

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

FACULTAD DE INGENIERÍA



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA INICIAL N°01, UTILIZANDO
EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL MEDIANTE EL
MÉTODO PUSHOVER, JAEN-2025**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**Autores: Bach. Edin Jhon Torres Segovia
Bach. Anthony Manuel Valdivia Monje**

Asesores: M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban

Línea de Investigación: LI_IC_01 Estructuras

JAÉN – PERÚ

2025




13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para co...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)


Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN


Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 27 de octubre del año 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente : Mg. Juan Alberto Contreras Moreto
Secretario : Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
Vocal : Mg. Carlos Alberto Nuñez Rivas

Para evaluar la Sustentación del Informe Final:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA INICIAL N° 01, UTILIZANDO EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL MEDIANTE EL MÉTODO PUSHOVER, JAÉN - 2025", presentado por los Bachilleres **Edin Jhon Torres Segovia** y **Anthony Manuel Valdivia Monje**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

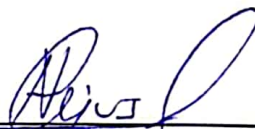
Siendo las 11:40 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Mg. Juan Alberto Contreras Moreto
Presidente



Dr. Christiaan Zayed Apaza Panca
Secretario



Mg. Carlos Alberto Nuñez Rivas
Vocal

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, **Anthony Manuel Valdivia Monje y Edin Jhon Torres Segovia**, egresados de la carrera Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de **Ingeniería Civil** de la Universidad Nacional de Jaén, identificados con DNI **70890479 y 76390061**.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA INICIAL N°01, UTILIZANDO EL ANALISIS ESTATICO NO LINEAL MEDIANTE EL METODO PUSHOVER".

Asesorado por **M. Sc. Marcos Antonio Gonzales Santisteban**.

El mismo que presento bajo la modalidad de **Tesis** para optar; el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 17 de Nov. de 2025.



Anthony Manuel Valdivia Monje.



Edin Jhon Torres Segovia.

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Descripción de la realidad Problemática.....	8
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	9
1.2. Justificación.....	9
1.3. Hipótesis.....	10
1.4. Objetivos	10
1.4.1. Objetivos generales	10
1.4.2. Objetivos específicos.....	10
1.5. Antecedentes de la investigación.....	10
1.5.1. Internacionales	10
1.5.2. Nacionales.....	12
1.5.3. Regional y/o Local	14
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
2.1. Descripción del bloque a estudiar.....	18
2.2. Ubicación de la estructura en estudio	18
2.3. Población, muestra y muestreo.....	18
2.3.1. Población	18
2.3.2. Muestra	18
2.3.3. Muestreo	19
2.3.4. Variables de estudio	19
2.4. Método	19
2.5. Técnicas e instrumentos	19
2.6. Análisis de datos.....	19
2.6.1. Modelado del bloque.....	20
2.6.2. Análisis sísmico estático.....	28
2.6.3. Análisis sísmico dinámico	29
2.6.4. AENL - PUSHOVER.....	32
2.6.4.1. Comportamiento no lineal del concreto.....	32
2.6.4.2. Asignación de rotulas concentradas plásticas en vigas.....	35
2.6.4.3. Columnas de concreto armado	36

2.6.4.4. Patrón proporcional modal.....	37
III. RESULTADOS	40
3.1. Analizar la magnitud de daño estructural al aplicar un sismo de diseño para un periodo de retorno de 475 años	40
3.2. Determinación de la capacidad de resistencia y desplazamiento del sistema estructural, en respuesta a las exigencias sísmicas dictadas por la norma E.030-2018 ...	42
3.3. Identificar el rango de desempeño sísmico de la estructura analizada y proponer recomendaciones, si se identifican deficiencias.....	45
IV. DISCUSIÓN.....	47
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
5.1. Conclusiones.....	49
5.2. Recomendaciones	50
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
<i>AGRADECIMIENTO</i>	56
<i>DEDICATORIA</i>	57
<i>ANEXOS</i>	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Los parámetros sísmicos	28
Tabla 2. Modos de vibración	29
Tabla 3. Cortante mínima	32
Tabla 4. Derivas de entrepiso en el eje X	40
Tabla 5. Derivas de entrepiso en el eje Y	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelación de la estructura a investigar	17
Figura 2. Definicion concreto $f'c=210$ kg/cm2.....	20
Figura 3. Acero $f_y=4200$ kg/cm2.....	21
Figura 4. Definicion de la losa aligerada.....	22
Figura 5. Definicion de vigas y columnas	23
Figura 6. Caracteristicas de la columna C-1 (25x40).....	24
Figura 7. Acero en la VP (25x50) en el 1 y 2 nivel.....	25
Figura 8. Acero en la VP (25x30) en el 1 y 2 nivel.....	25
Figura 9. Planta del de la edificacion (1 nivel)	26
Figura 10. Planta del de la edificacion (2 nivel)	27
Figura 11. Espectro de diseño X-X	30
Figura 12. Espectro de diseño Y-Y	31
Figura 13. Concreto - parametros no lineales	33
Figura 14. Modelo de Park, para la no linealidad del acero	34
Figura 15. Vigas con asignación de rótulas plásticas	35
Figura 16. Columnas con asignación de rótulas plásticas	36
Figura 17. Definición de la carga gravitacional no lineal.....	37
Figura 18. Definición del Pushover X.....	38
Figura 19. Definición del Pushover Y.....	39
Figura 22. Curva capacidad eje X.....	43
Figura 21. Curva capacidad eje Y	44
Figura 22. Distorsiones en la direccion X	41
Figura 23. Distorsiones en la direccion Y	42
Figura 24. Punto de desempeño eje X.....	45
Figura 25. Punto de desempeño eje Y	46

RESUMEN

El propósito de la presente investigación fue analizar el desempeño sísmico de la Institución Educativa Inicial N°001. El estudio se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y un alcance aplicativo–evaluativo, aplicando un método de razonamiento deductivo.

Entre los resultados obtenidos, se identificó que en la dirección X la deriva máxima se presentó en el primer nivel con un valor de 0.0123, mientras que en la dirección Y ocurrió en el segundo nivel con un valor de 0.010997, superior al límite permitido de 0.007. La capacidad máxima de la estructura fue de 91.94 tonf en la dirección X y de 109.02 tonf en la dirección Y. Asimismo, el punto de desempeño en la dirección X mostró un desplazamiento de 0.1116 m con una cortante máxima de 91.94 tonf, y en la dirección Y, un desplazamiento de 0.1116 m con igual valor de cortante. Se concluye que la estructura no tendría un comportamiento adecuado frente a un sismo severo, ya que el punto de desempeño se ubica fuera del rango operacional.

