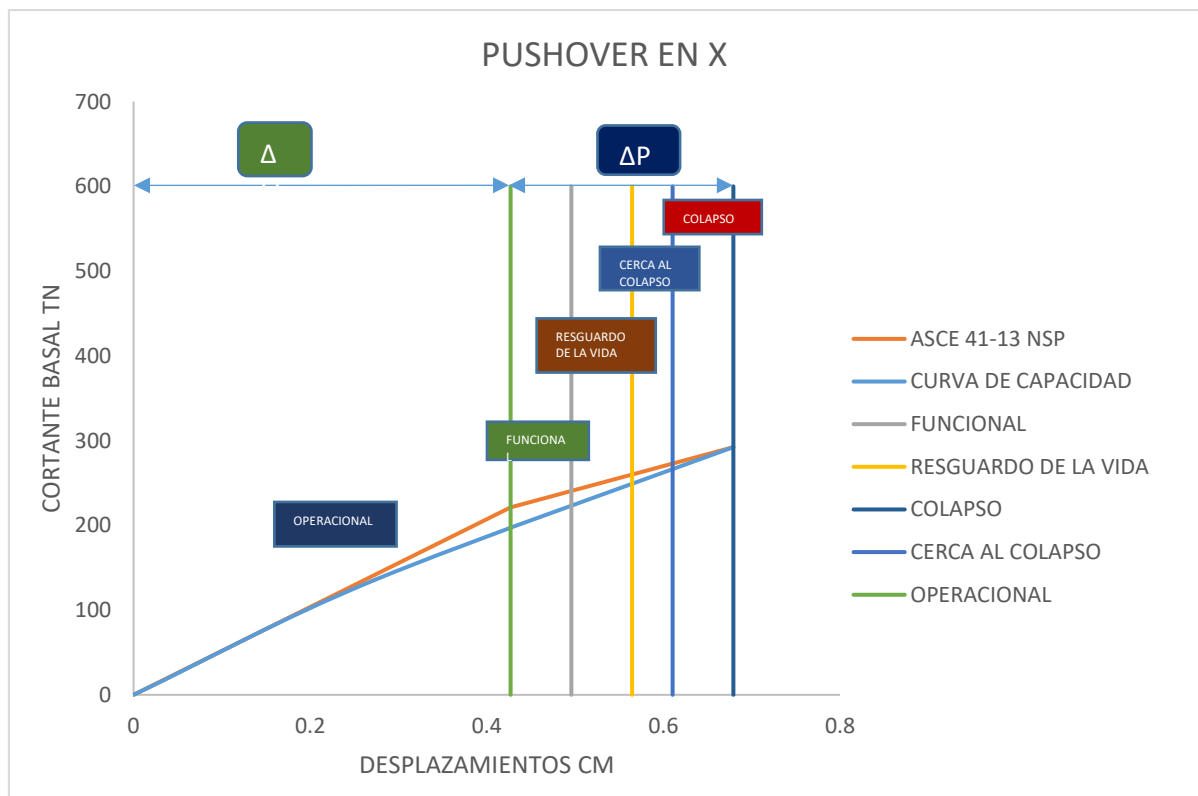


Gráfico 19 Curva de capacidad para la estructura de concreto armado con la sectorización que brinda el comité Visión 2000.

Fuente 23 Fuente propia

Se visualiza que el módulo de concreto armado después del punto de fluencia efectiva, a 045 cm tiene un buen desempeño con un desplazamiento máximo de 0.68cm,

según la gráfica está cumpliendo por lo menos una cortante basal de diseño de 113.50tonf según E.030.

Curva de capacidad cortante vs desplazamiento para la estructura de acero estructural en la dirección XX.

