

# Evaluación del Desempeño Sísmico de un Edificio Multifamiliar Ubicado en el Distrito de Surco, Lima; ante Diferentes Niveles de Amenaza, aplicando la Norma ATC – 40

*Seismic Performance Assessment of a Multi-Family Building Located in the Surco District, Lima, Under Different Threat Levels, applying the ATC-40 Standard*

*Avaliação do Desempenho Sísmico de um Edifício Multifamiliar Localizado no Bairro Surco, Lima, sob Diferentes Níveis de Ameaça, aplicando a Norma ATC-40*

Josimar Guillen<sup>1</sup> (\*), Oliberth Huaman<sup>2</sup>, Genner Villarreal<sup>3</sup>

Recibido: 06/10/2025

Aceptado: 12/01/2026

**Resumen.** - El estudio evaluó el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar en Surco, Lima, bajo diferentes niveles de amenaza sísmica, utilizando la norma ATC-40. Se empleó un enfoque cuantitativo, descriptivo y explicativo, modelando la estructura en software especializado y aplicando análisis estático, dinámico espectral y pushover. Se encontró un período fundamental de vibración de 0.706 segundos en X y 0.400 segundos en Y. La fuerza cortante basal estática fue de 288.74 Tonf en X y 679.50 Tonf en Y, con derivas máximas de entrepiso de 0.000908 en X y 0.000798 en Y, todas dentro de los límites normativos. El análisis pushover mostró cargas laterales tentativas de hasta 185.68 Tonf en X y 294.57 Tonf en Y, y se detectaron ratios de refuerzo longitudinal superiores a los recomendados, llegando a 2.40 en columnas, señalando zonas vulnerables. En conclusión, el edificio mostró buen desempeño ante sismos moderados, pero presentó debilidades ante amenazas sísmicas más altas. La norma ATC-40 facilitó la identificación de estas áreas críticas, siendo una herramienta útil para el reforzamiento y mejora estructural en zonas sísmicas.

**Palabras clave:** Desempeño sísmico, norma ATC-40, método pushover, edificio multifamiliar.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Civil. Universidad de San Martín de Porres, oliberth\_huaman@usmp.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-8669-3846>

<sup>2</sup> Ingeniero Civil. Universidad de San Martín de Porres, josimar\_guillem@usmp.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-9453-6673>

<sup>3</sup> PhD. Universidad de San Martín de Porres, gvillarrealc@usmp.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1768-646X>

**Summary.** - This study evaluated the seismic performance of a multi-family building in Surco, Lima, under different seismic hazard levels, using the ATC-40 standard. A quantitative, descriptive, and explanatory approach was used, modeling the structure in specialized software and applying static, dynamic spectral, and pushover analysis. A fundamental vibration period of 0.706 seconds in X and 0.400 seconds in Y was found. The static basal shear force was 288.74 Tonf in X and 679.50 Tonf in Y, with maximum story drifts of 0.000908 in X and 0.000798 in Y, all within the regulatory limits. The pushover analysis showed tentative lateral loads of up to 185.68 Tonf in X and 294.57 Tonf in Y, and longitudinal reinforcement ratios higher than recommended were detected, reaching 2.40 in columns, indicating vulnerable areas. In conclusion, the building showed good performance under moderate earthquakes, but presented weaknesses under higher seismic hazards. The ATC-40 standard facilitated the identification of these critical areas, being a useful tool for structural reinforcement and improvement in seismic zones.

**Palabras clave:** Seismic performance, ATC-40 standard, pushover method, multi-family building.

**Resumo.** - Este estudo avaliou o desempenho sísmico de um edifício multifamiliar em Surco, Lima, sob diferentes níveis de risco sísmico, utilizando a norma ATC-40. Foi utilizada uma abordagem quantitativa, descritiva e explicativa, modelando a estrutura em software especializado e aplicando análises estáticas, espectrais dinâmicas e de pushover. Foi encontrado um período fundamental de vibração de 0,706 segundos em X e 0,400 segundos em Y. A força cortante basal estática foi de 288,74 Tonf em X e 679,50 Tonf em Y, com deslocamentos máximos entre pavimentos de 0,000908 em X e 0,000798 em Y, todos dentro dos limites regulamentares. A análise de pushover mostrou cargas laterais provisórias de até 185,68 Tonf em X e 294,57 Tonf em Y, e foram detectadas taxas de armadura longitudinal superiores às recomendadas, atingindo 2,40 nas colunas, indicando áreas vulneráveis. Em conclusão, o edifício apresentou bom desempenho sob terremotos moderados, mas apresentou fragilidades sob riscos sísmicos mais elevados. A norma ATC-40 facilitou a identificação dessas áreas críticas, sendo uma ferramenta útil para reforço estrutural e melhoria em zonas sísmicas.

**Palavras-chave:** Desempenho sísmico, norma ATC-40, método pushover, edifício multifamiliar.

**1. Introducción.** - Los terremotos son eventos naturales que impactan profundamente en la seguridad estructural y la estabilidad social de las regiones afectadas, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas donde el colapso de edificaciones puede ocasionar pérdidas humanas y materiales incalculables. Aunque las normativas de diseño sismorresistente han avanzado significativamente, su implementación práctica varía ampliamente, exponiendo a muchas construcciones a niveles inadecuados de protección. Este panorama global exige la adopción de herramientas de evaluación como la Norma ATC-40, la cual permite analizar el desempeño sísmico de edificaciones considerando diferentes niveles de amenaza, lo que resulta esencial en regiones de alta actividad sísmica como Lima, Perú.

En América Latina, la vulnerabilidad estructural frente a sismos es un problema persistente debido a la confluencia de factores como la informalidad en la construcción, la falta de recursos económicos y el crecimiento urbano desordenado. Países como Chile y México han avanzado en la aplicación de normativas sismorresistentes, mientras que, en otros, como Perú, las deficiencias en el diseño y la supervisión estructural generan un entorno de alta exposición al riesgo. Estas condiciones subrayan la necesidad de investigaciones que adapten estándares internacionales, como el ATC-40, al contexto regional para mejorar la seguridad y resiliencia de las edificaciones.

El distrito de Surco, en Lima, combina características de alto crecimiento inmobiliario con una alta densidad poblacional, lo que lo convierte en un caso de estudio relevante para evaluar la aplicabilidad de normativas internacionales. Este proyecto busca analizar el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar bajo diferentes escenarios de amenaza sísmica, contribuyendo a la seguridad estructural y ofreciendo soluciones que puedan replicarse en otras zonas del país. Esta evaluación no solo es técnica, sino también estratégica, ya que identifica oportunidades para optimizar el diseño y la normativa local, reduciendo riesgos y aumentando la resiliencia frente a desastres.

Los Antecedentes de investigación son:

**Castellanos y Jara (2021)** en su investigación “Evaluación de desempeño sísmico del edificio de la Universidad Internacional SEK ubicado en el Campus Felipe Segovia Olmo” el objetivo principal del estudio fue analizar técnica y detalladamente el comportamiento lineal y no lineal de la estructura de hormigón armado del edificio Felipe Segovia Olmos, ubicado en el campus centro de la Universidad Internacional SEK en Quito. Se buscó evaluar el desempeño sísmico del edificio conforme a las normativas ecuatorianas y a códigos internacionales como el ASCE 41-13, NIST y ACI 318. La investigación comenzó con la recopilación de información en campo y la realización de ensayos no destructivos para verificar el uso actual de los espacios y las propiedades de los materiales estructurales. Se utilizó un modelo estático lineal para analizar la respuesta estructural ante sismos, y posteriormente se aplicaron análisis estáticos no lineales Pushover mediante elementos finitos para obtener la curva de capacidad del edificio y determinar el punto de desempeño según el método del espectro de capacidad ASCE41-13 NPS. Los resultados indicaron que la infraestructura no colapsa y mantiene niveles aceptables de seguridad para los ocupantes, concluyendo en la importancia de adecuar el diseño sísmico al cambio de uso del edificio para garantizar la protección tanto de las personas como de la estructura.

