



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Aplicación del método análisis estático no lineal para el  
desempeño sísmico estructural de edificación comercial de 10  
niveles, Chiclayo-2020”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
Bachiller en Ingeniería Civil

**AUTORES:**

Chicol Patazca, Jordan Alexander (<https://orcid.org/0000-0001-7308-2973>)

Cieza Carrasco, Jose Luis (<https://orcid.org/0000-0003-2859-1490>)

**ASESORA:**

Mg. Ing. Figueroa Rojas, Patricia Del Valle (<https://orcid.org/0000-0002-4933-690X>)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**PIURA - PERÚ**

**2020**

## **DEDICATORIA**

*“El principio de la sabiduría es el temor  
a Dios”*

Este trabajo de investigación es dedicado a Dios, a nuestros padres y a nuestro docente del área, quienes nos han guiado a lo largo de este proyecto, otorgándonos la necesidad de superar todas nuestras pruebas, inculcándonos principios y valores mediante el ejemplo, siendo la fuerza necesaria para afrontar caminos difíciles.

Y en especial a todas aquellas personas interesadas en conocer este tema, siendo de mucha importancia en su desarrollo profesional.

*Con cariño, los autores.*

## **AGRADECIMIENTO**

Expresar nuestro sincero agradecimiento, en primer lugar a Dios, por darnos la fuerza y sabiduría necesaria para culminar este proyecto. A nuestros padres, por su apoyo a lo largo de esta etapa académica, a nuestra asesora Patricia del Valle Figueroa Rojas, por su valiosa guía y asesoramiento en sus enseñanzas brindadas. Y a nuestros compañeros de clase por motivarnos a conquistar cada vez grandes metas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico .....	4
III. Metodología .....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización: .....	12
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	12
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimiento .....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	14
3.7. Aspectos éticos .....	15
IV. Resultados .....	16
4.1. Análisis estático no lineal (AENL).....	16
4.1.1. Curva de capacidad .....	16
4.1.2. Desempeño sísmico estructural (DSE).....	18
4.1.3. Niveles de daño en la estructura .....	19
4.1.4. Índices de daño.....	20
V. Discusión.....	22
VI. Conclusiones.....	26
VII. Recomendaciones.....	27
Referencias.....	28
Anexos.....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Desempeño estructural para la dirección “X”, según Periodo de retorno (Tr). .....	25
<b>Tabla 2:</b> Desempeño estructural para la dirección “Y”, según Periodo de retorno (Tr). .....	25
<b>Tabla 3:</b> Índice de daño para la dirección “X” según Periodo de retorno (Tr)....	28
<b>Tabla 4:</b> Índice de daño para la dirección “Y” según Periodo de retorno (Tr)....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva de Capacidad para la dirección “X”. .....	24
<b>Figura 2.</b> Curva de Capacidad para la dirección “Y”. .....	24
<b>Figura 3.</b> Representación del Nivel de desempeño de la Curva de Capacidad en la dirección “X”. .....	26
<b>Figura 4.</b> Representación del Nivel de desempeño de la Curva de Capacidad en la dirección “Y”. .....	27
<b>Figura 5.</b> Representación del Nivel de daño en la Curva de Capacidad (Dirección X). .....	27
<b>Figura 6.</b> Representación del Nivel de daño en la Curva de Capacidad (Dirección Y). .....	28

## RESUMEN

La presente investigación “Aplicación del método análisis estático no lineal para el desempeño sísmico estructural de edificación comercial de 10 niveles, Chiclayo-2020”, tiene como finalidad aplicar el método análisis estático no lineal para conocer el desempeño sísmico estructural de la edificación de 10 niveles. El método de investigación aplicado se ubica dentro del enfoque cuantitativo, el tipo de estudio es descriptivo y el diseño es no experimental y transversal, describe el comportamiento estructural de la edificación sin influir en ella. La población estuvo representada por edificaciones de concreto armado en la ciudad de Chiclayo y la muestra de estudio representada por una edificación comercial de 10 niveles, la recolección de datos se realizó a través del software ETABS. Se consideró la no linealidad del material, bajo la norma peruana E.020, E.030, E.060 y los códigos del ASCE 41-13. En la Curva de Capacidad se obtuvo que para un sismo de diseño, la edificación se desplaza en “X” 10.34 cm. y en “Y” 8.80 cm. Concluyendo que presenta un desempeño estructural de Inmediata Ocupación y Seguridad de Vida respectivamente; así mismo se relaciona desde un Daño Moderado a Severo, calificando a la norma peruana como conservadora en edificaciones comunes.

**Palabras Clave:** análisis estático no lineal, desempeño sísmico, curva de capacidad.

## ABSTRACT

The present investigation "Application of the non-linear static analysis method for the structural seismic performance of a 10-level commercial building, Chiclayo-2020", has the application of applying the non-linear static analysis method to know the structural seismic performance of the building 10 levels. The applied research method is located within the quantitative approach, the type of study is descriptive and the design is not experimental and transversal, it describes the structural behavior of the building without influencing it. The population was represented by reinforced concrete buildings in the city of Chiclayo and the study sample represented by a 10-level commercial building, data collection was carried out through ETABS software. The non-linearity of the material was considered, under the Peruvian standard E.020, E.030, E.060 and ASCE codes 41-13. In the Capacity Curve it is obtained that for a design earthquake, the building moves in "X" 10.34 cm. and in "Y" 8.80 cm. Concluding that it presents a structural performance of Immediate Occupation and Life Safety respectively; likewise, it is related from Moderate to Severe Damage, qualifying the Peruvian norm as conservative in common buildings.

**Keywords:** static nonlinear analysis, seismic performance, capacity curve.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde hace años atrás grandes eventos sísmicos se registraron por todo el mundo, siendo ello, motivo de que se investiguen métodos óptimos que implementen un diseño estructural más cercano a la realidad. Más aún si el Perú y mucho país de América Latina se encuentran ubicado en el cinturón del fuego, expuestos a sismos de gran escala.

A nivel internacional, la Organización de los Estados Americanos indicó, que desde el año de 1960, producto de los terremotos en Latinoamérica sufrió acontecimientos catastróficos que terminaron con la vida de 180.000 habitantes, afectando a más de 100 millones de la población y causando extravíos por más de US\$ 54 mil millones en daños a la propiedad (OEA, 2000, p. 8). Todo ello producto del deficiente comportamiento sísmico estructural del diseño sismorresistente. Así mismo, la Comisión de Seguridad Sísmica de California señaló que, el terremoto de San Fernando de 1971 demostró dramáticamente que siendo el concreto el material más resistente, se consideró como inherentemente frágil y que tiene un mal funcionamiento durante los terremotos si no se refuerza adecuadamente (ATC 40, 1996, p. 15). Denotaron que los códigos que emplearon en la construcción, despreciaron el valor del acero que proporciona la capacidad dúctil de sufrir grandes deformaciones.

Debido a ello, a nivel nacional, a partir de los años 90 alertando al sector construcción debido a múltiples factores de diseño, se empezó a construir edificaciones con criterios sismorresistente para mejorar el déficit del diseño sísmico esencialmente en las edificaciones de concreto armado, con ello la norma E.030 indicó que, se busca construir edificaciones cuyo fin sea salvaguardar la vida de las personas, habilitar los servicios básicos y reducir daños (RNE - E.030, 2018, p.4). Con ello se demostró que los códigos empleados en el diseño sismorresistente no se generaban a partir de un enfoque de desempeño.

Así mismo partiendo a nivel local en la ciudad de Chiclayo, Asmat indicó que se realizaron diversos estudios donde se identificaron daños particulares (propios de la zona), al no contar las estructuras con una respuesta sísmica acorde con las demandas que se presentarían, siendo las derivas máximas que se encontraban mayores a las establecidas por la norma nacional (2016, p.119). Es por eso que

actualmente se ha deducido que la filosofía de diseño sísmico por resistencia de edificaciones, no está dada de una manera explícita en la mayoría de los códigos actuales, por consignarse que los apuntes destinados direccionan a un deficiente registro de daños, mucho menos a una plena satisfacción al realizar un análisis sísmico estructural más cercano a los hechos reales.

Contemplando satisfacer los vacíos en los códigos empleados, se inició la reintegración de documentos en aplicación de nuevas metodología de diseño, que guarden relación con el rendimiento sísmico, cuyo fin sea preservar la estabilidad de los elementos que sufren las mayores demandas sísmicas, las unidades estructurales, no estructurales y de contenido (ASCE/SEI 41-13, p. 25). De ello, rigió la noción de un análisis sísmico complementario que compense la problemática que acarrea los múltiples diseños sismorresistentes que retrasa el avance infraestructural y económico de muchas edificaciones que se construyen día a día en el Perú.

En base de los problemas precedentes se llegó a la formulación del problema con la siguiente pregunta ¿Cómo la aplicación del método análisis estático no lineal mejora el desempeño sísmico estructural de edificación comercial de 10 niveles, Chiclayo-2020?, considerando que el diseño está sujeto al desempeño real de una estructura bajo la norma E.030 en el Perú.

Este proyecto de investigación presenta una justificación teórica, porque será necesario contrastar los resultados obtenidos al aplicar el método estático no lineal respecto a las normas y códigos establecidos. Así mismo brinda una justificación metodológica porque evalúa el índice de daño estructural, mediante sistemas computacionales confiables y válidos. Finalmente conlleva una justificación práctica porque serán medidas que aplicarán los profesionales especializados para construir estructuras que salvaguardarán la vida humana.

Debido a ello contribuyendo al desarrollo del país y de la institución universitaria donde que persiste en una formación académica innovadora; se genera un aporte técnico en futuros investigadores, incentivando a que se analice edificaciones tanto existentes como proyectadas, con la finalidad de minimizar errores de diseño, ejecución o mantenimiento.

Así mismo genera aporte científico, porque mediante el software ETABS siendo un avance tecnológico computacional contribuye a la ingeniería civil facilitando el tedioso cálculo y diseño estructural, permitiendo predecir el comportamiento real de las estructuras en condiciones más rápidas. Siendo técnicas empíricas, matemáticas y teóricas basados en el método científico; que aplicará todo el conocimiento de la unidad de estudio.

Por último, tiene un aporte social, porque se busca construir edificaciones para el bienestar de la sociedad, minimizando pérdidas humanas, materiales y económicas, que podrían verse afectadas no solo por efectos adversos, sino también por el escaso conocimiento ingenieril frente a la construcción de edificaciones sismorresistentes.

Teniendo en cuenta se considera como objetivo general, Aplicar el método análisis estático no lineal para el desempeño sísmico estructural de edificación comercial de 10 niveles, Chiclayo-2020, planteándose los siguientes objetivos específicos, identificar el sistema estructural de la edificación, diseñar la no linealidad de los elementos estructurales, evaluar el comportamiento estructural en la curva de capacidad y verificar el nivel de capacidad de la edificación.

Planteando como hipótesis "Si aplicamos el método análisis estático no lineal, proporcionamos un desempeño sísmico estructural en la edificación comercial de 10 niveles, Chiclayo-2020."

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, Chourasia, Singhal y Parashar (2020) en su artículo científico “Seismic performance evaluation of full-scale confined masonry building using light weight cellular panels”, se realizó un estudio transversal, tipo descriptivo de diseño no experimental en la India, para el cual mediante el método basado en elementos finitos, en una muestra representada por un edificio de mampostería confinada (CM) utilizando paneles celulares ligeros (LWC) innovadores, se modeló la estructura y se determinó el nivel de desempeño. El rendimiento sísmico se estudió desde los factores de desastre, la capacidad de carga lateral, la rigidez, las características de deformación y la disipación de energía. Los autores obtuvieron como resultado que el edificio CM mostró un excelente comportamiento sin ningún daño significativo, por lo tanto, el sistema se puede adoptar para la construcción de edificios de baja a mediana altura, proporcionando velocidad, sostenibilidad y economía. Así mismo, Medina y Music (2018) en su artículo científico “Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena”, se realizó un estudio transversal en Chile, para el cual mediante el software ETABS (2015), la normativa Chilena DS61 (2011), NCh433 (2010) y FEMA 440 (2005), en una muestra representada por un edificio habitacional de 22 pisos, se determinó el nivel de capacidad. Utilizaron la Metodología del Espectro de Capacidad (MEC) del análisis estático no lineal (Pushover) y consideraron 3 patrones de carga. Los autores obtuvieron resultados que para sismo calificado como raro y muy raro se presenta un 50% y 29% en desplazamiento de techo y en la cortante basal un 37% y 21% al aplicar DS 61 (2011) con respecto a FEMA 440 (2005). Concluyendo que, en el edificio el desplazamiento objetivo no supera los límites establecidos por Visión 2000, cumpliendo para todos los estados de desempeño determinados. De modo que la investigación considerando que el nivel de desempeño no supera la función operacional.

A nivel nacional Lopez, Choncen y Moreno (2019) en su artículo científico “Tall buildings seismic behavior comparative study by increasing the concrete mechanical strength through non-linear static analysis and seismic performance”, se realizó un estudio transversal, tipo descriptivo de diseño no experimental en

Perú, el cual mediante el software Etabs 2016, en una muestra representada por un edificio habitacional de 20 pisos con núcleo rígido para conocer la mejora de la respuesta no lineal, se determinó el modelo más óptimo en desempeño de los 5 modelos con diferente resistencia a la compresión del concreto (210, 350, 550 kg / cm<sup>2</sup> y dos combinaciones de 210-350 y 350-550 kg / cm<sup>2</sup>); realizaron un análisis modal espectral para comparar su deriva máxima permitida de 0.007 y un análisis no lineal con el método del espectro de capacidad. Los autores obtuvieron resultados que último modelo de 350-550 Kg/cm<sup>2</sup> tiene mejor comportamiento sísmico debido a que su estructura es más rígida, presentando una reducción de su peso total de 11% respecto al modelo de 210 kg/cm<sup>2</sup>; su ductilidad es 5.15 más alta que todos los modelos y su nivel de desempeño está dentro del rango de seguridad de vida (LS). Así mismo Córdova (2017) en sus tesis de maestría “Diseño sísmico directo basado en desplazamientos de un sistema estructural dual”. Se planteó como objetivo general contribuir con el mejoramiento del comportamiento sísmico de un sistema estructural dual, compuesto por pórticos y placas de concreto armado aplicando una metodología de diseño basado en desplazamientos. Donde realizó un estudio de un edificio regular de sistema dual de cinco niveles, con la finalidad de comparar respuestas utilizaron un diseño basado en fuerzas (DBF) y un diseño directo basado en desplazamiento (DDBD), usando el software ETABS se realizó el análisis dinámico Tiempo Historia (ADTH). Concluyendo que es más sencillo cuantificar el daño en base a desplazamiento que en base a fuerzas, por lo que se demostró que la respuesta en rendimiento con relación a la metodología DBF fue menor a la metodología DDBD; debido a que las derivas oscilan en orden de 0.7% para la primera metodología y en orden de 2% a 2.5% para la segunda.

A nivel local Vega y Muñoz (2019) en su artículo científico “Evaluación del Desempeño Sísmico mediante el análisis estático no lineal, Vivienda-Comercio Miura Grill, Chiclayo”. Estudio donde se evaluó la capacidad estructural mediante el análisis no lineal estático - Pushover, aplicando los códigos extranjeros FEMA 356 y el ATC 40. Utilizando el software ETABS, en una muestra representada por la Vivienda-Comercio Miura Grill, se modeló analíticamente toda la estructura, obtenido de ese modo la curva de descarga y la formación de articulaciones plásticas. Los resultados fueron una deriva máxima de 0.0085 en el análisis de

fuerzas estáticas y una deriva máxima de 0.0086 en el análisis dinámico modal, generando un desplazamiento de 63.318 milímetros y una fuerza cortante de 732.357 toneladas. Concluyen que la estructura no cumple por lo que no debería exceder la deriva de 0.007 como lo establece la norma E030 de diseño sismorresistente, calificándola como una estructura que ya colapsó. Así mismo Sandoval (2017) en su tesis de titulación “Análisis sísmico usando ETABS para evaluar la efectividad del comportamiento sismorresistente de la infraestructura de la I.E. 11023 Abraham Valdelomar – distrito de Chiclayo – provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque”. Se planteó como objetivo realizar el análisis sísmico aplicando el software ETABS, en una muestra representada por la I.E. 11023 Abraham Valdelomar, se realizó una evaluación del comportamiento estructural del centro educativo, para cuantificar su desempeño sísmico según la norma E030. Se utilizó los planos estructurales en su modelamiento, mediante su análisis estático y dinámico. El autor obtuvo como resultados que el tipo de edificación es de nivel A, con distorsiones en “Y” de 0.000199 y en “X” de 0.010513. Concluyendo que el material predominante de la edificación es albañilería, considerando como no eficiente por su constante deterioro, además que el rendimiento sísmico es malo, pese al presentar una configuración regular tanto en planta como en altura, no cumplió con los modelos establecido en la norma técnica peruana donde admite una deriva máxima de piso de 0.0007, siendo la deriva máxima encontrada en “Y” de 0.005 para el modelo en la dirección “X”.

Respecto a la variable Análisis Estático No Lineal (AENL) debe precisarse que esta radica en colocar fuerzas incrementales en una mismo sentido lateral por medio de un esquema de cargas o deslizamientos de forma permanente hasta inducir al desplome, siendo el punto donde se detalla la capacidad máxima que alcanza la estructura, permitiendo la ubicación de zonas frágiles (*Ver figura 01 en anexos*).

En relación a la dimensión de sistema estructural, de acuerdo a las aplicación de fuerzas laterales, Muñoz, Bartolomé y Rodríguez (2002) recalcaron que por lo general, se asumen patrones de empuje, relacionado con el estado eigen-modal la estructura en la orientación del eje focal (p. 3). En la estructura considera un análisis modal y otro multimodal, el primero donde el periodo es menor a uno (1)

y el segundo si el periodo es mayor a uno (1), en este último se considera modos donde contienen hasta el setenta por ciento de la masa fundamental de la estructura. Debe indicar que para llevar a cabo este tipo de análisis es necesario de que se considere condiciones como, la presencia configuración estructural regular, donde se evite torsión en los modos de vibración. Respecto a ello, Hökelekli y Al-Helwani (2019) indicaron que se considera también la Interacción de base fija y estructura suelo (demanda sísmica y espectro de capacidad) mediante análisis no lineales, el desplazamiento máximo, las tensiones principales máximas / mínimas y las relaciones de daño (p. 6).

En relación a la dimensión de diseño estructural, es un análisis que se encarga de realizar un modelo en cada componente estructural, la no linealidad del material y del elemento, representando de forma gráfica el esfuerzo y deformación de la estructura, obteniéndose el diagrama de momento – curvatura, con el fin de asignar rótulas plásticas que se estiman en un gráfico bidimensional de momento – giro. Respecto a ello se generará la fuerza de corte y el desplazamiento máximo en el último piso de la edificación, hasta el punto de colapso; ostentándose de ese modo la curva de capacidad global de la edificación. Respecto a ello Aguiar, Mora y Tipanluisa (2016), indican que la formulación de rotulas se deben iniciar primero en las vigas y luego en las columnas; así mismo para mejorar el desempeño de la estructura se debe definir el momento rotacional de la secciones de los elementos (p. 3).

En relación a la dimensión de comportamiento estructural, respecto a la llamada curva de capacidad, es sencillamente un representación gráfica, donde encontramos dos partes; la primera lineal hasta el punto de fluencia y la segunda no lineal hasta llegar al punto final o de colapso (*Ver figura 02 y 03 en anexos*). AŞIKOĞLU, Abide “et al.” (2019) indica que la curva de capacidad, se presenta en términos de coeficiente de cizallamiento base (BSC). El BSC se calcula como la relación entre las fuerzas de corte base, el peso propio y la relación de deriva del último nivel de la estructura (p. 21).

