



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO E INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación del desempeño sísmico aplicando un análisis estático no
lineal de una edificación de ocho niveles del distrito del Lince-Lima, 2020”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. Sigueñas Fernández, Kevin Snaider

ASESOR:

Ing. Fernando Llatas Villanueva

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Evaluación y diseño de construcciones sostenibles

Ingeniería Estructural y Sismorresistente

CHICLAYO – PERÚ

2021

Página de jurado

Dr. o Mg. o Ing. Apellidos y Nombres

Presidente

Dr. o Mg. o Ing. Apellidos y Nombres

Secretario

Dr. o Mg. o Ing. Apellidos y Nombres

Vocal

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a dios por ser el inspirador y darme la fuerza de continuar en este proceso de investigación de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su trabajo y sacrificio en todo estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. He sido el orgullo y privilegio de ser su hijo por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de la vida.

Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios por bendecirme a la vida, y por guiarme a lo largo de mi existencia, de ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres: óscar sigueñas Baca, y Teodocia Fernandez Tapia, por ser los principales promotores de nuestro sueño, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, los valores, y por los principios que nos han inculcado.

Declaratoria de autenticidad

Yo, **Sigueñas Fernández, Kevin Snaider**, adscrito a la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo e Ingenierías de la Universidad Particular de Chiclayo, identificado con **DNI N° 76506424**, Con la tesis titulada “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO UN ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL DE UNA EDIFICACIÓN DE OCHO NIVELES DEL DISTRITO DEL LINCE-LIMA, 2020”.

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) La tesis no ha sido auto plagiada; es decir no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Particular de Chiclayo.

Chiclayo, 26 de Mayo. de 2021



Bach. Sigueñas Fernández, Kevin Snaider

DNI: 76506424

Presentación

Señores miembros del jurado:

Respetando el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Particular de Chiclayo, hago presente ante ustedes la tesis titulada “EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO UN ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL DE UNA EDIFICACIÓN DE OCHO NIVELES DEL DISTRITO DEL LINCE-LIMA, 2020”, cuyo objetivo evaluar el desempeño sísmico aplicando un análisis no lineal para verificar el diseño sismorresistente en una edificación de ocho niveles en el distrito de Lince, para ello se realizó un estudio de suelos, para conocer el comportamiento del suelo; y a través del software Etabs y aplicando la normativa respectiva conocer el desempeño sísmico en que se encuentra la edificación en estudio.

El primer capítulo denominado “Introducción”, consta de la realidad problemática, formulación del problema, hipótesis, objetivos; tanto general como específicos.

En el segundo capítulo, se establecen las bases teóricas, donde se hace mención de los antecedentes; tanto internacionales, nacionales como locales, también se presenta el marco teórico y la definición de términos claves de la presente tesis de investigación.

En el tercer capítulo se describirá el marco metodológico, donde abarca las variables, operación de variables, metodología, tipo de estudio, diseño, la población y muestra, técnicas e instrumentos, método de análisis de datos y por ultimo los aspectos éticos considerados en la presente investigación.

En el cuarto capítulo, se presentarán los resultados finales del análisis de la investigación, dando mención de una propuesta de mejora.

En el quinto capítulo, se hará presente las conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron tras analizar los resultados.

Sometiendo este proyecto a su consideración, y esperando que cumpla con lo requerido para poder tener el Título profesional de Ingeniero Civil.

Índice

Página de jurado	I
Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Declaratoria de autenticidad	IV
Presentación	V
Índice	VI
Tablas	VIII
Figuras	IX
Resumen	X
Abstract	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Hipótesis	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivo específico	4
II. BASES TEÓRICAS	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Marco teórico	11
2.3 Definición de términos	23
III. MARCO METODOLÓGICO	24
3.1 Variables	24
3.2 Operación de variables	25
3.3 Metodología	26
3.4 Tipo de estudios	26
3.5 Diseño	26
3.6 Población, muestra y muestreo	26
3.7 Técnicas de instrumentos de recolección de datos	26
3.8 Método de análisis de datos	27
3.9 Aspectos éticos	27
IV. RESULTADOS:	28
4.1 Descripción de la zona de estudio	28
4.1.1 Ubicación	28

4.1.2	Características geográficas	29
4.2	Diagnóstico del modelo estructural de la edificación según la norma e-030	30
4.2.1	Especificaciones – materiales empleados	31
4.2.2	Análisis de la edificación según el RNE E 030 2018.....	34
4.3	Verificación del nivel de sismicidad de la edificación	37
4.4	Verificación del desempeño sísmico de la edificación de 8 niveles	38
4.5	Verificación el diseño sismorresistente de los puntos de fallas en el análisis estructural no lineal	40
V.	DISCUSIÓN	42
VI.	CONCLUSIONES	43
VII.	RECOMENDACIONES	44
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
IX.	ANEXOS.....	49

Tablas

Tabla 01. Factores de zona.	11
Tabla 02. Factor de suelo “S”	12
Tabla 03. Periodos T_p y T_l	12
Tabla 04. Factor de uso o importancia.....	13
Tabla 05. Nivel de desempeño de elementos estructurales según ATC-40.	20
Tabla 06. Nivel de desempeño de elementos NO estructurales	21
Tabla 07. Operación de variables.....	25
Tabla 08. Características sísmicas de la edificación.....	34
Tabla 09. Peso de la edificación por piso.....	34
Tabla 10. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura.....	35
Tabla 11. Distorsiones de entrepiso en el eje XX... ..	36
Tabla 12. Distorsiones de entrepiso en el eje Y-Y.....	36
Tabla 13. Derivas usando el método de los coeficientes, ASCE 41-13.....	39
Tabla 14. Control de aceptación según FEMA 440 para MTD (D. inelástica)	39
Tabla 15. Control de aceptación según FEMA 440 para MTD (D. inelástica).	40

Figuras

Figura 01. Zonas sísmicas.....	11
Figura 02. Tipo de análisis sísmicos.....	15
Figura 03. Curva de capacidad.....	16
Figura 04. Representación de la fluencia efectiva.....	16
Figura 05. Gráfico bilineal del espectro de capacidad.....	17
Figura 06. Conversión del Espectro de Respuesta a formato ADRS.	18
Figura 07. Representación gráfica del comportamiento de una edificación frente a un sismo.	19
Figura 08. Falla frágil.....	22
Figura 09. Falla dúctil.....	22
Figura 10. Mapa del departamento de Lima.	28
Figura 11. Lince.	28
Figura 12. Mapa del distrito de Lince.	29
Figura 13. Modelamiento de la edificación en Vista 3D en el software Etabs.....	32
Figura 14. Modelamiento de la edificación en Planta del 1° nivel en el software Etabs.	33
Figura 15. Distribución de Fuerzas en la base.	35
Figura 16. Espectro de diseño de la edificación.	37
Figura 17. C 60X60 EJE 1A.	41
Figura 18. G8 C 60X60 EJE 1A.	41

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el desempeño sísmico aplicando un análisis no lineal para verificar el diseño sismorresistente en una edificación de ocho niveles en el distrito de Lince, Ciudad de Lima, teniendo en cuenta el análisis estático y dinámico. Para poder llevar a cabo esta investigación se hizo uso de la observación directa y una ficha de reporte para plasmar todas las irregularidades de la edificación, fueron la base para el desarrollo del presente trabajo. El tipo de investigación es no experimental descriptiva. La muestra que se consideró es una edificación de 8 pisos ubicada en el distrito de Lince, donde el primer nivel funciona como comercio y los siguientes niveles como viviendas. Se modeló la edificación, siendo esta de sistema muros estructurales, este análisis se realizó bajo la normativa NTP E.030, E.060 y E.020. Cabe mencionar que el modelado se realizó bajo el software Etabs, después de ello se realizó el análisis estático no lineal. El desempeño de la estructura se rigió bajo la normativa de ATC-40, FEMA 440; y el Método de Coeficientes FEMA 440, ASCE/SEI 41-13. Además, se obtuvo la demanda sísmica basándose en la NTP E.030.

Palabras clave: Desempeño sísmico, análisis no lineal, demanda sísmica, rótulas plásticas.

Abstract

The main objective of this research is to evaluate the seismic performance by applying a non-linear analysis to verify the earthquake-resistant design in an eight-level building in the Lince district, City of Lima, taking into account the static and dynamic analysis. In order to carry out this investigation, direct observation and a report card were used to capture all the irregularities of the building, they were the basis for the development of this work. The type of research is descriptive non-experimental. The sample that was considered is an 8-story building located in the Lince district, where the first level works as a shop and the following levels as homes. The building was modeled, this being a structural wall system, this analysis was carried out under the NTP E.030, E.060 and E.020 regulations. It is worth mentioning that the modeling was carried out under the Etabs software, after which the non-linear static analysis was carried out. The performance of the structure was governed by ATC-40, FEMA 440; and the FEMA 440 Coefficient Method, ASCE / SEI 41-13. In addition, the seismic demand was obtained based on NTP E.030.

Keywords: Seismic performance, nonlinear analysis, seismic demand, plastic hinges.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Internacional

Tras el terremoto de magnitud 7.4 en escala de Richter que se vivió en México, específicamente en Oaxaca; se llegaron a las siguientes conclusiones, la ciudad se encuentra cerca de lo que hoy en día se conoce como la zona de fractura de Tehuantepec. Además, está cerca de las placas de América del Norte y Cocos, las cuales tienden a chocar y haciendo así de esta ciudad de la zona perfecta para albergar terremotos de gran magnitud. Por otro lado, se pudieron apreciar numerosos videos de edificios en movimiento, según Bohon esas oscilaciones son mortales en las edificaciones, a causa de una mala estructuración o análisis. Para evitar esto propone un plan para terremotos. (National Geographic, 2020)

En Cartagena, se ha llevado a cabo un estudio sobre vulnerabilidad sísmica a 16 edificios, por un ingeniero estructural y así poder alertar a la alcaldía sobre lo peligroso que sería para los pobladores continuar viviendo ahí. El análisis realizado reflejó que todas las edificaciones incumplían con la ley urbanística y con la norma estructural. Se pudo evidenciar que ninguna tuvo un diseño estructural que sustentara la construcción, además de la carencia de control de materiales, planos estructurales y especificaciones técnicas. Otro punto que sorprendió a los evaluadores fue que no respetaban los diseños que presentaron algunos de los edificios, pues se evidenciaban más niveles de lo propuesto, un ejemplo de ello es el edificio Calipso, el cual cuenta con 10 niveles cuando su diseño estaba para 5 niveles. Lo propuesto a la alcaldía es que se refuercen algunas de las edificaciones, mientras que otras si deben de ser demolidas y tiene que volver a realizar un diseño que cumpla con la norma antisísmica, para poder evitar desastres en caso de sismos fuertes. (El Tiempo, 2018)