**Montero (2022)** establece como objetivo general de su investigación evaluar el desempeño sísmico de un edificio de pórticos de hormigón armado utilizando el método lineal ACI369.1-17. La metodología aplicada incluyó la modelación del edificio en el software SAP2000, considerando rigideces efectivas y distribuyendo las fuerzas sísmicas mediante un análisis estático lineal, obteniendo las demandas internas de fuerza y desplazamiento. Los resultados indicaron que el edificio cumple con las limitaciones del método estático lineal, sin embargo, no todos sus elementos cumplen con los objetivos de desempeño establecidos. Por ejemplo, las columnas interiores del primer nivel presentaron una razón demanda-capacidad de 0.879. En conclusión, la estructura cumple parcialmente con los criterios de aceptación de la normativa ACI369.1-17, destacando la importancia de mejorar algunos elementos estructurales para cumplir completamente con los objetivos de desempeño esperados.

**Lagos (2024)** indica en su investigación como objetivo general evaluar el desempeño sísmico de estructuras con marcos arriostrados excéntricamente (EBF) que utilizan enlaces reemplazables cortos, de acuerdo con la normativa chilena NCh433. La metodología emplea el análisis no lineal estático y dinámico siguiendo las pautas del FEMA P695,

utilizando modelos estructurales en la plataforma OpenSees para simular diferentes alturas de edificios (3, 9 y 15 pisos), zonas sísmicas y tipos de suelo. Los resultados indican que la sobre resistencia decrece con la altura, con valores promedios de 4.3, 2.74 y 2.12 para edificios de 3, 9 y 15 pisos respectivamente. Asimismo, el análisis dinámico reveló que el promedio del CMR fue 1.60, 1.40 y 1.53 para estas alturas, incumpliendo los criterios del FEMA P695. En conclusión, se sugiere que la normativa NCh433 es conservadora para edificios de menor altura, pero sobreestima la capacidad de aquellos con 15 pisos, destacando la necesidad de revisar los factores de modificación de respuesta estructural para EBF con enlaces reemplazables.

**Bula (2022)** estableció como objetivo general en su investigación el evaluar el desempeño sísmico de un edificio de 12 pisos ubicado en Bucaramanga, Santander, siguiendo las normas de diseño sismo-resistente aplicables. La metodología se basa en el uso del programa SAP2000 para el análisis estructural y en procedimientos de diseño detallados para los elementos estructurales, como columnas y vigas de concreto armado. Se realizaron tanto análisis modales espectrales como análisis no lineales (pushover y cronológicos) para obtener las fuerzas internas y desplazamientos del sistema. Los resultados cuantitativos muestran que las derivas máximas se mantuvieron dentro de los límites aceptables según la normativa, con un cortante basal que alcanzó valores de hasta 100,000 kN. En conclusión, el edificio presentó un comportamiento adecuado bajo las condiciones de carga sísmica analizadas, cumpliendo con los criterios de desempeño estructural esperados.

**Gálvez y Zapata (2022)** en su investigación evaluaron el desempeño sísmico de tres edificios de pórticos de concreto armado de distintas alturas, diseñados según la norma ecuatoriana NEC-15, utilizando análisis estático no lineal. La metodología incluyó la modelación de los edificios en el software ETABS y la aplicación de cargas laterales para simular las condiciones sísmicas, verificando el cumplimiento de los niveles de desempeño establecidos en FEMA 356. Los resultados cuantitativos muestran que los edificios de 2, 4 y 8 pisos cumplieron con los niveles de seguridad de vida y prevención del colapso, con factores de ductilidad de desplazamiento entre 3 y 5, y factores de sobre resistencia superiores a 1. En conclusión, se verificó que la altura influye en el desempeño sísmico, reduciendo la rigidez lateral y la sobre resistencia conforme aumenta la altura del edificio.

**Chancafe y Gonzales (2021)** en su investigación “Evaluación del desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de concreto armado de 8 pisos mediante un Análisis Pushover, distrito de Santiago de Surco”, el objetivo del estudio fue evaluar el desempeño sísmico del edificio multifamiliar "La Merced" utilizando el Análisis Estático No Lineal (Pushover), con el fin de determinar su curva de capacidad frente a diversos niveles sísmicos. Se aplicaron métodos de identificación de puntos de desempeño de acuerdo con normas internacionales como FEMA 440 y ASCE 41-13, así como los niveles del comité Visión 2000. Empleando el software ETABS y en cumplimiento con la Norma de Diseño Sismorresistente E030, se obtuvieron derivas máximas de 0.0051 en la dirección X y 0.0013 en la dirección Y, cumpliendo con los límites establecidos. Los desplazamientos objetivos, evaluados mediante el espectro de capacidad y el método de coeficientes, indicaron que el desempeño sísmico del edificio es óptimo, garantizando la seguridad estructural y la funcionalidad bajo diversas condiciones sísmicas. Esto es esencial para mitigar pérdidas económicas y humanas en zonas vulnerables como la costa del Perú.

**Carmelo y Kaqui (2022)** en su investigación “Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de concreto armado diseñado con la norma E030 del 2003 mediante un Análisis No Lineal Estático” el objetivo del estudio fue evaluar el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de 8 pisos en San Isidro, diseñado originalmente bajo la norma E030-2003, mediante el uso del análisis no lineal estático (pushover) para compararlo con los estándares actuales de la norma E030-2018. La investigación se basó en un enfoque aplicado con metodología cuantitativa y nivel descriptivo, utilizando Excel y ETABS para los cálculos y el modelado estructural. Se emplearon modelos de comportamiento estructural como Hognestad, Kent y Park, y Mander, integrados con modelos de plasticidad según la norma FEMA 356. Los resultados mostraron que la estructura cumplía con los requisitos de seguridad de vida en la dirección X y de ocupación inmediata en la dirección Y bajo el sismo de diseño. Sin embargo, se observó que la ductilidad demandada era menor a la requerida en ambos ejes. En conclusión, la investigación destacó la necesidad de actualizar el diseño estructural para cumplir con los estándares más recientes de seguridad sísmica y ductilidad especificados por la normativa vigente.

**Tinipuella (2020)** en su investigación “Evaluación del diseño sismorresistente aplicando un análisis sísmico no lineal de un edificio multifamiliar, San Juan de Lurigancho”, el estudio tuvo como objetivo evaluar el diseño sismorresistente de un edificio multifamiliar mediante el análisis sísmico no lineal, utilizando específicamente el método Pushover. La metodología se centró en analizar la capacidad de la estructura para resistir fuerzas horizontales incrementales, caracterizando su comportamiento no lineal durante eventos sísmicos. Se trató de un estudio de diseño no experimental y de nivel explicativo, en el que se realizó un análisis no lineal de vigas y columnas para identificar las rótulas plásticas y determinar las derivas laterales. Los resultados subrayaron la evaluación del nivel de desempeño sísmico conforme a normas como ATC-40, FEMA 440 y SEAOC, concluyendo que el método Pushover es efectivo para verificar el cumplimiento del diseño sismorresistente según la norma E030 y para entender el comportamiento estructural durante eventos sísmicos.