Así mismo Barrera (2017) indica que la primera parte de la curva de capacidad, representa la conducta elástica de la estructura donde se origina la primera articulación al alcanzar un primer punto, donde se puede apreciar una pequeña

inclinación del elemento que inicia a girar, pero que aún no presenta una disminución de rigidez “K” y resistencia lateral “Fr”; en la segunda parte es donde se denota gráficamente a partir del punto de fluencia, lugar donde el sistema ingresa al rubro inelástico, de modo que se aprecia como se genera en un sistema bilineal en la transformación de la curva de capacidad (p. 20). Debido a la disipación excesiva de energía sobre el componente estructural, se presenta en la curva un giro que va produciendo fisuramientos y acercándose al colapso. Las formas de las curvas de capacidad de cada modelo delimitan detalles que al aumentar la sobre resistencia y la ductilidad de la estructura, se presenta una pérdida más gradual de rigidez (Diaz y Sabay, 2011, p. 9).

Respecto al espectro de capacidad, es aquella representación gráfica que se adquiere de la curva de capacidad que básicamente representa el enlace entre la restitución de la fuerza por unidad de masa, denominada pseudoaceleraciones “Sa” que el edificio tiende a desarrollar en cada desplazamiento espectral, denominado pseudodesplazamiento “Sd”. Mediante este espectro los códigos evalúan la exigencia sísmica y la respuesta de la estructura de modo que al interceptar el espectro de capacidad y el espectro de demanda en un solo gráfico permite hallar o conseguir el punto de desempeño esperado (*Ver figura 03 y 04 en anexos*).

Acorde a ello dentro del sistema de trabajo se encuentran dos modos de espectros de capacidad, el primero es para un sistema de grado de libertad 1, resultado que se deduce al dividir la fuerzas de corte sobre la masa estructural y el segundo es para un sistema de varios grados de libertad, donde se deduce la representación gráfica a partir de una división entre la cortante de la base y el factor de participación y así mismo la relación entre el desplazamiento y la masa efectiva de la estructura (Kaveh, Eslamlou y Sheikhi, 2019).

Respecto a la variable Desempeño Sísmico Estructural (DSE) debe precisarse que esta consiste en el esquema de evaluación que permitan el apropiado comportamiento estructural del sistema planificado. Por su parte Bertero (1992) expone precisamente que “los códigos tradicionales de desempeño de una edificación asociada a los efectos sísmicos, no se da de manera completa y eficiente para un control daños más cercano a los hechos” (p.34). Se justifica una data de sismos que dejó en evidencia una clara limitación del enfoque implícito en los códigos de diseño sísmico hasta ahora empleados en la mayoría de los

códigos tradicionales. Los módulos no estructurales y de contenido, estableciendo los estados límites de acuerdo a los códigos que emplearon no debió dañar la estructura, de manera que mostró invalidez y desconfiabilidad ante los distintos niveles de movimiento especificado (Sánchez y Terán, 2008, p. 48-49). Así mismo Lagomarsino, Marino y Cattari (2020) expone que “en general, la mayor parte de los códigos establece una filosofía de diseño sismorresistente, donde se trata de estimar todos los comportamientos de la estructura, en diferentes niveles de movimientos sísmicos, pero hay una ausencia de un diseño completo debido a los códigos estandarizados, por ende en apoyo se opta por un análisis no lineal trabajando en el rango inelástico” (p.4).

El desempeño sísmico de una estructura se instaura con respecto a tres conceptos fundamentales en su base, las cuales son: La caracterización del nivel de amenaza sísmica, la caracterización del nivel de desempeño sísmico y del desempeño esperado de la edificación. Por ende, ZHAO “*et al.*” (2020) indica que “de acuerdo con las guías, criterios y estatutos de diseño sísmico vigentes en la mayoría de los países, era aceptable que las estructuras tuvieran daños severos siempre que no ocurriera un colapso después de los terremotos moderados y fuertes (p. 1).

Debido a ello, desde los años noventa se reintegran documentos que refuerzas un diseño con capacidad en su rendimiento. Así mismo “de manera paralela e independiente existe dos guías referenciales que contextualizan esta nueva metodología, donde enfatiza los tres conceptos descritos anteriormente “, estas dos guías son VISION 2000 del año de 1995 y el ATC 40 de 1996. Con respecto Yong “*et al.*” (2020), indica que “se han realizado muchas investigaciones previas sobre diseño sísmico basado en desempeño (PBSD, por sus siglas en inglés), siendo las pautas convencionales el ASCE 41–13 [1] y FEMA 356 [2] (p. 1).

Por su parte FEMA 356 (2000), intenta hacer un pre norma, tratando de darle ya un formato más normativo a todos los conceptos de diseño basado en desempeño sísmico, impulsando la necesidad de hacer análisis no lineales, impulsando un método alternativo al método “espectro-capacidad de demanda” que es el que se conoce como el método de los coeficientes. Por consiguiente FEMA 440 (2005), se hace una revisión y corrección de todos los métodos de estudios no directos,

consolidando las metodologías de análisis no lineales, dentro de ellos específicamente el AENL (análisis estático no lineal) logrando el fin del debate intenso de que método era el mejor. Luego ASCE 41-13 y 17, la versión que refleja el estado del arte en todo lo que representa la aplicación de lo que es DBD (diseño basado en desempeño) de la estructura, que es una guía para la evaluación sísmica y adecuación de edificaciones existentes, que tiene entre sus contenido además especificaciones para edificaciones nuevas. Además Kalkbrenner, Pelà y Sandoval (2019) nos indica que, “la evaluación sísmica radica en la transformación de como el la metodología identifica y evalúa las deficiencias en un edificio que impiden que el mismo logre un objetivo de desempeño seleccionado” (p. 2), un objetivo de desempeño, es una expectativa esperada de que la edificación responda ante un determinado nivel de sismicidad.

Concerniente a la dimensión de Capacidad Estructural, el edificio debe tener un comportamiento diferente para diferentes niveles de intensidad del movimiento sísmico, éstos, es lo que vamos a llamar nivel de amenaza sísmica, para cada nivel, nosotros debemos de esperar un diferente tipo de comportamiento de la estructura, a cada tipo, es lo que vamos a llamar grado de capacidad sísmica y desempeño esperado de la edificación que es la meta de satisfacer los principios que hay detrás de la filosofía sismorresistente.

Los códigos actuales han incorporado dentro de sus especificaciones lineamientos, donde el desempeño sísmico de la estructura está directamente relacionada con el daño físico de sus unidades estructurales, unidades no estructurales, la seguridad de sus ocupantes y la capacidad de la edificación de mantener su funcionalidad después del evento sísmico. De de acuerdo a Blanco (2012) indicó que dentro de los componentes de la edificación, están los componentes estructurales que son todos los elementos que en general forman parte del sistema sismorresistente de la edificación, los componentes no estructurales que tienen una función esencial a la hora de calificar un desempeño sísmico de una edificación (p. 8). Por su parte Raheem “*et al.*” (2018) Expone que “el grado de desempeño no refiere ni detalla un estado de daño, como se ha empleado en la práctica, sino que es un concepto mucho más amplio, y por lo tanto más difícil de cuantificar” (p. 5), pero el daño físico es uno de los elementos definitorios del desempeño sísmico, quizás el más importante pero no el único.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación:**

El presente trabajo tuvo un tipo de investigación aplicada, porque se empleó la aplicación de la metodología AENL (análisis estático no lineal), así lo contrasta Lozada (2014) que “mediante este tipo de investigación se busca generar el conocimiento mediante la aplicación de fundamentos teóricos a los problemas de la sociedad” (p. 39).

##### **Diseño de investigación:**

##### **Diseño:**

La presente investigación tuvo un diseño no experimental, porque las variables no se manipularon y solo fueron objeto de estudio. Así lo indica Hernández, Fernández y Baptista (2014) que “es un estudio que no modifica de forma intencional la variable independiente para ver los resultados sobre la variable dependiente; para analizarlo, solo se observa el fenómeno tal cual como sucede en su contexto natural” (p. 152). Así mismo fue de corte transeccional o transversal por que los datos recopilados se dieron en un solo instante. Estudio donde se recolectan datos en un tiempo único, cuyo fin es describir y analizar la incidencia de la variable en un momento dado (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 151).

##### **Nivel:**

El nivel de la investigación fue descriptiva, porque la investigación describió el proceso de trabajo con las variables de estudio y la metodología empleada para tal diseño. Así lo manifiesta Hernández, Fernández y Baptista (2014) que “el estudio describe propiedades o características más resaltantes del objeto o fenómeno en que se encuentran las variables de estudio al ser analizadas” (p. 92). Así mismo fue correlacional, porque la investigación estudió el grado de relación que existen entre las dos variables de estudio, dentro del contexto de la ingeniería sísmica. El estudio correlacional, predice los fenómenos en relación del valor aproximado que guarda una variable, a partir de otra variable (Fuentes, 2018, p.22).

## **Tipo**

Esta investigación es de enfoque cuantitativo, porque las variables de estudio fueron medidas en términos de valores numéricos, se cuantificó efectos sísmicos y desplazamientos de la estructura en término de derivas. Conjunto de procesos deductivos que se basan en los hechos secuenciales y probatorios (Bonilla y Rodríguez, 2005, p. 86).

### **3.2. Variables y Operacionalización:**

Las variables son las propiedades de un objeto específico del estudio de la realidad. Se le considera independiente a la variable central que gira en torno al problema, y se le considera dependiente a la variable secundaria con relación a la explicación y análisis del problema (Monje, 2011, p. 80). En la presente investigación las variables de estudio son:

#### **3.2.1. Variable Independiente:** Método del análisis estático no lineal.

Es la herramienta de la Ingeniería Sísmica Basada en Desempeño para poder tener conocimiento sobre el comportamiento de la estructura.

#### **3.2.2. Variable dependiente:** Desempeño sísmico estructural.

Será el nivel de operatividad de la estructura ante las distintas demandas sísmicas.

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **3.3.1. Población:**

López (2004) lo definió como aquel conjunto que comprende una misma naturaleza de estudio, de los cuales se desea conocer determinadas características (p.1).

La población en este trabajo estuvo representada por las edificaciones en la ciudad de Chiclayo. Se consideró como criterios de inclusión edificaciones comerciales de cinco niveles a más, con sistemas de concreto armado, ubicadas en una zona sísmica cuatro (4) y un tipo de suelo denominado  $S_3$  (blando). Limitando como criterios de exclusión, edificaciones de albañilería, acero, adobe o drywall, u otro sistema estructural diferente al del concreto armado, ubicada en una zona sísmica que difiere de la mencionada y suelo calificado como no blando.

### **3.3.2. Muestra:**

Arias (2012) define que es aquel subconjunto que se extrae de la población cuyo grupo de interés comparten elementos características de estudio (p. 84).

Para la presente investigación, la muestra estuvo representada una edificación comercial de 10 niveles, de sistema dual de concreto armado, ubicado en Chiclayo con Zona sísmica cuatro (4) y tipo de suelo denominado S3 (blando).

### **3.3.3. Muestreo:**

Se utilizó para la obtención de la muestra un muestreo de tipo no probabilístico por juicio o intencional, a través de planos estructurales, documentos de la norma peruana, memoria descriptiva de los diferentes proyectos en la zona de Chiclayo y mediante un análisis de observación. La muestra seleccionada para esta investigación fue evaluada bajo diversos criterios los cuales se mencionan a continuación: Se consideró las cargas gravitacionales de la estructura conforme lo estipulado en la Norma Nacional E.020 (Cargas). Así mismo parámetros sísmicos de diseño derivados de la Norma Nacional E.030 (Diseño Sismorresistente). Se consideró las propiedades de los materiales (concreto y acero) utilizando la Norma Nacional E.060 (Concreto armado). Y finalmente criterios de nivel de desempeño conforme a la técnica de análisis estático no lineal "Pushover", mediante las normas americanas FEMA 440 y ATC 40. El muestreo no probabilístico es la técnica utilizada por el investigador, para identificar la muestra de estudio de forma intencional, concordante a su metodología de análisis (López, 2004, p.1).

### **3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de recolección empleada en la investigación fue un análisis documental, la observación y estructuración; mediante consultas de diferentes fuentes y datos técnicos que guardan relación con el tema de estudio. Así mismo los instrumentos de recolección fue la ficha técnica, expedientes técnicos elaborados (planos arquitectónicos y estructurales), programas computacionales (software ETABS) y normas técnicas de diseño (peruanas e internacionales).

La técnica de análisis documental se entenderá como el procedimiento o forma particular de obtener datos o información a través de fuentes como revistas, libros,

tesis, etcétera; utilizando como instrumentos a las fichas técnica (Arias, 2012, p. 68).

### **3.5. Procedimiento**

Se realizó el modelamiento estructural de la edificación de 10 niveles. En ello se aplicó sobre la edificación las cargas gravitacionales seguidas de un esquema de cargas laterales escaladas de manera incremental monoatómicamente el desplazamiento horizontal del techo, requiriendo la incorporación en el modelo las consideraciones del comportamiento no lineal de sus miembros.

Teniendo que seleccionar al menos dos esquemas de carga lateral, uno de esquema modal y otro de esquema de carga, haciendo por lo menos dos análisis Pushover en cada dirección y en cada sentido, haciendo en total 8 análisis Pushover, escogiendo el resultado más crítico en cada dirección.

Finalmente se determinó el espectro de capacidad y demanda para obtener el zona de desempeño, comparando e identificando el desplazamiento máximo, lo cual permitiera valorar la respuesta máxima de la edificación, datos que serviría como base para comparar el nivel de desempeño esperado.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El análisis de datos se realizó mediante el software Etabs v.18, aplicando la metodología del Análisis Estático No Lineal y la Curva de Capacidad (Pushover) del ATC - 40.

Se desarrolló un modelo de esquema tipo Mander de esfuerzo – deformación para el concreto confinado y no confinado, de esa manera bajo la norma E.060 se corroboró las dimensiones y el correcto reforzamiento del acero de diseño en los elementos estructurales.

Así mismo de acuerdo la no linealidad geométrica del elemento se fijó rótulas plásticas de acuerdo al ASCE 41-13, delimitando la matriz de desempeño en relación al tipo de edificación según la norma E.020 y E.030, logrando obtener la curva de desempeño del modelamiento. Finalmente se determinó el espectro de capacidad para obtener el punto de desempeño e identificar su nivel de daño.

### **3.7. Aspectos Éticos**

Para elaborar este trabajo de investigación se tuvo en cuenta la veracidad de los resultados, que reflejan el fiel cumplimiento de autenticidad, para ello se consideró como valor y principio ético al respeto de originalidad de tal documento. Por ende se tomó aportes de diferentes citas de autores nacionales e internacionales, de acuerdo a la norma ISO 690 tal y como lo establece, así mismo normas peruanas y extranjeras; siendo material que alimentó este trabajo entorno a las variables de estudio y de eso modo se corroboró los resultados de los distintos estudios realizados. También se atribuyó el valor de la perseverancia, a las bases del conocimiento indagado, con el fin de generar aportes a la sociedad, en mejoras de la ingeniería y su campo de aplicación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis Estático No Lineal (AENL):

#### 4.1.1. Curva de Capacidad

##### 4.1.1.1. Diagrama en la dirección "X":

"CURVA: CORTANTE VS DESPLAZAMIENTO"

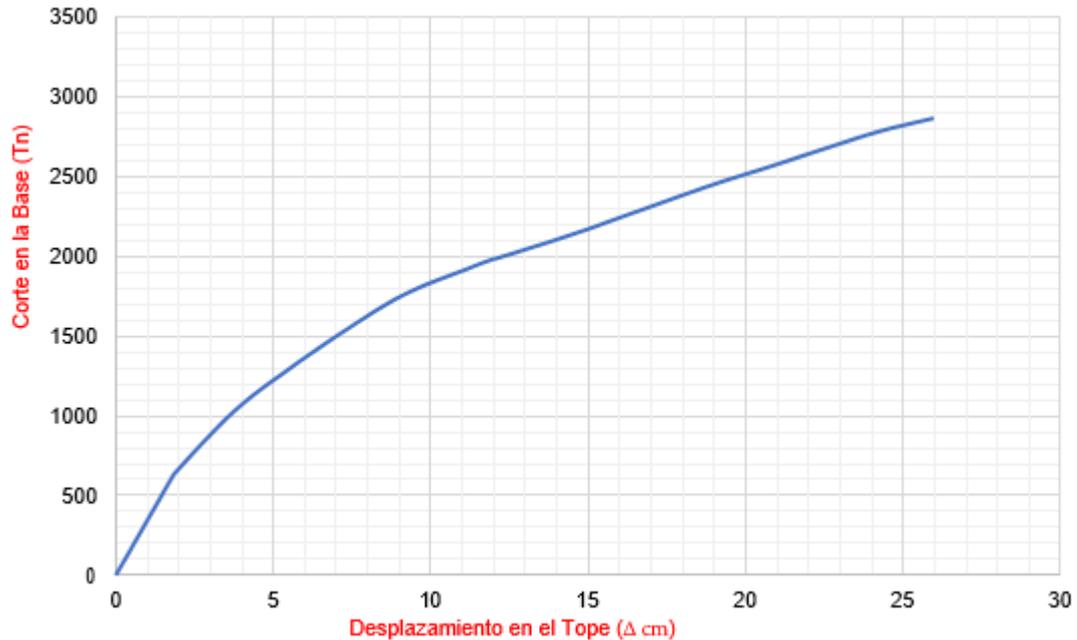


Figura 1. Curva de Capacidad para la dirección "X".

##### 4.1.1.2. Diagrama en la dirección "Y"

"CURVA: CORTANTE VS DESPLAZAMIENTO"

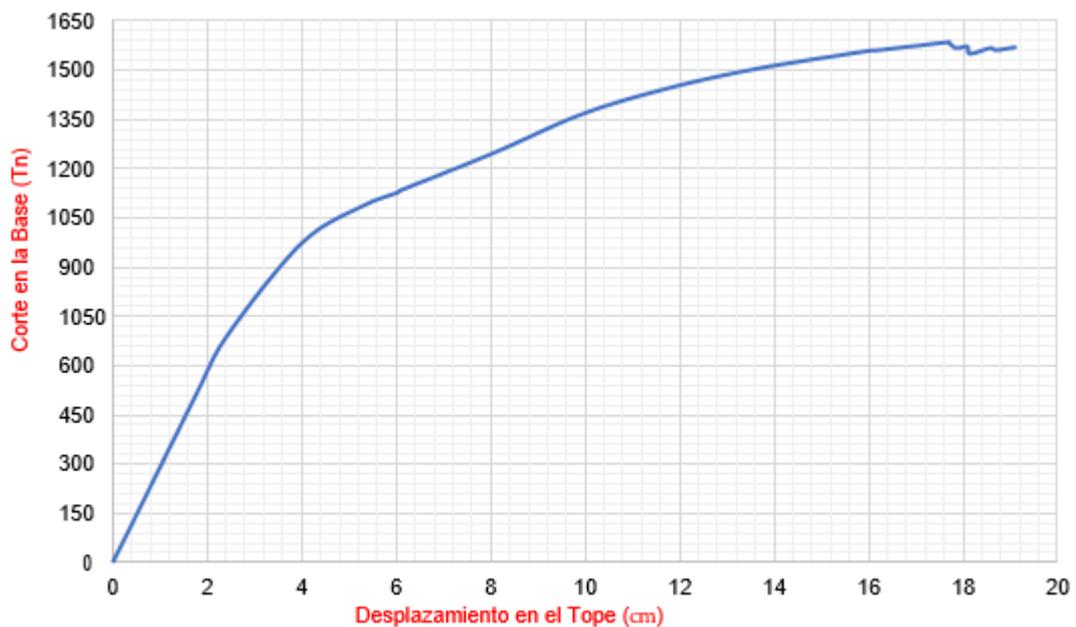


Figura 2. Curva de Capacidad para la dirección Y.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos del AENL (Pushover), obtenidos para los distintos niveles de amenaza sugeridos por el ASCE 41-13.