El ingeniero Enrique García, tras el sismo en Ecuador que dejó cerca de 600 muertos, comenta que el principal problema está en el sector construcción, siendo esta teoría aceptada por el mismo presidente quién dice que los

derrumbes de las grandes edificaciones son causados por “una mala construcción”. Ecuador cuenta con una normativa para poder evitar tales desastres; sin embargo, en este país no se cumplen. Todo está en manos de cada municipio, ellos son los encargados de dar los permisos de construcción. Tras una inspección a la zona afecta, se pudo observar que no se cumplen con la normativa sísmica, un ejemplo de ello es que hay un peso mayor en los pisos superiores, que causa que el primer nivel no pueda sostener y se termine derrumbando la edificación. También los pobladores comentaron que usaban arena de mar para la construcción de las viviendas por la accesibilidad que tienen a ella. (BBC Mundo, 2016)

Nacional

Carlos Zavala, director general del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la UNI, dio a conocer que en Lima las viviendas cuentan con una mayor vulnerabilidad sísmica, puesto que el suelo donde se construye es muy flexible, este es el caso de Villa es Salvador, San Bartolo, etc. Además, que las edificaciones fueron construidas sin la estructuración adecuada, es decir sin contar con ingeniero especialista que tenga en consideración toda la normativa respecto a los peligros sísmicos. Otro punto que rescató el especialista, es el uso de ladrillo tubular (Nacional, 2021)

Según el presidente del Instituto de la Construcción y Desarrollo de Capeco, en la capital del Perú existen más de dos millones de viviendas que son consideradas vulnerables, ya que como es sabido la primera opción de las personas es la autoconstrucción e informalidad. Es así que, si ocurriera un terremoto dejaría sin vida a muchas personas y también habría muchas pérdidas económicas. Tras un estudio realizado por BID, el Perú con un sismo de 8 grados estaría perdiendo cerca de 43 mil millones de dólares. Se hace mención que en el Perú falta concientizar a la gente respecto a la construcción de su vivienda, la importancia de contar con un ingeniero que diseñe su vivienda para que esta sea de una mejor calidad y respetando toda la normativa. Según el Instituto Geodésico del Perú, es muy probable que en Lima ocurra un sismo de

una magnitud considerable, ya que han pasado más de 200 años desde un movimiento telúrico de gran magnitud. (RPP, 2017)

En Arequipa, la probabilidad de que ocurra un temblor o terremoto es muy alta, pues las placas de Nazca están sin movimiento desde 1977. Es por ello que un representante del parlamento andino, da a conocer y advierte que las viviendas de esta localidad carecen de guía técnica y es muy probable que las edificaciones colapsen. Ante ello, se pidió a la Municipalidad de Arequipa que se habilite un grupo de supervisión de edificaciones en construcción, para poder ver que se cumpla la normativa sismorresistente y se construya de acuerdo al tipo de suelo que se presente, con unas buenas cimentaciones. Por otro lado, menciona lo peligrosa que resultarían las instalaciones eléctricas no solo de las viviendas vulnerables, sino que de los supermercados donde concurre gran cantidad de personas y puede generarse un incendio. Además, que la población no está preparada para actuar en caso de sismo, ya que cuando se realizan los simulacros solo un 30% de la población es participe de ellas. (El Búho, 2017)

Local

A través del decano del Colegio de Arquitectos de la región Lambayeque, se dio a conocer que solo en la ciudad de Chiclayo un 60% de las viviendas son altamente vulnerables, esto porque no se edificaron con la presencia de un ingeniero o especialista y no cuentan con una licencia de construcción. Una de las causas principales es la falta de conocimiento de la importancia que lleva consigo la contratación de un especialista para el diseño de su vivienda y por el costo que trae consigo. El decano comentó que la población prefiere ahorrarse un poco de dinero y exponer su integridad haciendo una mala inversión en la informalidad. En el hipotético caso de que ocurriera un sismo de gran magnitud, las edificaciones y viviendas se vendrían abajo. (RPP Noticias, 2019)

1.2 Formulación del problema

¿De qué manera la evaluación del desempeño sísmico aplicando el análisis estático no lineal permite verificar el comportamiento estructural de la vivienda de ocho niveles en el distrito de Lince, ciudad de Lima?

1.3 Hipótesis

Al evaluar el desempeño sísmico, podríamos verificar el comportamiento estructural de la edificación de ocho niveles del distrito de Lince, ciudad de Lima.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el desempeño sísmico aplicando un análisis no lineal para verificar el diseño sismorresistente en una edificación de ocho niveles en el distrito de Lince, Ciudad de Lima.

1.4.2 Objetivo específico

- Diagnosticar el modelo estructural según la norma E-030 de la edificación en mención.
- Verificar el diseño sismorresistente de los puntos de fallas en el análisis estructural no lineal de la edificación en mención.
- Verificar el nivel de sismicidad de la edificación en mención.
- Verificar el desempeño sísmico de la edificación en mención.

II. BASES TEÓRICAS

2.1 Antecedentes

Internacional

Medina, C. D. & Galarza, D. A. (2019), en su tesis denominada “Evaluación del desempeño sísmico del edificio de la Oscus mediante comparación del análisis estático no lineal (Pushover), análisis estático modal (Pushover Multimodal) y dinámico no-lineal (Historia de Respuesta)”. Donde opta el título de ingeniero civil, de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. El tipo de investigación es experimental, pues se basa en la observación. La problemática radica en que un gran número de ingenieros dedicados a la estructuración tienen como base el análisis modal espectral y tienen como requisito la idea de asegurar la ductilidad bajo un comportamiento inelástico, sin embargo, la estructura sufriría una deformación plástica en cualquier evento sísmico, por lo que se necesita un análisis más detallado. El objetivo de esta investigación radica en la comparación de tres estados no lineales con la finalidad de determinar el nivel de desempeño estructural, donde una de las edificaciones fue construida con la normativa Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-77). Como resultado se obtuvo que, tras correr los tres análisis no lineales, la estructura llega a su desplazamiento máximo antes de cumplir con su desplazamiento base, lo que demuestra la ineficiencia en el desempeño sísmico y la alta vulnerabilidad. Se llegó a la conclusión que la metodología alternativa “Análisis MPA” es la más adecuada, ya que produce los errores más mínimos comparados con los otros análisis, además que, los métodos estáticos no lineales discutidos difieren en su aplicación, simplicidad, transparencia y claridad de las bases teorías, pero la base de los métodos es el mismo. Se recomienda a las autoridades competentes realizar estudios de desempeño sísmico a estructuras de mediana y de gran altura en la ciudad de Ambato, mediante el análisis no lineal, seleccionando el modelo estructural y caracterización de movimiento de suelo, ya que Ambato tiene alta vulnerabilidad y alto riesgo sísmico. Por otro lado, se menciona que se deben de realizar refuerzos a las edificaciones estudiadas, para poder evitar un desastre en el hipotético caso de que ocurra un sismo de gran magnitud.

Bedecarratz, E. (2018). En su tesis denominada “Modelación no lineal de un edificio de hormigón armado y aplicación de metodología de diseño por desempeño”, donde busca el título de ingeniero civil en la Universidad de Chile, Santiago de Chile. El tipo de investigación que se toma en cuenta es cuantitativo experimental. Su problema se centra en hoy en día lo más usado es el análisis lineal, sin embargo, este no considera el fenómeno descrito, más bien mantienen una matriz de rigidez constante pase lo que pase, lo que no garantiza un nivel de desempeño durante un terremoto que puede sacar rápidamente a la estructura del rango lineal. Es por ello, que el objetivo de esta investigación es modelar un edificio de hormigón armado que tuvo daños en un terremoto y aplicar la metodología del diseño por desempeño para evaluar si un modelo no-lineal hubiera permitido anticipar el daño real. Es así que, se obtuvo de resultado, la comparación entre el modelo original y el modelo con acero no pandeable; el modelo original y el modelo no acoplado; modelo original y el modelo con punta confinada. Se llegó a la conclusión de que; el modelo realizado predice correctamente el daño presente en el edificio para la demanda de desplazamiento que podría haber tenido. Por lo tanto, se recomienda considerar el análisis no lineal para el diseño de cualquier estructura, ya que nos da una visión general de como actuaría ante un sismo con los resultados más cercanos a la realidad. Esta investigación tiene referencia con la presente investigación porque busca demostrar la importancia del análisis no lineal en el diseño de una edificación.

Duarte, C. E, Martínez, M. E. & Santamaría J. J. (2017), es su tesis que se titula “Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador”, donde opta el título de ingeniero civil, de la Universidad de El Salvador. El tipo de investigación de esta tesis es cuantitativa experimental. La problemática radica en que, en El Salvador existe un elevado riesgo sísmico y a pesar de ello existen gran número de edificaciones que se encuentran con daños estructurales y graves y no se hace nada para poder subsanarlo o reforzarlo. Tiene como objetivo principal utilizar el análisis estático no lineal “Pushover” para evaluar el comportamiento y funcionalidad estructural del Cuerpo

Central del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador. Como resultado, se obtuvo la curva de capacidad resistente de la estructura; la cual relaciona el cortante basal con el desplazamiento lateral del techo de la estructura; además el desempeño y su correspondiente nivel de respuesta esperada para la estructura en estudio. Se concluye que, el proceso de diseño conceptual de la edificación son la clave para obtener un buen diseño estructural de los componentes estructurales de una edificación en particular, ya que la semejanza con la realidad de los modelos estructurales utilizados en la etapa de análisis y diseño son los responsables del comportamiento que va experimentar la estructura durante un evento sísmico. Se recomienda, a la facultad de medicina que realice mantenimiento constante a las juntas sísmicas, por ejemplo, quitándole cualquier material que obstaculice el movimiento de los cuerpos estructurales durante un evento sísmico. Esta investigación radica su relevancia en el hecho de que busca analizar una edificación bajo el análisis no lineal.