**Ramos (2021)** en su investigación “Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante métodos convencionales, edificio multifamiliar Benjamín Del Solar, Sachaca, Arequipa” tuvo como objetivo evaluar el desempeño sísmico del Edificio Multifamiliar Benjamín del Solar en Sachaca, Arequipa, utilizando métodos convencionales de análisis estático, dinámico modal y análisis no lineal estático. Se aplicó una metodología científica con un diseño experimental y un enfoque explicativo. Los resultados indicaron que la estructura resistió 444.93 Tonf. en la dirección X-X y 472.46 Tonf. en la dirección Y-Y durante un sismo severo, clasificándose como segura para la vida según la categorización del desempeño sísmico. La investigación concluyó que la normativa sismorresistente peruana proporciona una resistencia conservadora para edificaciones de concreto armado, limitando las derivas de entrepiso al 7 por mil. Además, el análisis no lineal reveló un balance adecuado entre rigidez y ductilidad en la estructura, lo cual se evidenció en las curvas de capacidad obtenidas.

**Miranda & Torres (2023)** en su investigación realizaron un análisis sísmico lineal y no lineal para evaluar el desempeño sísmico de una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Tacna, aplicando la norma ATC-40. La metodología empleada incluyó la recopilación de datos y modelado estructural utilizando el software ETABS. Se realizaron análisis tanto lineales como no lineales del comportamiento sísmico de la estructura, con énfasis en la determinación de derivas, fuerzas cortantes y desplazamientos. En cuanto a los resultados cuantitativos, el análisis no lineal determinó que la fuerza cortante en la base en la dirección X fue de 317.51 Tonf, con un desplazamiento de 0.207 m, mientras que en la dirección Y, la fuerza cortante fue de 221.77 Tonf, con un desplazamiento de 0.105 m. En conclusión, la evaluación del desempeño sísmico indicó que la edificación tiene un nivel de ocupación inmediata tanto en las direcciones X como Y, cumpliendo así con los requisitos de seguridad establecidos en la norma ATC-40.

**Norma E.030.** - La Norma Técnica Peruana E.030, "Diseño Sismorresistente", es la regulación nacional vigente que establece el método para diseñar edificios capaces de resistir terremotos. Este criterio adopta un concepto de seguridad estructural que asegura la vida de los habitantes y minimiza los daños. La E.030 contiene criterios para la selección de materiales, disposición estructural y métodos de análisis de manera que los edificios se diseñen para resistir las fuerzas sísmicas anticipadas, de modo que ningún edificio colapse y los daños no sean irreparables (Choque y Luque, 2019).

Algunos de los puntos más importantes a considerar al aplicar Norma E.030, según autores como Delgado (2015), son:

- **Análisis sísmico:** Es fundamental realizar un análisis dinámico y estático de las estructuras para asegurar su resistencia frente a sismos.
- **Zonificación sísmica:** El diseño debe ajustarse a la zona de sismo donde se halla el proyecto, ya que Perú está dividido en varias zonas según el riesgo sísmico.
- **Materiales estructurales:** Se deben seleccionar y diseñar adecuadamente materiales resistentes a fuerzas sísmicas, como el concreto armado y el acero.
- **Simetría y configuración estructural:** La norma enfatiza que las edificaciones deben tener una forma y disposición estructural que distribuyan las fuerzas sísmicas de manera equilibrada.

**Norma ATC – 40.** - La norma ATC-40 (Applied Technology Council 40), publicada en 1996, instauro procesos para evaluar y rediseñar de estructuras con base en su desempeño sísmico. Esta normativa utiliza un enfoque basado en el análisis no lineal, como el análisis "Pushover", y clasifica el desempeño de una edificación en diferentes niveles según su capacidad de resistir sismos de distintos grados de intensidad. La ATC-40 define tres niveles de peligro de sismo principales: sismo de servicio (SE), sismo máximo (ME) y sismo de diseño (DE), que corresponden a diferentes probabilidades de ocurrencia y magnitudes esperadas durante la vida útil que una estructura tiene. Estos niveles de peligro se combinan con objetivos de desempeño de la estructura, como ocupación inmediata, estabilidad estructural y seguridad de vida, con el fin de evaluar la capacidad de la edificación para que se soporte sismos sin comprometer la seguridad quienes lo ocupan o la funcionalidad de la construcción (Guevara, 2020).

Los pasos clave que deben seguirse para aplicar el código ATC-40 son descritos por Muñoz y Tapara (2020) y se muestra a continuación:

- Niveles de desempeño estructural: El ATC-40 categoriza las estructuras en varios niveles de desempeño, como ocupación inmediata, seguridad estructural y seguridad de vida. Todos se refieren a los diferentes niveles de daño estructural, desde muy poco daño que permite la ocupación hasta mucho daño que significa que el edificio no es muy habitable.
- Niveles de peligro sísmico: El ATC-40 establece tres criterios de peligro de sismo para el propósito del diseño estructural: terremoto de servicio (SE), terremoto de diseño (DE) y terremoto máximo (ME). Cada nivel corresponde a diferentes probabilidades de ocurrencia y niveles de severidad sísmica, que forman el trasfondo para determinar la respuesta de las estructuras a varias intensidades de un evento sísmico.
- Método de espectro de capacidad: Es uno de los métodos principales del ATC-40, donde se aplica el método del espectro de capacidad, cuya finalidad es determinar los puntos de desempeño de un edificio sometido a cargas sísmicas empleando la curva de capacidad de la estructura. Este enfoque tiene en cuenta la respuesta no lineal de la estructura y es uno de los que se aplican más para evaluaciones de desempeño.
- Evaluación de los elementos estructurales y no estructurales: Se reconoce en la norma el diferente comportamiento de estos elementos y cómo impactan el comportamiento del edificio bajo acción sísmica. Estos componentes se evalúan por separado, determinando los niveles de daño correspondientes.
- Objetivos de desempeño sísmico: El ATC-40 selecciona niveles de desempeño esperados para los edificios bajo distintos escenarios sísmicos. El propósito de seguridad básica implica que, bajo un sismo de diseño, el edificio tiene que alcanzar el nivel de "seguridad de vida", mientras que, bajo un sismo máximo, el nivel requerido es de "estabilidad de la estructura".

#### Comparación entre la norma E.030 y ATC -40. -

Aspecto	Norma E030	Norma ATC-40
Enfoque	Diseño basado en fuerzas	Diseño basado en el desempeño
Método de análisis	Análisis lineal estático y dinámico	Análisis no lineal (Pushover) y espectro de capacidad
Niveles de desempeño	No especifica niveles de desempeño claros	Define ocupación inmediata, seguridad de vida y estabilidad estructural
Evaluación estructural	Enfoque en seguridad de vida y resistencia estructural	Evalúa componentes estructurales y no estructurales
Objetivo principal	Garantizar que las edificaciones soporten sismos según la zona sísmica	Evaluar el desempeño de las estructuras bajo diferentes intensidades sísmicas

Tabla I. Comparación entre la norma E030 y ATC -40. **Nota.** Elaboración propia.