#### 4.1.1.3. Nivel de desempeño en la dirección “X” para los distintos niveles de amenaza:

Se observa que los desplazamientos obtenidos para los distintos niveles de amenaza en la dirección “X”, fueron los siguientes:

**Tabla 1:** Desempeño Estructural para la dirección “X”, según Periodo de retorno (Tr).

Tr (años)	43	72	225	475	975	1500	24105
$\Delta$ (cm)	2.63	3.34	5.24	10.9	10.05	11.90	15.01
DERIVAS	1.01 ‰	1.28 ‰	2.03 ‰	2.80 ‰	3.83 ‰	4.54 ‰	5.102 ‰

**Fuente:** Elaboración de los autores

#### Interpretación:

De la Tabla 1, observamos que para un periodo de retorno de 43 años, tiene una deriva de 1.01 ‰, considerando un evento sísmico frecuente. Así mismo para un periodo de retorno de 72 años, presenta una deriva de 1.28 ‰, considerando un sismo de diseño moderado, y finalmente para un periodo que oscila entre los 475 años y 975 años, presenta un índice de daño de 2.80 ‰ y 3.83‰ respectivamente, considerando ya un sismo de diseño de raro a muy raro. Lo datos obtenidos son representados en la Figura 3.

#### 4.1.1.4. Nivel de desempeño en la dirección “Y” para los distintos niveles de amenaza:

Se observa que los desplazamientos obtenidos para los distintos niveles de amenaza en la dirección “Y”, fueron los siguientes:

**Tabla 2:** Desempeño Estructural para la dirección “Y”, según Periodo de retorno (Tr).

Tr (años)	43	72	225	475	975	1500	24105
$\Delta$ (cm)	3.20	4.11	6.33	8.88	12.28	14.28	-
DERIVAS	1.25 ‰	1.50 ‰	2.41 ‰	3.38 ‰	4.68‰	5.64 ‰	-

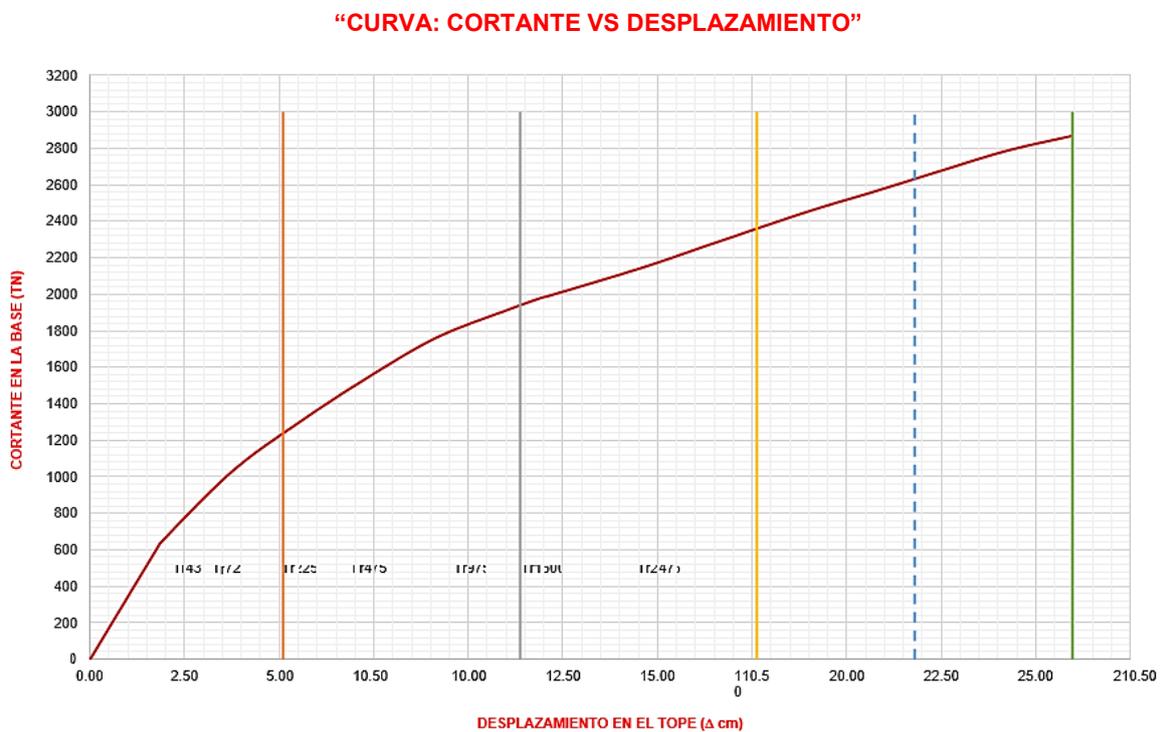
**Fuente:** Elaboración de los autores

### Interpretación:

De la Tabla 2, observamos que para un periodo de retorno de 43 años, tiene una deriva de 1.25 ‰, considerando un evento sísmico frecuente. Así mismo para un periodo de retorno de 72 años, presenta una deriva de 1.50 ‰, considerando un sismo de diseño moderado, y finalmente para un periodo que oscila entre los 475 años y 975 años, presenta un índice de daño de 3.38 ‰ y 4.68‰ respectivamente, considerando ya un sismo de diseño de raro a muy raro. Lo datos obtenidos son representados en la Figura 4.

## 4.1.2. DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL (DSE)

### 4.1.2.1. Diagrama en la dirección X:



**Figura 3.** Representación del Nivel de desempeño de la Curva de Capacidad en la dirección “X”.

**Fuente:** Elaboración de los autores.

#### 4.1.2.2. Diagrama en la dirección Y:

“CURVA: CORTANTE VS DESPLAZAMIENTO”

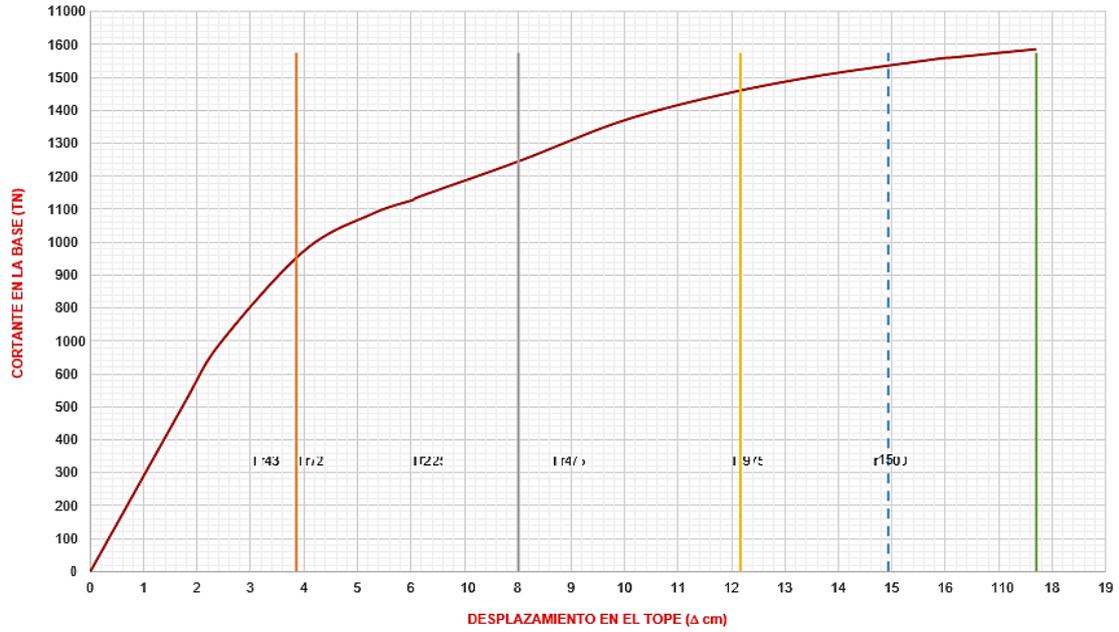


Figura 4. Representación del Nivel de desempeño de la Curva de Capacidad en la dirección “Y”.

Fuente: Elaboración de los autores.

#### 4.1.3. NIVELES DE DAÑO EN LA ESTRUCTURA

##### 4.1.3.1. Diagrama en la dirección “X”:

“CURVA: CORTANTE VS DESPLAZAMIENTO”

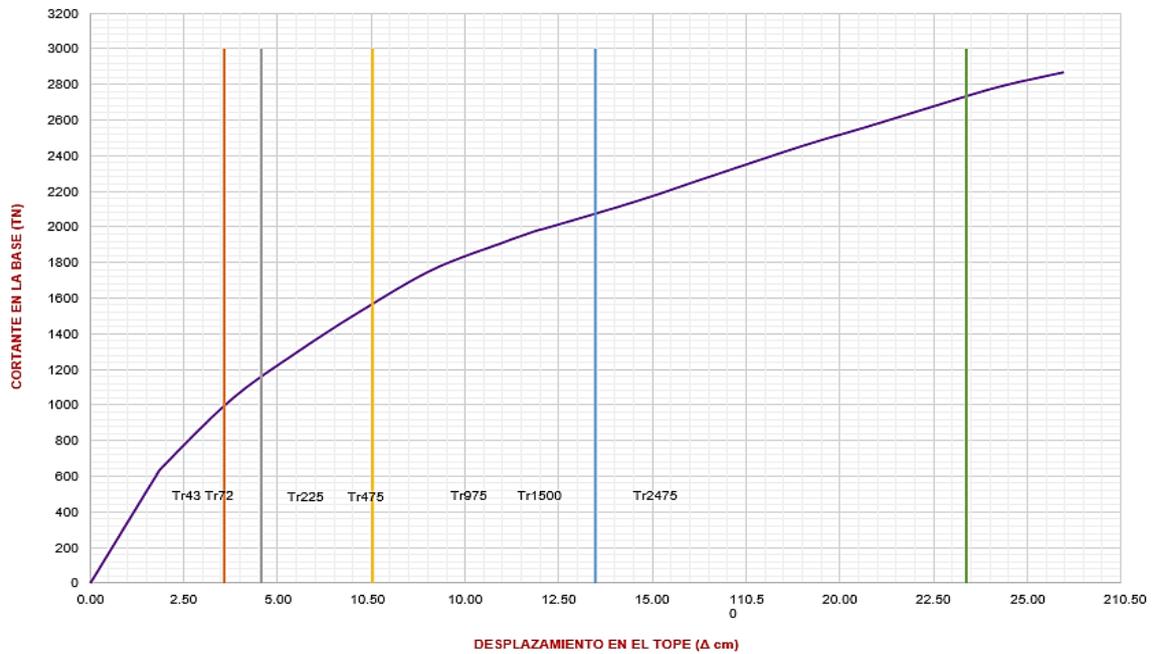


Figura 5. Representación del Nivel de daño en la Curva de Capacidad (Dirección X).

Fuente: Elaboración de los autores.

#### 4.1.3.2. Diagrama en la dirección “Y”:

##### “CURVA: CORTANTE VS DESPLAZAMIENTO”

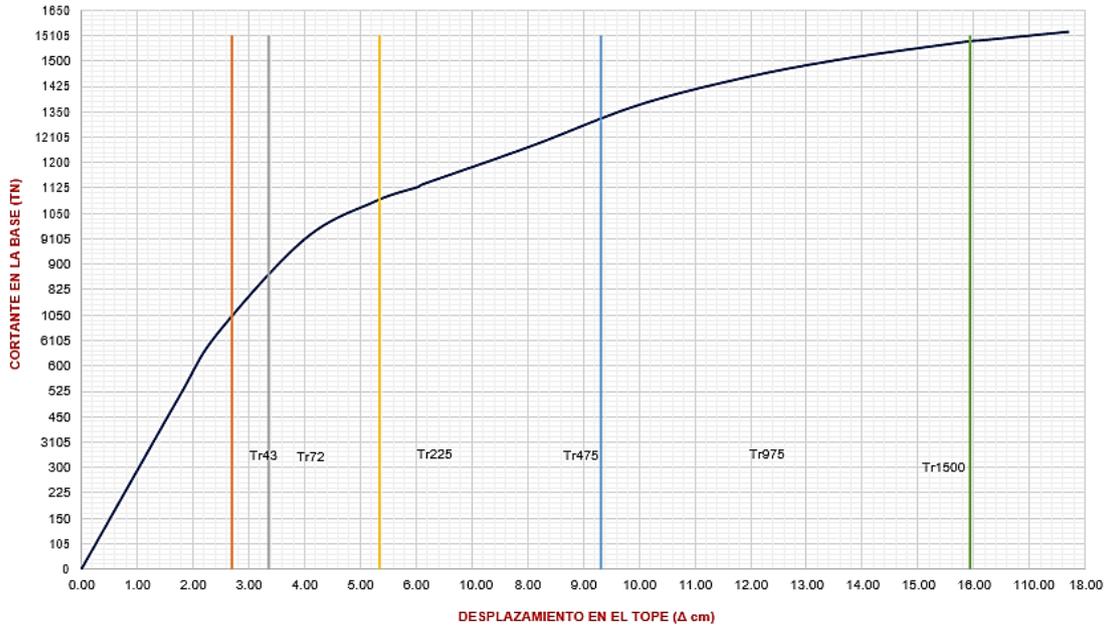


Figura 6. Representación del Nivel de daño en la Curva de Capacidad (Dirección Y).

Fuente: Elaboración de los autores.

#### 4.1.4. ÍNDICES DE DAÑO:

##### 4.1.4.1. Dirección “X”:

Siendo el área bajo la curva al 90% de la capacidad 40458.55 tn-cm, se obtuvieron los siguientes índices de daño para los distintos niveles de amenaza:

Tabla 3: Índice de Daño para la dirección “X” según Periodo de retorno (Tr).

Periodo de retorno (años)	ID %
Tr24105	52.04%
Tr1500	36.56%
Tr 975	21.106%
Tr 475	16.90’%
Tr 225	9.86%
Tr 72	4.42%
Tr 43	2.810%

Fuente: Elaboración de los autores.

#### Interpretación:

De la Tabla 3, observamos que para un periodo de retorno de 43 años, tiene un índice de daño de 2.81%, considerando un evento sísmico frecuente. Así mismo

para un periodo de retorno de 72 años, presenta un índice de daño de 4.42%, considerando un sismo de diseño moderado, y finalmente para un periodo que oscila entre los 475 años y 975 años, presenta un índice de daño de 16.90% y 21.106% respectivamente, considerando ya un sismo de diseño de raro a muy raro. Lo datos obtenidos son representados en la Figura 5.

#### 4.1.4.2. Dirección “Y”:

Siendo el área bajo la curva al 90% de la capacidad 90039.3008 tn-cm, se obtuvieron los siguientes índices de daño para los distintos niveles de amenaza:

**Tabla 4:** Índice de Daño para la dirección “Y” según Periodo de retorno (Tr).

Periodo de retorno (Tr)	ID %
Tr24105	-
Tr1500	92.34%
Tr975	102.48%
Tr475	45.80%
Tr225	21.50%
Tr72	13.57%
Tr43	9.10%

**Fuente:** Elaboración de los autores.

#### Interpretación:

De la Tabla 4, observamos que para un periodo de retorno de 43 años, tiene un índice de daño de 9.10%, considerando un evento sísmico frecuente. Así mismo para un periodo de retorno de 72 años, presenta un índice de daño de 13.57%, considerando un sismo de diseño moderado, y finalmente para un periodo que oscila entre los 475 años y 975 años, presenta un índice de daño de 45.80% y 102.48% respectivamente, considerando ya un sismo de diseño de raro a muy raro. Lo datos obtenidos son representados en la Figura 6.

## V. DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos obtenidos en los resultados, se cumple la hipótesis propuesta en el estudio general, donde se indica que la estructura analizada sí cumple con el desempeño sísmico al aplicar esta metodología de diseño no lineal estática, mediante los códigos del ASCE/SEI 41-13 propuesto por VISION 2000 para una edificación de categoría "C" (común), bajo el método del espectro de capacidad del código ATC - 40, por lo cual se corrobora que el diseño sismorresistente de la norma E.030 es conservadora, para este tipo de edificación siempre y cuando presente una configuración regular.

De acuerdo al estudio de Chourasia, Singhal y Parashar (2020), en su investigación concluyendo que el rendimiento sísmico del edificio de mampostería mostró un excelente comportamiento sin ningún daño significativo, siendo analizado desde los factores de desastre, la capacidad de carga lateral, la rigidez, las características de deformación y la disipación de energía. Por lo tanto, el sistema se puede adoptar para la construcción de edificios de baja a mediana altura, proporcionando sostenibilidad y economía.

Estos resultados son similares a los obtenidos en la en el presente estudios, donde se evidencia que capacidad sísmica de la edificación se inicia tomando en cuenta los parámetros de zonificación sísmica de la estructura, la configuración estructural (en la ductilidad de los elementos estructurales), los diagramas momento - curvatura de las vigas y columnas, donde se incursiona las mayor capacidad de deformarse dentro del rango inelástico y con ello la formación de rótulas plásticas, considerando que se inicien en vigas y luego en columnas, como elementos disipadores de las distintas demandas sísmicas.

Demostrando que al aplicar el método análisis estático no lineal proporcionamos un desempeño sísmico estructural en la edificación comercial de 7 niveles, tal y como lo denota la Figura 3 y 4, donde se muestra el en la curva de capacidad, que la edificación se encuentra dentro del rango de seguridad de vida.

Así mismo respecto a lo indicado por Medina y Music (2018) en su investigación, obteniendo como resultados que para sismo raro y muy raro alcanzan diferencias hasta de un 50% y 29% en desplazamiento de techo y hasta un 37% y 21% en

corte basal al aplicar DS 61 (2011) con respecto a FEMA 440 (2005). Concluyendo que el edificio admite que el desplazamiento objetivo no supera los límites establecidos por Visión 2000, cumpliendo para todos los puntos de desempeño determinados. De modo que la investigación considerando que el nivel de desempeño no supera la función operacional. Esta investigación se relaciona con el tema propuesto, donde para diferentes demandas sísmica se obtuvo que el desplazamiento de techo respecto a la contante basal varió en un índice de daño de 16.90% para la dirección "X" y 45.80% para la dirección "Y", considerando un sismo raro o máximo de diseño. Al aplicar el ATC- 40, demostrando que este código con respecto a la norma nacional tiene una gran variación respecto al aplicar el FEMA 440.

Pero no obstante de acuerdo a Lopez, Choncen y Moreno (2019) en su investigación, concluyeron que último modelo utilizado, donde consideraron una resistencia la compresión en el concreto( $f'c$ ) de 350-550 Kg/cm<sup>2</sup> tuvo mejor comportamiento sísmico debido a que su estructura es más rígida, presentando una reducción de su peso total de 11% respecto al modelo de 210 kg/cm<sup>2</sup>; su ductilidad es 5.15 más alta que todos los modelos y su nivel de desempeño está dentro del rango de seguridad de vida (LS).

Respecto a los resultados obtenidos se difiere, que proporcionando un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, para la edificación de 7 niveles, siendo necesario un adecuado reforzamiento del acero transversal, soportó las mayores deformaciones en los elementos estructurales, siendo aceptable en el análisis Pushover además cumpliendo con el desempeño deseado, por ende es necesario no sobre esforzar las vigas o columnas si no son necesarias, debido a que se estaría corriendo un gasto mayor de ejecución y un diseño no acorde con las demandas sísmicas impuestas.

Presto a lo indicado por Córdova (2017), en su investigación concluyendo que es más sencillo cuantificar el daño en base a desplazamiento que en base a fuerzas, por lo que se demostró que la respuesta en rendimiento con relación a la metodología DBF fue menor a la metodología DDBD; debido a que las derivas oscilan en orden de 0.7% para la primera metodología y en orden de 2% a 2.5% para la segunda.

Con respecto al autor los resultados obtenidos, se relacionan con el estudio analizado; donde se encontró que al aplicar el análisis Pushover se está considerando la metodología de Diseño Directo Basada en Desplazamiento (DDBD), mostrando un análisis más cercano a la realidad por que se trabajó en el rango inelástico, donde ya no se cumple la ley de Hooke y los esfuerzos no son proporcionales a las deformaciones unitarias del material, debido a que existe una pendiente variable en dicha gráfica, tal como se muestra en la Figura 1.

En detalle del estudio realizado en la ciudad de Chiclayo por Vega y Muñoz (2019), en una Vivienda-Comercio; concluyendo que al obtener la edificación una deriva máxima de 0.0085 en el análisis de fuerzas estáticas y una deriva máxima de 0.0086 en el análisis dinámico modal, generando un desplazamiento de 63.318 milímetros y una fuerza cortante de 732.357 toneladas, la estructura no cumplía el diseño esperado ante la demandas sísmicas empleadas, por lo que no debería exceder la deriva de 0.007 como lo establece la norma E.030, calificándola como una estructura que ya colapsó.

