

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



**COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ENTRE MUROS
ESTRUCTURALES Y SISTEMA APORTICADO UTILIZANDO
ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PUSHOVER EN EL DISTRITO
DE CHICLAYO**

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

AUTOR

GRETA XIOMARA LLONTOP MORA

ASESOR

HECTOR AUGUSTO GAMARRA UCEDA

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

Chiclayo, 2022

TESINA

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet	4%
2	es.scribd.com	Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.unfv.edu.pe	Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Ricardo Palma	Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.urp.edu.pe	Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Alas Peruanas	Trabajo del estudiante	1%
8	1library.co	Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo		1%

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	6
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	8
2.2 BASES TEÓRICAS-CIENTÍFICAS.....	12
2.2.1 BASES TEÓRICAS.....	12
2.2.2 BASES LEGALES.....	16
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	17
3. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	18
3.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	18
3.2 VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN.....	18
3.3 OBJETIVO GENERAL.....	18
4. DISEÑO METODOLÓGICO:.....	18
4.1 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	18
4.2 POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO y MUESTREO.....	18
4.3 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	19
4.4 PLAN DE PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS.....	19

5. CONCLUSIONES.....	20
6. RECOMENDACIONES.....	21
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factores de zona “Z”	13
Tabla 2. Métodos, Técnicas e instrumentos	19

RESUMEN

Esta investigación de carácter investigativa ya que tiene como objetivo comparar el desempeño sísmico entre muros estructurales y sistema aporticado en el distrito de Chiclayo mediante el análisis no lineal pushover debido a nos encontramos en un silencio sísmico por lo tanto tarde o temprano puede ocurrir un sismo de gran magnitud y debemos estar preparados. Primero se va a modelar dos edificios de 6 pisos con diferente sistema, basándonos en la E-060, luego se aplicará el método pushover, donde se obtendrá un punto de desempeño gracias a la intersección del espectro de capacidad y espectro de demanda sísmica de la edificación. Las técnicas para realizar será análisis de tesis y artículos de investigación, los cuales nos ayudará a conocer más sobre el análisis no lineal y desarrollar una correcta evaluación.

Palabras clave: Análisis no lineal, pushover, espectro de capacidad, demanda sísmica, punto de desempeño

ABSTRACT

This research is of an investigative nature since it aims to compare the seismic performance between structural walls and the system aporticado in the district of Chiclayo by means of the nonlinear analysis pushover because we are in a seismic silence therefore late or A major earthquake may occur early on and we must be prepared. First two 6-storey buildings will be modeled with a different system, based on the E-060, then the pushover method will be applied, where a performance point will be obtained thanks to the intersection of the capacity spectrum and the seismic demand spectrum of the building. The techniques to perform will be thesis analysis and research articles, which will help us to learn more about nonlinear analysis and develop a proper evaluation.

Keywords: Nonlinear analysis, pushover, capacity spectrum, seismic demand, performance point

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los movimientos sísmicos son consecuencia de la interacción de las placas tectónicas, donde las estructuras sufren daños considerables, por lo tanto, es necesario evaluar el comportamiento de los materiales y elementos estructurales para poder anticipar el desempeño de la estructura ante un evento sísmico.

El 95% de terremotos se producen en los bordes entre placas tectónicas, el 5% restante se produce en el interior de las placas. [1]

En la Placa de Cocos se encuentra ubicado el país de El Salvador, la cual se introduce por debajo de la placa Caribe causando una alta sismicidad, además cuenta con edificaciones con daños importantes sobre todo en edificaciones antiguas donde los criterios de diseño no fueron tan elaborados y estudiados como en la actualidad, incluso no tienen planos de diseño o cualquier otro documento de su construcción o reparaciones. [2]

La placa de Nazca abarca toda la costa occidental de América del Sur, es una de las zonas de mayor sismicidad en el mundo al tener un margen de subducción, esta se introduce por debajo de la placa Sudamericana.

Entre los países que se encuentran en la placa de Nazca esta Ecuador, donde uno de los últimos terremotos más fuertes fue el 16 de abril del 2016 en el cantón Pedernales de la provincia de Manabí, el cual generó muchas pérdidas humanas y el colapso de estructuras, esto demostró la falta de aplicación de métodos para análisis sísmico en edificaciones [3]

Perú ubicado también en la placa de Nazca, se encuentra en un silencio sísmico, es decir sin terremotos en las últimas décadas o centurias de modo que tarde o temprano se puede producir un movimiento sísmico importante.