## 2. Análisis Sísmico. -

### 2.1. Niveles de desempeño sísmico según ATC-40. -

#### *Niveles de Desempeño para Elementos Estructurales:*

- Ocupación Inmediata (SP-1): Daños muy limitados; la resistencia y capacidad del sistema de cargas verticales y laterales permanecen usualmente intactas. La estructura es segura para su uso inmediato y no se muestran pérdidas humanas.
- Daño Controlado (SP-2): Estado de daño entre seguridad de vida y ocupación inmediata. Aunque la vida de las personas que ocupan el lugar no se encuentra en peligro, todavía se pueden ver afectados.
- Seguridad de Vida (SP-3): Daños significativos sin agotar totalmente los márgenes de seguridad contra un colapso posible. El riesgo de vida es muy bajo para los ocupantes, aunque pueden requerirse reparaciones antes de reocupar la estructura.
- Seguridad Limitada (SP-4): Daño entre la estabilidad estructural y los niveles de seguridad de vida. Ciertas partes de la estructura pueden necesitar ser reforzadas para asegurar la seguridad.
- Estabilidad Estructural (SP-5): Daño severo; la estructura tiene amplias posibilidades de colapsar parcial o totalmente. Hay una pérdida sustancial de resistencia y rigidez, con alto riesgo de colapso ante réplicas posibles.
- No Considerado (SP-6): No es un nivel de desempeño, sin embargo, se utiliza cuando no se evalúan los componentes estructurales.

#### *Niveles de Desempeño para Elementos No Estructurales:*

- Operacional (NP-A): Los elementos no estructurales, maquinarias y sistemas del edificio permanecen en su lugar y funcionando normalmente después del sismo.
- Ocupación Inmediata (NP-B): Aunque los elementos no estructurales permanecen en su sitio, pueden presentarse interrupciones menores en el funcionamiento de equipos. Algunos servicios externos pueden no estar disponibles, sin comprometer la ocupación del edificio.
- Seguridad (NP-C): Daños severos en elementos no estructurales, sin colapso ni peligro para los ocupantes. Sistemas y equipos pueden requerir reparaciones o reemplazos.
- Amenaza Reducida (NP-D): Daños severos en elementos no estructurales, contenidos y sistemas, sin colapso de grandes elementos que puedan causar heridas a grupos de personas.
- No Considerado (NP-E): Indica que no se han evaluado los elementos no estructurales, a menos que afecten directamente la respuesta estructural.

La combinación de estos niveles de desempeño estructural y no estructural permite una evaluación integral del comportamiento sísmico de una edificación, facilitando la toma de decisiones en procesos de evaluación y rehabilitación estructural.

Niveles de desempeño no estructural	Niveles de desempeño estructural					
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
NP-A	<b>1-A Operacional</b>	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B	<b>1 - B Ocupación Inmediata</b>	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C	1-C	2-C	<b>3-C Seguridad</b>	4-C	5-C	6-C
NP-D	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E	NR	NR	3-E	4-E	<b>5-E Estabilidad estructural</b>	No Aplicable

NR: combinación No Recomendada

Figura 1 Descripción de los niveles de desempeño estructural. Nota. ATC – 40

**2.2 Análisis estático** - Las fuerzas cortantes que actúan en los entrepisos de la estructura, comparando los valores obtenidos por análisis estático y dinámico. En la dirección X, la fuerza cortante estática es de 288.74 Tonf, mientras que la dinámica es menor, con 185.68 Tonf, lo que representa al menos el 80% del valor estático. Para esta dirección, la estructura es regular y se aplica un factor de escala de 1.56, resultando en un valor de diseño de 288.74 Tonf.

En la dirección Y, la fuerza cortante estática es mayor, 679.50 Tonf, mientras que la dinámica es de 294.57 Tonf, representando al menos el 90% del valor estático. En esta dirección, la estructura se considera irregular y se utiliza un factor de escala más alto, 2.31, manteniendo el valor de diseño en 679.50 Tonf.

**TABLE: Modal Participating Mass Ratios**

Case	Mode	Period sec	UX	UY
Modal	1	0.706	49.19%	0.24%
Modal	2	0.4004	0.34%	28.83%
Modal	3	0.27	0.07%	18.88%
Modal	4	0.193	12.05%	0.09%
Modal	5	0.102	5.92%	0.19%
Modal	6	0.093	0.38%	14.46%
Modal	7	0.082	7.03%	0.27%
Modal	8	0.069	0.44%	9.35%
Modal	9	0.061	13.92%	0.22%
Modal	10	0.047	4.67%	0.73%
Modal	11	0.046	0.37%	12.17%
Modal	12	0.038	0.09%	3.22%
Modal	13	0.036	1.15%	0.10%
Modal	14	0.034	0.00%	4.54%
Modal	15	0.029	0.03%	0.16%
Modal	16	0.028	0.61%	0.02%
Modal	17	0.026	0.01%	2.11%
Modal	18	0.023	0.64%	0.00%
Modal	19	0.023	0.39%	0.01%
Modal	20	0.021	0.17%	0.66%
Modal	21	0.02	1.61%	0.08%

Modal	22	0.019	0.00%	0.31%
Modal	23	0.018	0.36%	0.00%
Modal	24	0.017	0.00%	0.55%
Modal	25	0.016	0.06%	0.04%
Modal	26	0.015	0.00%	0.62%
Modal	27	0.015	0.00%	0.63%
Modal	28	0.014	0.45%	0.00%
Modal	29	0.014	0.00%	0.62%
Modal	30	0.013	0.00%	0.12%
Modal	31	0.012	0.00%	0.17%
Modal	32	0.012	0.00%	0.04%
Modal	33	0.011	0.00%	0.09%
Modal	34	0.011	0.00%	0.04%
Modal	35	0.01	0.00%	0.20%
Modal	36	0.01	0.00%	0.01%
Modal	37	0.01	0.00%	0.11%
Modal	38	0.01	0.00%	0.00%
Modal	39	0.009	0.00%	0.01%
		<b>TOTAL</b>	<b>99.57%</b>	<b>99.92%</b>
		<b>90% MASA</b>	<b>CUMPLE</b>	<b>CUMPLE</b>

Tabla II Modos de vibración. Nota. Elaboración Propia

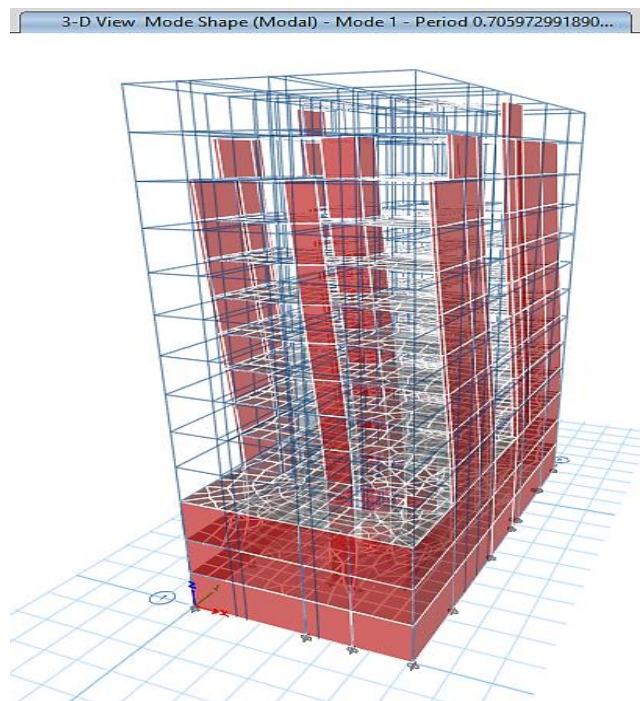


Figura II. Periodo fundamental – Modo 1. Nota. Elaboración Propia

Los períodos fundamentales obtenidos para la edificación corresponden al modo 1 en cada dirección principal: 0.7059 segundos en la dirección X y 0.4004 segundos en la dirección Y. Estos valores reflejan el comportamiento dinámico de la estructura frente a sollicitaciones sísmicas, siendo mayores en la dirección X, lo que sugiere una menor rigidez relativa respecto a la dirección Y.