Palabras claves: Desempeño sísmico, Análisis estático no lineal y Pushover

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze the seismic performance of Early Education Institution No. 001. The study was conducted using a quantitative approach, with a non-experimental design and an applied-evaluative scope, applying a deductive reasoning method.

Among the results obtained, it was identified that in the X direction, the maximum drift occurred in the first level with a value of 0.0123, while in the Y direction, it occurred in the second level with a value of 0.010997, higher than the permitted limit of 0.007. The maximum capacity of the structure was 91.94 tonf in the X direction and 109.02 tonf in the Y direction. Likewise, the performance point in the X direction showed a displacement of 0.1116 m with a maximum shear of 91.94 tonf, and in the Y direction, a displacement of 0.1116 m with the same shear value. It is concluded that the structure would not perform adequately in the event of a severe earthquake, as the performance point is outside the operational range.

Keywords: Seismic performance, Nonlinear static analysis, and Pushover

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción de la realidad Problemática

La ciudad de Jaén, ubicada en la región de Cajamarca presenta una zona de amenaza sísmica considerable de acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Perú. En el año de 1928 existen registros de terremotos con gran magnitud que devastó gran cantidad de edificaciones construidas de material rustico. (INDECI - PNUD, 2005). Ante estos escenarios las edificaciones deben contar con un adecuado diseño estructural que garantice un buen desempeño ante eventos sísmicos considerables. Este requerimiento es aún más crítico en las instituciones educativas, dado su rol esencial en la formación de niños y jóvenes, así como su posible uso de albergues durante emergencias.

En la actualidad, muchos colegios de la ciudad de Jaén, fueron construidos hace varias décadas, sin tener en cuenta, procesos constructivos adecuados, sin criterios de diseños estructurales modernas o no han sido evaluados estructuralmente bajo las condiciones sísmicas actuales como la (NTP E.030). así es el caso de la institución educativa inicial N°1, que presentan algunas deficiencias estructurales, como fisuras en los elementos estructurales debido, al mal confinamiento de muros de albañilería y a los eventos sísmicos ocurridos durante los últimos años por ejemplo el sismo ocurrido en el año 2019 con una escala de Mercalli Modificada 8.0 de magnitud (IGP, 2019), además la estructura presentan, características estructurales, de un sistema estructural a porticado (marcos de concreto armado), este sistemas estructural, no es adecuado para instituciones educativas de acuerdo (NTP E.030), por el cual puede generar un comportamiento sísmico inadecuado, afectando la respuesta global de la edificación y, por consiguiente, la seguridad de los ocupantes.

Hasta ahora, no se ha llevado a cabo una evaluación completa del rendimiento sísmico de la institución educativa inicial N°1, mediante técnicas de análisis no lineales, como el análisis estático no lineal (pushover), que posibilitan calcular la verdadera capacidad de la estructura frente a amenazas sísmicas graves y más allá del rango elástico. La falta de evaluación obstaculiza la detección de posibles fallos estructurales, la toma de decisiones técnicas adecuadas y la organización de intervenciones de fortalecimiento si es necesario.

Así pues, frente a este problema, resulta imprescindible realizar una evaluación del desempeño sísmico de la institución educativa inicial N°1, empleando la metodología

del análisis estático no lineal (pushover). Este proyecto tiene como objetivo determinar el desempeño sísmico de la estructura ante diversos sucesos sísmicos, establecer su capacidad estructural y sugerir sugerencias técnicas que favorezcan la seguridad estructural y funcional de la institución.

1.1.1. Planteamiento del Problema

¿Cuál es el desempeño sísmico de la institución educativa inicial n°1, utilizando el análisis estático no lineal mediante el método pushover, jaen-2025?

1.2. Justificación

La seguridad estructural de las edificaciones escolares en zonas sísmicas es una prioridad nacional, dada a la alta exposición de la población y el rol crítico. De estas instituciones en la sociedad. La ciudad de Jaén, ubicada en una zona de amenaza sísmica moderada a alta, cuenta con numerosas infraestructuras que podrían no cumplir con las exigencias de diseño sismorresistente establecidas por las normativas vigentes.

La institución educativa N°01, cuenta con un sistema estructural a porticado lo repercute una oportunidad importante para el análisis sísmico estructural. Debido a las exigencias del RNE. Este sistema estructural no corresponde a instituciones educativas, lo cual puede aportar evidencia técnica útil para futuras decisiones de diseño o reforzamiento en edificaciones similares.

La utilización del análisis estático no lineal (pushover) permite una evaluación más precisa del desempeño estructural al considerar la respuesta más allá del rango elástico, lo cual es fundamental para entender el verdadero nivel de seguridad de la estructura ante sismos severos. Los resultados de esta investigación pueden servir como insumo para instituciones públicas, diseñadores estructurales y autoridades locales, promoviendo la toma de decisiones basadas en evidencia para mejorar la resiliencia sísmica de las infraestructuras educativas. (FEMA 440, ASCE/SEI 41-17).

1.3. Hipótesis

El desempeño sísmico de la institución educativa inicial N°1 de Jaén, presenta un desempeño sísmico, de seguridad de vida S3. para un sismo de diseño con un período de retorno de 475años.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos generales

Evaluar el desempeño sísmico de la institución educativa inicial N°1 de la ciudad de Jaén, mediante la metodología del análisis estático no lineal, para un sismo de diseño con un período de retorno de 475años

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la magnitud de daño estructural al aplicar un sismo de diseño para un período de retorno de 475años.
- Determinar la capacidad de resistencia y desplazamiento del sistema estructural, en respuesta a las exigencias sísmicas dictadas por la norma técnica E.030.
- Identificar el rango de desempeño sísmico de la estructura analizada y proponer recomendaciones, si se identifican deficiencias.

1.5. Antecedentes de la investigación

1.5.1. Internacionales

Pintag (2024), in his research, "seismic performance analysis of the Chibuleo savings and credit cooperative building located in the Machala canton" in this research propose to Determine the seismic performance of the Chibuleo Savings and Credit Cooperative building located in the Machala canton of the country of Ecuador. This pilot work is carried out in four phases to reflect the reliable achievement of the objectives. Known as the initial phase, it consists of collecting all the necessary data to create a structural model, and then the first phase includes the appropriate modeling in engineering software to perform dynamic analysis, also known as linear analysis. On the other hand, the second phase focuses on nonlinear analysis, or PUSHOVER, to determine the capacity curve of the structure, and finally, the third phase is based on the

interpretation of the results of the linear and nonlinear analysis. suggest some reinforcement options, if necessary. obtaining as a result that the seismic performance of the building complies for the different threat levels in the "X" sense; However, it does not meet the seismic performance levels in the "Y" sense, for frequent, occasional and very rare earthquakes, proceeding to a reinforcement plan.