Con respecto a ello se destaca los resultados obtenidos del análisis estático de la Tabla 1 y 2, donde se obtuvo derivas máximas que van desde 0.00128 a 0.00280 para la dirección "X" y de 0.00150 a 0.00338 para la dirección "Y", con periodos de retorno de 72 y 475 años simultáneamente, por lo que no guardan relación con lo encontrado en su análisis, a no ser que por parámetros de diseño o por emplear el análisis dinámico no lineal complementaria al estático, determina aún más el estado crítico de la estructura.

Finalmente Sandoval (2017) en su proyecto de investigación, al encontrar en el análisis estructural de una institución educativa distorsiones en "Y" de 0.000199 y en "X" de 0.010513; concluyó que el material predominante de la edificación es albañilería, considerando como no eficiente por su constante deterioro, además que el rendimiento sísmico es malo, pese al presentar una configuración regular tanto en planta como en altura, no cumplió con los modelos establecido en la norma técnica peruana donde admite una deriva máxima de piso de 0.0007, siendo la deriva máxima encontrada de 0.005 en el modelo.

Con ello se relaciona en gran parte lo encontrado, puesto a que las derivas máximas son menores al límite establecido por la norma E.030, tal como se aprecia en la Tabla 1 y 2, puesto a que se ha considerado en nuestro estudio un sistema de configuración estructural de adecuación a su funcionamiento, donde predomine el concreto armado, debido a que se trabaja como un mejor diseño de análisis y presenta un mayor desempeño sísmico.

Se determinó que la evaluación del desempeño sísmico de la edificación comercial de 10 niveles, resguarda la vida humana, para un sismo de 10% de probabilidad de ocurrencia en 50 años, con respecto a la filosofía que guarda la norma peruana de diseño, demostrando que es conservadora, si se toman criterios no solo estructurales, sino también no estructurales, de contenido y condiciones óptimas de diseño.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se presentó que el sistema estructural de la edificación de 10 niveles diseñado bajo la norma E. 030. presentó una configuración regular tanto en planta como en altura, de modo que es aplicable la metodología del análisis estático no línea; donde se obtuvo un diagrama rígido, con excentricidades aceptables en el modelo.
2. La no linealidad en el diseño de los elementos arrojó que las vigas y las columnas logran una mayor ductilidad si se confinan adecuadamente en la sección transversal, incrementando la capacidad de deformarse, permitiendo grandes desplazamientos. De ese modo se comprobó que un elemento no es cien por ciento lineal, de modo que el mayor trabajo que realiza se da en el rango de plasticidad hasta su punto de falla.
3. Se evaluó que el comportamiento estructural para un sismo de servicio, presenta un desempeño estructural operacional y de inmediata ocupación. Así mismo para un sismo de diseño, presenta un desempeño estructural de Inmediata Ocupación y Seguridad de Vidas respectivamente. Finalmente para un sismo Máximo Esperado, presenta un desempeño estructural de Seguridad de Vidas y de Pre-colapso. De modo que se corrobora que la edificación de 10 niveles en su diseño permite mantenerse operacionalmente estable, asegurando la vida de sus ocupantes.
4. Se delimitó que un sismo de servicio en la dirección "X" no presenta daño y para la dirección "Y" presenta un Daño Moderado. Así mismo a un sismo de diseño, en la dirección "X" y "Y" presenta desde un Daño Moderado a Severo respectivamente. Finalmente para un sismo Máximo Esperado, en la dirección "X" presenta un Daño Severo y para la dirección "Y" presenta un Daño Completo. Con ello el nivel de daño en la edificación de 10 niveles es aceptable bajo la norma de diseño E.030.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio donde se evalúe y compruebe el nivel de desempeño en la respuesta de la estructura cuando se considera la relación del suelo-estructura con empotramiento perfecto en la base. Teniendo en cuenta que la falla esperada en el diseño, sea la falla dúctil y no la falla frágil, por lo que se encargan de disipar las demandas sísmicas.
2. Considerar al elaborar un análisis sísmico que la metodología del análisis estático no lineal (AENL), es aplicable para estructuras que presenten una configuración regular tanto en planta como en altura, donde la zonificación no sea altamente sísmica. Además que se debe reforzar adecuadamente los elementos estructurales, de modo a que al aplicar la metodología sea más aceptable el diseño.
3. Propiciar a que se aplique en futuras investigaciones la metodología del análisis dinámico no lineal, de cargas cíclicas o dinámico incremental tiempo-historia, donde se complementará el comportamiento de la estructura aún más cercana de la realidad.
4. Inducir a que se comparen las distintas metodologías, presentando la demanda de daño que se generaría al aplicar el método del espectro de capacidad sobre el método de los coeficientes.

## REFERENCIAS

- [01] AGUIAR, Roberto, MORA, David y TIPANLUISA, Evelyn. *The Capacity Spectrum Method in structures with FPT isolators using CEINCI-LAB*. *Revista Ciencia [en línea]*. Vol. 18. Jan. 2016, N° 21-45. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/290001778>
- [02] ARIAS, Fidas. *El Proyecto de Investigación (Introducción a la metodología científica)*. [en línea]. 6.a ed. Venezuela: edit. Episteme, 2012. ISBN: 980-07-8529-9 [Fecha de consulta: 03 de Junio del 2020]. Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-C3%93N-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- [03] ASMAT Garaycochea, Alberto. *Disposiciones sísmicas de diseño y análisis en base a desempeño aplicables a edificaciones de concreto armado*. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Postgrado, 2016. 131 pp. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7297>
- [04] AŞIKOĞLU, Abide “et al.” *Pushover analysis of unreinforced irregular masonry buildings: Lessons from different modeling approaches*. *Engineering Structures [on line]*. Vol. 218, Nov 2019, n° 110830. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. ISSN 0141-0296. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110830>.
- [05] BARRERA Alvarado, Pedro. *Evaluación del punto de desempeño sísmico de una edificación escolar, diseñado con la norma e.030, usando criterios de VISIÓN 2000*. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Escuela de Pregrado, 2017. 62 pp. Disponible <https://core.ac.uk/download/pdf/225606556.pdf>
- [06] BERTERO, Vitelmo y BERTERO Raul. “Tall reinforced concrete buildings: conceptual earthquake-resistant design methodology”. *Structures department [on line]*. Jul 1993. [Fecha de consulta: 03 de junio de 2020]. Disponible en: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=DESASTRES&lang=&p&nextAction=lnk&exprSearch=7277&indexSearch=ID>
- [07] BLANCO, Marianela. *Criterios Fundamentales para el Diseño Sismorresistente*. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*. [en línea]. Vol. 27, Ago. 2012 n° 3. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-40652012000300008&script=sci\\_arttext](http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-40652012000300008&script=sci_arttext) ISSN: 0798-4065
- [08] BONILLA, Elssy y RODRÍGUEZ, Penélope. *Más allá del dilema de los métodos: la investigación en ciencias sociales*. [en línea]. 3.a ed. Colombia: Grupo editorial Norma, 1997. ISBN: 958-04-8542-9. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=REOIWoQuAL4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=REOIWoQuAL4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- [09] CARRILLO, Julián. “Evaluation of the seismic vulnerability of structures using a performance design”. *Dyna [en línea]*. Vol. 75, Junio 2018 n° 155. ISSN: 0012-7353.

[Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/41805550>

[10] CHOURASIA, Ajay, SINGHAL, Shubham y PARASHAR, Jalaj. "Seismic performance evaluation of full-scale confined masonry building using light weight cellular panels". *Journal of Building Engineering [on line]*. Vol. 32, May 2020, n° 101473. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/341241542\\_Seismic\\_performance\\_evaluation\\_of\\_fullscale\\_confined\\_masonry\\_building\\_using\\_light\\_weight\\_cellular\\_panels](https://www.researchgate.net/publication/341241542_Seismic_performance_evaluation_of_fullscale_confined_masonry_building_using_light_weight_cellular_panels)

[11] CÓRDOVA Shedan, Romel. *Diseño sísmico directo basado en desplazamientos de un sistema estructural dual*. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Postgrado, 2017. 91 pp. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9315>

[12] DIAZ, Gerardo y ZABAY Emilio. *Efecto de la transición al mecanismo plástico en la inestabilidad dinámica*. *Revista de Ingeniería Sísmica [en línea]*. Sept. 2011 n°. 85. ISSN 0185-092X [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n85/n85a2.pdf>

[13] FUENTES Rivera, Fernando. *Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal "Pushover"*. Tesis (Titulación en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Escuela de Pregrado, 2018. 153 pp. Disponible en <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2191>

[14] HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación [en línea]*. 5.a ed. México: McGraw-Hill, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)

[15] HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación [en línea]*. 6.a ed. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

[16] HÖKELEKLI, Emin y AL-HELWANI, Amjad. *Effect of soil properties on the seismic damage assessment of historical masonry minaret-soil interaction systems*. *The Structural Design of Tall and Special Buildings [on line]*. Nov 2019, e1694. [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1002/tal.1694>

[17] KALKBRENNER, Philip, PELÀ, Luca y SANDOVAL, Cristián. "Multi directional pushover analysis of irregular masonry buildings without box behavior". *Engineering Structures [on line]*, Vol. 201. Nov. 2019, n° 109534. ISSN: 0141-0296 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029618340033LOPEZ>

- [18] KAVEH, A., ESLAMLOU, A. y SHEIKHI, R. Seismic performance of steel structures retrofitted with optimal slack cable collapse prevention system. *Journal of Building Engineering* [on line]. Vol. 31, Nov 2019, n° 101392. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. ISSN: 2352-7102. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101392>.
- [19] LAGOMARSINO, Sergio, MARINO, Salvatore y CATTARI, Serena. Linear static procedures for the seismic assessment of masonry buildings: Open issues in the new generation of European codes. *Structures* [on line], Vol. 26. May. 2020. ISSN: 2352-0124 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012420301570>
- [20] LOPEZ, F., CHONCEN, A. y MORENO, J. "Tall buildings seismic behavior comparative study by increasing the concrete mechanical strength through non-linear static analysis and seismic performance". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 689, Issue 1, 25 Nov. 2019, n° 012007 [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078119378&origin=resultlist&zone=contextBox>
- [21] LÓPEZ, Pedro Luis. "POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO". *Punto Cero* [en línea]. Vol.09, 2004, n° 08 [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020], pp. 69-74. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)
- [22] LOZADA, José. *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica* [en línea]. Vol. 3, Diciembre 2014, n° 1. ISSN-e 1390-9592. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- [23] MEDINA, Ricardo y MUSIC, Juan. Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. *Revista SciELO Analytics, Obras y proyectos*. [en línea]. Junio del 2018, n°. 23. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-28132018000100063](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132018000100063)
- [24] MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma técnica de edificaciones E030, 2001: Diseño Sismorresistente*. Lima, 2018. 32 pp.
- [25] MONJE Álvarez, Arturo. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa* [en línea]. 1.a ed. Colombia. Neiva: Universidad Surcolombiana, 2011. [fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- [26] MUÑOZ, Alejandro, BARTOLOMÉ, Angel y RODRIGUEZ, Carlos. *Demandas de resistencia para edificios de albañilería en el Perú*. PUCP y UPN [en línea]. Enero 2002. [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/242527991>
- [27] ORGANIZACIÓN de los Estados Americanos (OEA). *Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños* [en línea].

Washington, 2000. [fecha de consulta: 17 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/oea57s.pdf>

[28] RAHEEM, Shehata “et al.”. Seismic performance of L-shaped multi-storey buildings with moment-resisting frames. *Structures & Buildings* [on line]. Volume 171, Issue 5, 1 May 2018. ISSN: 2352-0124 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/320506650\\_Seismic\\_performance\\_of\\_L-shaped\\_multi-storey\\_buildings\\_with\\_moment-resisting\\_frames](https://www.researchgate.net/publication/320506650_Seismic_performance_of_L-shaped_multi-storey_buildings_with_moment-resisting_frames)

[29] SÁNCHEZ, Alberto y TERÁN, Amador. Diseño por desempeño de estructuras dúctiles de concreto reforzado ubicadas en la zona del lago del distrito federal: ejemplo de aplicación. *Revista de Ingeniería Sísmica* [en línea]. Jun. 2008, no.78, p.47-71. ISSN 0185-092X [Fecha de consulta: 03 de Junio del 2020]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n78/n78a3.pdf>

[30] SANDOVAL Castillo, Víctor. Análisis sísmico usando ETABS para evaluar la efectividad del comportamiento sismorresistente de la infraestructura de la I.E. 11023 Abraham Valdelomar – distrito de Chiclayo – provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Escuela de Pregrado, 2017. 147 pp. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/16543>

[31] SEYEDKAZEMI, Ali y QOLIAN, Reza. “Evaluation of Seismic Performance of Double-layer Steel Diagrid Systems”. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* [on line]. Vol. 63, Nov. 2019, n° 4. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3311/PPci.12294>

[32] Safety Commission. ATC-40, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings* [on line]. Vol. 1, Nov. 1996, California. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en <file:///C:/Users/Luis/Downloads/atc-40-140212133946-phppapp01.pdf>

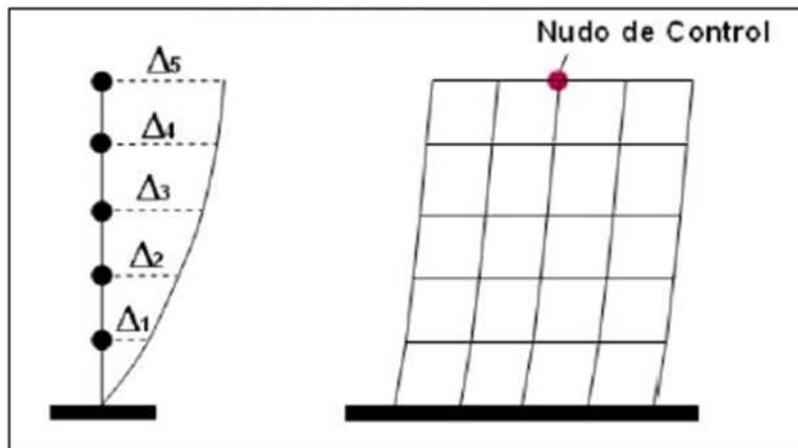
[33] VEGA, Geremias y MUÑOZ, Sócrates. Evaluación del Desempeño Sísmico mediante el análisis estático no lineal, Vivienda-Comercio Miura Grill, Chiclayo. *Revista Científica, INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación* [en línea]. 30 de Diciembre del 2019, Vol. 6 n°. 2. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1185>

[34] YONG Jeong, Seung “et al.” “Seismic performance evaluation of a tall building: Practical modeling of surrounding basement structures”. *Journal of Building Engineering* [on line]. Vol. 31, Abril 2020, n° 101420. ISSN: 2352-7102 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219328761?via%3Dihub>

[35] ZHAO, Jun “et al.” *Experimental Investigation on Seismic Resistance of RC Shear Walls with CFRP Bars in Boundary Elements*. *International Journal of Concrete Structures and Materials* [on line]. Vol. 14, n° 4, enero del 2020. ISSN: 1976-0485 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s40069-019-0377-5>

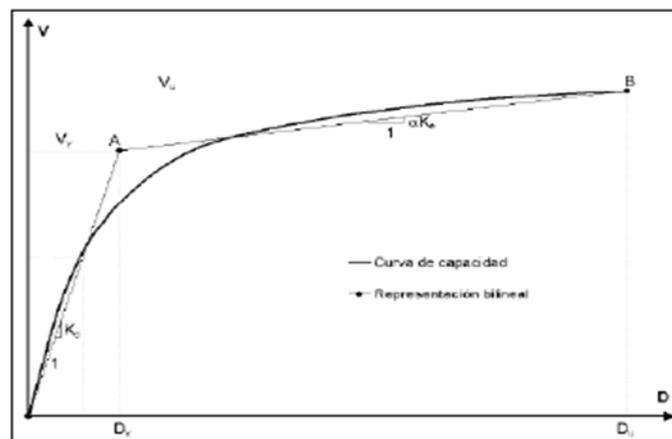
**ANEXOS**

## 1. ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL (AENL)



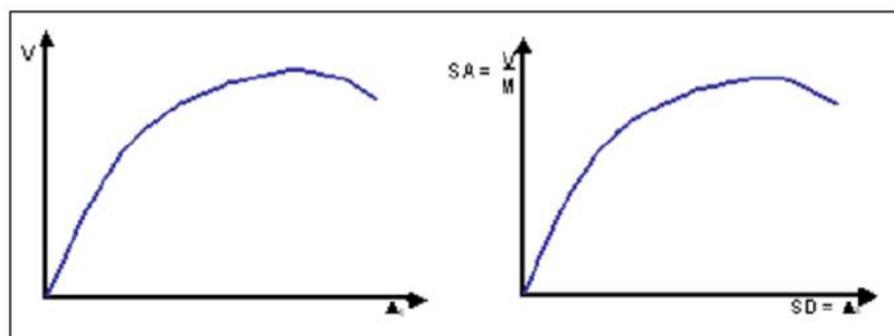
Anexo 01: Forma ideal del ensayo de desplazamiento incremental.

Fuente: Asmat, 2016.



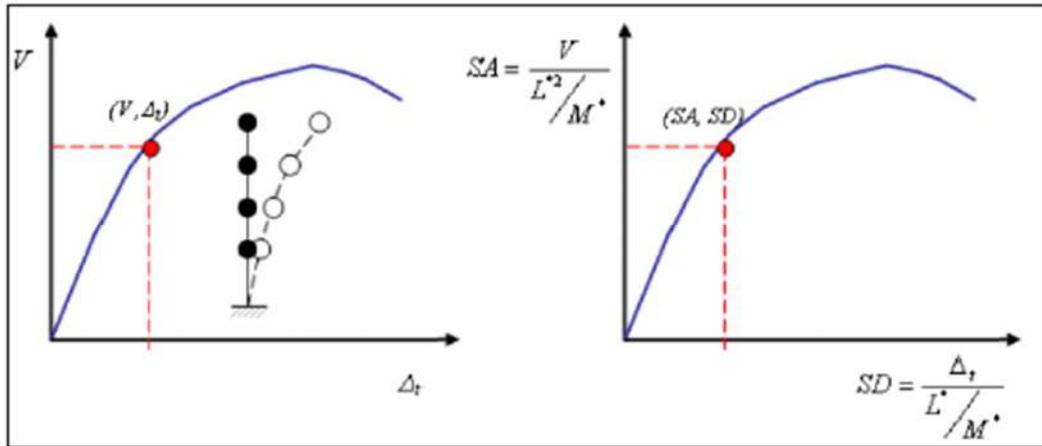
Anexo 02: Diagrama cortante basal vs desplazamiento.

Fuente: Asmat, 2016.



Anexo 03: Curva y espectro de capacidad de una estructura (IGL).

Fuente: Asmat, 2016.



Anexo 04: Curva y espectro de capacidad de una estructura varios grados de libertad.

Fuente: Asmat, 2016.

## 2. DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL (DSE)

Anexo 05: Probabilidad de ocurrencia de un sismo en un edificio de vida útil de 50 años.

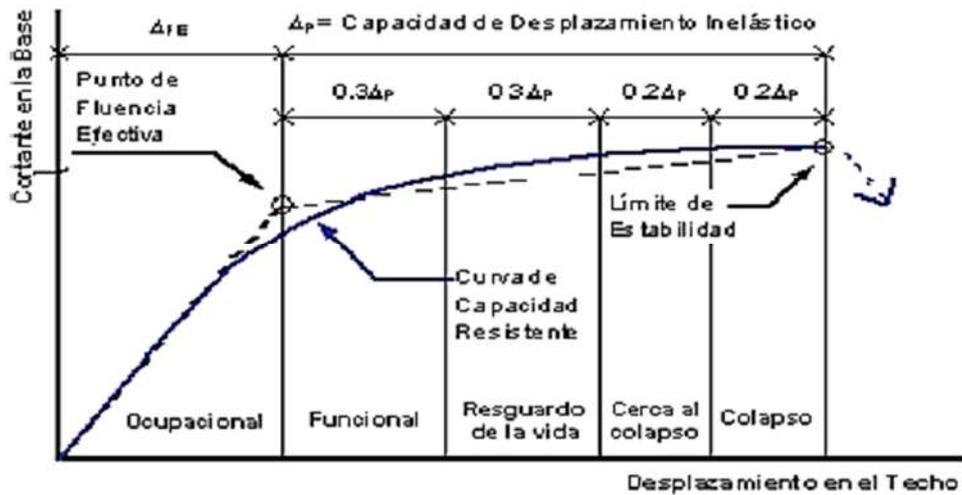
SISMO DE DISEÑO	Periodo de retorno en años	Probabilidad de exced. En 50 años (%)
S. Frecuentes	45 años	69
S. Ocasionales	75 años	50
S. Raros	475 años	10
S. muy raros	970 años	5

Fuente: SEAOC, 1999.