A continuación, se presenta el cuadro resumen correspondiente al análisis estático realizado, en el cual se sintetizan los resultados más relevantes obtenidos durante el proceso de evaluación estructural.

**RESUMEN DEL ANÁLISIS ESTÁTICO**

DATOS DE PARÁMETROS SÍSMICOS		
Z	=	0.45 g
U	=	1.00
S	=	1.00
R <sub>x</sub>	=	6.00
R <sub>y</sub>	=	4.50
T <sub>p</sub>	=	0.40
T <sub>l</sub>	=	2.50
PERÍODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN (De los modos de vibración)		
T <sub>x</sub>	=	0.706
T <sub>y</sub>	=	0.400
FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA		
C <sub>x</sub>	=	1.42
C <sub>x</sub> /R	=	0.24 >=0.11 CUMPLE
C <sub>y</sub>	=	2.50
C <sub>y</sub> /R	=	0.56 >=0.11 CUMPLE
FUERZA CORTANTE BASAL EN DIRECCIÓN "X"		
V <sub>x</sub>	=	0.1062 P
k <sub>x</sub>	=	1.10
P	=	2,717.99 Tonf
V <sub>x</sub>	=	288.74 Tonf
FUERZA CORTANTE BASAL EN DIRECCIÓN "Y"		
V <sub>y</sub>	=	0.2500 P
k <sub>y</sub>	=	1.00
P	=	2,717.99 Tonf
V <sub>y</sub>	=	679.50 Tonf

Tabla III. Resumen del análisis estático. Nota. Elaboración Propia

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R <sub>v</sub> (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albanilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Reducción en la dirección "X" = R<sub>0x</sub> = 6 (Sistema de Muros Estructurales)

Reducción en la dirección "Y" = R<sub>0y</sub> = 6 (Sistema de Muros Estructurales)

Irregularidad en altura = I<sub>a</sub> = 1.00

Irregularidad en planta = I<sub>pv</sub> = 0.75 (eje y-y)

Factor de respuesta de diseño = R<sub>x</sub> = 6.00

Factor de respuesta de diseño = R<sub>y</sub> = 4.50

Se realizó un análisis estático de la estructura considerando una zona sísmica con una aceleración pico efectiva de Z = 0.45g. Los factores de uso (U = 1.00) y del suelo (S = 1.00) se mantuvieron en valores unitarios, indicando condiciones estándar. Los coeficientes de reducción por ductilidad y sobre resistencia son R<sub>x</sub> = 6.00 para la dirección X y R<sub>y</sub> = 4.50 para la dirección Y, lo que refleja diferentes niveles de disipación de energía según la dirección estructural.

El período fundamental de vibración calculado es de 0.706 segundos en la dirección X y 0.400 segundos en la dirección Y, lo que indica que la estructura es más flexible en la dirección X.

Los factores de amplificación sísmica obtenidos son  $C_x = 1.42$  y  $C_y = 2.50$ , y al compararlos con sus respectivos valores reducidos ( $C_x/R$  y  $C_y/R$ ), se verifica que cumplen con los requisitos mínimos normativos, al superar el umbral de 0.11.

En cuanto a las fuerzas sísmicas, la fuerza cortante basal en dirección X es de 288.74 Tonf, equivalente al 10.62% del peso sísmico ( $P = 2,717.99$  Tonf), mientras que en dirección Y es de 679.50 Tonf, equivalente al 25.00% del peso sísmico, lo que sugiere una mayor demanda sísmica en esa dirección.

**2.3 Análisis dinámico.** - Los desplazamientos laterales obtenidos a partir del software de análisis corresponden a las fuerzas sísmicas reducidas por el factor de respuesta. Por esta razón, para estimar los desplazamientos inelásticos, es decir, los desplazamientos reales que podrían presentarse durante un sismo fuerte, es necesario multiplicar los desplazamientos elásticos por un factor adicional: 0.75R en el caso de estructuras regulares y 0.85R para estructuras con irregularidades.

Por otro lado, se verificó que el desplazamiento relativo entre pisos (deriva) no supera el límite permitido, el cual está definido como una fracción de la altura del entrepiso, según lo establecido en la normativa de límites de distorsión del entrepiso en este caso de concreto armado con un 0.007.

**TABLE: Story Drifts**

Story	Output Case	Direction	Drift	Drift 0.75*Rx	< 7/1000
TECHO	S din X	X	0.000614	0.002763	CUMPLE
AZOTEA	S din X	X	0.000766	0.003447	CUMPLE
PISO 8	S din X	X	0.000797	0.003587	CUMPLE
PISO 7	S din X	X	0.000858	0.003861	CUMPLE
PISO 6	S din X	X	0.000893	0.004019	CUMPLE
PISO 5	S din X	X	0.000908	0.004086	CUMPLE
PISO 4	S din X	X	0.0009	0.004050	CUMPLE
PISO 3	S din X	X	0.000857	0.003857	CUMPLE
PISO 2	S din X	X	0.000746	0.003357	CUMPLE
PISO 1	S din X	X	0.000485	0.002183	CUMPLE
SEMITOTANO	S din X	X	6.50E-05	0.000293	CUMPLE
SOTANO 1	S din X	X	4.60E-05	0.000207	CUMPLE
SOTANO 2	S din X	X	3.70E-05	0.000167	CUMPLE

Tabla IV. Distorsión de entrepiso – Eje X. Nota. Elaboración Propia

Los desplazamientos relativos de entrepisos y derivas, fueron analizados para la estructura bajo cargas sísmicas en la dirección X. Los resultados muestran que todas las derivas calculadas están muy por debajo del límite máximo permitido por la normativa, que es de 7 milésimas (0.007). La deriva máxima registrada se presentó en el piso 5, con un valor de aproximadamente de 4.086%, lo que representa apenas una fracción mínima del límite permitido. Esto indica que la estructura presenta deformaciones muy controladas y adecuadas para garantizar su integridad y seguridad durante un sismo, evitando daños por desplazamientos excesivos. Por lo que, la estructura cumple satisfactoriamente con los criterios de diseño para controlar la deriva en todos los niveles.

Story	Output Case	Direction	Drift	Drift 0.85*R <sub>x</sub>	< 7/1000
TECHO	S din Y	Y	0.000772	0.002953	CUMPLE
AZOTEA	S din Y	Y	0.000787	0.003010	CUMPLE
PISO 8	S din Y	Y	0.000791	0.003026	CUMPLE
PISO 7	S din Y	Y	0.000798	0.003052	CUMPLE
PISO 6	S din Y	Y	0.000778	0.002976	CUMPLE
PISO 5	S din Y	Y	0.000731	0.002796	CUMPLE
PISO 4	S din Y	Y	0.000661	0.002528	CUMPLE
PISO 3	S din Y	Y	0.000561	0.002146	CUMPLE
PISO 2	S din Y	Y	0.000427	0.001633	CUMPLE
PISO 1	S din Y	Y	0.000256	0.000979	CUMPLE
SEMITOTANO	S din Y	Y	4.00E-05	0.000153	CUMPLE
SOTANO 1	S din Y	Y	3.20E-05	0.000122	CUMPLE
SOTANO 2	S din Y	Y	2.60E-05	0.000099	CUMPLE

Tabla V Distorsión de entrepiso – Eje Y. **Nota.** Elaboración Propia

Los desplazamientos relativos entre pisos en la dirección Y fueron evaluados bajo las cargas sísmicas correspondientes, considerando un factor de amplificación inelástico ajustado con 0.85 veces el coeficiente R<sub>x</sub>. Los valores de deriva calculados en cada nivel, desde los sótanos hasta el techo, se mantienen ampliamente por debajo del límite máximo permitido, que es 0.007. La máxima deriva observada se registró en el piso 7, con un valor aproximado de 3.052%, lo cual es significativamente inferior al límite normativo. Estos resultados demuestran que la estructura presenta un comportamiento estable y controlado ante la acción sísmica en la dirección Y, cumpliendo con los criterios de diseño para limitar las deformaciones entre niveles y garantizar la seguridad estructural.