Jara & Olmos (2024), en su estudio titulado Comportamiento sísmico esperado de la iglesia de San Agustín en Morelia, México, buscan evaluar el comportamiento lineal y no lineal previsto de la iglesia sometida a tres elementos de registros de terremotos. Los resultados indican que tanto el análisis lineal como el no lineal presentan tendencias comportamentales parecidas. No obstante, el análisis no lineal reveló concentraciones de esfuerzos en ciertas áreas de la iglesia, especialmente susceptibles a padecer daños debido a la aparición de terremotos. Esta investigación determinó que las áreas más críticas de la edificación que sufrieron temblores de tierra fueron la bóveda de cañón, la torre en su cruce con el muro norte, el campanario y la bóveda de crucería cuatripartita en el presbiterio.

Livi & López (2023). En este estudio, se valoró la capacidad sísmica de dos sistemas estructurales de hormigón armado para construcciones escolares de baja altura, utilizando un análisis estático no lineal. El primer sistema (arquetipo 1) se compuso de pórticos de concreto armado con vigas descolgadas, mientras que el segundo sistema (arquetipo 2) se compuso de paredes de concreto armado. Ambos sistemas se diseñaron de acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15. En este estudio, se deduce que el sistema de muros de hormigón armado es el más adecuado para las construcciones escolares. Por la considerable resistencia observada, probablemente resistirá los movimientos sísmicos únicamente dentro del rango lineal, causando escaso perjuicio en componentes no estructurales.

Montero (2022), En su estudio, se fundamenta en la valoración del desempeño sísmico de un edificio de pórtico de concreto armado, utilizando el método lineal del ACI369.1-17. El objetivo de esta investigación es evaluar el desempeño sísmico de un edificio de pórticos de concreto armado utilizando el método lineal del ACI369.1 (2017). Dentro del edificio se encuentran ocho niveles y se encuentra situado en Santiago de Chile con un suelo de tipo D. Se llevó a cabo un estudio de la estructura con una rigidez eficaz, y la acción sísmica se llevó a cabo a través de una distribución de fuerzas laterales equivalentes. Por lo tanto, se consiguió un movimiento de 0.28 m y se llegó al punto de

fluencia con un movimiento de 0.15 m en el piso 8, lo que implica que la estructura funcionará en el rango inelástico.

Nobrega (2021), en su investigación, “comparativa en resultados de diseño de una estructura de concreto basada en reglamento NTC-CDMX, ACI-318 y diseño por desempeño”, en la ciudad de Aguascalientes México, el objetivo de esta investigación es buscar la relación que hay entre diferentes métodos de diseño elegidos, niveles de desempeño sísmico y el costo de ejecución de una estructura de concreto reforzado, como resultados se obtuvo que para las estructuras irregulares presentan desempeño sísmico muy bajo debido a la ineficiente transferencia de esfuerzos internos entre elementos estructurales, aumentando mucho el costo de construcción y causando la obligatoriedad de cambios arquitectónicos para elementos estructurales pueden tener mejor eficiencia. Debido a la irregularidad de las estructuras, no fue posible definir un buen patrón de costos de estructuras diseñadas siguiendo las normas y reglamentos actuales las estructuras diseñadas basadas en desempeño sísmico y sus diferentes niveles de desempeño.

1.5.2. Nacionales

Sánchez (2024), en su investigación denominada Evaluación del desempeño sísmico del palacio municipal del distrito de José Leonardo Ortiz aplicando el análisis sísmico no lineal, Chiclayo. Para esta investigación se empleó el análisis estático y dinámico no lineal. en el análisis lineal se identificó que la estructura es de régimen irregular y presenta derivas máximas lo cual no concuerda con lo estipulado en la norma E.030. El análisis pushover permitió establecer que el rendimiento de la estructura es de colapso inmediato, mientras que, en el análisis de tiempo no lineal, se determinó que la edificación sobrepasa considerablemente la capacidad de deformación. Así pues, este estudio determina que, en un suceso sísmico de gran envergadura, el edificio se derrumbaría.

Álvaro (2024) En su investigación, examinó el rendimiento sísmico de un inmueble multifamiliar aislado en Perú. El propósito fue evaluar el rendimiento sísmico de un edificio aislado de 5 niveles situado en la ciudad de Lima. Para conseguir las respuestas evaluativas, emplearon un análisis dinámico incremental con siete registros de terremotos. Se determinó que los giros plásticos en la rótula más deformada alcanzarían valores de 3.8/1000 para vigas y 1.9/1000 para columnas, con un periodo $T_r=2500$ años.

En cuanto a las aceleraciones, se consiguieron valores de 0.24g y 0.37g para condiciones nominales y máximas, lo que confirma que los componentes estructurales alcanzan el nivel de rendimiento de ocupación inmediata conforme a lo estipulado en el ASCE 41-13.

Pacheco & Arévalo (2023) realizaron su estudio Análisis del rendimiento sísmico de los pabellones escolares en la región de La Libertad, empleando un modelo estático no lineal. Este estudio tiene como objetivo evaluar el rendimiento sísmico de dos escuelas situadas en la libertad, por lo que se utilizó el análisis estático no lineal. Como resultados, se determinó que en la dirección Y-Y, el primer colegio exhibe un rendimiento óptimo y acorde a lo esperado. Esto se debe a que, para un terremoto raro, el nivel obtenido es Ocupacional y, para un terremoto muy raro, es de protección de vida. No obstante, en la dirección X-X, no se consigue un rendimiento 43 adecuado, ya que, en caso de un terremoto raro, la estructura llega a la zona de ocupacional. y, para un sismo muy raro, la zona de Prevención al Colapso. En la dirección Y-Y, el segundo colegio muestra un buen rendimiento y se alcanzan los niveles previstos, dado que, ante un terremoto excepcional y muy excepcional, el nivel logrado es Ocupación Inmediata. Sin embargo, en la dirección X-X, no se logra un rendimiento óptimo, ya que, ante un terremoto excepcional, la estructura llega a la zona de Ocupación Inmediata y, ante un terremoto extremadamente raro, el colegio llega a la zona de Resguardo de vida.

Falcón (2022), en su investigación, “evaluación del desempeño sísmico del centro educativo Luis Alberto Sánchez, Ianchipa Tacna”. El proyecto consiste en la evaluación sísmica de la I.E. Luis Alberto Sánchez que requiere ampliar sus instalaciones para brindar el servicio a más estudiantes. por eso se busca la evaluación Desde un punto de vista estructural, la escuela como estructura importante debe cumplir Entre otras cosas, las limitaciones del estándar E0.30. En el proceso de cálculo, Se llevará a cabo un modelo numérico con rasgos no lineales, para luego presentarlo como el modelo que representa el comportamiento estructural en óptimas condiciones, capaz de resistir diversos niveles. De acuerdo con el enfoque FEMA, el resultado es la elasticidad. En la dirección X, el valor de 8,36 para el método ASCE es de 8,41. En la dirección Y, el método FEMA presenta una elasticidad de 8.25, mientras que el método ASCE presenta una elasticidad de 8.56, lo que conduce a un sistema de diseño razonable con una resistencia lateral superior. Para un número más grande de pisos.