Nacional

Blas, J. M & Sosa E. P. (2019), en su investigación que tiene como nombre “Evaluación del desempeño sísmico bajo el método de análisis estático no lineal Pushover, caso Puente Riecito ubicado en el Distrito de Bellavista – Piura”, donde opta el título profesional de ingeniero civil de la Universidad Ricardo Palma, Lima. Cuenta con un tipo de investigación aplicada descriptiva y causi experimental. La problemática se basa en que desde años atrás los puentes alrededor de todo el mundo, sin excepciones han sufrido daños y en muchos casos el colapso, trayéndose consigo la muerte de ciudadanos, el punto está en que no se diseñan considerando los detalles y que se diseñan bajo una respuesta elástica, sin embargo, en un sismo el comportamiento es inelástico. Tras lo mencionado, el objetivo principal de la investigación es analizar el comportamiento sísmico del puente Riecito según su nivel de desempeño evaluado bajo el Análisis Estático No Lineal Pushover. Los resultados obtenidos de esta investigación son, el desempeño en un estado límite, lo que muestra que la estructura ante un sismo con tiempo de retorno de 1000 años se encuentra en estado límite de ocupación inmediata y ante un

sismo con tiempo de retorno de 475 años se encuentra en un estado límite de punto de fluencia sin deformación en la rótula. Por lo tanto, se concluye que existe una diferencia del 80% entre el análisis no lineal de un sismo moderado comparado con el análisis no lineal de un sismo severo. Además de que tras el análisis estático no lineal Pushover, ante un sismo severo el límite de desempeño estaría en un estado límite, mientras que para un sismo moderado se encontraría en un estado límite de punto de fluencia sin deformación en la rótula. Se recomienda, que al momento del diseño de los puentes se considere el análisis no lineal Pushover y el análisis histórico, ya que estos son los más cercanos a la realidad. En consecuencia, esta investigación es de suma importancia puesto que brinda un panorama del análisis no lineal aplicado a un puente.

Choque, F.J. & Luque E.D. (2019), en su investigación denominada “Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030”, donde optan el título de ingeniero civil de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. La cual cuenta con un tipo de investigación cuantitativa explicativa. El problema radica en que el análisis que propone la NTP E.030, es decir el análisis estático lineal y análisis dinámico lineal, no permite verificar la filosofía de diseño que establece y tampoco saber cómo será el comportamiento de las estructuras ante sismo de menor escala, sabiendo que la repetición constante de estos pequeños sismos causa daños estructurales en cualquier edificación. Es por ello que el objetivo de esta investigación es aplicar la metodología del diseño basado en el desempeño sísmico a dos alternativas de estructuración de un edificio de 8 niveles para evaluar y comparar los resultados obtenidos. Se obtuvo como resultado final, se pudieron observar gracias al software Etabs el mecanismo de formación de rótulas plásticas y se evaluó el comportamiento de cada elemento estructural. Se llegó así a la conclusión, el edificio de muros estructurales no cumple con el desempeño esperado para el sismo frecuente ya que incursiona en el rango no lineal, aunque levemente, en el rango Operacional, sin embargo, presenta un adecuado desempeño respecto al rango de seguridad de vida. Se recomienda, la aplicación del

análisis estático no lineal Pushover para conocer a detalle el desempeño sísmico de edificios de tipo dual. Esta investigación tiene relevancia, pues se centra en el análisis de una edificación de 8 pisos, haciendo uso del análisis no lineal.

Calcina, R. M. (2017). En su tesis de investigación denominada “Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal”, donde opta el grado académico de maestro en ingeniería civil con mención estructuras, en la Universidad Privada de Tacna, Perú. Esta investigación es de tipo cuantitativa descriptiva. Su problemática radica en que en el Perú no ha ocurrido un sismo de gran magnitud hace muchos años, lo que lleva a especialistas a estar alertas de un posible colapso de las placas tectónicas, adicionalmente a ello la capacidad de deformación o ductilidad de un edificio es un factor determinante para obtener un comportamiento sísmico adecuado. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es realizar una comparación con la finalidad de conocer en qué medida el análisis estático y dinámico no lineal en la estructura permite evaluar el desempeño sísmico de un edificio de once pisos. Se obtuvo como resultado, las zonas más débiles en una edificación, además de el análisis de las rotulas del edificio, las que ante un sismo pueden generar daños a la edificación. Se llegó a la conclusión, que el análisis no-lineal estático y dinámico, nos sirve para ver la magnitud del daño, mediante el monitoreo de la deformación de desempeño de los elementos y así poder calificarlos como daños que pueden ser aceptables o no. Además, se recomienda que se usen métodos más avanzados para el estudio de del comportamiento de cualquier edificación los cuales darán una visión más exacta del comportamiento frente a un sismo. Esta investigación tiene relevancia, pues busca demostrar que el uso de análisis no lineal es de mayor precisión para la evaluación de una edificación de varios niveles.

Local

Samillán R. J. (2019). En su tesis de investigación denominada “Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque”, donde opta el grado académico de maestro en ingeniería civil con mención estructuras, en la Universidad Cesar Vallejo, Perú. Esta investigación es de tipo no experimental. Es necesario mencionar que, su problemática radica en que la región Lambayeque se encuentra en una zona sísmica alta y hoy en día las edificaciones no se diseñan para resistir un sismo de gran magnitud. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es evaluar el desempeño de una estructura haciendo uso del análisis sísmico no lineal Estático de la edificación de 8 pisos en la ciudad de Chiclayo en Lambayeque. Se obtuvo como resultado del análisis sísmico, el análisis estático y el análisis no lineal de la estructuración que el desempeño del edificio es funcional tomando en cuenta la normativa vigente. Se llegó a la conclusión, que las primeras rótulas plásticas tienen como origen las vigas, el desplazamiento máximo horizontal resultado del análisis estático no lineal es mayor comparado con los otros análisis, lo que conlleva una mayor precisión de evolución para cualquier edificación. Por otro lado, en esta investigación se recomienda a las entidades públicas, tomar en cuenta esta investigación y así considerar implementar en la normativa el análisis no lineal para el diseño de una edificación. Esta investigación tiene relevancia, ya que incentiva el análisis no lineal para el diseño de las estructuras, en este caso en la ciudad de Chiclayo.

2.2 Marco teórico

Variable independiente:

A. Análisis estático

Según la NTP E.030, este análisis trabaja bajo un conjunto de fuerzas que actúan al centro de cada nivel de una edificación. Además, este análisis funciona para toda estructura regular que se encuentre ubicada en la zona 1, es decir no es eficiente para toda estructura del Perú, sin embargo; sirve para encontrar o hallar la fuerza cortante mínima.

Para poder calcular la fuerza cortante en la base, se considera lo establecido en la NTP E.030 “diseño sismorresistente”, donde muestra la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

Donde:

Z: zona donde se encuentra la edificación.

U: factor de uso.

C: factor de amplificación sísmica.

S: factor de amplificación del suelo.

R: Coeficiente de reducción.

P: peso de la edificación.

Es así que, para el factor de zona, se considera la ubicación de la estructura a analizar. Es necesario mencionar que el Perú se encuentra dividido en 4 zonas sísmicas, las cuales son especificadas en la NTP E.030.

Tabla 01. Factores de zona.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E.030. (2018)

Figura 01. Zonas sísmicas.



Fuente: NTP E.030 (2018).

Para el factor de amplificación de suelo, se encuentran los periodos “ T_p ” y “ T_L ”; para lo cual se debe de realizar un estudio de mecánica de suelo. Para poder determinar estos parámetros se considera la NTP E.030.

Tabla 02. Factor de suelo “S”.

SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: NTP E.030 (2018)

Tabla 03. Periodos T_p y T_L .

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T_P (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: NTP E.030 (2018)

Por otro lado, el factor de uso (U), se considera la clasificación por categoría de la edificación, que está plasmado en la NTP E.030.

Tabla 04. Factor de uso o importancia.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: NTP E.030(2018)

El coeficiente de reducción se determina bajo la fórmula establecida por la NTP E.030, la cual es la siguiente:

$$R = R_0 \cdot I_a \cdot I_p$$

Donde tanto la I_a como la I_p , representan las irregularidades de la edificación, ya sea en planta como en elevación. Mientras que R_0 representa el sistema estructural de la edificación.

B. Análisis dinámico

Según la NTP E.030, a diferencia del análisis estático que tiene restricciones respecto a que edificación puede ser analizada, el análisis dinámico considera cualquier estructura.

Según Barboza, los modos de vibración representan un patrón de vibración en respuesta a un sismo de cualquier intensidad al que es sometida una estructura. Además, se menciona que cada estructura tiene una forma distinta de representar el modo de vibración.

Por otro lado, en el análisis dinámico es esencial hallar la aceleración espectral, el cual está definido o establecido en la NTP E.030:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Donde, “g” representa la gravedad. Además, esta fórmula solo se considera para el análisis de las direcciones horizontales, mientras que para las verticales se tomará las 2/3 de las direcciones horizontales.

El espectro de diseño, según NTP E.030, es la representación de la aceleración espectral y el periodo de vibración de la estructura en análisis.

La fuerza cortante mínima, según la NTP E.030 se tomará en cuenta los resultados de la cortante basal del análisis estático, donde en caso de tratarse de una estructura regular el valor no debe superar el 80% de la cortante basal estática, sin embargo, para estructuras irregulares este porcentaje será del 90%

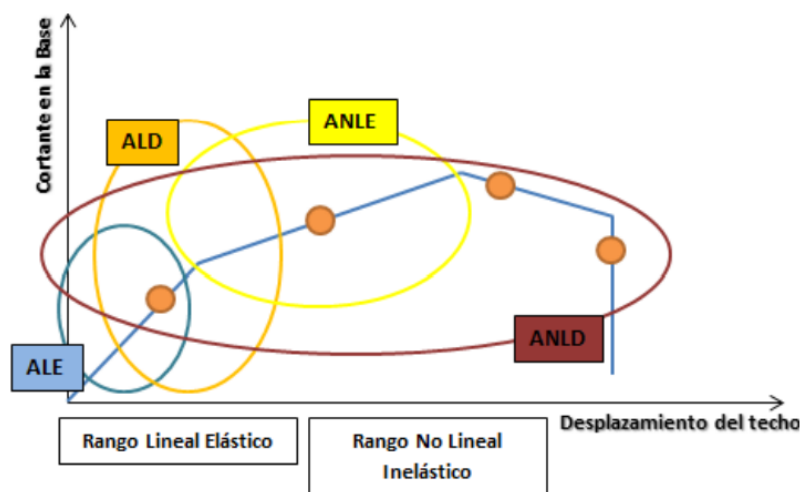
Para el análisis de las derivas, la normativa hace mención que los valores no deben superar el 0.007.

C. Análisis estático no lineal

Consiste en el análisis realizado a una estructura que se encuentre en un estado inelástico, lo cual se lleva a cabo hasta el colapso de la misma. Además, este análisis se centra en ir aumentando las cargas laterales de forma constante, lo que significa que se generaran desplazamientos laterales en cada nivel de la edificación, dando como resultado la identificación de los puntos de fallas de los elementos estructurales. (Huamán, 2016)

Cabe mencionar que, según Arthur Nilson, dentro del análisis no lineal se encuentra el análisis no lineal estático y dinámico, donde en el dinámico se hace uso de acelerogramas reales. Lo cual significa que se obtiene un resultado más preciso respecto a las fuerzas internas y desplazamientos de la estructura.