**Fuerzas cortantes de diseño.** - En cada dirección analizada, la fuerza cortante en el primer entrepiso no debe ser menor al 80% del valor calculado para estructuras regulares, ni menor al 90% para estructuras irregulares.

Story	Load Case/Comb	Location	P	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
TECHO 1	SX	Bottom	0	288.74	0.00	1603.051	446.32	3510.42
TECHO 1	SY	Bottom	0	0.00	679.50	-855.98	653.32	0.00
TECHO 1	SDX Max	Bottom	0	185.67	25.287	2645.042	546.39	3771.36
TECHO 1	SDY Max	Bottom	0	33.716	294.57	2404.684	6416.5	588.596

Tabla VI. Fuerzas cortantes de diseño. **Nota.** Elaboración Propia

Se muestran las fuerzas y momentos que actúan en la base del techo bajo diferentes casos de carga sísmica. En la dirección X, la fuerza cortante principal es de 288.74 Tonf, mientras que en la dirección Y la fuerza cortante máxima es de 679.50 Tonf. También se registran momentos de torsión y momentos flexionantes significativos en ambos sentidos, lo que indica que la estructura está sometida a fuerzas complejas que deben ser consideradas en el diseño para garantizar su estabilidad y seguridad durante un sismo.

Dirección	V estática tonf	V dinámica tonf	% V est mín	Factor escala	Estructura	V diseño tonf
Dirección "X"	288.74	185.68	80%	1.56	REGULAR	288.74
Dirección "Y"	679.50	294.57	90%	2.31	IRREGULAR	679.50

Tabla VII Valores de cortantes (V) de entrepiso. Nota. Elaboración Propia

La tabla VIII, muestra las fuerzas cortantes que actúan en los entrepisos de la estructura, comparando los valores obtenidos por análisis estático y dinámico. En la dirección X, la fuerza cortante estática es de 288.74 Tonf, mientras que la dinámica es menor, con 185.68 Tonf, lo que representa al menos el 80% del valor estático. Para esta dirección, la estructura es regular y se aplica un factor de escala de 1.56, resultando en un valor de diseño de 288.74 Tonf. En la dirección Y, la fuerza cortante estática es mayor, 679.50 Tonf, mientras que la dinámica es de 294.57 Tonf, representando al menos el 90% del valor estático. En esta dirección, la estructura se considera irregular y se utiliza un factor de escala más alto, 2.31, manteniendo el valor de diseño en 679.50 Tonf.

**2.4 Metodología de diseño.** - Para definir la resistencia nominal necesaria, se presentarán los diagramas que muestran las envolventes de esfuerzos cortantes y momentos flectores correspondientes a las combinaciones de carga consideradas (Ver Anexo 3).

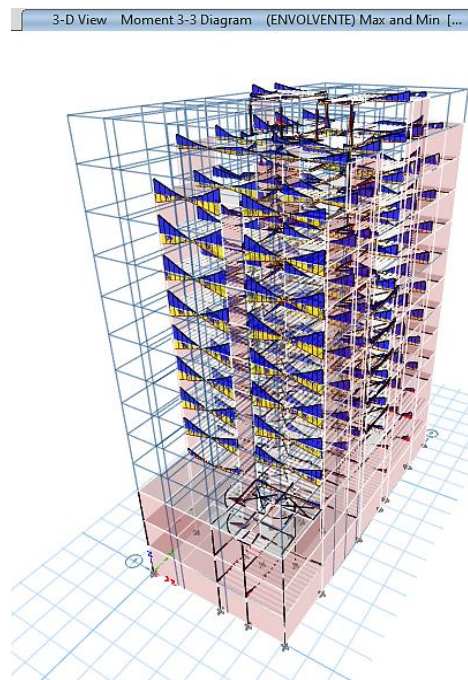


Figura III. Envolvente de momentos flectores. Nota. Elaboración Propia

La figura III, muestra la envolvente de momentos flectores, que representa los valores máximos y mínimos de los momentos que pueden presentarse en diferentes puntos de la estructura bajo las distintas combinaciones de carga consideradas. Esta envolvente es fundamental para identificar las zonas críticas donde se concentran los mayores esfuerzos de flexión, y sirve como referencia para el dimensionamiento y refuerzo de los elementos estructurales, asegurando su resistencia y estabilidad frente a las cargas aplicadas.

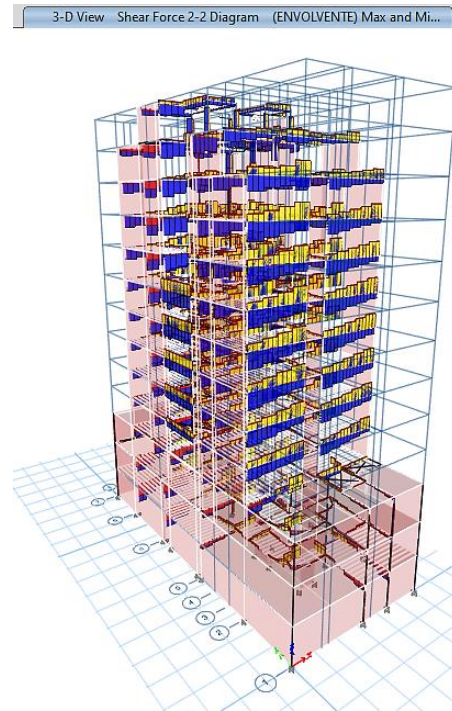


Figura IV. Envolvente de fuerza cortante. **Nota.** Elaboración Propia

La figura IV, presenta la envolvente de fuerza cortante, que muestra los valores máximos y mínimos de las fuerzas cortantes que actúan en los distintos niveles o elementos de la estructura bajo las combinaciones de carga analizadas. Esta información permitió determinar las zonas donde se concentran las mayores fuerzas cortantes, a la vez un diseño adecuado y seguro de los elementos estructurales para resistir estas solicitaciones y evitar fallas por corte.

## 2.5. Evaluación sísmica. -

**Análisis Pushover.** - Este análisis ayudó a identificar las zonas más vulnerables del edificio y permitió observar cómo se distribuían las fuerzas y desplazamientos durante un sismo fuerte. Con esta información, se pudo diseñar o reforzar mejor la estructura para asegurar que fuera más segura y resistente ante terremotos.

	h (m)	X-Dr tonf	Fx Tn	F lat-X (Pushover)
<b>Techo</b>	<b>35.22</b>	<b>13.214</b>	<b>13.214</b>	<b>-690.139</b>
<b>Azotea</b>	<b>32.72</b>	<b>40.431</b>	<b>27.217</b>	<b>-662.922</b>
<b>Story8</b>	<b>30.07</b>	<b>66.631</b>	<b>39.414</b>	<b>-623.508</b>
<b>Story7</b>	<b>27.42</b>	<b>85.229</b>	<b>45.815</b>	<b>-577.693</b>
<b>Story6</b>	<b>24.77</b>	<b>101.449</b>	<b>55.633</b>	<b>-522.059</b>
<b>Story5</b>	<b>22.12</b>	<b>114.826</b>	<b>59.193</b>	<b>-462.866</b>
<b>Story4</b>	<b>19.47</b>	<b>126.698</b>	<b>67.505</b>	<b>-395.361</b>
<b>Story3</b>	<b>16.82</b>	<b>137.854</b>	<b>70.349</b>	<b>-325.012</b>
<b>Story2</b>	<b>14.17</b>	<b>146.936</b>	<b>76.587</b>	<b>-248.426</b>
<b>Story 1</b>	<b>11.52</b>	<b>153.147</b>	<b>76.561</b>	<b>-171.865</b>
<b>SEMI SOTANO</b>	<b>8.87</b>	<b>162.749</b>	<b>86.188</b>	<b>-85.677</b>
<b>SOTANO 1</b>	<b>5.8</b>	<b>176.029</b>	<b>89.841</b>	<b>4.164</b>
<b>SOTANO 2</b>	<b>3</b>	<b>185.677</b>	<b>95.836</b>	<b>100.000</b>