Cárdenas & Farfán (2021) En su investigación Análisis de riesgo sísmico en instituciones educativas públicas de San Juan de Miraflores mediante el método de Inspección Visual Rápida y evaluación del rendimiento sísmico mediante análisis no lineales del pabellón 780 Pre, utilizaron la metodología de Inspección Visual Rápida del FEMA P-154. Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio cuantitativo del pabellón 780 Pre, un salón de clases estandarizado y construido en los años noventa, cuya presencia es común en ese distrito. Para lograrlo, se realizó un análisis no-lineal estático y dinámico no-lineal. Los hallazgos del estudio indican que la mayoría de las construcciones educativas muestran una elevada susceptibilidad a terremotos y no satisfacen las exigencias de uso post-sismo establecidas en la normativa sismorresistente; además, se comprobó la ineficacia del módulo 780 Pre ante un terremoto grave cuando fue sometido a análisis no lineales.

De acuerdo con Huamani (2021), en su investigación tuvo como objetivo examinar las diferencias entre el método de los coeficientes de desplazamiento y el método de espectro capacidad. La metodología aplicada se fundamentó en los lineamientos establecidos por las normas FEMA 440 y ASCE 41-13, realizando un análisis estático no lineal tipo *Pushover* mediante el software ETABS versión 19. Los resultados indicaron que, al aplicar el espectro de capacidad correspondiente a un sismo de diseño, se obtuvo una distorsión de 2.079 cm y una cortante de 611.294 tonf en el eje X, mientras que en el eje Y se registró una distorsión de 0.223 cm y una cortante de 700.753 tonf. Asimismo, al emplear el método de los coeficientes, se alcanzó una distorsión de 2.926 cm y una cortante de 699.973 tonf en el eje X, y una distorsión de 0.296 cm con una cortante de 754.514 tonf en el eje Y. Se concluye que el nivel de desempeño sísmico de la estructura corresponde al rango operacional.

1.5.3. Regional y/o Local

Vega (2024) en su investigación riesgo sísmico de las viviendas de albañilería confinada del sector Montegrande Jaén. El propósito de este estudio fue establecer el grado de riesgo sísmico que presentan las construcciones realizadas con el sistema de albañilería confinada. Para establecer el riesgo de terremotos, se evaluó la densidad de las paredes, la fuerza laboral y la calidad de los materiales utilizados. Finalmente, se determinó que el 56.25% de las viviendas tienen una alta vulnerabilidad, el 93.75% presentan un peligro medio de terremotos y el 56.23% presentan un riesgo alto de

terremotos. Para concluir, se determinó que el número de hogares edificados con albañilería confinada en el sector Monte grande Jaén es elevado.

Olivera & Solís (2024) en su estudio sobre el rendimiento estructural del módulo I del colegio emblemático y coloso Jaén de braca moros, empleando un análisis estático no lineal. Su método se basó en la reglamentación internacional ASCE-41 (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles) Las derivas obtenidas en la dirección X - X y Y - Y fueron de 0,001948 y 0,000387 respectivamente en el primer piso, mientras que en el segundo piso fueron de 0,001613 y 0,000123 respectivamente, cumpliendo ambos casos con el límite de 0,007 según la norma E.030-2018. Por otro lado, alcanzaron los resultados de rendimiento con un corte de 274,36 tonf y 199,26 tonf respectivamente. y su movimiento de 0,06947 m y 0,044 m respectivamente.

Albitres (2023) en su investigación sobre el análisis comparativo entre la normativa peruana y chilena para el diseño sismorresistente de la fiscalía de Jaén. Se realizó la determinación de la cortante basal, la elaboración de los espectros de aceleraciones y la determinación de las derivas mediante el programa ETABS. Teniendo como conclusiones que la cortante basal, con la norma peruana, es el 29% superior al de la norma chilena. Asimismo, se determinó que la aceleración espectral máxima obtenida con la norma chilena es superior, a la norma peruana. Con respecto a los desplazamientos, se determinó que los valores obtenidos de acuerdo con la normativa peruana son superiores a los calculados con la norma chilena. En consecuencia, se sugiere una revisión a la normativa peruana mediante la incorporación de la filosofía establecida en los lineamientos de la norma chilena puede impulsar a edificios más económicos que además resultan seguras.

Flores & Carrasco (2023) en su investigación "diseño sismorresistente a través del método pushover en el pabellón de ingeniería civil de la universidad nacional de Jaén - 2023", en este estudio se utilizaron estándares internacionales como el fema (Agencia Federal para el Manejo de Emergencias), ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles) y SEAOC (Visión 2000). Resulta que las derivas en todos sus niveles tanto en la dirección X como en la Y son menores a lo establecido por la Norma Técnica Peruana E.030-2018, siendo, inferiores a 0.007. La capacidad máxima de resistencia en la dirección X es de 1,740.975 tonf y un desplazamiento de 0.15078 m, mientras que en la dirección Y es de 2,144.130 tonf y un desplazamiento de 0.08898 m. Concluyendo que la estructura está en buen estado.

Según Julca (2023), en su investigación tuvo como objetivo alcanzar la evaluación del nivel de desempeño estructural de un bloque de la institución educativa Fe y Alegría N^a 22 San Luis Gonzaga - Jaén. La metodología utilizada se basó en los lineamientos establecidos por la norma ASCE 41-13, aplicando el análisis estático no lineal tipo *Pushover* mediante el software SAP2000 versión 23. En los resultados obtenidos para la dirección X, se observó que ante un sismo moderado la estructura presentó una cortante de 149.461 tonf y un desplazamiento de 29 mm; frente a un sismo raro, una cortante de 200.01 tonf y un desplazamiento de 70 mm; y para un sismo muy raro, una cortante de 180.19 tonf con un desplazamiento de 47 mm. En la dirección Y, el sismo moderado generó una cortante de 181.84 tonf y un desplazamiento de 12 mm; el sismo raro produjo una cortante de 215.87 tonf y un desplazamiento de 17 mm; y el sismo muy raro, una cortante de 260.33 tonf con un desplazamiento de 22 mm. A partir de estos resultados, se concluye que, para un sismo moderado, el nivel de desempeño sísmico de la estructura corresponde al estado de ocupación inmediata.