Figura 02. Tipo de análisis sísmicos

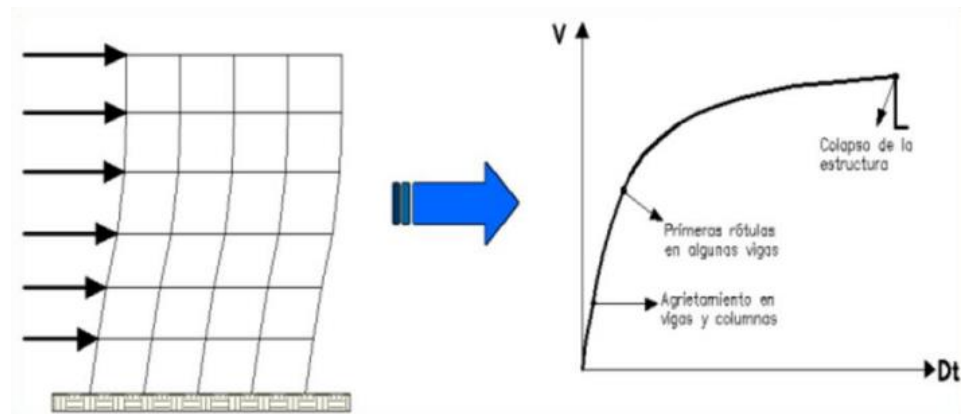


Fuente: Elaboración propia.

D. Curva de capacidad

Gráfico que consiste en la relación entre la carga lateral aplicada a una estructura (cortante basal) y el desplazamiento lateral que genera en el último piso de la misma.

Figura 03. Curva de capacidad



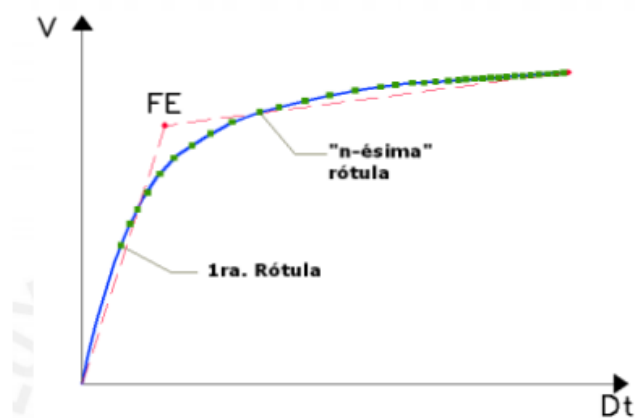
Fuente: Esteba, 2017.

Este gráfico tiene como finalidad, encontrar la capacidad máxima de la estructura, así como también la ductilidad o capacidad de fluencia de la misma. Es necesario mencionar, que este gráfico muestra cómo se comportará la edificación al llegar a un estado inelástico, es decir hasta el colapso. (Pique, 2002)

E. Fluencia efectiva

Según Fernández, consiste en un punto en la curva de capacidad, donde la estructura tuvo un cambio notorio en su comportamiento, la cual queda evidenciada también en la pendiente de la curva. En otras palabras, es el punto de separación entre el rango elástico e inelástico. Llamada también deflexión de fluencia.

Figura 04. Representación de la fluencia efectiva.



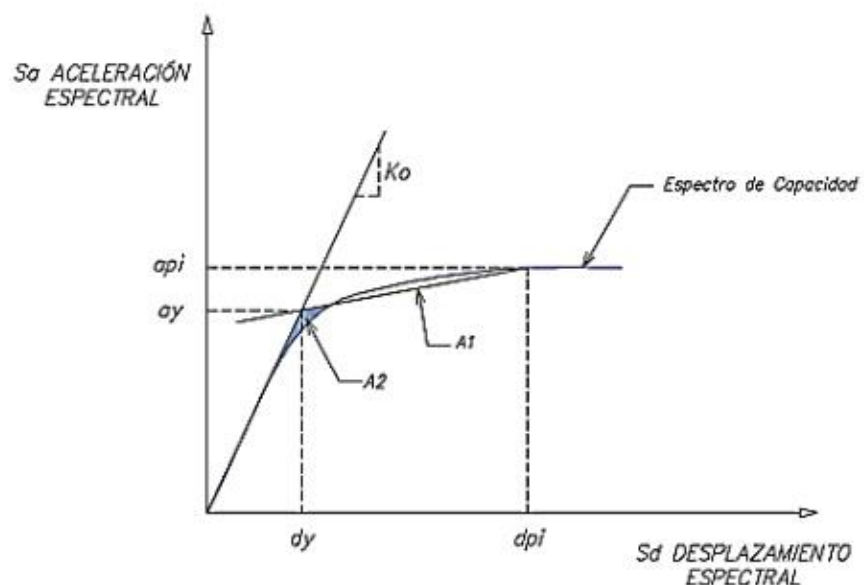
Fuente: Fernández, 2015.

F. Representación bilineal del espectro de capacidad.

Con la finalidad de agilizar el estudio o análisis de las propiedades, se realiza una curva de capacidad de forma bilineal. Para lo cual, resulta indispensable hallar la fluencia efectiva y el punto de rendimiento de prueba, el cual es establecido por el diseñador de la estructura.

Según la Norma ATC-40, esta representación es de suma importancia ya que estima el amortiguamiento efectivo y una reducción apropiada de la demanda espectral.

Figura 05. Gráfico bilineal del espectro de capacidad.



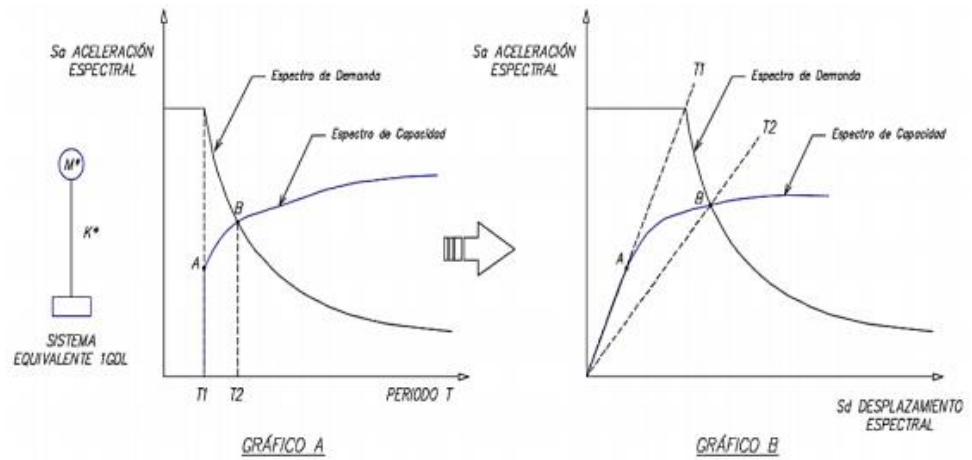
Fuente: ATC-40

Variable dependiente:

A. Demanda sísmica

Según la Norma ATC-440, la demanda sísmica es representada por un espectro de respuesta, esta viene a ser la respuesta máxima de sistemas de 1GL, dependiente de las frecuencias generadas.

Figura 06. Conversión del Espectro de Respuesta a formato ADRS.



Fuente: ATC-40, 1996.

Por otro lado, para la Norma E.030, la demanda sísmica se representa con la siguiente fórmula

- **Sismo de servicio:**

$$S_{a(diseño)} = \frac{ZUCS}{R} g$$

Mientras que para la Norma ATC-40, la demanda sísmica se representa con las siguientes fórmulas:

- **Sismo de diseño**

$$S_{a(servicio)} = 0.5 \cdot \frac{ZUCS}{R} g$$

- **Sismo máximo**

$$S_{a(servicio)} = 1.5 \cdot \frac{ZUCS}{R} g$$

B. Desempeño sísmico

Como es sabido, la Norma E.030 es muy básica respecto al comportamiento de una estructura frente a un sismo. Es por ello, que se estable el nivel de desempeño el cual tiene la finalidad de describir un estado límite de daño. Se centra en demostrar la expresión máxima del daño, es aquí donde se considera tanto a los elementos estructurales como no estructurales respecto a la edificación.

Figura 07. Representación gráfica del comportamiento de una edificación frente a un sismo.



Fuente: SEAOC, 1995

- Niveles de Desempeño según la propuesta del ATC-40:
Tienen como finalidad describir los daños que generaría un sismo a cualquier estructura. La Norma ATC-40, divide los niveles en elementos estructurales y elementos no estructurales.

**Tabla 05. Nivel de desempeño de elementos estructurales
según ATC-40.**

Codificación	Nombre	Estado
SP-1	Inmediata ocupación	Resistente a cargas verticales y laterales permanece prácticamente inalterado, daño estructural muy limitado
SP-2	Daño Controlado	Estado de daño que varía entre las condiciones límite de inmediata ocupación y seguridad.
SP-3	Seguridad	Puede haber ocurrido daño significativo en la estructura, sin embargo, la mayoría de los elementos estructurales se mantienen. Amenaza a la vida de los ocupantes
SP-4	Seguridad limitada	Estado que varía entre las condiciones límite de seguridad estructural, con alto peligro para los ocupantes.
SP-5	Estabilidad estructural	Estado de daño en el cual el sistema estructural está en el límite de experimentar un colapso parcial o total. Existe un elevado peligro para ocupantes
SP-6	No considerado	No corresponde con un nivel de desempeño de la estructura, sino con una condición en la cual solo se incluye una evaluación sísmica de los componentes no estructurales.

Fuente: ATC-40.

Tabla 06. Nivel de desempeño de elementos NO estructurales según ATC-40.

Codificación	Nombre	Estado
NP-A	Operacional	Después del sismo, los sistemas, componentes y elementos no estructurales permanecen sin daño y funcionando
NP-B	Inmediata ocupación	Los sistemas, componentes y elementos no estructurales permaneces en su sitio, con pequeñas interrupciones que no comprometen o limitan su funcionamiento.
NP-C	Seguridad	Contempla considerable daño en sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso
NP-D	Amenaza	Incluye importante daño en los sistemas, componentes y elementos no estructurales, pero sin colapso
NP-E	No considerado	No corresponde con un nivel de desempeño de los componentes no estructurales.

Fuente: ATC-40

C. Rótulas plásticas

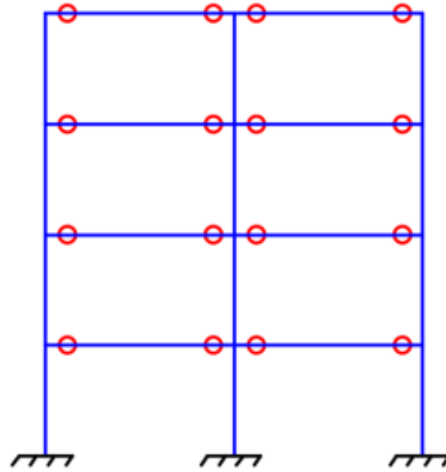
Según Barboza, es usada para demostrar la deformación de una sección donde se produzca flexión, mayormente es en la viga. Por otro lado, es el estado plástico al que llega todo elemento estructural al generarse una articulación.