Tabla VIII. Fuerzas laterales Pushover – en X. **Nota.** Elaboración Propia

Se muestran las fuerzas laterales aumentan conforme bajamos desde el techo hacia los pisos inferiores, lo que es esperado porque los niveles inferiores deben soportar toda la carga acumulada de arriba. Por ejemplo, en el techo la fuerza lateral es de alrededor de 13 Tonf, mientras que en el sótano 2 llega a aproximadamente 185 Tonf.

Además, los valores negativos en la columna de fuerzas laterales del pushover indican que las fuerzas actúan en sentido contrario, mostrando cómo la estructura resiste las cargas sísmicas en la dirección X.

	h (m)	Y-Dr tonf	Fx Tn	F lat-Y (Pushover)
<b>Techo</b>	<b>35.22</b>	<b>15.5365</b>	<b>15.537</b>	<b>-1202.942</b>
<b>Azotea</b>	<b>32.72</b>	<b>63.7497</b>	<b>48.213</b>	<b>-1154.729</b>
<b>Story8</b>	<b>30.07</b>	<b>109.8492</b>	<b>61.636</b>	<b>-1093.093</b>
<b>Story7</b>	<b>27.42</b>	<b>143.4121</b>	<b>81.776</b>	<b>-1011.317</b>
<b>Story6</b>	<b>24.77</b>	<b>171.2117</b>	<b>89.436</b>	<b>-921.881</b>
<b>Story5</b>	<b>22.12</b>	<b>195.0726</b>	<b>105.637</b>	<b>-816.244</b>
<b>Story4</b>	<b>19.47</b>	<b>214.9673</b>	<b>109.330</b>	<b>-706.914</b>
<b>Story3</b>	<b>16.82</b>	<b>231.2085</b>	<b>121.878</b>	<b>-585.036</b>
<b>Story2</b>	<b>14.17</b>	<b>244.1232</b>	<b>122.245</b>	<b>-462.791</b>
<b>Story 1</b>	<b>11.52</b>	<b>254.0177</b>	<b>131.773</b>	<b>-331.018</b>
<b>SEMI SOTANO</b>	<b>8.87</b>	<b>268.2172</b>	<b>136.445</b>	<b>-194.573</b>
<b>SOTANO 1</b>	<b>5.8</b>	<b>283.7864</b>	<b>147.342</b>	<b>-47.231</b>
<b>SOTANO 2</b>	<b>3</b>	<b>294.5733</b>	<b>147.231</b>	<b>100.000</b>

Tabla IX Fuerzas laterales Pushover – en Y. Nota. Elaboración Propia

Se observa que las fuerzas laterales aumentan a medida que descendemos por la estructura, siendo menores en el techo y mayores en los niveles inferiores. Por ejemplo, en el techo la fuerza lateral es aproximadamente 15.5 Tonf, mientras que en el sótano 2 llega a casi 295 Tonf.

Los valores negativos en la columna de fuerzas laterales por pushover indican que estas fuerzas actúan en sentido opuesto, lo que refleja cómo la estructura responde y resiste las cargas sísmicas en esta dirección.

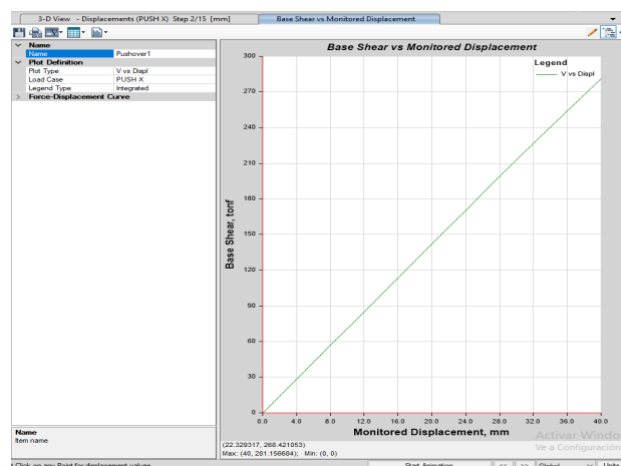


Figura V. Curva Pushover. Nota. Elaboración Propia

La curva pushover muestra un comportamiento lineal, lo que significa que la relación entre la fuerza cortante y el desplazamiento es directa y constante. No se observan cambios ni desviaciones en la curva, lo que indica que la estructura responde de manera estable y predecible dentro de ese rango de análisis.

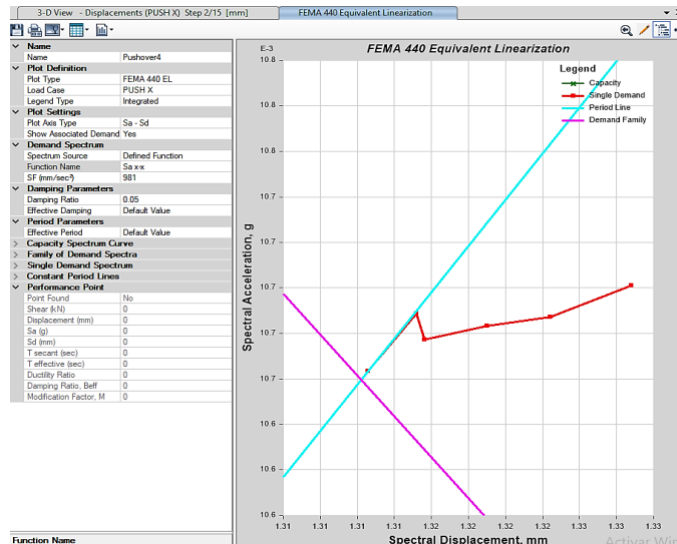


Figura VI. Curva FEMA. Nota. Elaboración Propia

La curva FEMA muestra la capacidad de la estructura y es paralela a la línea del período lineal. Además, se cruza en un punto específico con la curva de demanda, llamado “single demanda”. Este punto representa el equilibrio entre la capacidad de la estructura y las fuerzas que se esperan durante un sismo, ayudando a determinar el comportamiento esperado ante cargas sísmicas.

Asimismo, se muestra la figura obtenida mediante el Método ASCE 41-13, que es la herramienta utilizada para evaluar la respuesta sísmica de estructuras existentes. Lo cual, demostrará cómo se comporta la estructura bajo cargas sísmicas, mostrando su capacidad para resistir movimientos laterales y las deformaciones que podrían presentarse. Con esta información, podemos identificar las áreas que necesitan refuerzo o mejoras para aumentar la seguridad del edificio frente a terremotos, asegurando que la estructura sea más resistente y confiable.