El mapa sísmico de Perú está dividido en cuatro zonas, donde la zona 4 es la que presenta mayor sismicidad, entre los departamentos que conforman esta zona se encuentra Lambayeque, el cual presenta una variedad de construcciones informales que se vienen ejecutando sin una correcta supervisión o sin un diseño estructural [4]

Actualmente las edificaciones se encuentran diseñadas en función de métodos tradicionales, los cuales tienen como desventajas obtener respuestas alejadas de la realidad, además la mayoría de los diseños sísmicos consideran un solo nivel de amenaza sísmica, no toman en cuenta sismos frecuentes y moderados.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál de los dos sistemas estructurales brinda un mejor nivel de desempeño sísmico utilizando análisis estático no lineal pushover en el distrito de Chiclayo?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación permite comprender con mayor profundidad el comportamiento de una estructura frente a cargas de sismo, utilizando métodos no lineales debido a que se considera una situación más cercana a la realidad abarcando las características de los elementos estructurales en su no linealidad, a través de la comparación del desempeño de dos sistemas estructurales: muros estructurales y sistema aporticado, frente a un sismo, ya que Chiclayo se encuentra en un silencio sísmico

La mayoría de las edificaciones del Perú utilizan análisis elásticos a pesar de que, durante un movimiento telúrico, se producen deformaciones inelásticas. El análisis no lineal permite calcular la respuesta estructural más allá del rango elástico

Un punto intermedio entre el análisis no lineal y el análisis lineal constituye el análisis no lineal estático, donde se empleará la técnica: “Pushover”, la cual es importante porque permite conocer la capacidad de la estructura, hasta qué punto es capaz de resistir ante los movimientos sísmicos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Antecedentes internacionales

Duarte, Martínez y Santamaría [2] narran la problemática de El Salvador, ubicado en una zona altamente sísmica, cuenta con edificaciones con daños considerables sobre todo en construcciones antiguas donde los criterios de diseño no fueron tan elaborados y estudiados como en la actualidad, incluso no presentan planos estructurales de su construcción o alguna reparación, uno de estos casos es el edificio de la facultad de medicina de la Universidad de El Salvador, por lo tanto se utilizó el análisis estático no lineal “Pushover” para evaluar el comportamiento y funcionalidad estructural. Primero se realizó ensayos con pachómetros, extracción de núcleos, grietómetro, etc. Obteniendo como resultados en la extracción de núcleos de la losa 372 kg/cm² y de 318 kg/cm² y con el uso de pachómetros se corroboró que lo construido coincide con lo diseñado. Se utilizó el análisis matricial y el análisis por el método de elementos finitos, técnicas que se desarrollaron por el SAP2000, al momento de modelar el edificio en el programa se tomó en cuenta las condiciones existentes de la estructura tales como daños, dimensiones y cantidad de acero, etc. con la finalidad de obtener como resultado un comportamiento más aproximado a la realidad. Se definió tres patrones de cargas para la distribución de las fuerzas laterales incrementales sobre la estructura (establecido por las masas de cada entrepiso, otro brindado por la NTDS y el último fue el que proporcione el modo fundamental de vibración), donde se obtuvo tres curvas de capacidad, eligiendo la más desfavorable. Se llegó a la conclusión que el edificio tiene un buen desempeño para garantizar seguridad de vida, ya que se alcanzó un desplazamiento de 15.89 y fuerza cortante de 2523.41 ton cm en el cuerpo central de la estructura, cumpliendo con lo establecido en el NTDS.

Filian y Marcías [3] narran la problemática del Centro Educativo Parvulario ubicado en la ciudad de Milagro en la Provincia del Guayas, donde se pudo observar la carencia de procesos constructivos y de un ingeniero civil puesto que el encargado de la obra fue un “maestro constructor”. Esto generó debates sobre diseño de estructuras, reforzamiento estructural y métodos para evaluar las construcciones, por consiguiente, se consideró necesario investigar nuevas

técnicas de análisis sismorresistentes. El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad estructural así que se utilizó el análisis estático no lineal pushover. Primero se estableció las secciones y propiedades de los elementos estructurales de hormigón armado en el pórtico, luego se aplicó el método donde se obtuvo como resultados que tres modos de los periodos de vibración generan rotación, lo cual no está permitido debido a que manifiestan poca ductilidad y fragilidad por lo tanto se llegó a la conclusión que se debe reajustar los parámetros de diseño para que el edificio cumpla con las Normas Ecuatorianas de Construcción (NEC 15).