Afirma Fernández (2022) en su investigación tuvo como objeto evaluar el desempeño sísmico de pabellón de ingeniería civil de la UNACH mediante el método no lineal estático pushover. La metodología aplicada se fundamentó en los lineamientos de las normas FEMA 440 y ATC-40, utilizando el análisis estático no lineal tipo *Pushover* mediante el software ETABS versión 18. Los resultados obtenidos para un sismo máximo indican que el punto de desempeño en el módulo I presenta una cortante de 253.42 tonf y un desplazamiento de 138.50 mm; en el módulo II, una cortante de 1,101.42 tonf y un desplazamiento de 142.60 mm; en el módulo III, una cortante de 257.09 tonf y un desplazamiento de 136.60 mm; en el módulo IV, una cortante de 103.32 tonf y un desplazamiento de 48.80 mm; y en el módulo V, una cortante de 267.32 tonf y un desplazamiento de 13.73 mm. Se concluye que los módulos I, II y III presentan un comportamiento adecuado únicamente frente a sismos de servicio y de diseño, mientras que los módulos IV y V cumplen con el nivel de desempeño sísmico requerido.

Afirma Linares (2022) en su trabajo de investigación tuvo como objetivo aplicar el método Estático No Lineal Pushover para analizar el comportamiento sísmico de un edificio de 3 pisos. La metodología aplicada se basó en los lineamientos establecidos por el ATC-40, empleando el análisis estático no lineal tipo *Pushover* mediante el software ETABS versión 20. Los resultados muestran una participación modal del 65% para el modo 1, del 86% para el modo 2 y del 60% en la dirección Z, por lo que no se alcanza el

90% de la masa participativa requerida. En cuanto a las derivas en la dirección Y, se obtuvo en el nivel 1 un valor de 0.03798 con un desplazamiento de 189.90 mm, en el nivel 2 de 0.03986 con un desplazamiento de 118.80 mm y en el nivel 3 de 0.025127 con un desplazamiento de 75.40 mm, sumando un desplazamiento total de 384.039 mm. Se concluye que, ante un sismo raro, el desempeño sísmico de la estructura se encuentra cercano al colapso, por lo que se recomienda el reforzamiento de los elementos estructurales.

Mera (2021) en su investigación “evaluación del desempeño sísmico del edificio único de la universidad alas peruanas - Jaén” Se llevó a cabo el análisis de la estructura, empleando el programa ETABS versión 18. Se realizó un análisis estático no lineal - PUSHOVER y se procedió a evaluar el nivel de desempeño del edificio, de conformidad con los criterios de aceptación establecidos en la norma ASCE41-17. En consecuencia, requeriremos un reforzamiento estructural. Asimismo, el comportamiento inelástico del módulo I y módulo II en ambas direcciones de análisis y ambos niveles de peligro sísmico no presenta una capacidad adecuada para soportar formaciones inelásticas y, al mismo tiempo, estas diferencias se disminuyen debido a la falta de redundancia en los elementos verticales resistentes a fuerzas laterales.

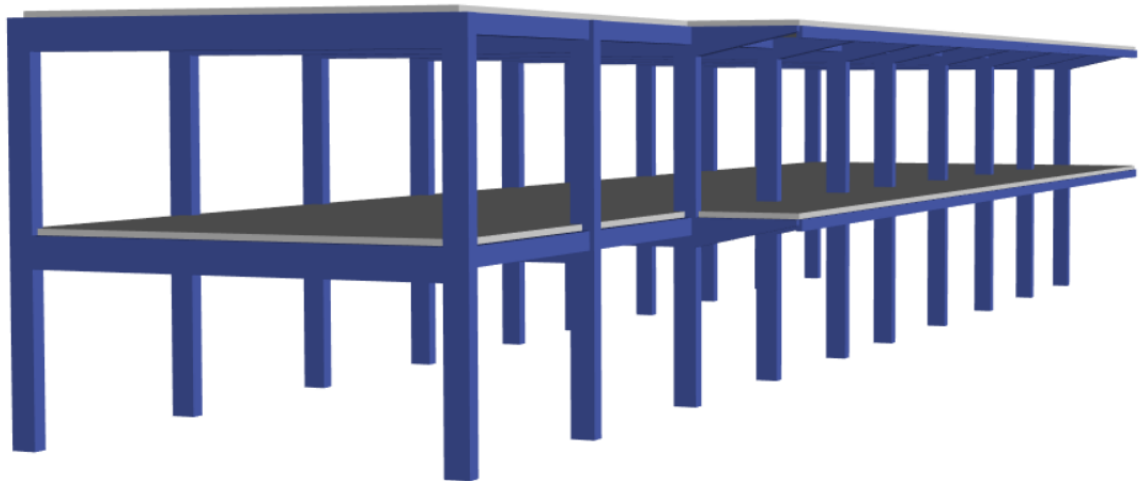
II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Descripción del bloque a estudiar

El bloque tiene un sistema estructural de pórticos en ambos sentidos X e Y, el cual tiene 2 pisos, con altura de 3.2 m en ambos niveles de la Institución Educativa Inicial N°001, el cual se obtuvo los planos estructurales.

Figura 1

Modelación de la estructura a investigar



Nota: Se aprecia el bloque de la I.E.I N°001, el cual se va a investigar

2.2. Ubicación de la estructura en estudio

La presente investigación ha sido realizada en el distrito Jaén, Cajamarca, en la Institución Educativa Inicial N°001.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Institución educativa inicial N°1 de la ciudad de Jaén

2.3.2. Muestra

Estructura

2.3.3. Muestreo

Sistema estructural aporticada.

2.3.4. Variables de estudio

Variable Independiente: Sistema estructural.

Variable Dependiente: Desempeño sísmico.

2.4. Método

Se utilizó un diseño de investigación no experimental, de tipo cuantitativo y con un alcance aplicativo–evaluativo. Se considera no experimental porque los datos fueron obtenidos directamente de la realidad para su posterior análisis; cuantitativo, debido a que la información se recopiló y procesó mediante un modelado matemático; y aplicativo–evaluativo, ya que el estudio buscó proponer soluciones basadas en conocimientos e información previa, evaluando la eficacia de los resultados en relación con los objetivos establecidos.

2.5. Técnicas e instrumentos

La técnica de recolección de datos de esta investigación se basará en la información que se obtendrá de los planos de la institución educativa, además se revisó la bibliografía necesaria que se alineen al tema de estudio. Así mismo se va a utilizar el Reglamento Nacional de Edificaciones, Normas Internacionales y trabajos de investigación relacionadas al desempeño sísmico de edificaciones.

Como instrumento se utilizó el programa ETABS V22.3.0 para analizar el desempeño sísmico de la edificación en estudio, donde se realizará el modelamiento para el cálculo de las derivas, curva de capacidad y punto de desempeño. Así mismo se utilizó los planos arquitectónicas y estructurales del expediente técnico, las normas nacionales E.020, E.030 y E.060; y la norma internacional ASCE 41-13 para la ubicación del punto de desempeño y la ASCE 41-17 para el criterio de ubicación de las rotulas plásticas.