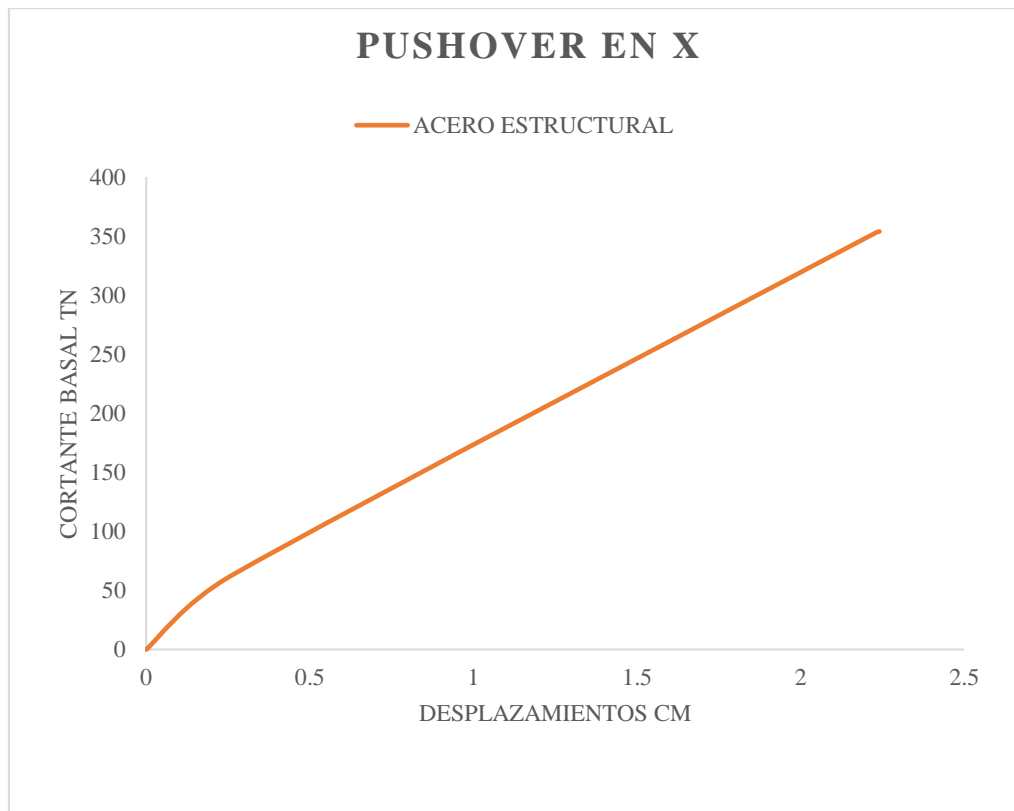


Gráfico 20 Curva de capacidad cortante vs desplazamiento dirección en dirección X.

Fuente 24 Fuente propia

Se observa un máximo desplazamiento para la estructura de pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF) X, de 2.24cm y una fuerza cortante máxima de 353.84tonf.

Punto de desempeño según comité visión 2000

Para hallar el punto de desempeño se representó la curva bilineal el cual nos indica que tiene como desplazamiento de fluencia hacia el desplazamiento objetivo.

Se tiene un desplazamiento objetivo D_o de 4.86 cm con una cortante V_o de 353.84Tnf, y un punto de fluencia efectiva D_y en 0.27cm con una cortante en el límite elástico V_y de 64.55Tnf.

Método de los coeficientes en la dirección X

CURVA BILINEAL	
D (cm)	V (Tn)
0.00	0.00
0.27	64.55
4.86	353.84

Tabla 3 Datos para realizar la curva bilineal en el eje X

Por otro lado, con ayuda del ETABS, se extrajo el punto de desempeño tomando las consideraciones del FEMA 440 se obtiene el siguiente punto de desempeño, con un desplazamiento 0.24cm en el punto de

intersección de las curvas de capacidad y demanda.

Desempeño sismorresistente para acero estructural E.030 2019

Para ello se extrajo el desplazamiento en el techo de 0.54cm en el programa ETABS, teniendo en cuenta el punto de fluencia efectiva

de 0.27cm y una fuerza cortante de 64.55tnf, la sectorización quedo de la siguiente manera $\Delta FE = 0.27$