- Falla frágil:

Esta se lleva a cabo cuando la falla se genera primero en las columnas, es otras palabras las rotulas plásticas aparecen em las

columnas, lo cual es perjudicial para la edificación, pues puede llevarla al colapso.

Figura 08. Falla frágil

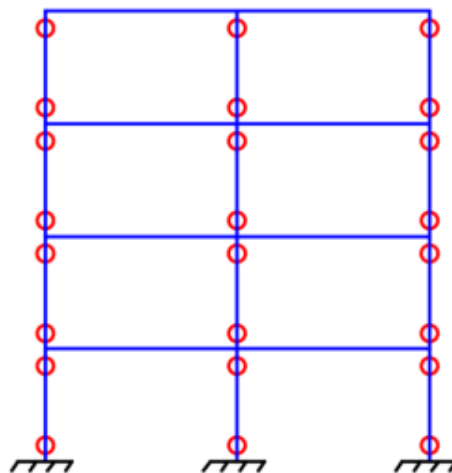


Fuente: Elaboración propia.

- Falla dúctil

Esta se lleva a cabo cuando la falla se genera primero en las columnas, es otras palabras las rotulas plásticas aparecen em las columnas, lo cual es perjudicial para la edificación, pues puede llevarla al colapso.

Figura 09. Falla dúctil



Fuente: Elaboración propia.

2.3 Definición de términos

A. Desplazamiento

Hace referencia cuando un punto determinado sufre un cambio de posición. Suele usarse al hablar sobre el movimiento en las estructuras que han sufrido ante algún sismo de cualquier magnitud. (Fernández, 2015)

B. Derivas

Conocida también como distorsión de entre piso, el cual resulta de dividir las diferencias de desplazamientos laterales de dos pisos consecutivos y la altura entre ellos, según la normativa este valor no debe superar los 0.007. (NTP E.030, 2018)

C. Ductilidad

Considerada una propiedad de los elementos estructurales, en síntesis, la capacidad de una estructura a deformarse más allá del límite elástico y a volver a su estado natural sin sufrir cambios en su resistencia. El elemento considerado más dúctil es la viga. (NTP E.060, 2009)

D. Etabs

Es un software completo en el que se puede modelar cualquier edificación, con la finalidad de poder analizar la estructura. Tiene funcionalidad y capacidad para analizar de manera lineal y no lineal. (Fernández, 2015)

E. Placas

Es un elemento estructural vertical, consiste en un muro de concreto de armado. El cual puede resistir fuerzas cortantes y axiales. Además, en la mayoría de los casos trabaja a flexión. También es considerado como un elemento bidimensional. (NTP E.030, 2018)

F. Pórtico

Considerado por la NTP E.030 como un sistema estructural, el cual está formado por columnas y vigas. Las vigas transmiten las cargas verticales a las columnas, las cuales son las que se encargan de disipar la energía.

Este sistema estructural trabaja a flexión. Hoy en día es el sistema más común en las construcciones. (NTP E.060, 2009)

G. Predimensionamiento

El predimensionamiento hace referencia al procedimiento antes del modelado de cualquier edificación, consiste en dar las dimensiones a los elementos estructurales, ya sea columnas, vigas, muros, etc. (Barboza, 2018)

H. Riesgo sísmico

Nivel de pérdida o daño tras la ocurrencia de un sismo, ya sea de baja o alta magnitud. Este se calcula teniendo la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico. (NTP E.030, 2018)

I. Rótula plástica

Conocida también como articulación plástica. Usada para demostrar la deformación de una sección donde se produzca flexión, mayormente es en la viga. Por otro lado, es el estado plástico al que llega todo elemento estructural al generarse una articulación. (Barboza, 2018)

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Variables

Variable independiente:

Análisis Estático no lineal

Variable dependiente:

Desempeño sísmico

3.2 Operación de variables

Tabla 07. Operación de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Análisis estático no lineal	El análisis inelástico ayuda a entender como las estructuras se comportarán cuando estén sujetos a una solicitud que exceda su capacidad elástica. Esto resuelve algunas de las incertidumbres asociados con los códigos de diseño y los procedimientos elásticos. (ATC – 40, 1996)	Emplear el procedimiento estático no lineal para evaluar la capacidad estructural en edificaciones existentes, diseñadas con su método convencional nos permite determinar el desempeño estructural y su criterio de aceptación incursionando en rangos inelásticos	Nivel de sismicidad	Peligro sísmico	Nominal
				Sismo de Servicio	
				Sismo de Diseño	
				Sismo Máximo Esperado	
			Comportamiento estructural	Degradación de elementos estructurales	
			Capacidad de la estructura	Nodo Control	
				Patrón Lateral de Cargas	
				Curva idealizada Fuerza Desplazamiento	
Desempeño sísmico	Metodología estructural, que parte del análisis de estructuras frente a demandas sísmicas propuestas por normas, indicando los objetivos de desempeño sísmico.	En el Diseño por Desempeño sísmico la evaluación sismorresistente de edificaciones existente considerando su peligro sísmico nos llevara a determinar el comportamiento y ductilidad de los elementos estructurales para así mejor su rendimiento estructural.	Demanda sísmica	Método del espectro de capacidad	Nominal
				Método de los coeficientes de desplazamientos	
			Desempeño Sísmico	Valores límites correspondientes al nivel de desempeño	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Metodología

La metodología de la presente investigación es científica, la cual tiene como base la observación del problema, en este caso la observación de la edificación será esencial para el desarrollo de la investigación.

3.4 Tipo de estudios

Esta investigación es de tipo aplicada, puesto que en el procedimiento de la investigación se encaminará a la aplicación del análisis no dinámico. Se evaluará bajo la Normativa E.030, ATC-40, FEMA 440.

3.5 Diseño

El diseño para este proyecto de investigación es no experimental descriptiva, puesto que no manipulan las variables, solo a través de la observación de los problemas que se podrían darse en su entorno de forma natural. Es de carácter transversal ya que se recopila información en un momento determinado y tiempo establecido.

3.6 Población, muestra y muestreo

La población, vienen a ser todas las viviendas del distrito de Lince, según el censo del 2017, Lince cuenta con 6879 viviendas y 54711 habitantes.

Para este proyecto de investigación la muestra será una edificación de 8 pisos ubicada en el distrito de Lince.

3.7 Técnicas de instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Basada en información bibliográfica e internet, para la elaboración del marco teórico y demás componentes de la investigación. La observación directa, ya que se realizó una visita de campo, donde se observaron a detalle todos los elementos estructurales de la edificación analizar.

Recopilación de datos

Se utilizó el siguiente instrumento para la recolección de datos:

- Ficha de recolección de datos
- Fotografías.

3.8 Método de análisis de datos

Para la siguiente investigación se realizó lo siguiente respecto al análisis de datos:

Tras la recolección de datos a través de la ficha de reporte y la observación directa (fotos). Después de esto se procedió a modelar la edificación en el programa Etabs 2018, colocando todas las fuerzas respectivas, considerando los parámetros de sitio, entre otros aspectos, para poder obtener los datos del análisis. Utilizando la normativa respectiva.

3.9 Aspectos éticos

Es necesario mencionar que la presente investigación cumple con el grado de originalidad, pues la teoría se elaboró considerando las normas vigentes por la Universidad de Chilayo, se consideró en su marco teórico libros, tesis, noticias y normas los que se han citado respetando los derechos de autor.

Ley N° 30220 – Ley Universitaria, Decreto Legislativo N° 822 y su modificación **Ley N° 30276** – Ley sobre el Derecho de Autor.

IV. RESULTADOS:

4.1 Descripción de la zona de estudio

4.1.1 Ubicación

El distrito de Lince está situado en la provincia de Lima, departamento de Lima. Cuenta con una extensión geográfica de 3.03 kilómetros cuadrados. Sus límites son:

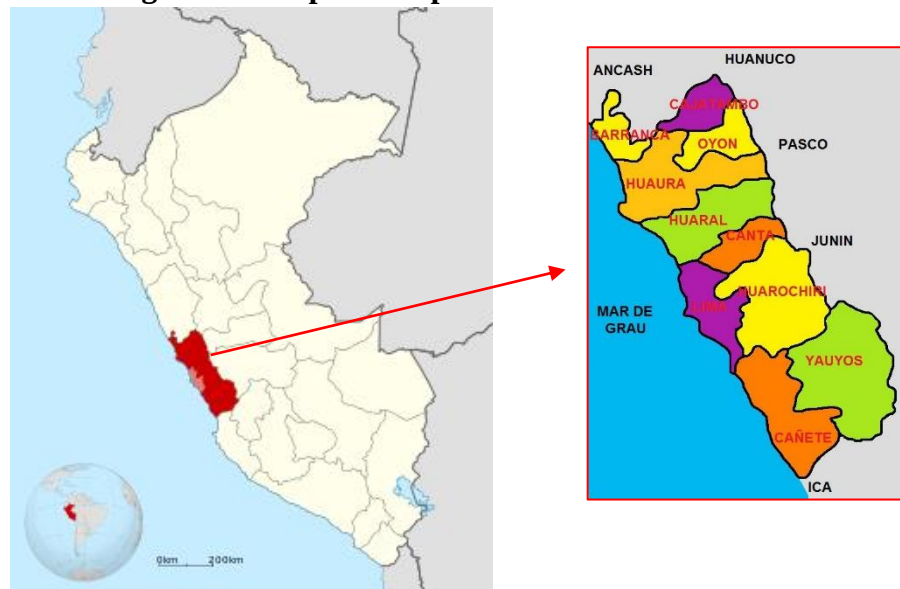
Norte: Distrito de Jesús María.

Este: Distrito de la Victoria.

Sur: Distrito de San Isidro.

Oeste: Distrito de San Isidro.

Figura 10. Mapa del departamento de Lima.



Fuente: Departamentos del Perú, 2019.

Figura 11. Lince.



Fuente: Municipalidad de Lima.

Figura 12. Mapa del distrito de Lince.



Fuente: Municipalidad de Lima.

4.1.2 Características geográficas

A. Clima:

El clima estándar en la provincia de Lima, tanto los veranos como los inviernos tiene una duración corta y durante todo el año esta ciudad se caracteriza por tener un clima semicálido y árido. La temperatura oscila entre 17°C a 22°C. Cabe mencionar que la mejor época del año para visitar esta ciudad es desde enero hasta mayo.

B. Acceso:

Desde Chiclayo hasta la ciudad de Lima, hay 771.8 km por la auxiliar de la Panamericana Norte (Carretera 1N), 11h y 59 minutos aproximadamente en auto.

De la ciudad de Lima al distrito de Lince, la distancia es de 7.9 km, aproximadamente 14 minutos en auto.