Antecedentes nacionales

Choque y Luque [5] indican que los procedimientos de análisis sísmico en la NTE.030 no comprueban la filosofía de diseño que establecen, También no permiten conocer el desempeño de las edificaciones cuando ocurre sismos de baja escala, debido a que, frente a una acción repetitiva, existe la posibilidad de generar daños en las edificaciones. Los métodos tradicionales presentan muchas limitaciones por consiguiente surgió la necesidad de realizar nuevos diseños de estructuras tomando en cuenta su desempeño sísmico y mejorar deficiencias existentes en el diseño preliminar. En esta investigación se comparó dos sistemas estructurales: Sistemas de muros estructurales y Sistema Estructural de Pórticos a través del diseño de un edificio de 8 niveles, luego se realizó el análisis estático no lineal pushover para ambos sistemas donde se obtuvo como resultados un desplazamiento de 39.43 cm en la dirección X y 33.79 cm en la dirección Y antes del colapso de la edificación en el sistema estructural de pórticos, este sistema demostró un mecanismo de falla dúctil generando rótulas plásticas en las vigas y en la base de columnas. En el sistema de muros estructurales ocurrió una falla por flexión de los muros de corte interiores, El sistema aporticado obtuvo una rigidez lateral efectiva de 12827.636 *tonf/m* en la dirección X, y 15219.166 *tonf/m* en la dirección Y. El sistema de muros estructurales, su rigidez lateral efectiva fue de 12514.71 *tonf/m* en la dirección X, y 11555.266 *tonf/m* en la dirección Y. Se llegó a la conclusión que el sistema aporticado presenta mayor rigidez en ambas direcciones que el sistema de muros estructurales, pero ninguno de los dos sistemas en el rango no lineal logró el comportamiento esperado para un sismo

frecuente. En el rango operacional si cumplieron un adecuado desempeño para el sismo de servicio y en el rango de seguridad de vida también lograron un buen comportamiento de la edificación frente a un sismo de diseño.

Chavesta [6] señala que la NTE 030 se enfoca en el comportamiento elástico de los elementos estructurales y no toma en cuenta los parámetros no lineales, por lo tanto el análisis lineal no estima el nivel de desempeño sísmico de una edificación, La estructura a analizar se encuentra en la ciudad de Lima, tiene uso de vivienda, presenta suelo intermedio y es de sistema aporticado, fue diseñada con la NTE E.030 pero no se pudo saber el nivel de la demanda sísmica ni la capacidad sismorresistente por ende, el objetivo de esta investigación es evaluar la curva de capacidad para poder saber su desempeño sísmico. Se aplicó el método análisis estático no lineal pushover donde se obtuvo como resultados 20.5 cm de desplazamiento en el último nivel y una fuerza cortante de 698.87 ton antes del colapso. El punto de desempeño se encuentra ubicado para el nivel sísmico de servicio, bajo un desplazamiento espectral de 3.87 cm; para el nivel sísmico de diseño se encuentra ubicado bajo un desplazamiento espectral de 8.74 cm. Se llegó a la conclusión que el edificio tiene un aceptable desempeño según el tipo de edificación que es: edificaciones comunes, ya que después de un sismo puede perder resistencia y sufrir daños leves, pero no sirve como refugio a diferencia de las edificaciones esenciales.