$\Delta p =$	0.54cm		
0.43cm	0.59cm	0.70cm	0.86cm

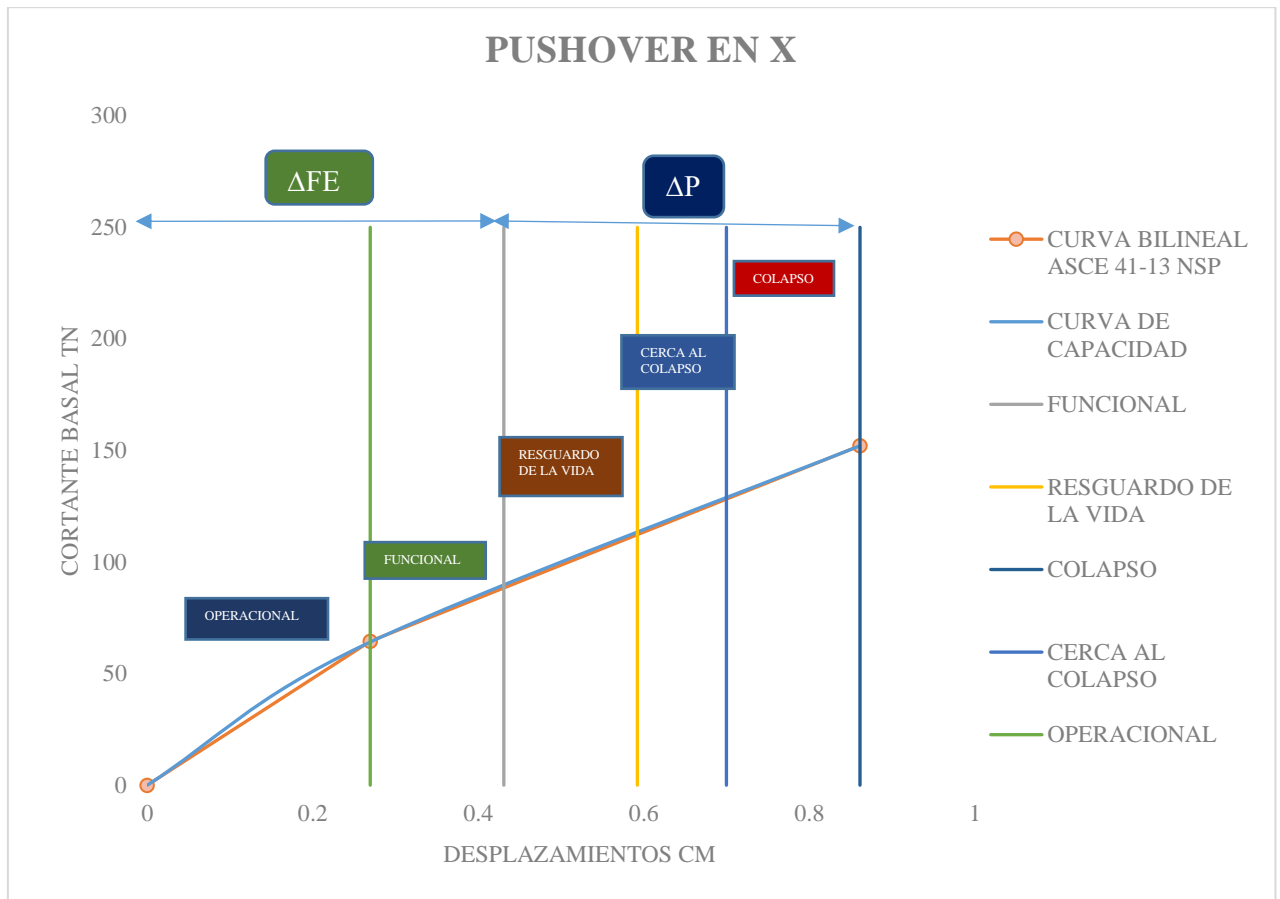


Gráfico 21 Curva de capacidad para la estructura de acero estructural con la sectorización que brinda el comité Visión 2000.

Fuente 25 Fuente propia

Se visualiza que el módulo de acero estructural después del punto de fluencia efectiva, a 0.27 cm tiene un buen desempeño con un desplazamiento máximo de 0.86cm,

pero no llega al punto objetivo de 4.86cm dando a entender según la gráfica que se visualiza, la estructura llega al colapso antes.