4.2 Diagnóstico del modelo estructural de la edificación según la norma e-030

Para realizar el diagnóstico de la estructura en general de la edificación de 8 niveles, fue necesario analizar la información adquirida de los planos arquitectónicos como estructurales con la finalidad de poder determinar los elementos estructurales (columnas, vigas, losas, escaleras, muros) para realizar su posterior modelamiento en el software Etabs 18.0.2.

En los planos arquitectónicos adquiridos, se logró observar en la edificación que, el primer nivel tiene uso comercial. Y los pisos superiores destinados a viviendas. Así mismo, podemos observar la distribución de los ambientes.

En los planos de estructuras, se analizó los elementos estructurales que fueron diseñados, para determinar su posición en el área del proyecto. Además, se determinó el tipo de sistema estructural en ambas direcciones, las medidas de los elementos estructurales y poder digitar aquellas características en el software etabs. En el anexo 1 se presentan los planos de arquitectura de la edificación. A continuación, se presenta de manera resumida la información de la edificación:

- **Tipo de vivienda:** Multifamiliar
- **Área construida:** 73.40 m²
- **Sistema estructural:** Muros estructurales
- **N° Pisos:** 8
- **Uso:**

Primer piso: Comercial

Pisos superiores: Vivienda

Después de analizar los planos de Arquitectura e identificar los elementos estructurales, se procedió a modelar la edificación en el software etabs. En el anexo 2, se presenta el procedimiento realizado para el modelamiento de la

estructura y las verificaciones requeridas en las normas vigentes. A continuación, se presenta la información que se utilizó para el modelamiento y el diseño de la edificación:

4.2.1 Especificaciones – materiales empleados

A. CONCRETO - COLUMNAS, MUROS DE CORTE, VIGAS Y LOSAS

- Resistencia a la Compresión (f'_c) : 210 Kg/cm²
- Módulo de Elasticidad (E) : 217370.66 Kg/cm²
- Módulo de Poisson (μ) : 0.20
- Peso Específico (γ_c) : 2400 Kg/m³

B. ACERO CORRUGADO - ASTM A615 Gr60

- Límite de fluencia (f_y) : 4,200 Kg/cm²
- Módulo de Elasticidad, E : 2 100,000 Kg/cm²

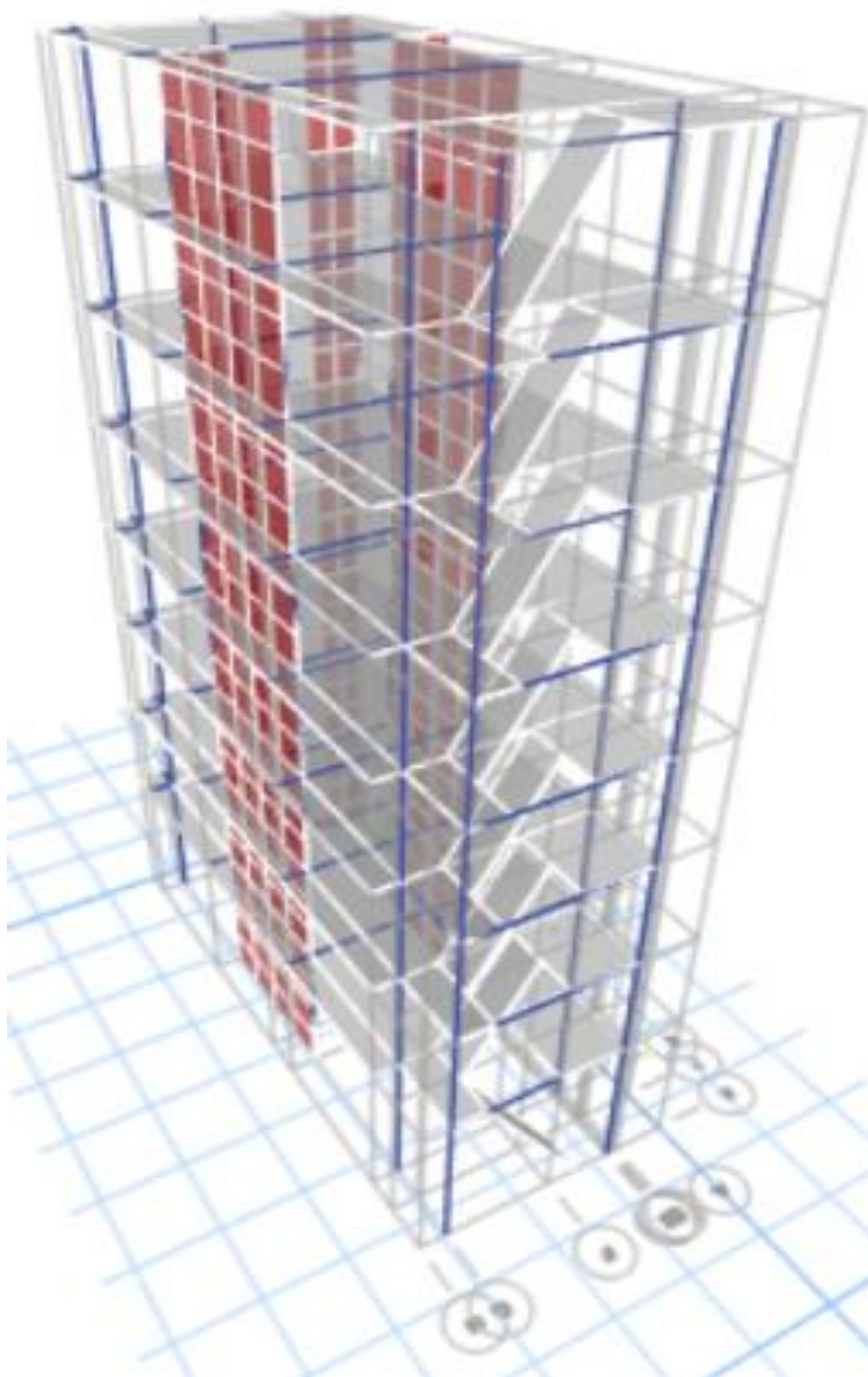
C. LADRILLOS HUECO - Losas Aligeradas

- Peso Específico (γ) : 7.8 Kg/und.

D. NORMAS EMPLEADAS: Reglamento Nacional Edificaciones

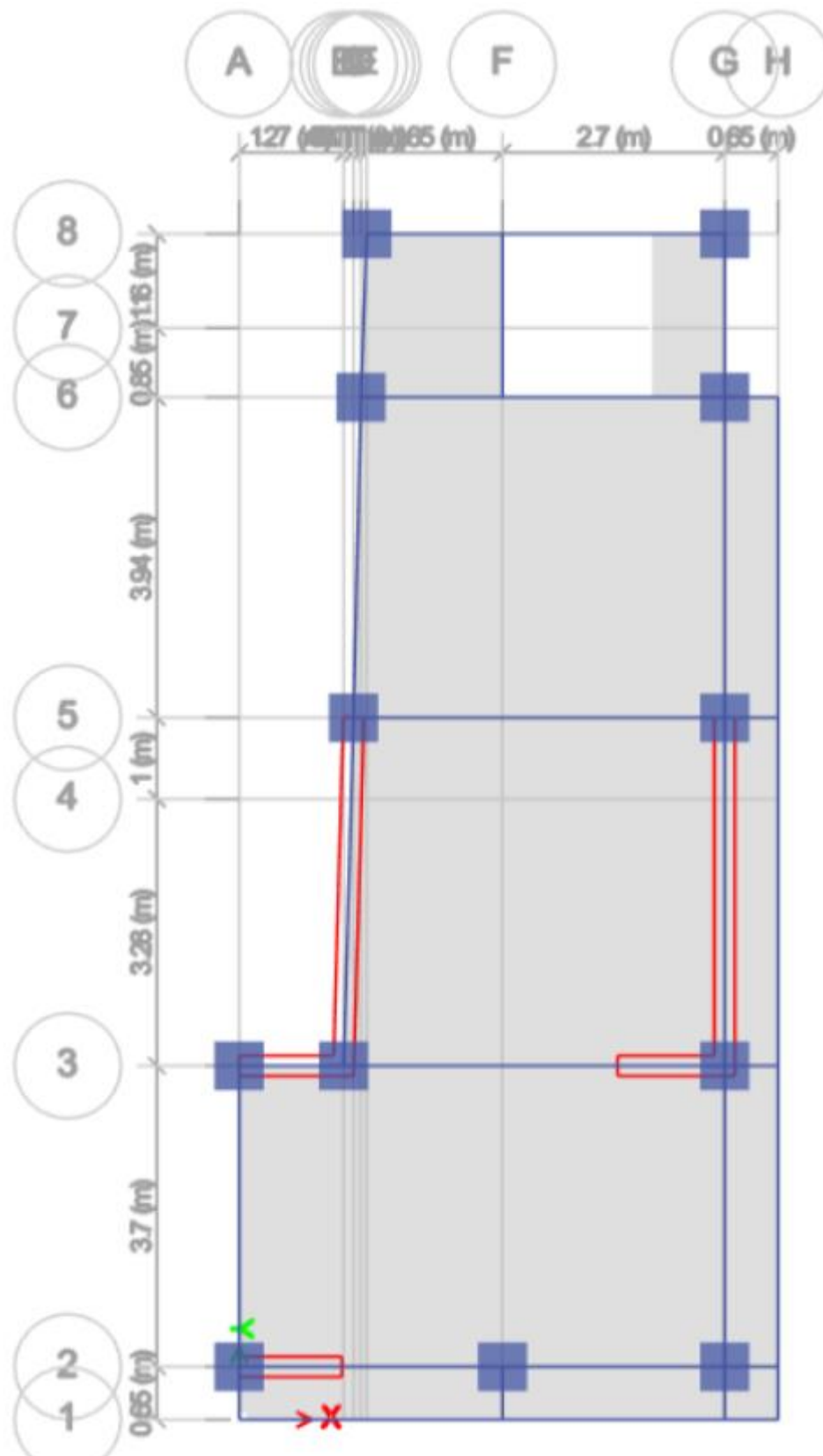
- NTE E.020 - CARGAS.
- NTE E.030 - DISEÑO SISMORRESISTENTE
- NTE E.050 - SUELOS Y CIMENTACIONES
- NTE E.060 - CONCRETO ARMADO
- NTE E.070 – ALBAÑILERÍA
- A.C.I. 318 – 2014

Figura 13. Modelamiento de la edificación en Vista 3D en el software etabs



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Modelamiento de la edificación en Planta del 1° nivel en el software Etabs.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Análisis de la edificación según el RNE E 030 2018

La edificación en estudio se encuentra en el distrito de Lince, en la ciudad de Lima, el cual tiene las siguientes características sísmicas:

Tabla 08. Características sísmicas de la edificación

$Z =$	0.45
$U =$	1.00
$S =$	1.05
$T_P =$	0.60
$T_L =$	2.00
$R =$	6.00

Fuente: Elaboración propia

Realizado el análisis se identificó la masa de la edificación que se presenta a continuación:

Tabla 09. Peso de la edificación por piso

PISO	Peso (ton)
Piso 8	78.99
Piso 7	124.34
Piso 6	124.34
Piso 5	124.34
Piso 4	124.34
Piso 3	124.34
Piso 2	124.34
Piso 1	135.30

Fuente: Elaboración propia

Con el peso obtenido, después de realizado el análisis, se puede establecer la distribución de las fuerzas sísmicas en altura, como se muestra a continuación:

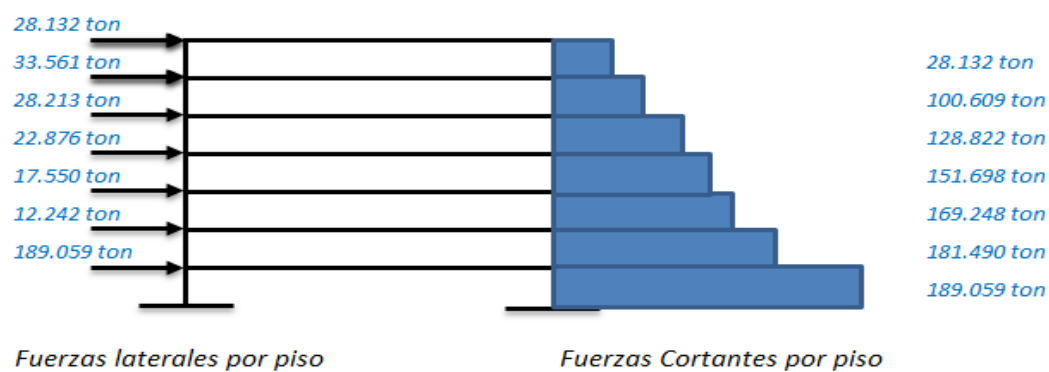
Tabla 10. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Piso	Peso (ton)	h (m)	$P_i \frac{[(h_i)]}{\sum k}$	a_i	F_i
Piso 8	78.99	25.00	2039.38	0.149	28.132
Piso 7	124.34	22.00	2821.25	0.206	38.917
Piso 6	124.34	19.00	2432.96	0.178	33.561
Piso 5	124.34	16.00	2045.29	0.149	28.213
Piso 4	124.34	13.00	1658.35	0.121	22.876
Piso 3	124.34	10.00	1272.32	0.093	17.550
Piso 2	124.34	7.00	887.45	0.065	12.242
Piso 1	135.30	4.00	548.74	0.040	7.569
$\sum = \text{Peso edif.}$	960.30	$\sum = P_i \frac{[(h_i)]}{\sum k}$	13705.75	1.000	189.059

Valor Ok!

Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Distribución de Fuerzas en la base



A continuación, se presenta las distorsiones de pisos de cada nivel para verificar el cumplimiento de la norma E 030

Tabla 11. Distorsiones de entrepiso en el eje XX

DIRECCIÓN X-X			
N° PISO	DIST.	DIST. MAX	VERIFICACIÓN
Story8	0.003532	0.007	CUMPLE
Story7	0.004173	0.007	CUMPLE
Story6	0.004864	0.007	CUMPLE
Story5	0.005434	0.007	CUMPLE
Story4	0.005755	0.007	CUMPLE
Story3	0.005695	0.007	CUMPLE
Story2	0.005068	0.007	CUMPLE
Story1	0.002882	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Distorsiones de entrepiso en el eje Y-Y

DIRECCIÓN Y-Y			
N° PISO	DIST.	DIST. MAX	VERIFICACIÓN
Story8	0.001088	0.007	CUMPLE
Story7	0.001231	0.007	CUMPLE
Story6	0.001375	0.007	CUMPLE

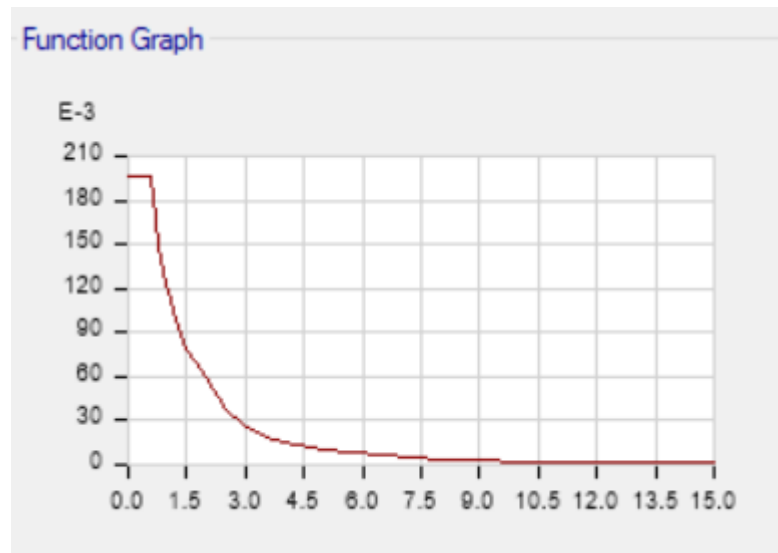
Story5	0.001486	0.007	CUMPLE
Story4	0.001528	0.007	CUMPLE
Story3	0.00146	0.007	CUMPLE
Story2	0.001247	0.007	CUMPLE
Story1	0.000718	0.007	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

En las tablas anteriores, se puede demostrar que la edificación, ha sido modelado teniendo en cuenta las normas vigentes y los requerimientos normativos mínimos para que cumple con los requerimientos mínimos establecidos.

4.3 Verificación del nivel de sismicidad de la edificación

Figura 16. Espectro de diseño de la edificación



Fuente: Elaboración propia

Para realizar la verificación del nivel de sismicidad sísmica de la edificación estudiada, se procedió a realizar de antemano el análisis

sísmico estático y el análisis sísmico dinámico de la estructura. De esta manera, se determinó el espectro elástico y el factor de amplificación el cual se presenta en el anexo 3, lo cual dio los siguientes resultados:

- **Para el sismo de diseño:** La probabilidad de incidencia de un movimiento sísmico es del 10 %, con un periodo de retorno de 475 años y una vida útil de 50 años de la edificación. Ante ello, la aceleración del sismo de diseño calculado es de 4.41 m/s²
- **Para el sismo de servicio:** La probabilidad de incidencia de un movimiento sísmico es del 50 %, con un periodo de retorno de 475 años y una vida útil de 50 años de la edificación. Ante ello, la aceleración del sismo de servicio calculado es de 2.8 m/s² dando un factor de servicio de 47%
- **Para el sismo máximo esperado:** La probabilidad de incidencia de un movimiento sísmico es del 4 %, con un periodo de retorno de 1225 años y una vida útil de 50 años de la edificación. Ante ello, la aceleración del sismo de servicio calculado es de 5.89 m/s² dando un factor de servicio máximo de 33%

4.4 Verificación del desempeño sísmico de la edificación de 8 niveles

Realizado el modelamiento estructural de la edificación de 8 niveles, que se presenta en el anexo 4, se obtuvieron los datos que se presentan en las siguientes tablas para hallar el desempeño sísmico de la edificación:

Tabla 13. Derivas usando el método de los coeficientes, ASCE 41-13

SISMO DE SERVICIO	
DERIVA, MÉTODO DE LOS COEFICIENTES, ASCE 41-13	
Altura total del edificio, H(cm)	2520
Desplazamientos del punto de desempeño (cm)	17.524
Desplazamiento elástico, Dy (cm)	4.856
Desplazamiento inelástico (cm)	5.125
Demanda de la ductilidad,	3.3256
Máxima deriva total, MTD	0.0072
Máxima deriva inelástica, MID	0.0022

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Control de aceptación según FEMA 440 para MTD (D. inelástica)

CONTROL DE ACEPTACIÓN SEGÚN FEMA 440 PARA MTD		
(Deriva total)		
Cortante de la base, Vi(TN)	189.059	CONTROL
Peso sísmico del edificio, Pi (TN)	998.681	
Ocupación Inmediata, (IO)	0.01	CUMPLE
Daño controlado. Límite inferior (DCLI)	0.01	
Daño controlado. Límite superior (DCLS)	0.02	
seguridad de Vida, (IS)	0.02	
Estabilidad estructural, (SS)	0.05	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Control de aceptación según FEMA 440 para MTD (D. inelástica)

CONTROL DE ACEPTACIÓN SEGÚN FEMA 440 PARA MTD		
(Deriva inelástica)		
Cortante de la base, $V_i(TN)$	189.059	CONTROL
Peso sísmico del edificio, $P_i(TN)$	998.681	
Ocupación Inmediata, (IO)	0.005	CUMPLE
Daño controlado. Límite inferior (DCLI)	0.005	
Daño controlado. Límite superior (DCLS)	0.005	
Seguridad de Vida, (IS)	1	
Estabilidad estructural, (SS)	1	

Fuente: Elaboración propia

De las siguientes tablas se puede observar que, el modelamiento de la edificación se realizó teniendo en cuenta los requerimientos que se proponen por el FEMA 356 y el ATC 40. Esto dio como resultado que la edificación de 8 niveles podría tener un desempeño sísmico solo para el nivel de sismo de servicio. Sin embargo, para un nivel de sismo de diseño la estructura sufre colapso. Este último escenario, se produjera en un nivel de sismo máximo.

4.5 Verificación el diseño sismorresistente de los puntos de fallas en el análisis estructural no lineal

Durante el análisis realizado, se identificaron que las rotulas plásticas están a nivel operacional, el cual se tiene que verificar su diseño. Por ello, que se verifico el diseño de las columnas (Anexo 5) que se presenta a continuación:

Figura 17. C 60X60 EJE 1A

Columna	Nivel	Mu X-X (Ton-m)	Mu Y-Y (Ton-m)	Pu	Tipo
				Axial	
C60x60 EJE 1A	1	1.366	1.116	81.513	1.5

Resistencia a la compresion Pura

$$P_{uo} = 560.30 \text{ Ton}$$

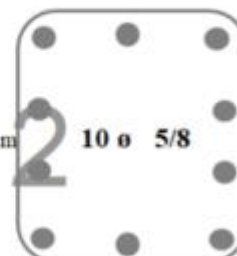
Aplicando la fórmula de Bresler

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{P_{ux}} + \frac{1}{P_{uy}} - \frac{1}{P_{uo}}$$

$$P_u = 164.04 \text{ Resistente}$$

$$P_u = 81.51 \text{ Actuante}$$

$$P_u > P_u \text{ Ok}$$



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. G8 C 60X60 EJE 1A

Columna	Nivel	Mu X-X (Ton-m)	Mu Y-Y (Ton-m)	Pu	Tipo
				Axial	
C60x60 EJE G8	1	0.134	2.388	82.668	2

Resistencia a la compresion Pura

$$P_{uo} = 570.60 \text{ Ton}$$

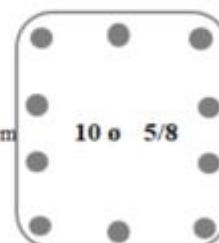
Aplicando la fórmula de Bresler

$$\frac{1}{P_u} = \frac{1}{P_{ux}} + \frac{1}{P_{uy}} - \frac{1}{P_{uo}}$$

$$P_u = 163.18 \text{ Resistente}$$

$$P_u = 82.67 \text{ Actuante}$$

$$P_u > P_u \text{ Ok}$$



Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

Para la presente investigación “Evaluación del desempeño sísmico aplicando un análisis estático no lineal de una edificación de ocho niveles del Distrito de Lince – Lima, 2020”, utilizando el método Pushover, se logró identificar, mediante el uso del software Etabs, el desempeño sísmico que presentaba la estructura, verificándose primero las verificaciones de los requerimientos mínimos de la normativa peruana para un edificio para uso vivienda. Posteriormente para realizar el análisis Elástico No lineal.