Esteba [7] narra la problemática de la Ciudad de Puno, el cual pasó a la Zona 3 (altamente sísmica) gracias a la actualización de la RNE E-0.30 en el 2016. Últimamente han ocurrido sismos de baja o severa intensidad como el de diciembre del 2015 en la Ciudad de Puno. Se debe destacar que hace 153 años no ocurre un sismo de mayor magnitud en esta ciudad, por ende, el IGP ha señalado que se debe estar alerta porque puede volver a ocurrir en cualquier momento. Los edificios han sido diseñados según la RNE E-030 pero se encuentran alejados del real comportamiento de los elementos estructurales, por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar el nivel de desempeño de una edificación ubicada en la ciudad de Puno mediante el análisis no lineal estático y dinámico. Se aplicaron los métodos Pushover y Análisis tiempo-Historia. Los resultados obtenidos fueron: según el análisis estático no lineal, la estructura tiene una deformación de 4.46 cm, lo que significa que se

encuentra en un Nivel IO (ocupación inmediata). Según el análisis dinámico no lineal la estructura se encuentra en un nivel “A to B” y B to IO, lo cual significa que es una estructura muy conservadora y presenta un nivel de ocupación inmediata. Se llegó a la conclusión que el edificio tiene un correcto desempeño sísmico y ante un probable sismo de recurrencia en 50 años, sus actividades se pueden retomar de manera inmediata.

Antecedentes locales

Vega [4] narra la problemática de Chiclayo, ciudad que se encuentra ubicada en una zona altamente sísmica, se realizan construcciones de manera informal, sin ninguna supervisión por un profesional. Esto causa una gran preocupación a la población debido a que no están preparados para recibir un sismo de gran magnitud, por lo que se decidió evaluar el desempeño sísmico de la vivienda – comercio Miura Grill. Primero se ejecutó el análisis de las fuerzas equivalentes, obteniendo como resultado que la máxima deriva es 0.008291. Después se realizó el análisis dinámico modal espectral obteniendo la máxima deriva de 0.009268 en la dirección X, finalmente se ejecutó el análisis estático no lineal (pushover) donde se generó un desplazamiento de 63.318 mm con una fuerza cortante de 732.357 tn en la dirección X y un desplazamiento de 76.86 mm con una fuerza cortante de 777.83 tn en la dirección Y antes del colapso. Se llegó a la conclusión que es una estructura flexible, y cumple con todo lo señalado en la norma E.030.

Correa [8] narra la problemática de Chiclayo, donde un 80% de la población viven en edificaciones construidas de manera informal, es decir no cuentan con un correcto diseño estructural y en el caso que ocurra un sismo, estas estructuras serían las más afectados por lo tanto se debe prevenir este daño durante la ejecución de la estructura. Al tomar en cuenta dicha prevención, se logra economizar en lugar de tomar otras medidas tales como reforzar o reparaciones. En esta investigación se va a verificar el diseño sismorresistente del Bloque N°2 del Colegio militar Elías Aguirre, el cual es una estructura esencial. Primero se evaluó la estructura según la E-030 donde se obtuvieron las derivas tanto en la dirección X como en la dirección Y. Después se aplicó el método Pushover a la estructura para conocer la deformación del desplazamiento, giro o desempeño de los elementos, se alcanzó el nivel esperado, así pues, se llegó

a la conclusión que el Bloque N°2 de Aulas del Colegio Militar Elías Aguirre presenta un nivel operacional.

Heredia [9] indica que las normas del Perú o de cualquier parte del mundo se centran en criterios de protección ante un solo nivel de peligro sísmico, por ende, es importante analizar el desempeño sísmico de las estructuras ante diferentes niveles de movimientos sísmicos. Esta investigación realiza el método “modal Pushover” en un edificio de 11 pisos en el distrito de Pimentel, Se utilizó el programa ETABS para poder utilizar dicho método, se obtuvo como resultado un desplazamiento de 10.76 cm en la dirección X y un cortante basal de 4894 ton antes del colapso y un desplazamiento de 0.698 cm en la dirección Y con un cortante basal de 4470 ton antes del colapso. Se llegó a la conclusión que la edificación cumple con los criterios de seguridad de vida debido a que las deformaciones se encuentran por debajo de los límites según el estado de seguridad de vida.