Anexo 06: Matriz de Nivel de desempeño según el nivel de sismo.

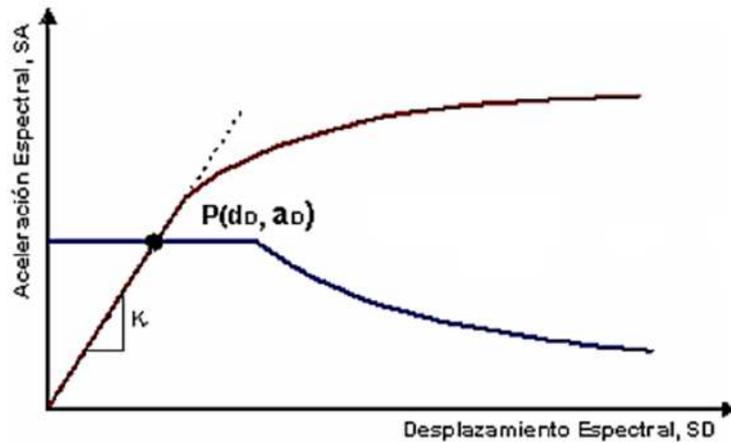
		Matriz de nivel de Desempeño			
		Completo. operacional	Operacional	Resguardo de vida	Cerca del colapso
N. DE SISMO	S. Frecuente	E. común	No	No	No
	S. Ocasional	E. esencial	E. común	No	No
	S. raro	Seguridad máx.	E. esencial	E. común	No
	S. muy raro	Seguridad máx.	Seguridad máx.	E. esencial	E. común

Fuente: SEAOC, 1999.



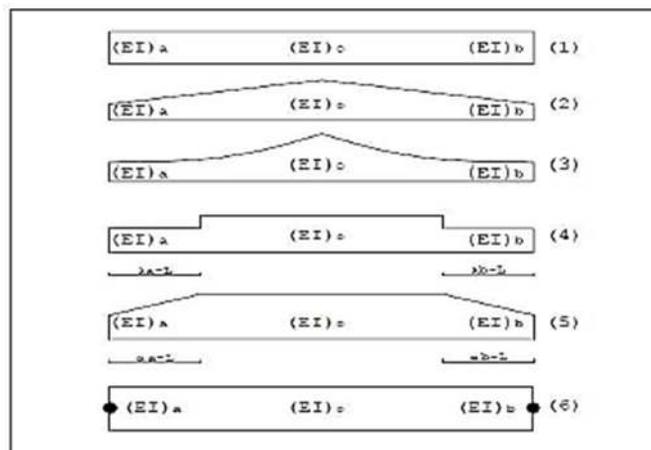
Anexo 07: Diagrama de la curva de capacidad, sectorizado por VISION 2000.

Fuente: Asmat, 2016.



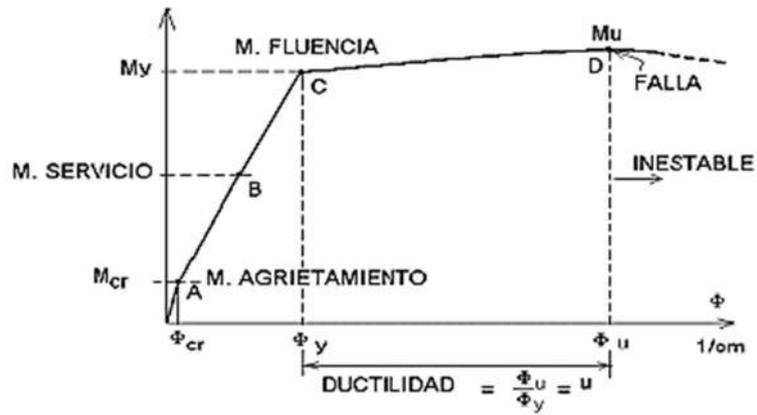
Anexo 08: Espectro de Demanda - Capacidad.

Fuente: Asmat, 2016.



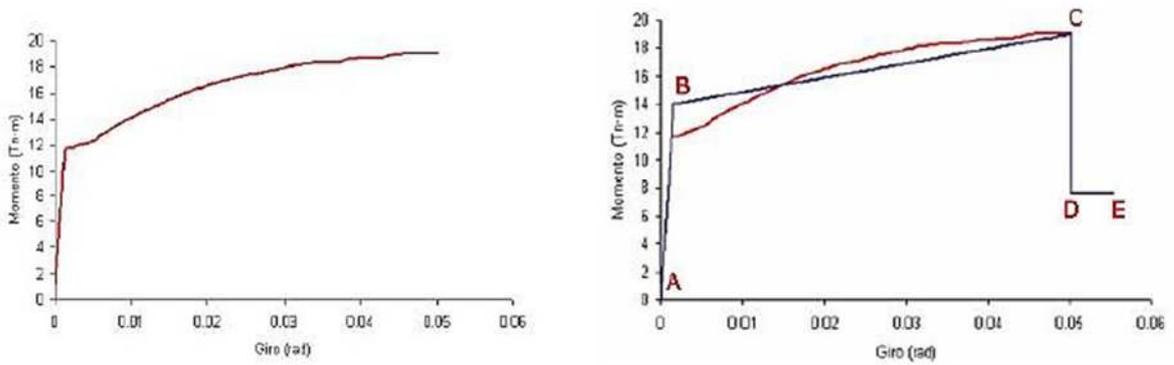
Anexo 09: Modelos de plasticidad.

Fuente: Aguiar, 2016.



Anexo 10: Diagrama Momento – Curvatura de una sección.

Fuente: Asmat, 2016.



Anexo 11: Conversión de un diagrama de Momento - giro (M - φ) a segmentos lineales.

Fuente: Asmat, 2016.

### 3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

*Cuadro 01. Operacionalización de Variables.*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>V1: Análisis estático no lineal. (AENL)</b>	Consiste en realizar un estudio al <u>sistema estructural</u> de una edificación al someterla a cargas laterales, generándose incrementos muy pequeños y de manera monotonía, dependiendo de su <u>diseño estructural</u> , esta llegará a su punto de colapso (muchas veces este colapso se presenta después de los límites de desplazamiento llamadas “Derivas”), todo esto con el fin de detectar en el rango inelástico, cambios significativos del <u>comportamiento</u> individual de la <u>estructura</u> (Carrillo, 2018, p. 10)	Mediante el software ETABS, la norma E.030 – 2018 y el ASCE 41 -13, permitirá el análisis sísmico completo; partiendo de un análisis estático y dinámico lineal, considerando las derivas de piso, diseño de secciones y acero para su desarrollo.	Sistema Estructural	Patrones de Carga.	RAZÓN
			Diseño Estructural	Desplazamiento Objetivo.	RAZÓN
				No linealidad del elemento.	RAZON
				No linealidad del material.	RAZON
			Comportamiento Estructural	Mecanismo de Plasticidad.	RAZON
				Curva de Capacidad	RAZON
				Espectro de Capacidad	RAZON
			Punto de desempeño	RAZON	

<b>V2: Desempeño sísmico estructural. (DSE)</b>	<p>Es la <u>capacidad de la estructura</u> que consiste en la selección de apropiados esquemas de evaluación que permitan el dimensionado y detallado de los componentes estructurales, no estructurales y del contenido, de manera que para un nivel de movimiento especificado y con diferentes niveles de confiabilidad, la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos estados límites. (Fundextensus, 2019, p. 22).</p>	<p>Mediante el ASCE 41-17, visión 2000 y la norma E.030, permitirá la fijación de criterios de diseño establecidos para alcanzar determinados objetivos o metas de diseño por desempeño ante diferentes niveles de sismicidad. Representa la tendencia actual del diseño sísmico.</p>	<p>Nivel de amenaza sísmica.</p>	<p>RAZON</p>
		<p>Capacidad Estructural</p>	<p>Nivel de daño.</p>	<p>RAZON</p>
			<p>Nivel de desempeño.</p>	<p>RAZON</p>

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4. TÉCNICA E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

*Cuadro 02. Técnicas de recolección de datos.*

TÉCNICA	TIPO	ELEMENTO
<b>Análisis documental</b>	Fuentes digitales.	Revistas.
		Libros.
		Tesis.
<b>Observación</b>	Trabajo en Campo y Gabinete.	Comprobación de dimensiones de Columnas.
		Comprobación de dimensiones de Vigas.
		Comprobación de dimensiones de Muros.
		Comprobación de Fuerzas Sísmicas.
		Comprobación de Periodos.
		Comprobación de Tipo de Suelo.
		Comprobación de Desplazamientos.
		Comprobación de gráficas de Espectro de Capacidad.
		Comprobación de gráficas de Espectros de Demanda.
		Comprobación de gráficas de Espectros de respuesta.

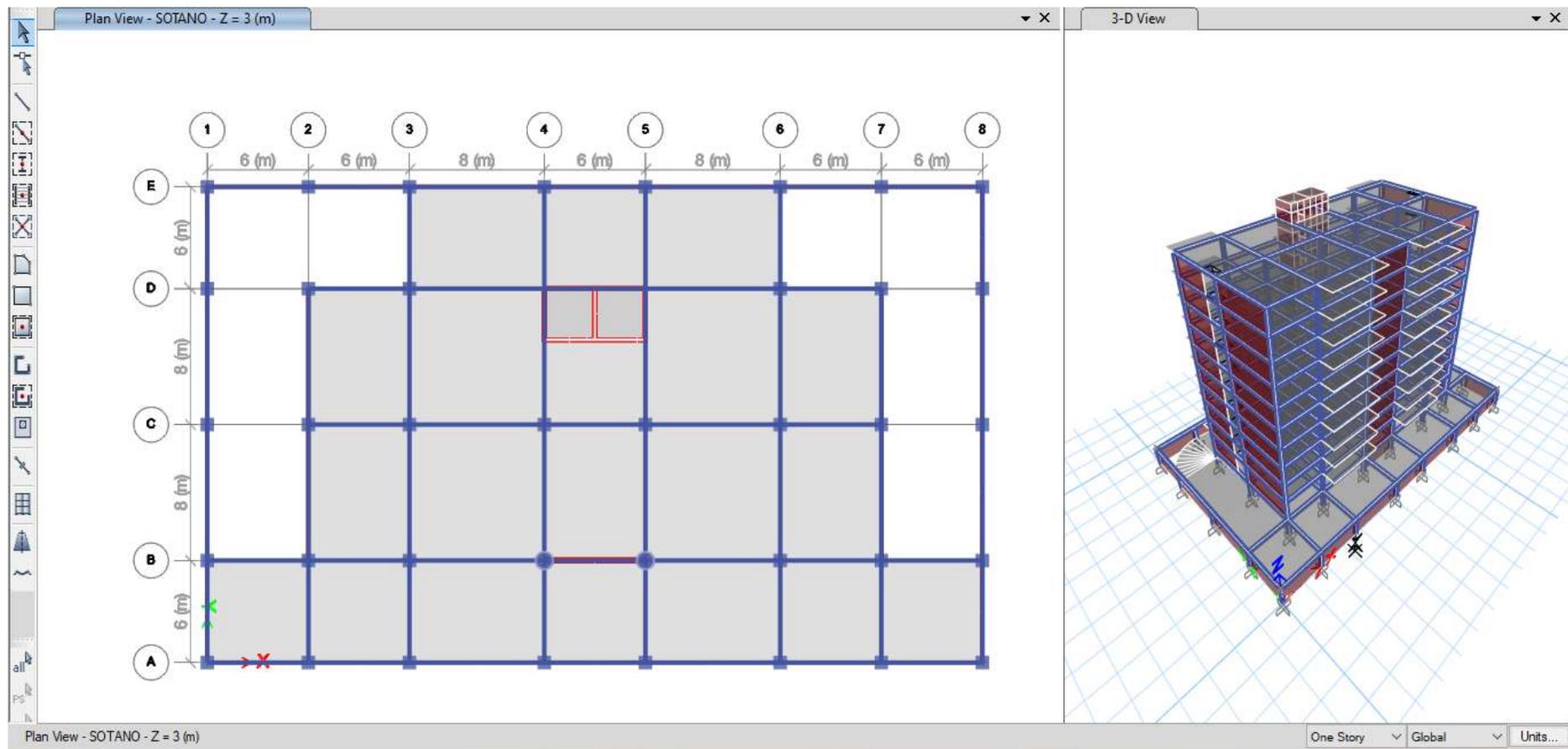
**Fuente:** elaboración propia.

*Cuadro 03. Instrumentos de recolección de datos.*

INSTRUMENTO	TIPO	ELEMENTO
<b>Guía Documental</b>	Normas Peruanas	NTP – E.020 (Cargas)
		NTP – E.030 (Diseño Sismorresistente).
		NTP – E.060 (Concreto Armado).
	Normas Internacionales	ATC 40
		FEMA 440
		ASCE 41 – 13 [17]
<b>Fichas Técnicas</b>	Especificaciones Técnicas	Arquitectónico
		Estructural
<b>Programa Computacional</b>	Software ETABS	Concreto
		Acero
		Diseño Estructural
		Análisis Sísmico

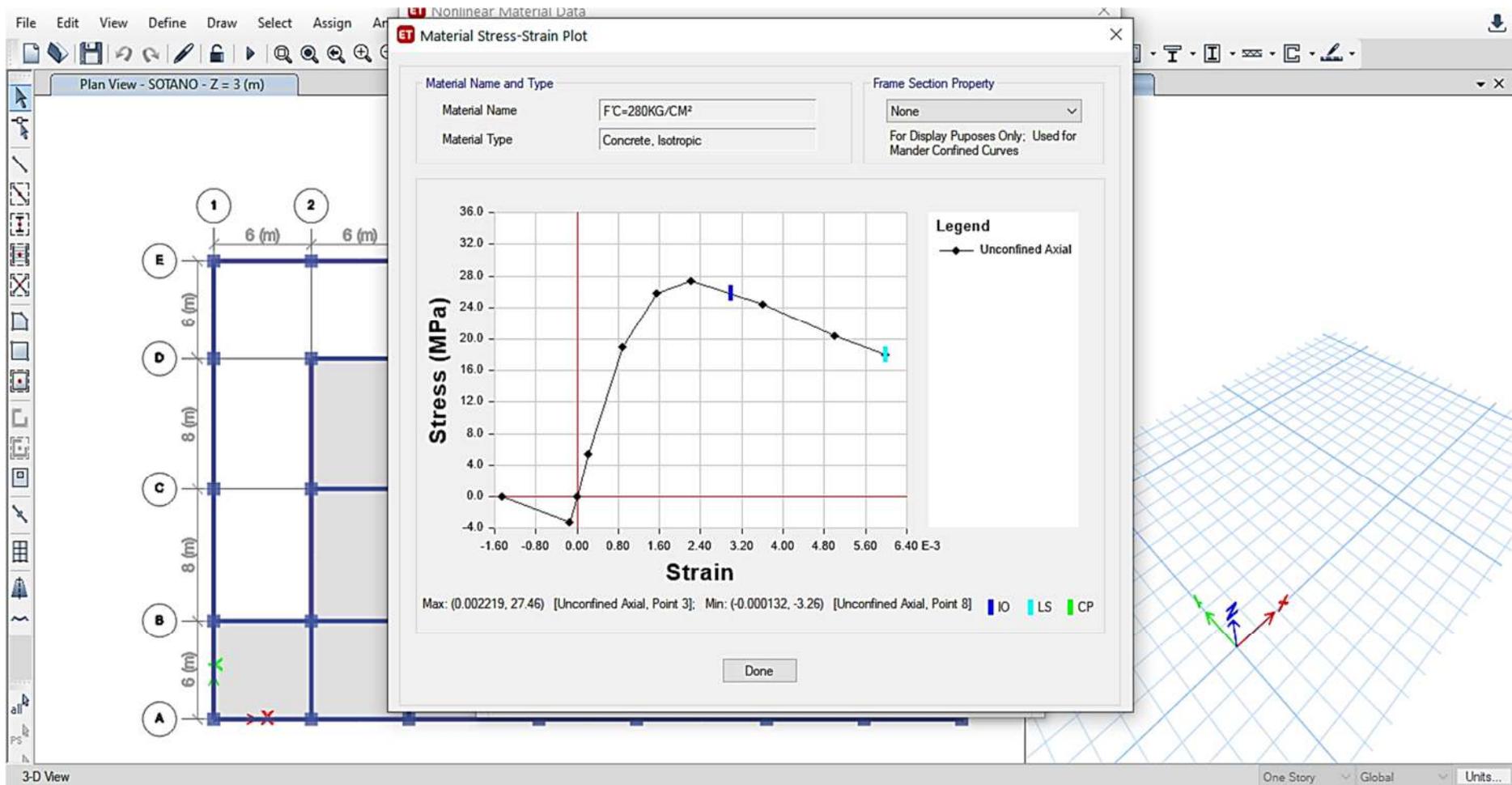
**Fuente:** elaboración propia.

## 5. PROCESAMIENTOS DE LOS RESULTADOS



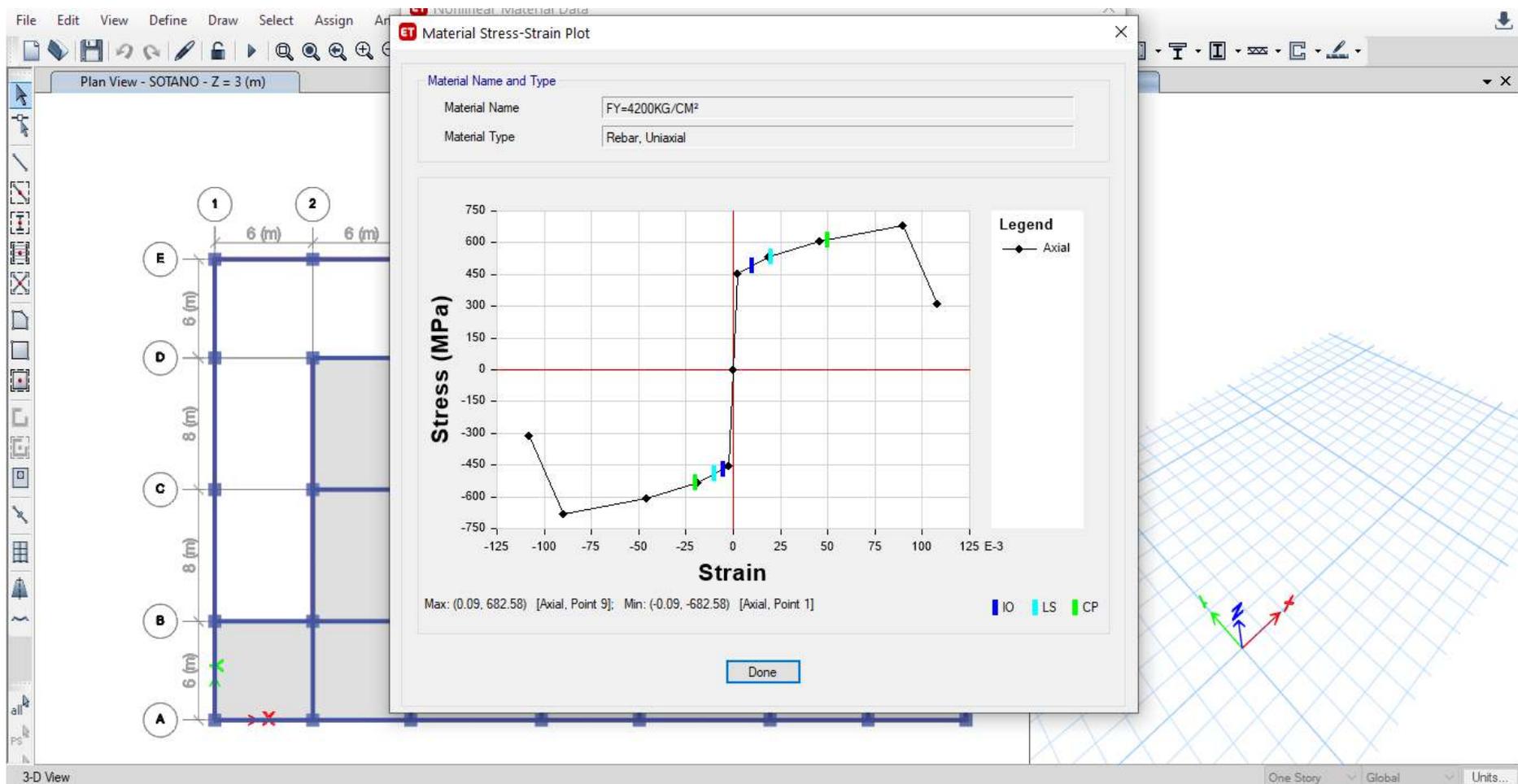
Anexo 12. Plano estructural de la edificación (Planta y Elevación).