En el análisis Estático - Dinámico, se gestionó la estructura en su totalidad, analizando los planos de las especialidades de Arquitectura y Estructura y su respectivo modelamiento en el software Etabs. El cual se comprobó que su cumplía con las normas peruanas vigente. De esto se dedujo que las derivas en cada piso cumplen con el mínimo establecido con la Norma E-030.

En el análisis Estático No lineal, se diagnosticó las condiciones de la estructura para diferentes tipos de sismo de servicio. Para ello, se realizó las configuraciones de los materiales, elementos, tipos de cargas, etc. Para su respectivo análisis. Para ello, se tomó en cuenta los métodos de ASCE 41-13 y el FEMA 440 para que se refleje los daños que pueden ocurrir durante un eventual movimiento sísmico.

De los resultados obtenidos del desempeño sísmico de la edificación de 8 niveles, se puedo observar que el edificio puede mantener ocupacional en caso ocurra un sismo de servicio. En el caso de un sismo de diseño máximo, la edificación colapsaría.

De esta manera se puede deducir que, la evaluación del desempeño sísmico aplicando un análisis no lineal, se puede verificar el comportamiento estructural de la edificación de ocho niveles del distrito de Lince, ciudad de Lima.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que, al realizar el análisis no lineal en la edificación de 8 niveles, utilizando la metodología Pushover, se pudo analizar el diseño sismoresistente de los elementos estructurales que conforme la parte estructural del edificio y poder asegurar el desempeño que se espera en la edificación de 8 niveles

De los resultados obtenidos en la verificación del diseño estructural de la edificación de 8 niveles se demuestra que cumple se utilizaron las normas vigentes en nuestro país para cumplir con los requerimientos mínimos, obteniéndose que las derivas no exceden a lo establecido. Además, que cumple con las consideraciones de sitio para su respectivo análisis. Realizado el diagnostico, se concluye en la siguiente verificación según RNE-E-030-2018:

DIRECCIÓN X-X			
Nº PISO	DIST.	DIST. MAX	VERIFICACIÓN
Story8	0.003532	0.007	CUMPLE
Story7	0.004173	0.007	CUMPLE
Story6	0.004864	0.007	CUMPLE
Story5	0.005434	0.007	CUMPLE
Story4	0.005755	0.007	CUMPLE
Story3	0.005695	0.007	CUMPLE
Story2	0.005068	0.007	CUMPLE
Story1	0.002882	0.007	CUMPLE

DIRECCIÓN Y-Y			
Nº PISO	DIST.	DIST. MAX	VERIFICACIÓN
Story8	0.001088	0.007	CUMPLE
Story7	0.001231	0.007	CUMPLE
Story6	0.001375	0.007	CUMPLE
Story5	0.001486	0.007	CUMPLE
Story4	0.001528	0.007	CUMPLE
Story3	0.00146	0.007	CUMPLE
Story2	0.001247	0.007	CUMPLE
Story1	0.000718	0.007	CUMPLE

Del análisis realizado, se puede concluir que el nivel de desempeño de la edificación en estudio es el esperado ya que, la edificación es operacional solo para el caso de sismo de servicio. Es por ello, que se evaluó y diseño los elementos estructurales para elevar el nivel de desempeño sísmico a totalmente operacional y pueda quedar ocupacional en un sismo de diseño y de servicio.

VII. RECOMENDACIONES

- Por motivo que, el Perú se encuentra en una zona de sismicidad alta, se recomienda tener en consideración el análisis no lineal para el diseño d edificaciones de 8 niveles en el Distrito de Lince para que se emplee metodologías en la evaluación de edificaciones y la estructura sea totalmente operacional durante muchos años o a un sismo de diseño.
- Para realizar el diagnóstico y el modelamiento de una edificación de 8 niveles es recomendable realizarlo bajo los parámetros de las normativas peruanas: RNE -E 020, E 030, E050, E 060).
- Para analizar y evaluar el diseño de edificaciones de 8 niveles, es recomendable que se desarrolle con el Análisis no Lineal utilizando la metodología Poshover y utilizando el método FEMA 440 y ASCE 41-13.
- Para el desempeño sísmico, la edificación sea como mínimo operacional. Por ellos, se recomienda utilizar el software etabs para que se verifique el estado no lineal.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Wei-Hass M. (2020). Terremoto en México: ¿por qué estremeció a edificaciones que se encuentran a cientos de kilómetros? febrero 02, 2021, de National Geographic Sitio web: <https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2020/06/terremoto-oaxaca-mexico-estremecio-edificios-a-cientos-kilometros>
- Montaña, J. (2018). Edificios tienen problemas en diseño y construcción: U de Cartagena. Febrero 04,2021, de El Tiempo Sitio web: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/edificios-no-cumplen-con-la-ley-urbanistica-ni-normas-estructurales-173674>
- Zibell M. (2016). El secreto de los edificios que no se cayeron durante el terremoto de Ecuador. febrero 02, 2021, de BBC Mundo Sitio web: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160422_ecuador_terremoto_problemas_construcciones_arquitectura_ab
- RPP. (2017). Un terremoto en Lima le costaría 43 mil millones de dólares al Estado. Febrero 09,2021, de RPP Sitio web: <https://rpp.pe/economia/economia/terremoto-cuanto-le-costaria-al-peru-un-sismo-de-mas-de-8-gradus-noticia-1077896>
- Nacional. (2021). Construcciones en Lima son vulnerables debido al suelo y a cómo fueron edificadas. Febrero 12,2021, de Nacional Sitio web: <https://www.radionacional.com.pe/noticias/locales/construcciones-en-lima-son-vulnerables-debido-al-suelo-y-a-como-fueron-edificadas>
- El Búho. (2017). Terremoto en Arequipa sería fatal por edificios mal contruidos. Marzo 04, 2021, de El Buho Sitio web: <https://elbuhu.pe/2017/10/terremoto-arequipa-seria-fatal-edificios-mal-construidos/>
- RPP Noticias. (2019). Unas 250,000 casas se derrumbarían ante un sismo debido a la mala calidad en sus construcciones. Marzo 04, 2021, de RRP Noticias Sitio

web: <https://rpp.pe/peru/lambayeque/unas-250000-casas-se-derrumbarian-ante-un-sismo-debido-a-la-mala-calidad-en-sus-construcciones-noticia-1215616>

- Medina, C. D. & Galarza, D. A. (2019). Evaluación del desempeño sísmico del edificio de la Ocus mediante comparación del análisis estático no lineal (Pushover), análisis estático modal (Pushover Multimodal) y dinámico no-lineal (Historia de Respuesta). Febrero 18, 2021, de Universidad Técnica de Ambato. Sitio web: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29942/1/Tesis%20I.%20C.%201334%20-%20Galarza%20Altamirano%20Daniela%20Alexandra.pdf>
- Duarte, C. E, Martínez, M. E. & Santamaría J. J. (2017). Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador. marzo 01, 2021, de Universidad de El Salvador Sitio web: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13405/1/An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20%28Pushover%29%20del%20cuerpo%20central%20del%20edificio%20de%20la%20Facultad%20de%20Medicina%20de%20la%20Universidad%20de%20El%20Salvador.pdf>
- Bedecarratz, E. (2018). Modelación no lineal de un edificio de hormigón armado y aplicación de metodología de diseño por desempeño. Marzo 18, 2021, de Universidad de Chile Sitio web: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170032/Modelaci%C3%B3n-no-lineal-de-un-edificio-de-hormig%C3%B3n-armado-y-aplicaci%C3%B3n-de-metodolog%C3%ADa-de-dise%C3%B1o-por-desempe%C3%B1o.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Blas, J. M & Sosa E. P. (2019). Evaluación del desempeño sísmico bajo el método de análisis estático no lineal Pushover, caso Puente Riecito ubicado en el Distrito de Bellavista – Piura. Marzo 12, 2021, de Universidad Ricardo Palma Sitio web: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2634/T030_71129000-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Choque, F.J. & Luque E.D. (2019). Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E.030. marzo 16, 2021, de Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Sitio web: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8866>
- Calcina, R. M. (2017). Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal. marzo 16, 2021, de Universidad Privada de Tacna Sitio web: http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/499/1/Calcina_Pena_Ramon.pdf
- Samillán R. J. (2019). Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque. marzo 20,2021, de Universidad Cesar Vallejo Sitio web: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/38705>
- Huamán, J. A. (2016). Predicción del comportamiento sísmico por desplazamiento mediante el análisis estático no lineal en las edificaciones de la Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo - Escuela de postgrado.
- NILSON, Arthur (1999) Diseño de estructuras de concreto. Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Esteba, A. E. (2017). Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E.030 en Puno. Puno: Facultad de ingeniería civil y arquitectura-Escuela profesional de ingeniería civil- Universidad Nacional del Altiplano.
- PIQUÉ DEL POZO, Javier (2004). Diseño por capacidad: estrategia neozelandesa de diseño sismorresistente. Revista “El Ingeniero Civil”.
- RNE. (2018). Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.030 diseño sismorresistente. Lima.

- Barboza, R. (2018). Desempeño sísmico del edificio ángel divino ubicado en la ciudad de Chota, provincia de Chota, Región Cajamarca. Lambayeque: Facultad de ingeniería civil, sistemas y arquitectura-Escuela profesional de ingeniería civil-Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- ATC (1996). "Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings". Technical report, ATC-40. Applied Technology Council, Redwood City, California.
- Fernández Villegas, Jhonny Ángel (2015). Tesis "Desempeño sísmico de un edificio aporticado de seis pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones". Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- RNE. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma E.060 Concreto armado. Lima.

IX. ANEXOS