Conclusiones

- Las distorsiones máximas para la norma sismorresistente E.030 de 1977 en la dirección X cumple la distorsión de 0.01 pero muy ajustada, mientras que la E.030 de 2019 en la dirección X no cumple para la distorsión de 0.007, sobrepasan el doble que permite la norma.
- Las distorsiones máximas para la norma E.030 de 1977 en la dirección Y cumple la distorsión de 0.01 muy holgadamente, la norma E.030 de 2019 en la dirección Y cumple la distorsión máxima de 0.007, ambas normas cumplen las distorsiones debido a la presencia de muros de albañilería.
- Cortante en la base en la dirección X con la norma del año del 2019 absorbe mayor cortante en la base que con la norma del año de 1977.
- Cortante en la base en la dirección Y con la norma del año del 2019 absorbe mayor cortante en la base que con la norma del año de 1977.
- La curva de capacidad para el módulo base con la norma E.030 1977 hay un máximo desplazamiento de 26.8cm y una fuerza cortante máxima de 158.24onf. para la estructura a porticada en la dirección X.
- El módulo base para la etapa de formación de la primera rótula no soporta lo requerido por la norma, debido que la rótula aparece antes de la capacidad límite de la E.030 dando una relación de 0.91.
- Con ayuda del ETABS, se halló el punto de desempeño con el Fema 440, con un desplazamiento 10.93cm en el punto de intersección de las curvas de capacidad y demanda.
- En la dirección X tanto para el modulo de concreto armado y acero estructural cumple con las distorsiones maximas de la norma E.030 de 0.007 y 0.01 sucesivamente, esto por la presencia de muros de corte y arriostres de pandeo restringido.
- En la dirección Y ambas estructuras acero y concreto cumplen la distorsión máxima brindada por la E.030.
- El análisis SDX, la estructura de acero absorbe mayor fuerza cortante en la base con 92.33tonf mientras que el de concreto armado 89.36tonf.
- El análisis SDY, la estructura que absorbe mayor fuerza cortante en la base es el sistema de acero con 105.44tonf mientras que el de concreto 85.84tonf.
- El desplazamiento para la estructura de concreto armado en X, es de 2.24cm y una fuerza cortante máxima de 622.44tonf.
- Con ayuda del ETABS, se obtuvo el punto de desempeño que brinda el FEMA 440 para el módulo de concreto armado, con un desplazamiento 1.05cm en el punto de intersección de las curvas de capacidad y demanda.
- Para la estructura de acero (OCBF) en X, hay un desplazamiento de 2.24cm y una fuerza cortante máxima de 353.84tonf.
- Con ayuda del ETABS, se obtiene el siguiente punto de desempeño que brinda el FEMA 440, para el módulo de acero estructural, con un desplazamiento 1.10cm en el punto de intersección de las curvas de capacidad y demanda.
- El desplazamiento en el techo para el módulo de concreto armado y acero es de 0.23 cm y 0.52 cm sucesivamente.
- El módulo de concreto armado después del punto de fluencia efectiva, aproximadamente 0.43 cm tiende al colapso con un desplazamiento máximo de 0.68cm y

- una fuerza cortante máxima en la base de 292.25tonf.
- El módulo de concreto para la etapa de formación de la primera rótula, fluencia efectiva y colapso soportó 1.19, 1.95 y 2.57 veces la demanda del código sucesivamente.
 - El módulo de acero después del punto de fluencia efectiva tiende a tener un buen desempeño estructural con un desplazamiento máximo de 1.10cm y una fuerza cortante máxima en la base de 187.45tonf.
 - La estructura de acero estructural tiene un mayor punto objetivo de 4.86cm mientras que el de concreto de 1.08 cm.
 - La estructura de acero tiene un mejor comportamiento inelástico que el de concreto, el de acero colapsa con 0.86cm mientras que el de concreto con 0.68cm
 - La estructura de acero es más liviana con respecto a la de concreto
 - La estructura de concreto falla con más fuerza cortante en la base 292.25tonf mientras que el de acero con 152.1tonf.
 - El Pushover para la estructura de concreto se desarrolla más que el de acero debido a que en la dirección de análisis se está aplicando muros de corte de 20cm y arriostres de pandeo restringido mientras que el de acero solo hay arriostres de pandeo restringido en la dirección X.