2.2 BASES TEÓRICAS-CIENTIFICAS

2.2.1 BASES TEÓRICAS

Criterios sísmicos

a) Riesgo sísmico

El daño que podría generarse en una construcción por consecuencia del peligro que la amenaza y de su propia vulnerabilidad [1]

Se puede expresar el riesgo sísmico en función del peligro y la vulnerabilidad. Entonces se entiende por riesgo sísmico que son las posibles pérdidas ya sea humanas o económicas producidas por los movimientos sísmicos.

b) Vulnerabilidad sísmica

Las propiedades de una edificación pueden generar daño, a esto se le llama vulnerabilidad [1]

c) Peligro sísmico

Se entiende por peligro sísmico a la probabilidad que ocurra un movimiento sísmico. Este factor se relaciona con las características geotécnicas y geológicas de la zona en donde se produjo el sismo. ´

Según la norma E-0.30 clasifica el Perú en 4 zonas con la finalidad de poder evaluar el peligro sísmico. Cada zona tiene su propio factor, el cual significa la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 40 años. [10]

Tabla 1. Factores de zona “Z”

ZONA	FACTOR DE ZONA
1	0.1
2	0.25
3	0.35
4	0.34

Fuente: Norma E-030

Factores que influyen en el comportamiento sísmico

a) Materiales

Los materiales tienen propiedades muy esenciales para la edificación por lo tanto el comportamiento sísmico depende de ellos. Las características que presentan son: Módulo de elasticidad, el cual indica la resistencia de un material ante la acción de alguna carga externa; Peso volumétrico que en el concreto se encuentra alrededor de 2400 kg/m³.

b) Sistema estructural de concreto armado

La ductilidad varía según el sistema estructural a elegir. La norma E-030 presente una clasificación de los elementos estructurales en función del porcentaje de la fuerza cortante basal que absorben los elementos:

- **Pórticos:** En las columnas actúa el 80 % de la fuerza cortante basal [10]
- **Muros estructurales:** En los muros estructurales actúa un 70 % de la fuerza cortante basal. [10]
- **Dual:** Es una combinación de muros estructurales y pórticos. [10]
- **Estructuras de Muros de Ductilidad Limitada:** Son aquellas

edificaciones donde las cargas de gravedad y la resistencia sísmica provienen de muros de concreto armado de espesores reducidos. [10]

c) Irregularidad de la edificación

Se entiende por irregularidad a la asimetría de la edificación ya que el desempeño sísmico depende de la ubicación de los elementos estructurales.

d) Características de la zona

La zona donde se encuentra la edificación establece parámetros básicos para el comportamiento sísmico. El tipo de suelo establece intervalos de velocidad de la onda sísmica.

Análisis estructural

El análisis estructural permite diseñar un modelo seguro y económico, determinando la rigidez, durabilidad, resistencia y estabilidad de la estructura.

Análisis lineal

El análisis lineal indica que los materiales cumplen con la ley de Hooke, es decir que los esfuerzos son proporcionales a las deformaciones.

Análisis no lineal

El análisis no lineal se diferencia del lineal en que esta toma en cuenta el comportamiento más real posible de los materiales y de los elementos estructurales en general.

Análisis estático no lineal “Pushover”

El método “Pushover” consiste en someter un patrón de cargas laterales incrementales (F_i) a la estructura hasta llevarla al colapso. Empleando este método se puede lograr reconocer la secuencia del agrietamiento, fallo de los elementos e historia de las deformaciones y cortantes.

Las fuerzas laterales se pueden distribuir de manera constante, parabólica, lineal, etc. Se utiliza dos distribuciones diferentes estableciendo que no solo hay un solo patrón de cargas por lo tanto la curva de capacidad es la envolvente de los resultados por ambas distribuciones laterales. [11]

Curva de capacidad

Es la relación de la fuerza cortante basal y el desplazamiento en el nivel superior de la estructura para cada incremento. Los incrementos pertenecen al primer modo fundamental de vibración de la edificación en la dirección analizada. [11]

Espectro de capacidad bilineal

La curva de capacidad se convierte a un espectro de capacidad, es decir con un formato de espectro de respuesta aceleración- desplazamiento, cuenta con dos puntos importantes: la capacidad última de la estructura y la fluencia de esta.

El punto de fluencia indica en qué momento la estructura empieza a comportarse de manera no lineal; y el punto de capacidad última señala en qué momento colapsa toda la estructura, ambos puntos se relacionan con la ductilidad de la edificación.

Método del espectro de capacidad

Este método se fundamenta en comparar el espectro de demanda sísmica con el espectro de capacidad de la estructura con la finalidad de poder conocer el punto de desempeño donde la demanda y la capacidad se igualan permitiendo estimar la respuesta máxima de la edificación, la cual podrá ser evaluada para saber el nivel de desempeño esperado.