2.6. Análisis de datos

Para realizar el análisis de datos, se va a realizar mediante el programa Etabs V22.3.0, en el cual se va aplicar la metodología del análisis estático no lineal (Pushover),

donde vamos a encontrar la curva capacidad de la estructura. Así mismo para poder encontrar la curva de desempeño, vamos aplicar la norma internacional ASCE 41-13 y nuestra norma peruana E.030 – Diseño Sismorresistente, encontrando el espectro capacidad de la estructura, donde finalmente se verifica el nivel de daño que se encuentra la Institución Educativa Inicial N°001.

2.6.1. Modelado del bloque

Se definió los materiales a utilizar en el software ETABS, se ingresó las secciones de columnas, viga y losa aligerada, con sus respectivos aceros de acuerdo a los planos estructurales de la estructura.

Figura 2

Definición concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box in ETABS. The 'General Data' section includes: Material Name (CONCRETO 210 kg/cm²), Material Type (Concrete), Directional Symmetry Type (Isotropic), Material Display Color (magenta), and Material Notes (Modify/Show Notes...). The 'Material Weight and Mass' section has radio buttons for 'Specify Weight Density' (selected) and 'Specify Mass Density'. It shows Weight per Unit Volume (2.4 tonf/m³) and Mass per Unit Volume (0.244732 tonf-s²/m⁴). The 'Mechanical Property Data' section includes: Modulus of Elasticity, E (2173706.51 tonf/m²), Poisson's Ratio, U (0.15), Coefficient of Thermal Expansion, A (0.0000099 1/C), and Shear Modulus, G (945089.79 tonf/m²). The 'Design Property Data' section has a button 'Modify/Show Material Property Design Data...'. The 'Advanced Material Property Data' section has buttons for 'Nonlinear Material Data...', 'Material Damping Properties...', and 'Time Dependent Properties...'.

Nota: Se define las propiedades del concreto, con su volumen del concreto en tonf/m³, el módulo de elasticidad en tonf/m² y el módulo de Poisson.

Figura 3

Acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name: ACERO FY= 4200 KG/CM2

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

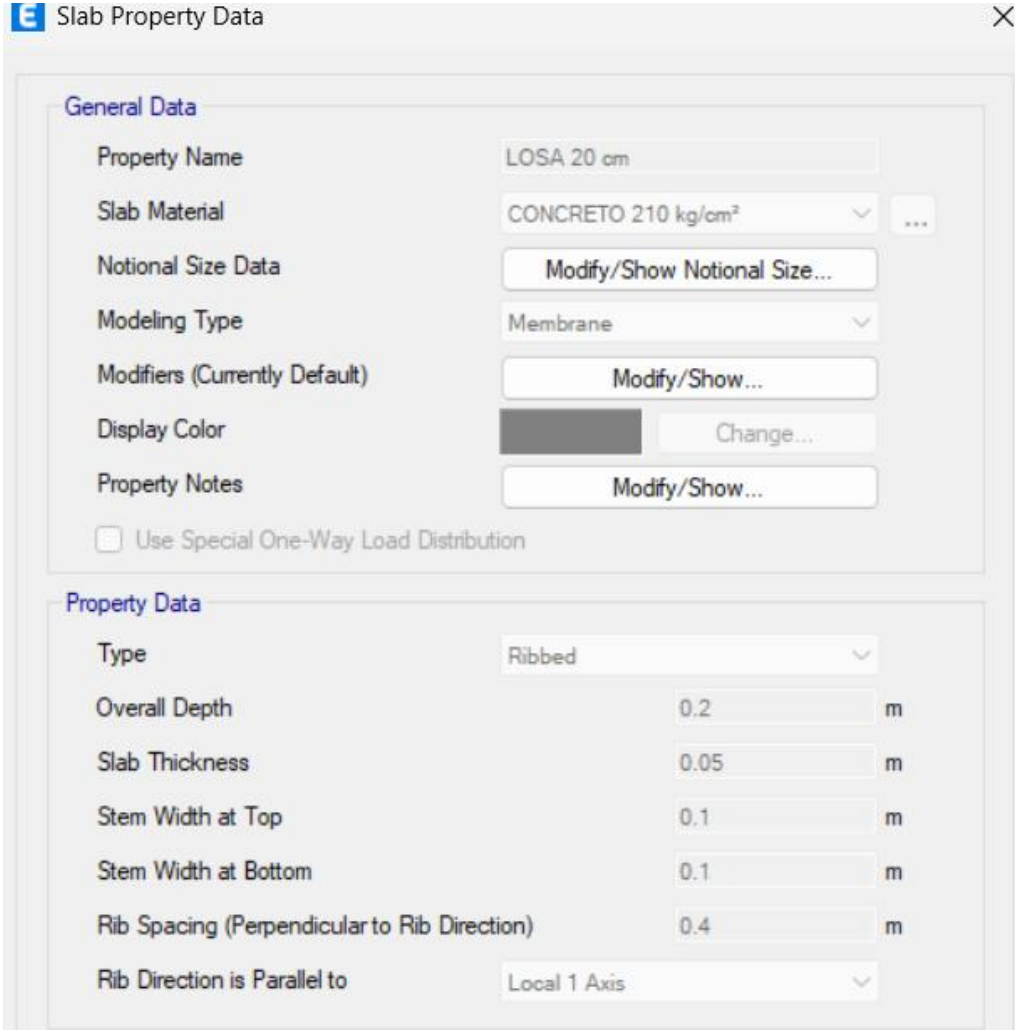
Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Nota: Se define las propiedades del acero, con su volumen del acero en tonf/m³ y el módulo de elasticidad en tonf/m²