Referencias bibliográficas

- Al-Sadoon, Z. A., Saatcioglu, M., & Palermo, D. (2020).** New Buckling-Restrained Brace for Seismically Deficient Reinforced Concrete Frames. *Journal of Structural Engineering*, 146(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002439](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002439)
- Avecillas León, J. A. (2015).** Universidad de cuenca facultad de ingeniería escuela de ingeniería civil análisis de factibilidad de la implementación de riostras de pandeo restringido como dispositivos disipadores de energía tesis previa a la obtención del título de ingeniero civil.
- Bai, J., Li, W., Chen, H., Feng, M., & Wang, Y. H. (2022).** A Stiffness Ratio-Based Seismic Design for Reinforced Concrete Frames with Buckling-Restrained Braces. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 22(3). <https://doi.org/10.1142/S0219455422400053>
- Beiraghi, H. (2018).** Energy Dissipation of Reinforced Concrete Wall Combined with Buckling-Restrained Braces Subjected to Near- and Far-Fault Earthquakes. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, 42(4), 345–359. <https://doi.org/10.1007/S40996-018-0109-0>
- Blanco Blasco, A. I. E. I. R. L. (2010).** Evolución de las normas sísmicas en el Perú.
- Caro Jaimes, K. G., & Arias Navarro, J. S. (2018).** Análisis no lineal estático de una edificación de muros portantes con un modelo de fibras.
- Chen, H., & Bai, J. (2023).** State-of-the-Art of BRBs in Reinforced Concrete Structures: BRB Units, Connections, Seismic Design, and Performance Evaluation. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 211 LNCE, 14–21. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5217-3_2/COVER
- Erdem, R. T., & Karal, K. (2022).** Performance evaluation and strengthening of reinforced concrete buildings. *Revista de La Construcción. Journal of Construction*, 21(1), 53–68. <https://doi.org/10.7764/RDLC.21.1.53>
- FEMA 356 Prestandard. (2000).** FEMA 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings.
- Ferraioli, M., Lavino, A., Moliterno, C., & di Lauro, G. (2021).** Seismic Retrofit of an Existing Reinforced Concrete Building with Buckling-restrained Braces. *The Open Civil Engineering Journal*, 15(1), 203–225. <https://doi.org/10.2174/1874149502115010203>
- Gallegos Ortiz, B. (2016).** Diseño basado en desempeño. 1–29.
- Martel Vargas, P. F. (2003).** 1977-1997 INFES. 1–6.
- Norma E.030 Diseño Sismorresistente. (2019).** Norma E.030 Diseño sismorresistente. 1–81.
- Ouyang, X., Zhang, Y., Ou, X., Shi, Y., Liu, S., & Fan, J. (2022).** Seismic fragility analysis of buckling-restrained brace-strengthened reinforced concrete frames using a performance-based plastic design method. *Structures*, 43, 338–350. <https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2022.06.032>
- Quiroz Rojas, E. A. (2017).** Pontificia Universidad Católica del Perú escuela de posgrado.
- Rafi, M. M., Lodi, S. H., Al-Sadoon, Z. A., Saatcioglu, M., & Palermo, D. (2021).** Shake-table testing of deficient reinforced concrete frame retrofitted with buckling restrained brace. *ACI Structural Journal*, 118(3), 161–173. <https://doi.org/10.14359/51729351>
- Ren, F. M., Zhang, J. B., Zhou, Y., & Du, X. L. (2012).** The effect of structural parameters on seismic behavior of concrete-filled steel tubular frames with buckling-restrained brace. *Advanced Materials Research*, 594–597, 1783–1787. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.594-597.1783>

- Rezaee Manesh, M., Fattahi, S., & Saffari, H. (2021).** Investigation of earthquake significant duration on the seismic performance of adjacent steel structures in near-source. *Journal of Rehabilitation in Civil Engineering*, 9(1), 84–101. <https://doi.org/10.22075/JRCE.2020.20373.1410>
- Rosales Romero, F. (2012).** Modelamiento del movimiento de las placas tectónicas.
- Torres Solis, J. J., & Vásquez Atiencia, D. E. (2021).** Universidad del azuay facultad de ciencia y tecnología.
- Wang, F., Shi, Q. X., & Wang, P. (2021).** Seismic behaviour of reinforced concrete frame structures with all steel assembled Q195 low yield buckling restrained braces. *Structures*, 30, 756–773. <https://doi.org/10.1016/J.ISTRUC.2021.01.051>