Espectro de demanda

Al inicio la demanda sísmica utiliza el espectro de respuesta elástico de aceleración, el cual está determinado por un 5% de amortiguamiento, y se encuentra en un dominio de aceleración espectral vs Periodo, este se convierte en un dominio de aceleración espectral vs desplazamiento espectral [12]

Punto de desempeño

Gracias a la superposición del espectro de demanda y capacidad, se obtiene el máximo desplazamiento de la estructura en el punto donde ambos espectros se intercepta.

Niveles de desempeño para la estructura de acuerdo con el ATC-40

El nivel de desempeño indica una condición límite determinada en relación con

los probables daños físicos que se puedan causar en la edificación, amenazando la seguridad de los usuarios y funcionalidad de la estructura luego del sismo. [12]

ATC-40 determina niveles de desempeño para componentes estructurales y no estructurales, ambos engloban el nivel de desempeño de toda la edificación. Esta investigación está interesada sólo en los niveles de desempeño estructurales, las cuales son:

- **Operación inmediata -SPI:** El daño estructural es casi nulo, eso quiere decir que los elementos estructurales tienen sus propiedades y capacidades de resistencia en óptimas condiciones [12]
- **Control de daño- SP2:** El daño estructural es leve, se encuentra entre el SP1 Y SP3 [12]
- **Seguridad de vida- SP3:** El daño estructural es considerable, pero no presenta un riesgo de colapso de la edificación por solicitaciones menores por lo que aún no es un riesgo para la seguridad de las personas [12]
- **Seguridad limitada-SP4:** Estado intermedio entre el SP3 Y SP5 , indica que hay zonas con daños pero aún se mantiene con seguridad para la vida de los usuarios
- **Estabilidad estructural-SP5:** Este estado establece que la estructura está a punto de colapsar. Tiene daño severo en la estructura por lo que hay riesgo para la seguridad de las personas. Una reparación o reforzamiento será inviable económicamente [12]
- **Colapso-SP6:** Estado no considerado [12]

2.2.2 BASES LEGALES

- **Del Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma E.030 Diseño Sismorresistente**

Esta Norma establece las circunstancias mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico de protección frente a dichos eventos, La norma se orienta a principios, entre los cuales, la edificación deberá evitar la pérdida de vidas humanas, minimizar daños y asegurar continuidad de servicios básicos. [10]

- **Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.020: Cargas. Lima.**
Indica las cargas mínimas que están dadas en condiciones de servicio, las cuales se deben considerar en el diseño de la estructura [13]
- **Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E060: Concreto Armado. Lima**
Indica los parámetros necesarios y especificaciones técnicas para el análisis, diseño y supervisión de concreto armado [14]
- **Seismic Performance Asazmente of Building FEMA 356. United States.**
Establece los requerimientos, lineamientos y directrices para la aplicación de la metodología del diseño sísmico por desempeño. [15]
- **Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. ATC40. State of California.**
Establece lineamientos y objetivos para el desempeño de edificios en el contexto de manejar el riesgo sísmico de las mismas. [12]

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Comparación del desempeño sísmico entre muros estructurales y sistema aporticado

Consiste en diseñar dos sistemas estructurales bajo la norma E.060 y comparar su nivel de desempeño

Análisis estático no lineal Pushover

Consiste en someter un patrón de cargas laterales incrementales a los dos sistemas estructurales hasta llegar al colapso.

3. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Mediante el análisis estático no lineal pushover se puede comparar el desempeño sísmico entre muros estructurales y sistema aporticado en el distrito de Chiclayo

3.2 VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN

Variable dependiente: Comparación del desempeño sísmico entre muros estructurales y sistema aporticado

Variable independiente: Análisis estático no lineal pushover

3.3 OBJETIVO GENERAL

Comparar el desempeño sísmico entre muros estructurales y sistema aporticado utilizando análisis estático no lineal pushover en el distrito de Chiclayo.

4. DISEÑO METODOLÓGICO:

4.1 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Es un tipo de investigación descriptiva ya que tiene la finalidad de indicar como es y cómo se manifiesta el desempeño sísmico en la ciudad de Chiclayo de dos sistemas estructurales.

4.2 POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO y MUESTREO

POBLACIÓN: Abarca todas las fuentes utilizadas (tesis, artículos, etc.)