Fuente: Elaborado por los autores – ETABS v.18.



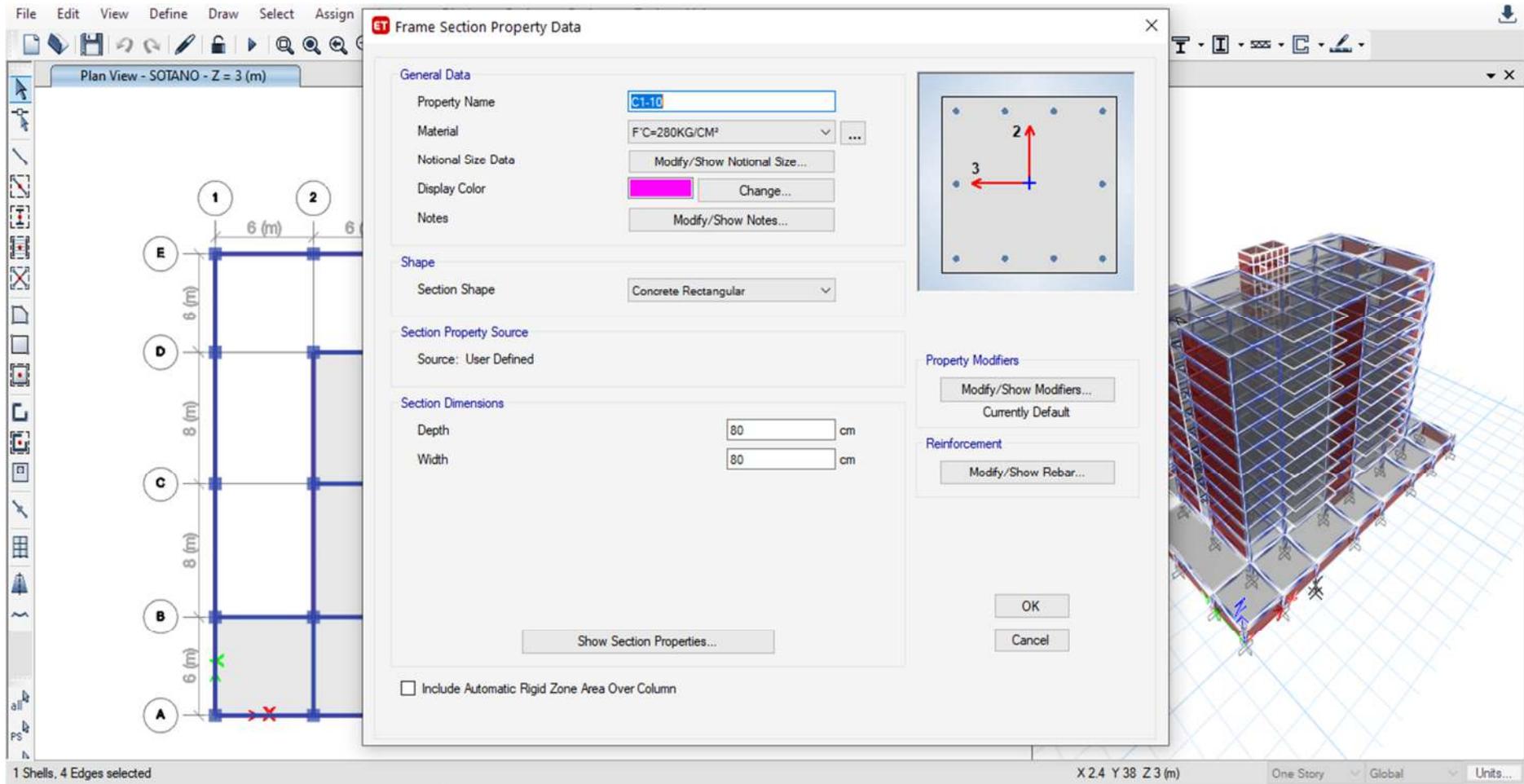
Anexo 13. No linealidad del material (Concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Elaborado por los autores – ETABS v.18.



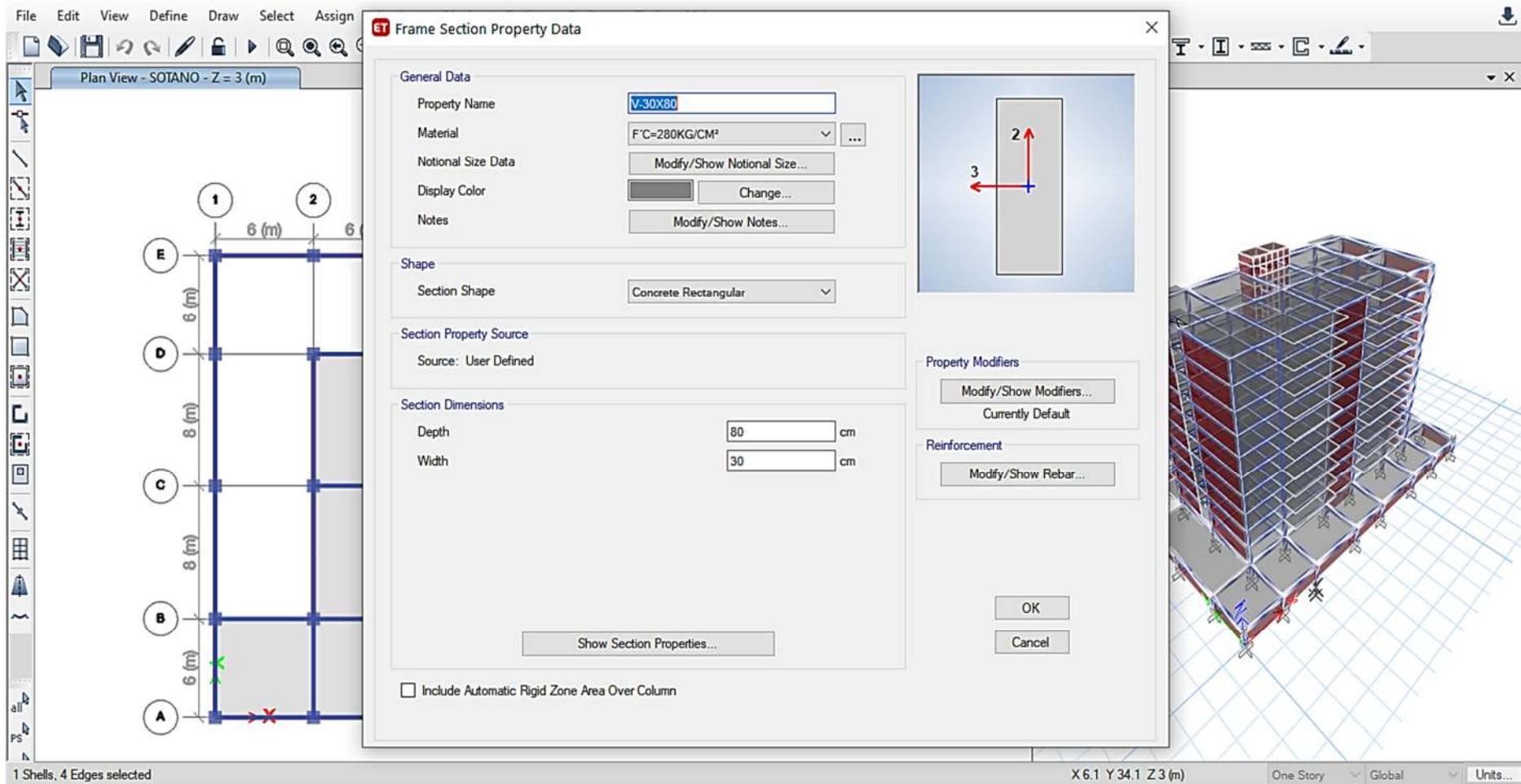
Anexo 14. No linealidad del material (Acero de 4200 kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: Elaborado por los autores – ETABS v.18.



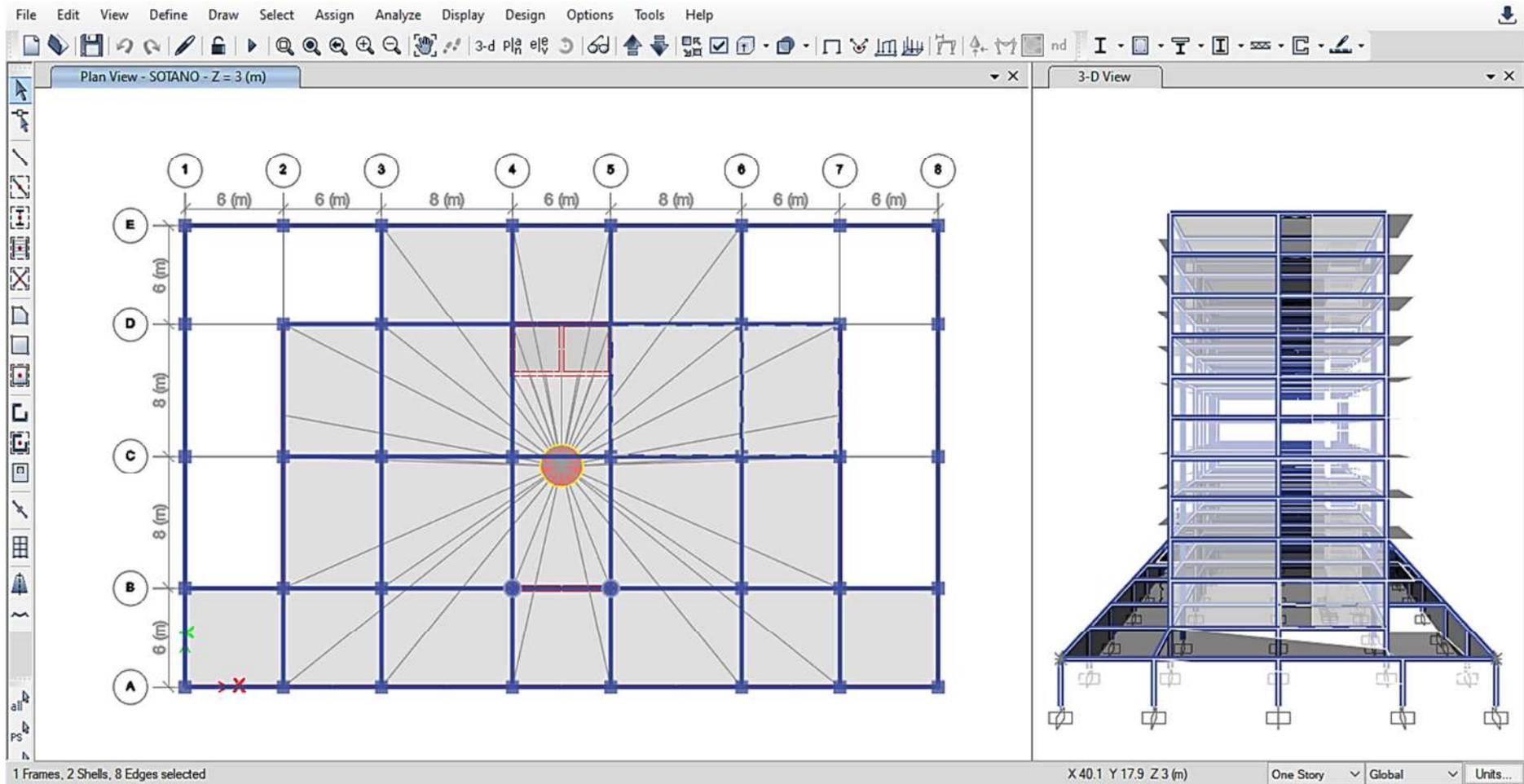
**Anexo 15.** Corte transversal de columna rectangular (Área: 80 cm x 80 cm).

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



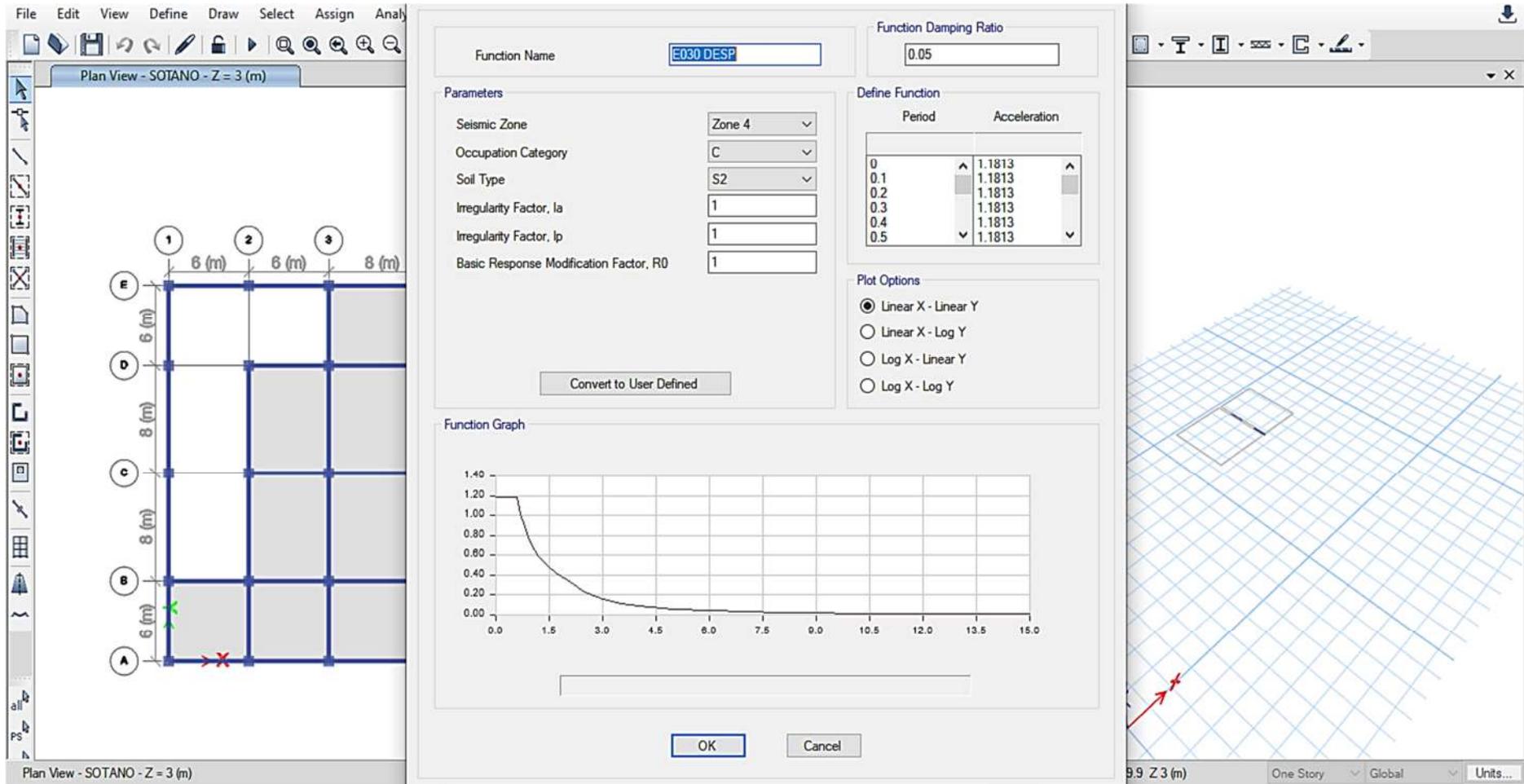
**Anexo 16.** Corte transversal de viga rectangular (Área: 80 cm x 30 cm).

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



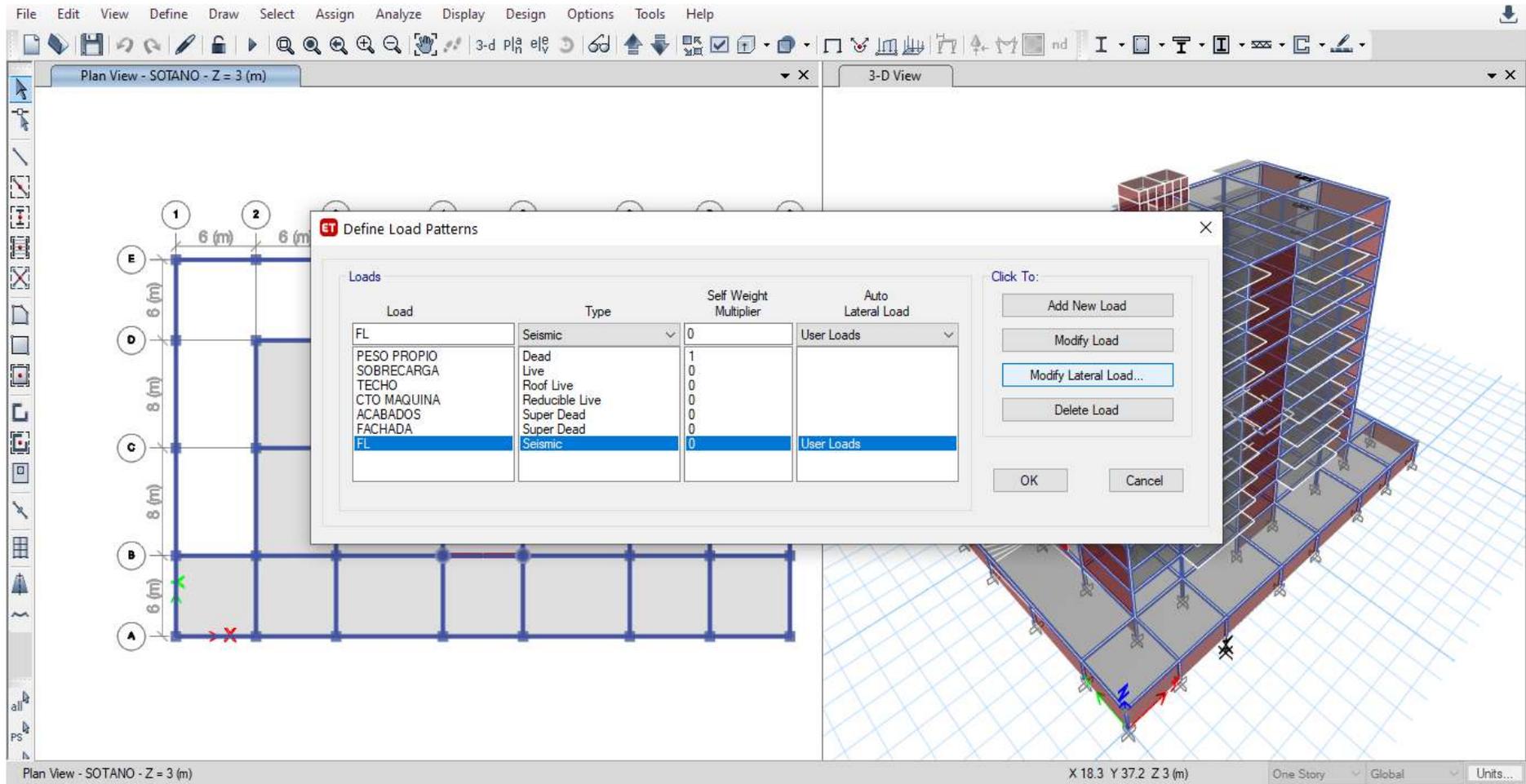
**Anexo 17.** Verificación de diafragma rígido de la estructura (excentricidad de 5%).