Figura 4

Definición de la losa aligerada



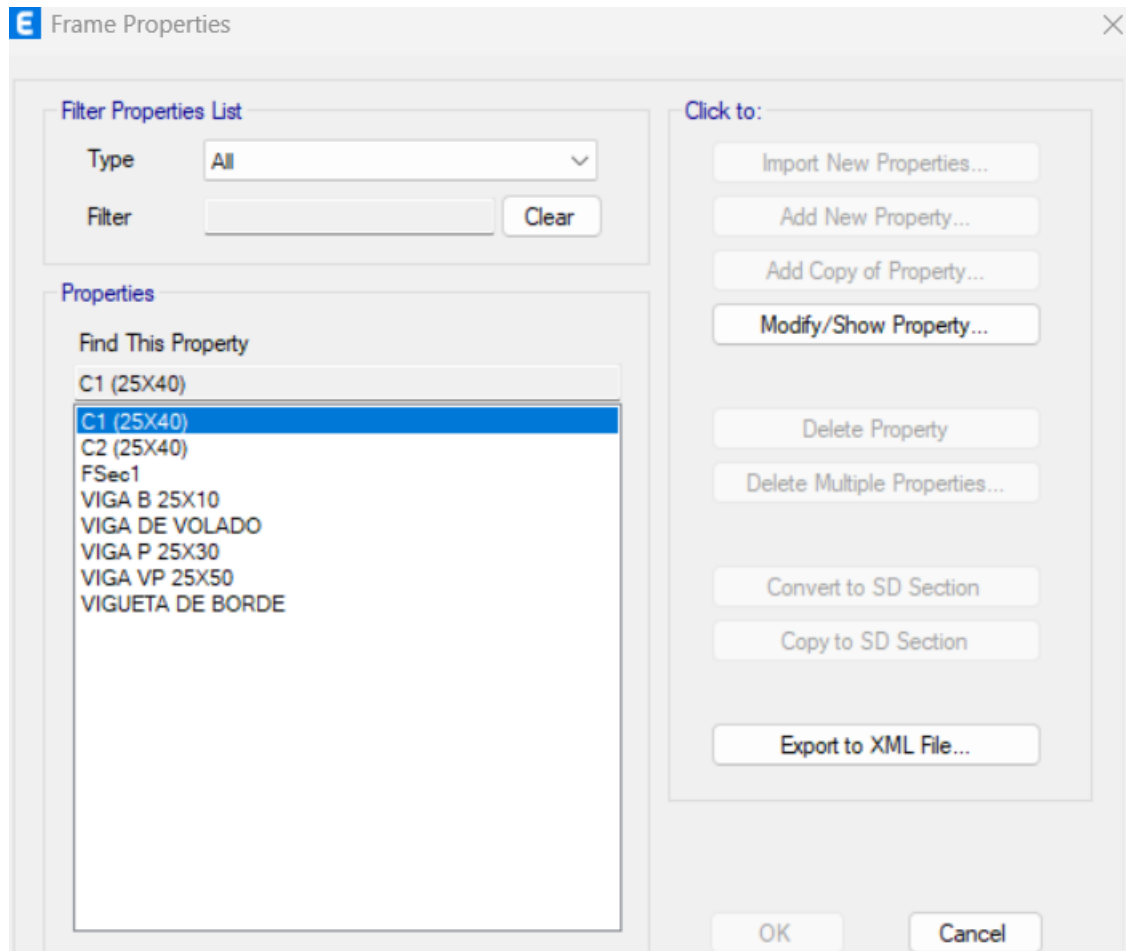
General Data	
Property Name	LOSA 20 cm
Slab Material	CONCRETO 210 kg/cm ²
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Membrane
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...
<input type="checkbox"/> Use Special One-Way Load Distribution	

Property Data	
Type	Ribbed
Overall Depth	0.2 m
Slab Thickness	0.05 m
Stem Width at Top	0.1 m
Stem Width at Bottom	0.1 m
Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction)	0.4 m
Rib Direction is Parallel to	Local 1 Axis

Nota: Se define las propiedades de la losa aligerada con un espesor de 20 cm, de acuerdo a los planos estructurales de la edificación.

Figura 5

Definición de las vigas y columnas



Nota: Se define las secciones de las vigas y columnas, según los planos estructurales de la edificación.

Figura 6

Características de la columna C-1 (25x40)

E Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

- P-M2-M3 Design (Column)
- M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: ACERO $f_y=4200$ kg/cm²

Confinement Bars (Ties): ACERO $f_y=4200$ kg/cm²

Reinforcement Configuration

- Rectangular
- Circular

Confinement Bars

- Ties
- Spirals

Check/Design

- Reinforcement to be Checked
- Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 4 cm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 2

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 3

Longitudinal Bar Size and Area: #5 2 cm²

Corner Bar Size and Area: #5 2 cm²

Confinement Bars

Confinement Bar Size and Area: #3 0.71 cm²

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 15 cm

Number of Confinement Bars in 3-dir: 2

Number of Confinement Bars in 2-dir: 2

Nota: Se aprecia la colocación del acero en la columna C-1, son 6 varillas de 5/8", todas las columnas tienen la misma cantidad de acero, del primer y segundo nivel de la edificación.

Figura 7

Acero en la VP (25x50) en el 1 y 2 nivel

Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: ACERO $f_y=4200$ kg/cm²

Confinement Bars (Ties): ACERO $f_y=4200$ kg/cm²

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

Top Bars at I-End: 13.35 cm²

Top Bars at J-End: 7.67 cm²

Bottom Bars at I-End: 13.35 cm²

Bottom Bars at J-End: 7.67 cm²

OK Cancel

Nota: Se aprecia la colocación del acero en la viga principal VP (25x50), del primer y segundo nivel de la edificación.