MUESTRA DE ESTUDIO: Las muestras que se utilizaron para este tipo de estudio fueron aquellas tesis, artículos, normas que describen conceptos importantes del análisis no lineal estático pushover y de los dos sistemas estructurales a comparar.

MUESTREO: La información investigada en cada una de las fuentes ya existentes a cerca del análisis no lineal en diferentes zonas geográficas.

4.3 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 2. Métodos, Técnicas e instrumentos

MÉTODO/TÉCNICA	INSTRUMENTO
ANÁLISIS DE DOCUMENTOS	Tesis o artículos de investigación

Fuente: Elaboración propia

4.4 PLAN DE PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS

Para poder realizar la comparación del desempeño sísmico entre muros estructurales y sistema aporticado, lo que primero se hacer es el análisis de documentos tanto de tesis como artículos para poder comprender mejor.

5. CONCLUSIONES

- A nivel internacional se puede observar que tanto en El Salvador como en el Ecuador utilizan el análisis estático no lineal pushover para comprobar el diseño ante diferentes niveles de sismos.
- A nivel nacional se puede observar que el problema es en la E.030 ya que no comprueban la filosofía de diseño que establecen, También no permiten conocer el desempeño de las edificaciones cuando ocurre sismos de baja escala, debido a que, frente a una acción repetitiva, existe la posibilidad de generar daños en las edificaciones.
- A nivel local las investigaciones encontradas utilizan el análisis estático no lineal pushover para conocer el nivel de desempeño de las estructuras esenciales
- Se concluye que el método pushover permite conocer el nivel de desempeño de la estructura

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear investigaciones de los últimos 5 años para tener resultados más actualizados.
- Se debe promover la investigación respecto a ingeniería basada en el desempeño sísmico en el departamento de Lambayeque, ya que se encuentra en un silencio sísmico.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. A. Muñoz Pelae, Ingeniería Sismorresistente, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [2] C. E. Duarte Bonilla, M. E. Martínez Chavarria y J. J. Santamaría Díaz, «Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la Universidad de El Salvador,» San Salvador, 2017.
- [3] M. A. Filian Pinos y J. R. Marcías Zamora, «Evaluación de una edificación de concreto armado mediante el análisis no lineal push-over,» Guayaquil, 2018.
- [4] G. Vega Fernández, «Evaluación del desempeño sísmico mediante el análisis estático no lineal, vivienda- comercio Miura Grill, Chiclayo,» Chiclayo, 2020.
- [5] J. F. Choque Sucasa y E. D. Luque Solis, «Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030,» Arequipa, 2019.
- [6] E. P. A. Chavesta Ruelas, «Análisis estático no lineal para estimar el desempeño sísmico de una estructura aporticada de 5 pisos en la ciudad de Lima,» Lima, 2019.
- [7] A. E. Esteba Apaza, «Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E-030 en Puno,» Puno, 2017.
- [8] M. d. I. A. Correa Cervantes, «Análisis estático no lineal aplicado al diseño sismorresistente del bloque N° 02 de aulas del Colegio Militar Elías Aguirre – Chiclayo,» Chiclayo, 2019.
- [9] I. O. Heredia Silva, «Análisis del método " Modal Pushover" y su incidencia en el cálculo de edificaciones mayores a 7 pisos de concreto armado en Pimentel,» Chiclayo, 2020.
- [10] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma técnica de edificación E.030,» Lima, 2018.
- [11] «Desempeño sísmico de edificaciones,» [En línea]. Available: <https://tdx.cat/bitstream/handle/10803/6230/04CAPITULO3.pdf?sequence=4>.
- [12] Craig D.Comartin, Richard W.Niewiarowski y Christopher Rojahn, «Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings,» California, 1960.
- [13] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma E.020: Cargas,» Megabyte, Lima, 2019.
- [14] Reglamento Nacional de Edificaciones, «Norma E.060: Concreto Armado,» Megabyte,

Lima, 2019.

- [15] A. S. O. C. ENGINEERS, «PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS,» Washington, 2000.
- [16] B. B. A. Pinto Huaranca, «Evaluación del nivel de desempeño de una edificación, con empleo del análisis estático no lineal-pushover,» Juliaca, 2019.
- [17] N. 339.059:2017, «CONCRETO. Método para la obtención y ensayo de corazones diamantinos y vigas seccionadas de concreto. 4ª Edición,» Lima, 2017.