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



Anexo 18. Función de la respuesta espectral de sistema (amortiguamiento de 5%).

Fuente: Elaborado por los autores – ETABS v.18.



Anexo 19. Tipos de cargas del sistema.

Fuente: Elaborado por los autores – ETABS v.18.

Number of Load Sets: 1

**Load Set 1 of 1**

Story	Diaphragm	Fx kN	Fy kN	Mz kN-m
TECHO	D1	1314.0911	0	0
P9	D1	1186.6047	0	0
P8	D1	1059.1182	0	0
P7	D1	921.8251	0	0
P6	D1	794.3387	0	0
P5	D1	666.8522	0	0
P4	D1	539.3658	0	0
P3	D1	402.0727	0	0
P2	D1	274.5862	0	0
P1	D1	156.9064	0	0
SOTANO	D1	0	0	0

1

Apply Load at Diaphragm Center of Mass

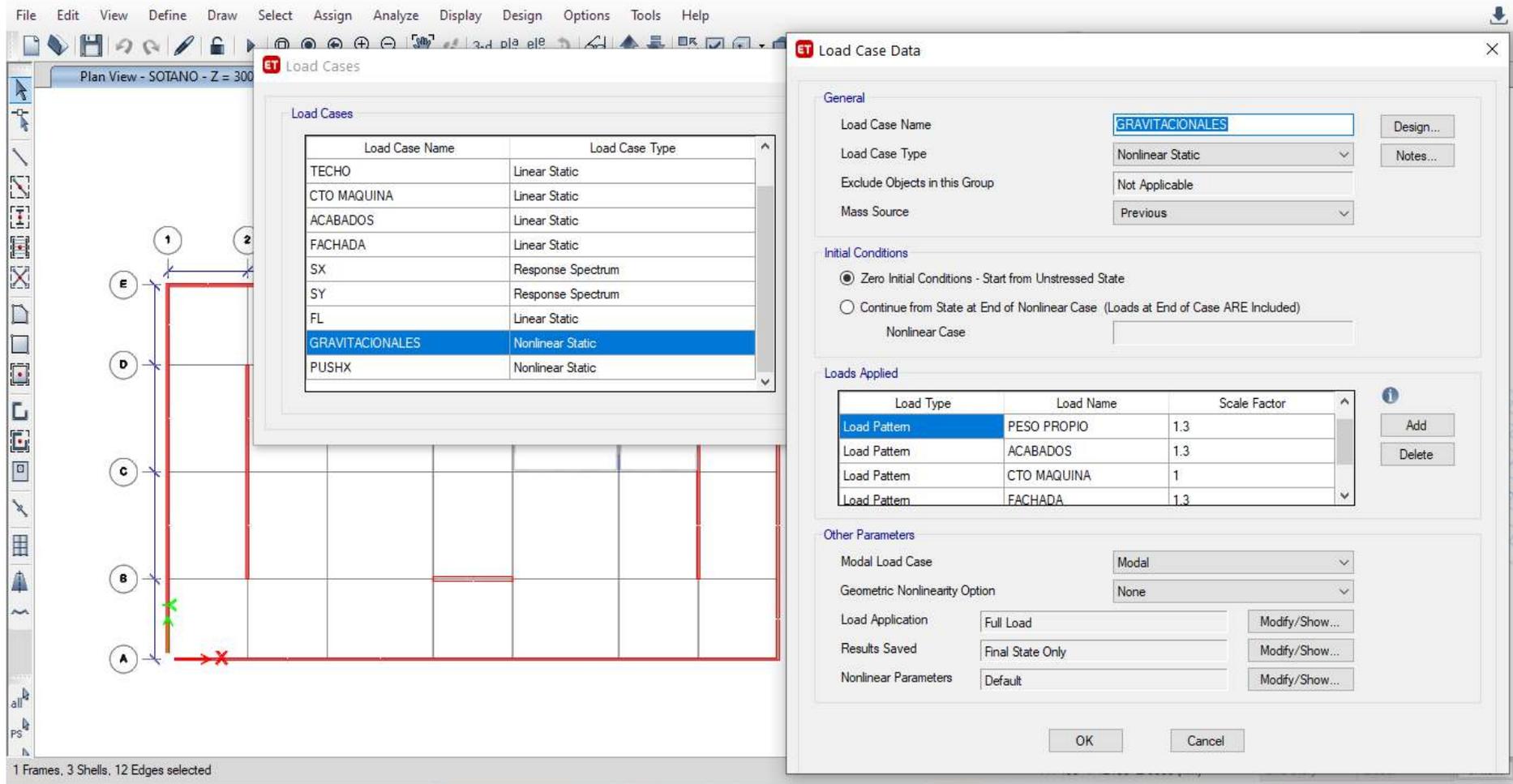
Additional Eccentricity Ratio (all Diaphragms): 0.05

Sort Rows Add Row Delete Row(s)

OK Cancel

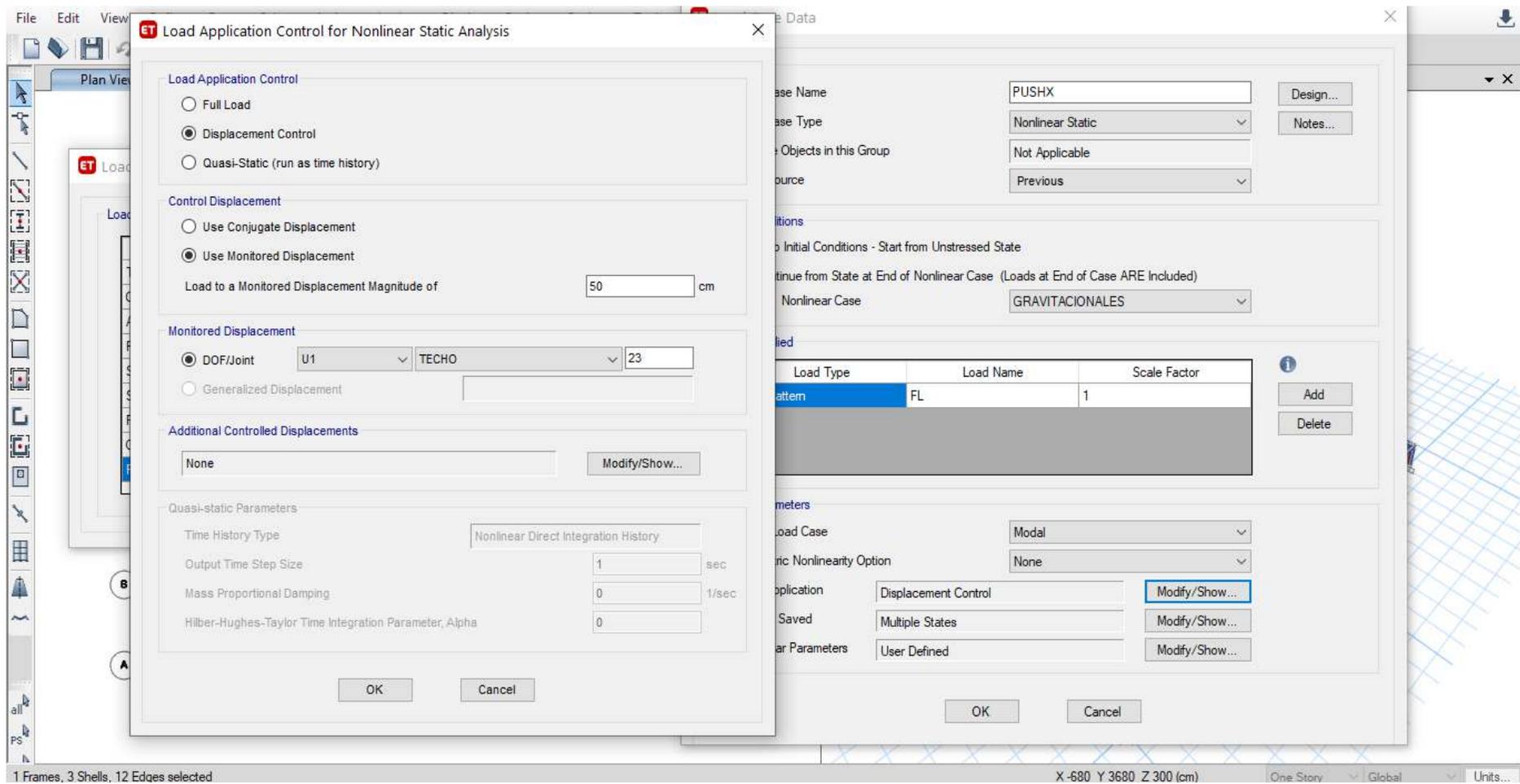
**Anexo 20.** Patrón de cargas Laterales.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



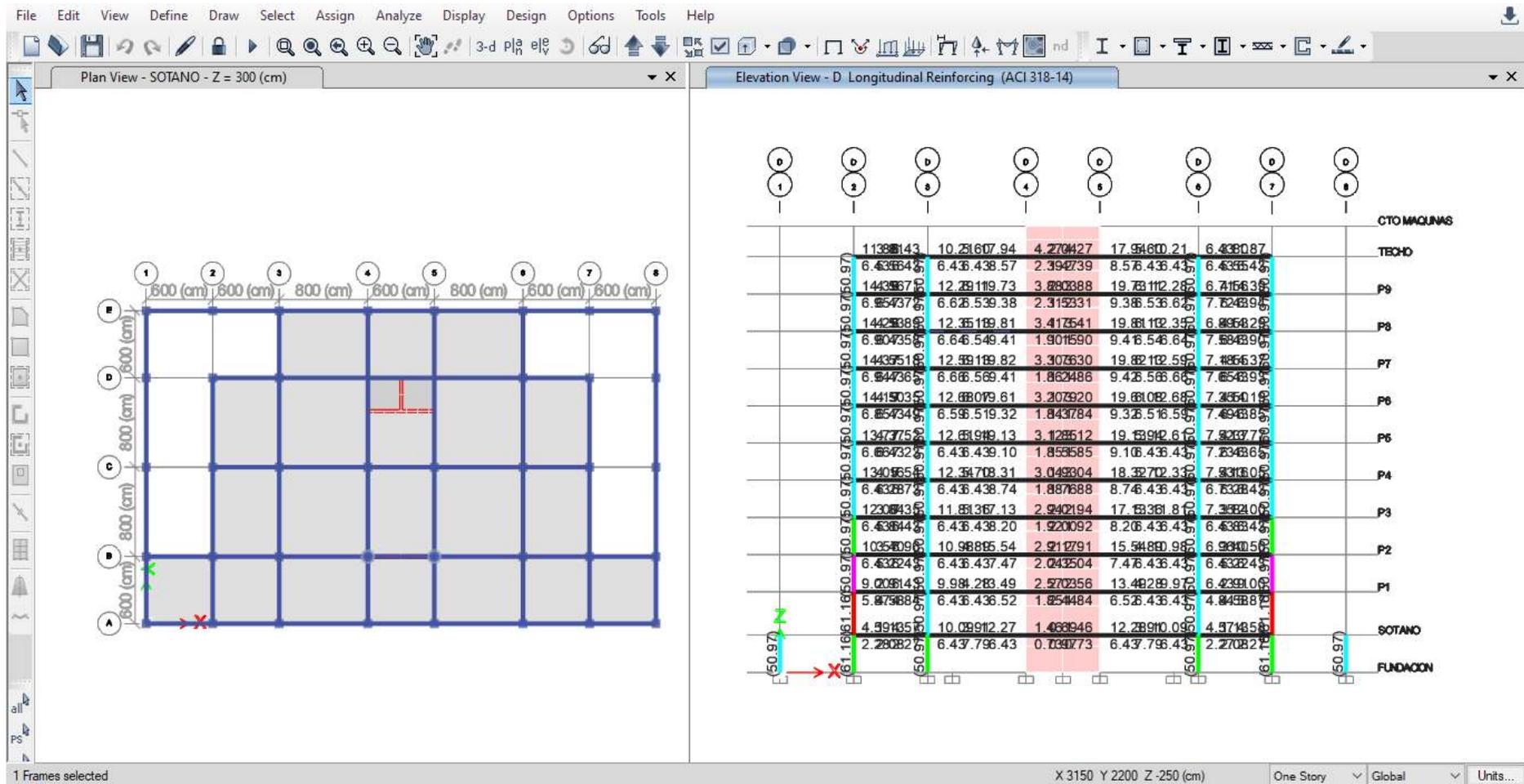
**Anexo 21.** Análisis de cargas lineales y no lineales.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



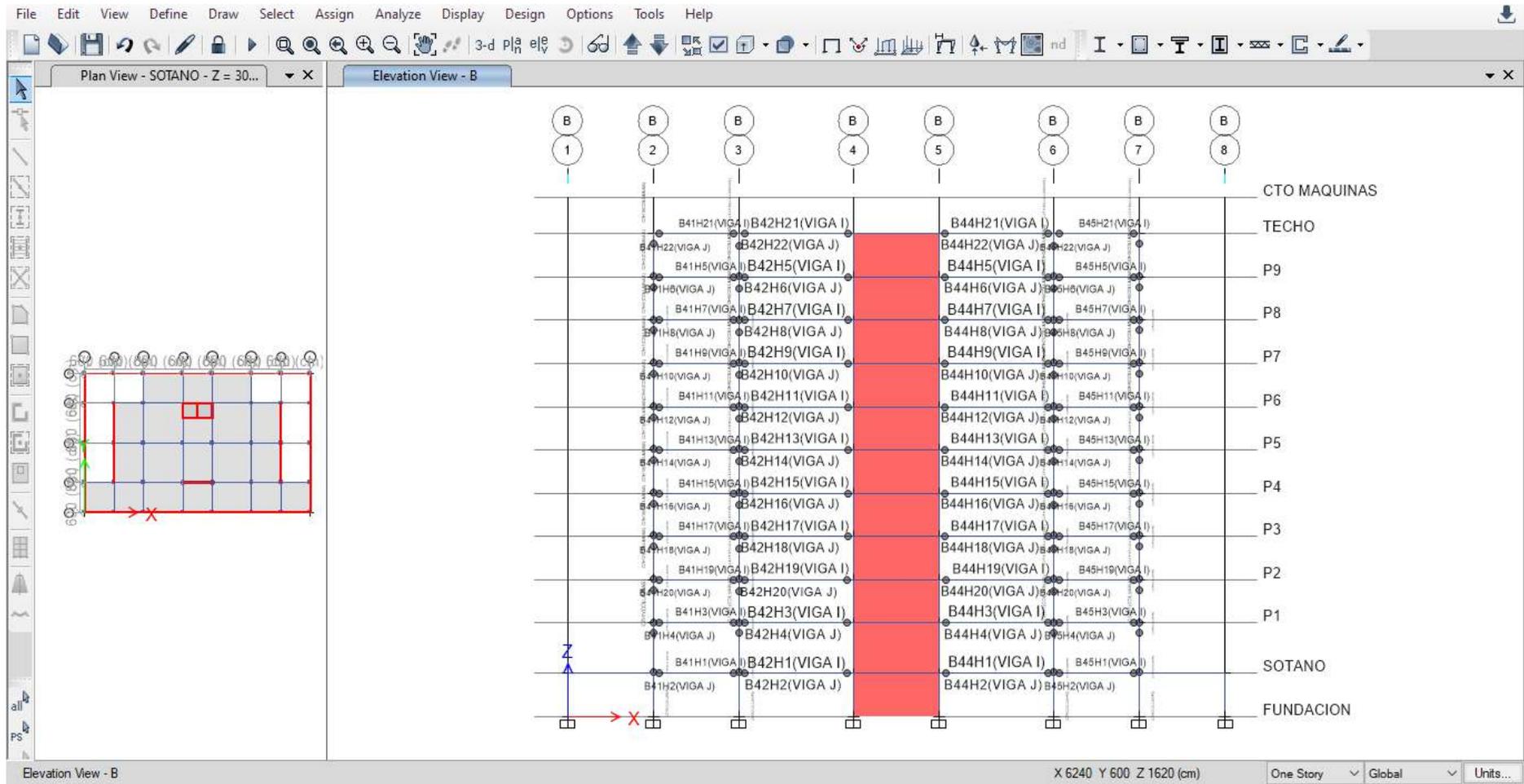
**Anexo 22.** Monitoreo de desplazamiento (50 cm).

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18



Anexo 23. Porcentaje de Columnas y Vigas en el sistema estructural.

Fuente: Elaborado por los autores – ETABS v.18.



**Anexo 24.** Asignación de rótulas plásticas en vigas y columnas.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.

### Frame Hinge Property Data for COLUMNAS - Interacting P-M2-M3

**Hinge Specification Type**

Moment - Rotation  
 Moment - Curvature  
 Hinge Length:   
 Relative Length

**Scale Factor for Rotation (SF)**

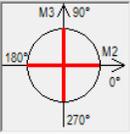
SF is Yield Rotation per ASCE 41-13 Eqn. 9-2 (Steel Objects Only)  
 User SF:  rad

**Load Carrying Capacity Beyond Point E**

Drops To Zero  Is Extrapolated

**Symmetry Condition**

Moment Rotation Dependence is Circular  
 Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3  
 Moment Rotation Dependence has No Symmetry



**Requirements for Specified Symmetry Condition**

- Specify curves at angles of 0°, 90°, 180° and 270°.
- If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 360°

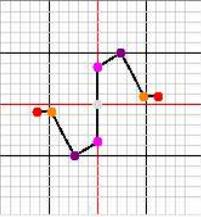
**Axial Forces for Moment Rotation Curves**  
 Number of Axial Forces:   
 Modify/Show Axial Force Values...