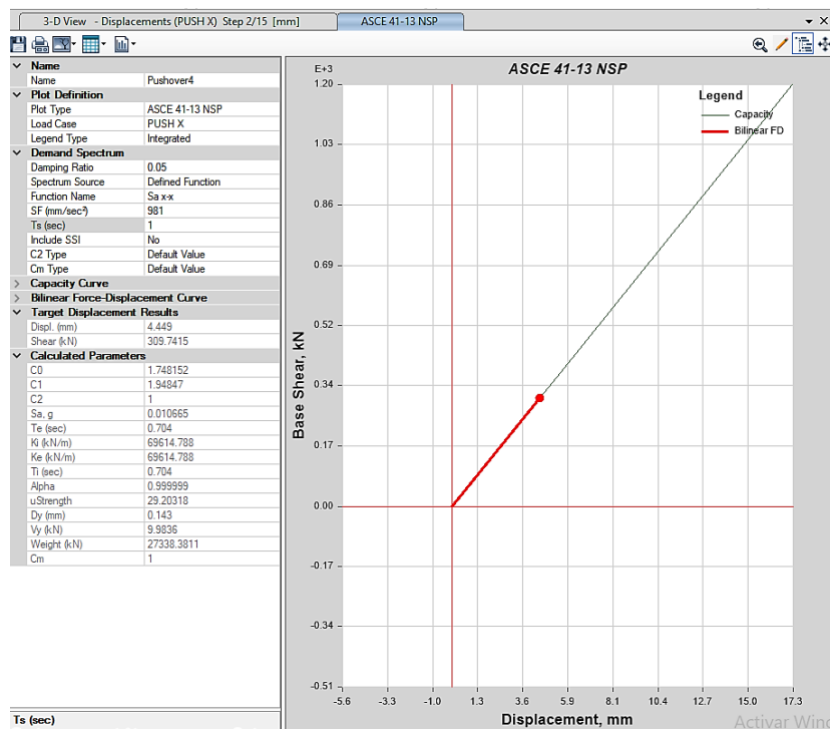


Figura VII Método ASCE 41-13. Nota. Elaboración Propia

En la figura VII obtenida mediante el método ASCE 41-13, se puede observar que la curva de capacidad y la curva de demanda son paralelas, lo que indica que la estructura responde de manera uniforme y consistente frente a las cargas sísmicas consideradas.

### **3. Conclusiones. -**

1. Se logró evaluar el desempeño sísmico de un edificio multifamiliar ubicado en el distrito de Surco, Lima, frente a diferentes niveles de amenaza sísmica aplicando la metodología ATC-40. El análisis indicó que, bajo escenarios de sismos moderados, el edificio cumple con los criterios de seguridad y funcionalidad establecidos por la norma, manteniendo la integridad estructural y protegiendo la vida de los ocupantes. Sin embargo, ante mayores niveles de amenaza sísmica, se identificaron zonas donde la estructura está cerca de su límite de capacidad, lo que amerita considerar refuerzos locales para garantizar un comportamiento óptimo ante eventos extremos.
2. Se determinaron las características estructurales del edificio multifamiliar, mediante la recopilación y análisis de planos estructurales, especificaciones técnicas y condiciones de diseño. Esta información permitió modelar fielmente la edificación en el software ETABS, asegurando que la simulación estructural refleje de manera adecuada la realidad constructiva y posibilite la evaluación precisa del desempeño sísmico de cada elemento, especialmente columnas y vigas situadas en las zonas más vulnerables de la estructura.
3. Se identificaron los niveles de amenaza sísmica a través de los parámetros de sismos establecidos en la norma E.030:  $Z = 0.45g$ ,  $U = 1.0$ ,  $S = 1.0$ . Estos valores indican una zona de alta sismicidad, y se utilizaron en modelos para analizar su influencia en el sistema. También se tomaron en cuenta factores de reducción ( $R_x = 6.0$ ,  $R_y = 4.5$ ) y curvas de espectro de respuesta elástica que representan la respuesta sísmica esperada dentro de la región.
4. La aplicación de la metodología ATC-40 permitió evaluar el edificio mediante el análisis estático no lineal (pushover), seleccionando los puntos de desempeño a partir de la intersección entre el espectro de demanda sísmica y la curva de capacidad estructural. Los resultados mostraron que el edificio presenta niveles satisfactorios de desempeño bajo demandas sísmicas habituales, aunque se detectaron grados de vulnerabilidad para amenazas superiores, en coincidencia con las zonas de refuerzo longitudinal elevado y mayores derivas detectadas por la simulación. La metodología demostró ser efectiva para identificar necesidades de mejoramiento, permitiendo proponer recomendaciones precisas de intervención preventiva para optimizar la seguridad estructural.

## Referencias

- [1] Bula, C. (2022). Evaluación y diseño sísmico de un edificio de 12 pisos en la ciudad de Bucaramanga Santander.
- [2] Carmelo, O. & Kaqui, D. (2022). Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de concreto armado diseñado con la norma E.030 del 2003 mediante un análisis no lineal. Universidad Ricardo Palma.
- [3] Castellanos, S. & Jara, D. (2021). Evaluación de desempeño sísmico del edificio de la Universidad Internacional SEK ubicado en el Campus Felipe Segovia Olmo. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4516>
- [4] Chancafe, B. & Gonzales, C. (2021). Evaluación del desempeño sísmico de un edificio multifamiliar de concreto armado de 8 pisos mediante un análisis pushover, distrito de Santiago de Surco.
- [5] Chavesta, E. (2019). Análisis estático no lineal para estimar el desempeño sísmico de una estructura aporticada de 5 pisos en la ciudad de Lima.
- [6] Choque, J. & Luque, E. (2019). Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de edificios de 8 niveles diseñado con la norma E.030.
- [7] Gálvez, K. & Zapata, C. (2022). Evaluación del desempeño sísmico de tres estructuras de pórticos de hormigón armado de diferente altura de la edificación diseñados conforme a la NEC-15, usando análisis estático no lineal.
- [8] Guevara, A. (2020). Evaluación del desempeño sísmico de una nave industrial de acero para el sector minero utilizando el ATC-40.
- [9] Lagos, D. (2024). Desempeño sísmico de edificios estructurados con marcos arriostrados excéntricamente utilizando enlaces reemplazables cortos.
- [10] Miranda, L. & Torres, V. (2023). Análisis sísmico lineal y desempeño sísmico de una vivienda multifamiliar de 4 Niveles mediante la Norma ATC-40 en Tacna.
- [11] Montero, S. (2022). Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de pórtico de hormigón armado utilizando el método lineal del ACI369-17.
- [12] Muñoz, M. & Tapara, L. (2020). Evaluación del comportamiento sísmico de una edificación de 8 pisos ubicado en el distrito de San Borja – Lima.
- [13] Ramos, J. (2021). Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante métodos convencionales, edificio multifamiliar Benjamín Del Solar, Sachaca, Arequipa. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10465/2/IV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Ramos\\_Cahuapaza\\_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10465/2/IV_FIN_105_TE_Ramos_Cahuapaza_2021.pdf)
- [14] Tinipucella, A. (2020). Evaluación del diseño sismorresistente aplicando un análisis sísmico no lineal de un edificio multifamiliar, San Juan de Lurigancho. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64879>

**Author contribution:**

1. Conception and design of the study
2. Data acquisition
3. Data analysis
4. Discussion of the results
5. Writing of the manuscript
6. Approval of the last version of the manuscript

JG has contributed to: 1, 2, 3, 4, 5 and 6.

OH has contributed to: 1, 2, 3, 4, 5 and 6.

GV has contributed to: 1, 2, 3, 4, 5 and 6.

**Acceptance Note:** This article was approved by the journal editors Dr. Rafael Sotelo and Mag. Ing. Fernando A. Hernández Goberti.