**Curve Angles for Moment Rotation Curves**  
 Number of Angles:   
 Modify/Show Angles...

Modify/Show Moment Rotation Curve Data...  
 Modify/Show P-M2-M3 Interaction Surface Data...  
 OK Cancel

### Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.065
D-	-0.2	-0.05
C-	-1.36	-0.025
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.36	0.025
D	0.2	0.05
E	0.2	0.065



Symmetric  
 Additional Backbone Curve Points  
 BC - Between Points B and C  
 CD - Between Points C and D

**Scaling for Moment and Rotation**

Use Yield Moment  
 Moment SF: Positive  Negative  N-cm

Use Yield Rotation (Steel Objects Only)  
 Rotation SF: Positive  Negative

**Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)**

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	<input type="text" value="0.01"/>	<input type="text"/>
Life Safety	<input type="text" value="0.025"/>	<input type="text"/>
Collapse Prevention	<input type="text" value="0.05"/>	<input type="text"/>

Show Acceptance Criteria on Plot

**Type**

Moment - Rotation  
 Moment - Curvature  
 Hinge Length:   
 Relative Length

**Load Carrying Capacity Beyond Point E**

Drops To Zero  
 Is Extrapolated

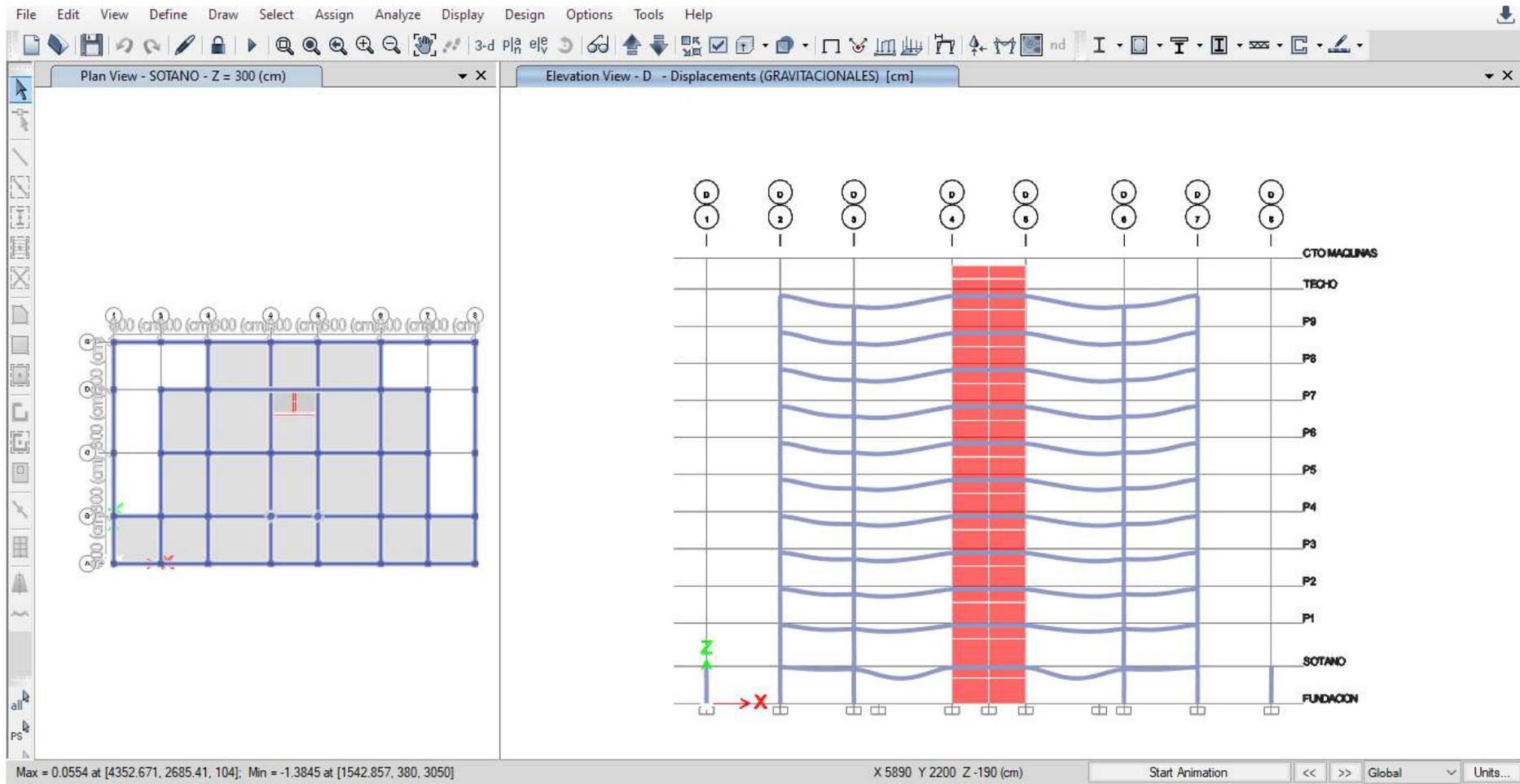
**Hysteresis Type and Parameters**

Hysteresis:

Modify/Show Concrete Parameters...  
 OK Cancel

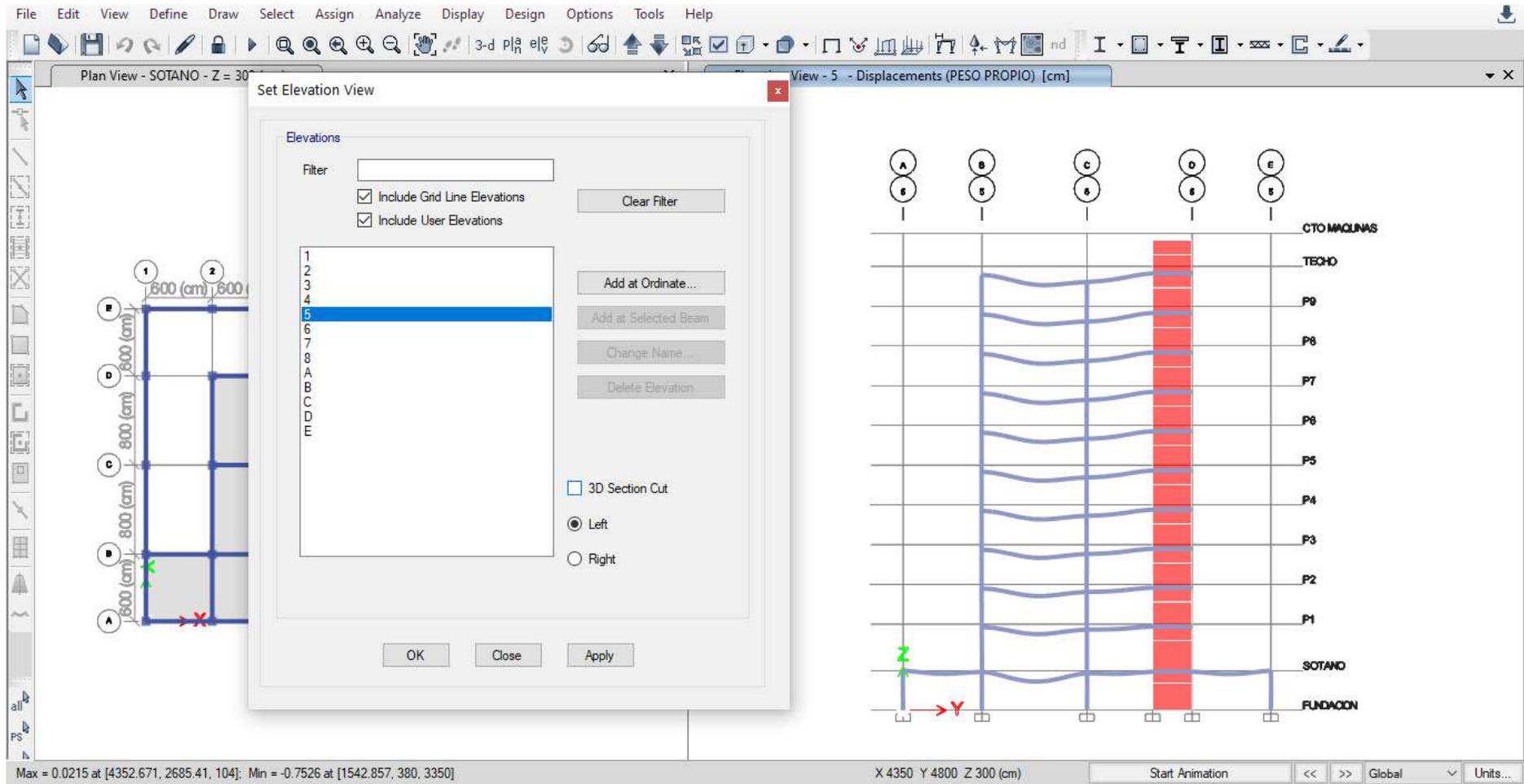
**Anexo 25.** Límites de deformación de la rótulas plásticas en vigas y columnas.

Fuente: Elaborado por los autores – ETABS v.18.



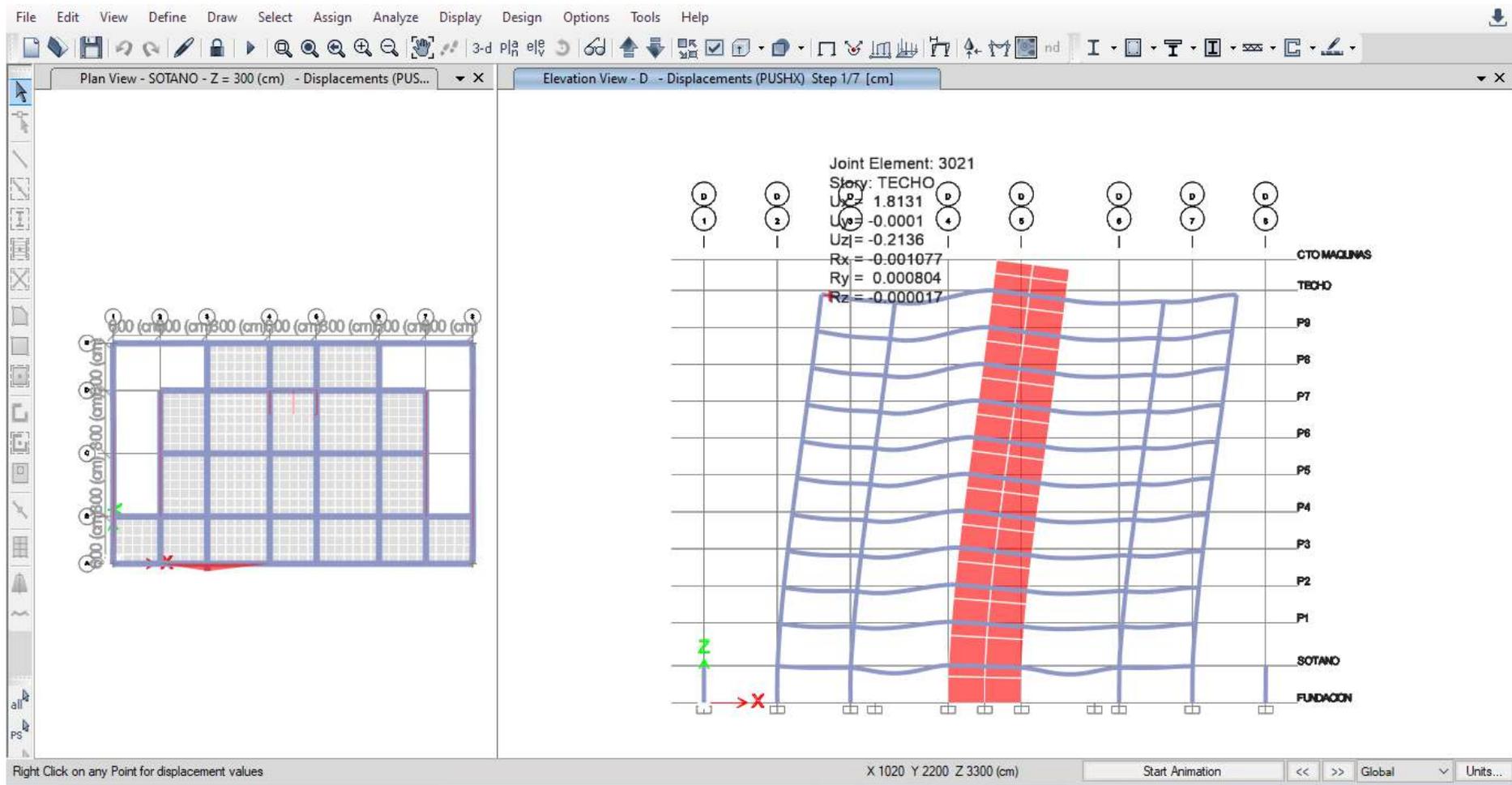
**Anexo 26.** Análisis Pushover aplicado al sistema en la dirección “X”.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



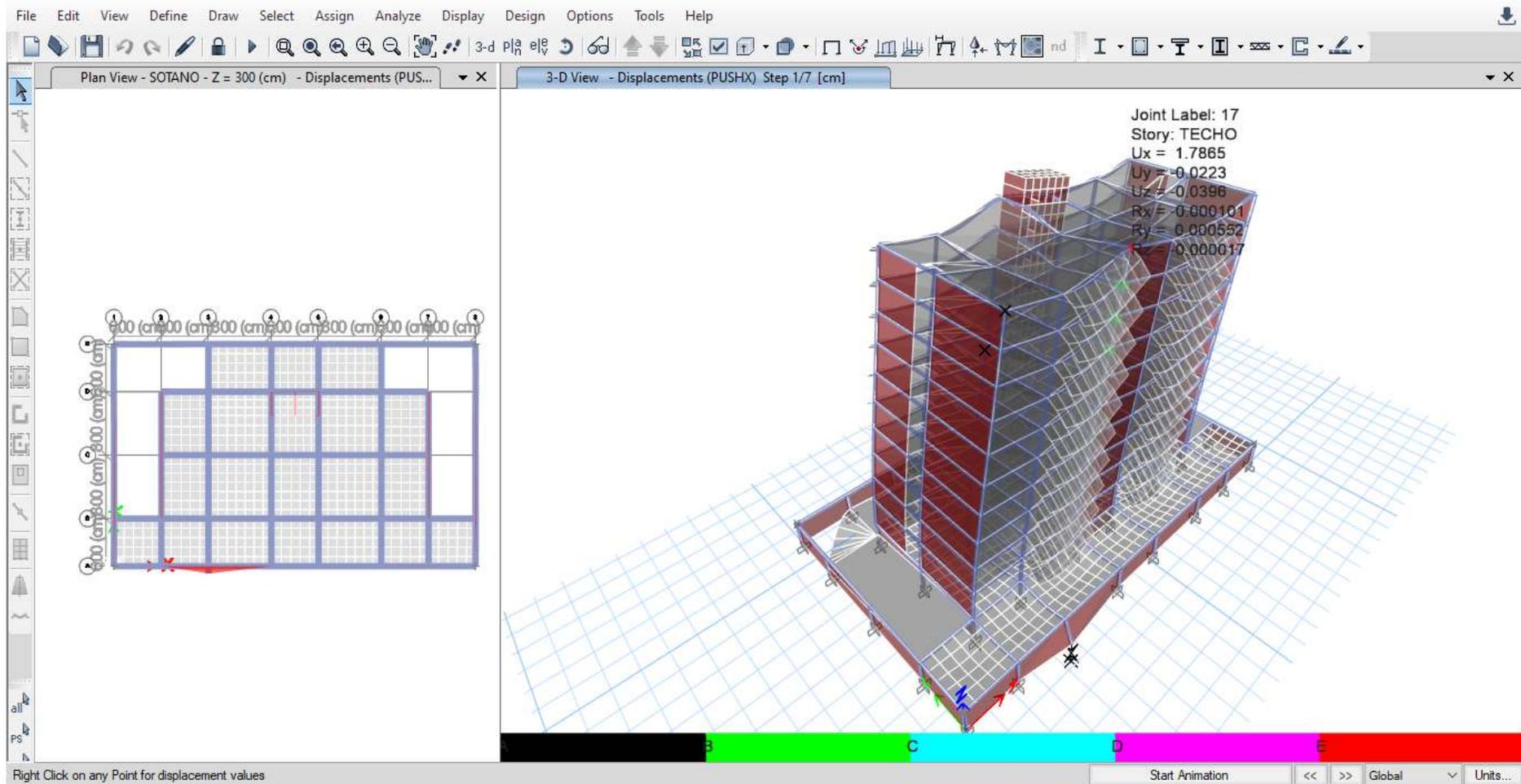
**Anexo 26.** Análisis Pushover aplicado al sistema en la dirección “Y”.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



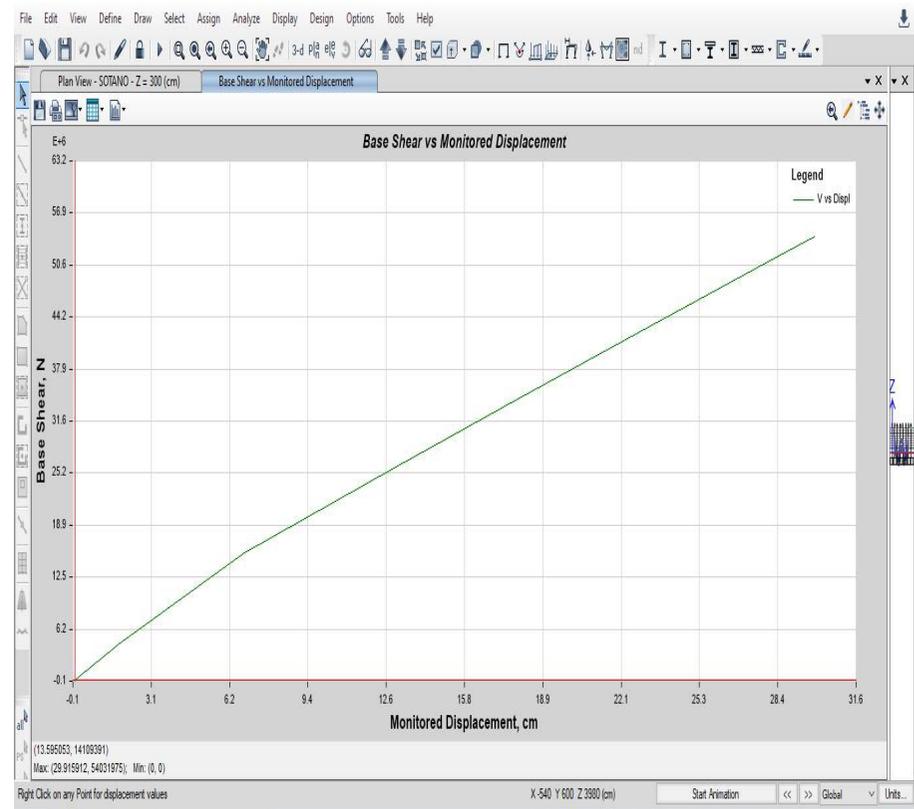
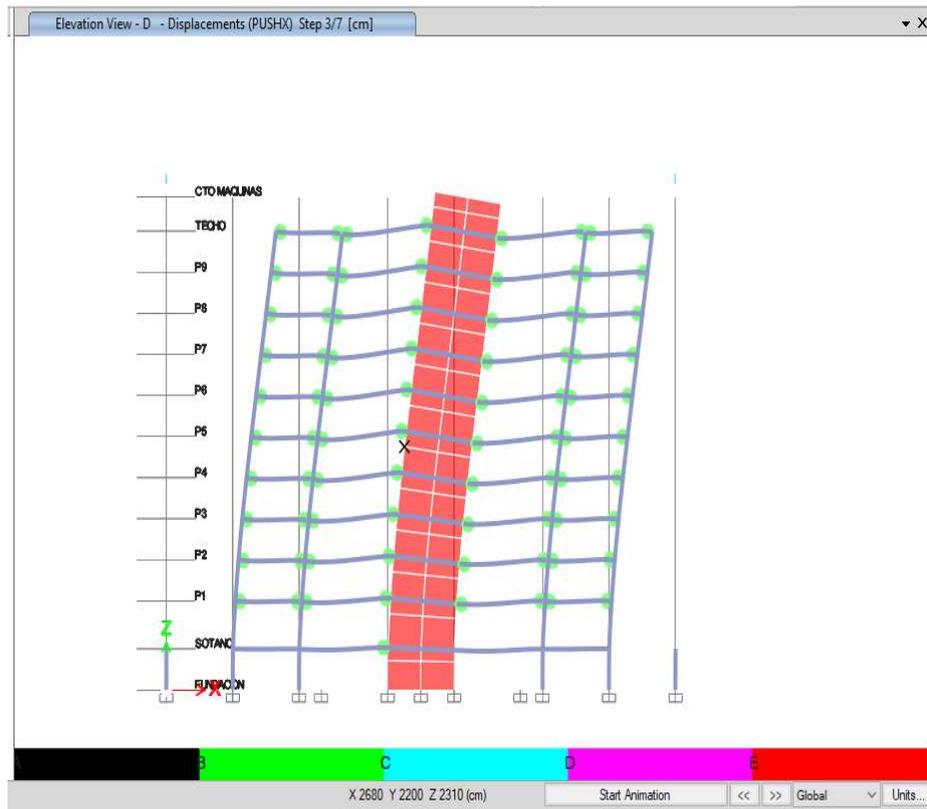
**Anexo 27.** Deslazamiento de techo en la dirección “X”.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



**Anexo 28.** Modelo tridimensional en elevación.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



**Anexo 29.** Curva de capacidad del sistema estructural.

**Fuente:** Elaborado por los autores – ETABS v.18.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, FIGUEROA ROJAS PATRICIA DEL VALLE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "APLICACIÓN DEL MÉTODO ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL PARA EL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIÓN COMERCIAL DE 10 NIVELES, CHICLAYO-2020", cuyos autores son CIEZA CARRASCO JOSE LUIS, CHISCOL PATAZCA JORDAN ALEXANDER, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 30 de Julio del 2020

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
FIGUEROA ROJAS PATRICIA DEL VALLE <b>DNI:</b> 01899351 <b>ORCID</b> 0000-0002-933-690X	Firmado digitalmente por: PFIGUEROAR el 30-07- 2020 20:29:54

Código documento Trilce: TRI - 0056704