Figura 8

Acero en la VS (25x30) en el 1 y 2 nivel

Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: ACERO $f_y=4200$ kg/cm²

Confinement Bars (Ties): ACERO $f_y=4200$ kg/cm²

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars: 6 cm

Bottom Bars: 6 cm

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

Top Bars at I-End: 3.98 cm²

Top Bars at J-End: 3.98 cm²

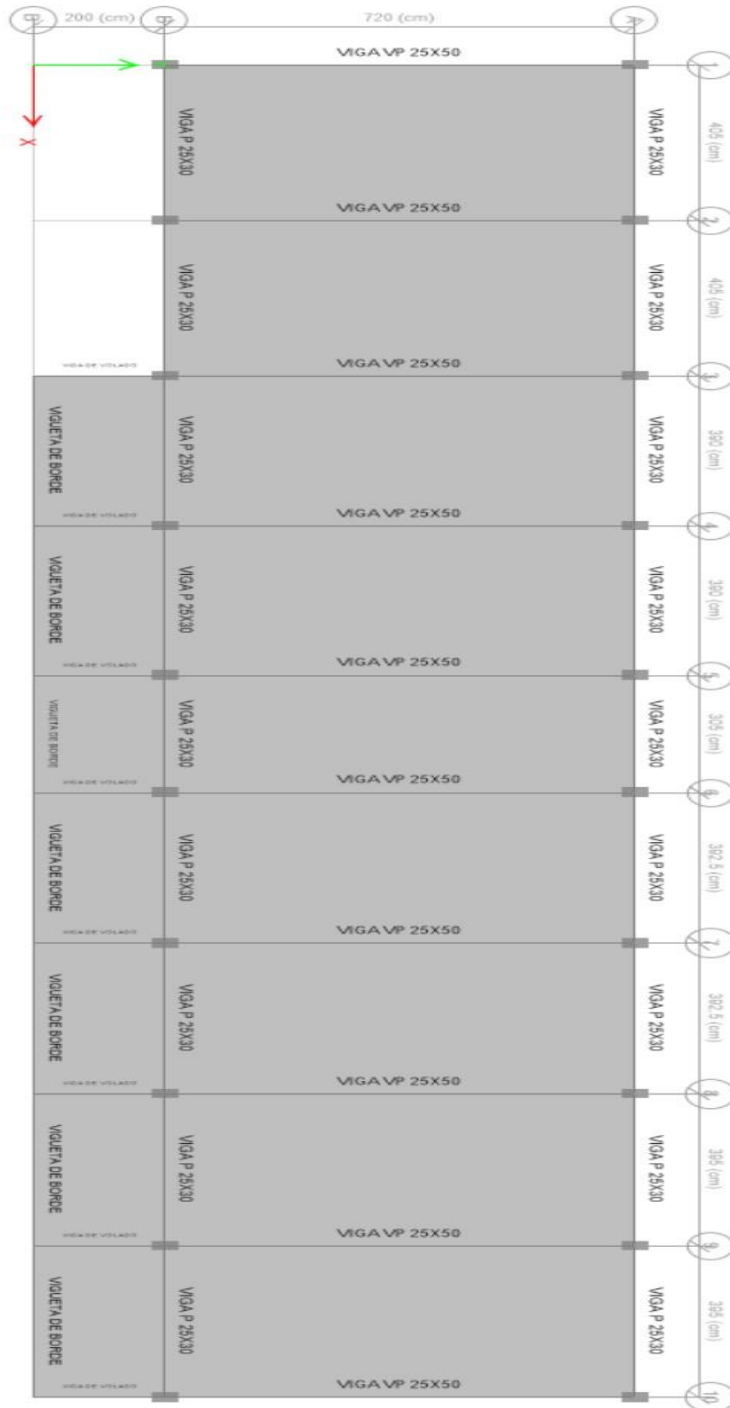
Bottom Bars at I-End: 3.98 cm²

Bottom Bars at J-End: 3.98 cm²

Nota: Se aprecia la colocación del acero en la viga secundaria VS (25x30), del primer y segundo nivel de la edificación.

Figura 09

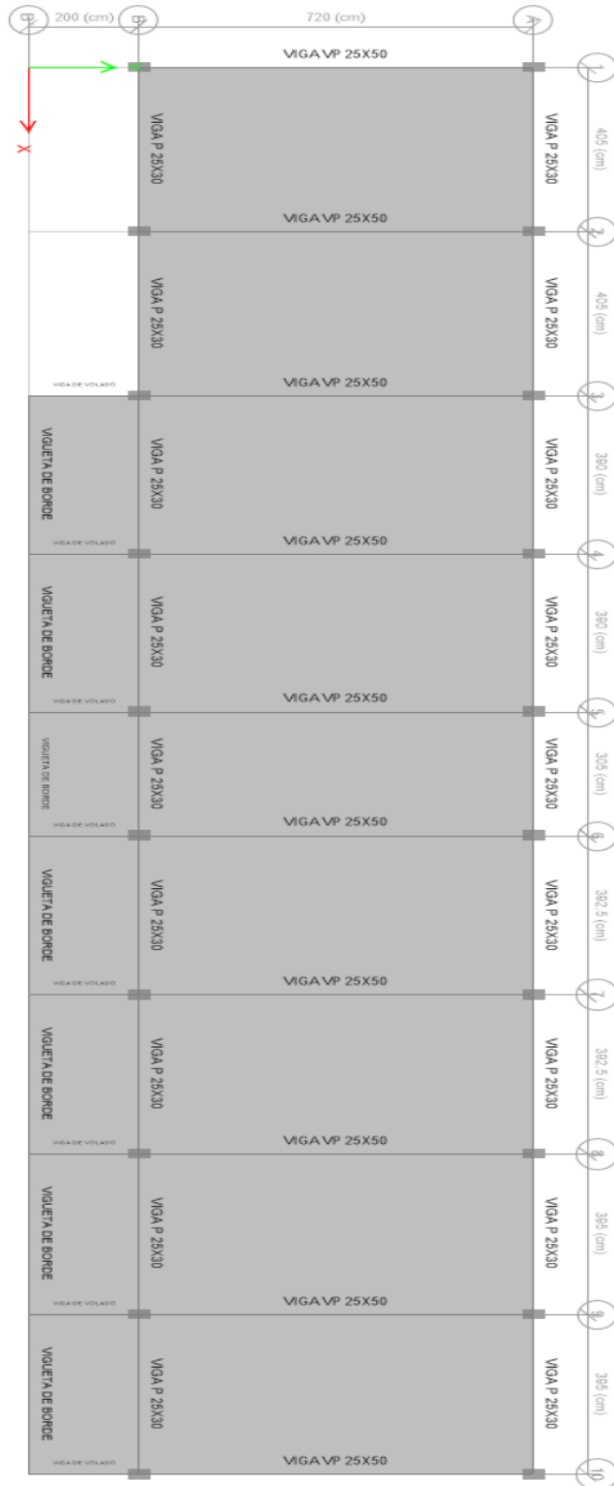
Planta de la edificación (1 nivel)



Nota: Se aprecia la vista en planta del primer nivel de la edificación, con todas las secciones de las vigas y columnas.

Figura 10

Planta de la edificación (2 nivel)



Nota: Se aprecia la vista en planta del segundo nivel de la edificación, con todas las secciones de las vigas y columnas.

2.6.2. Análisis sísmico estático

La Norma Técnica Peruana E.030, establece los criterios para seleccionar los parámetros sísmicos de la estructura, en este caso tenemos un sistema de pórticos en ambos ejes (R=8), está en una zona 2, factor suelo S2, categoría A, entre otros.

Tabla 1

Los parámetros sísmicos

Parámetro	Valor Numérico
Z ₂ (factor zona)	0.25
U (factor uso)	1.50
C (Coef. amplificación sísmica)	2.5
S ₂ (factor suelo)	1.20
R _x	8
R _y	8

Nota: Se muestran los valores de los parámetros sísmicos en la edificación, de acuerdo a la Norma E.030 – Diseño Sismorresistente.

Cortante basal en el eje X:

$$V_x = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$
$$V_x = \frac{0.25 \times 1.50 \times 2.5 \times 1.20}{8} \times 422.22$$
$$V_x = 59.37 \text{ tonf}$$

Cortante basal en el eje Y:

$$V_y = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$
$$V_y = \frac{0.25 \times 1.50 \times 2.5 \times 1.20}{8} \times 422.22$$
$$V_y = 59.37 \text{ tonf}$$

2.6.3. Análisis sísmico dinámico

La Norma Técnica Peruana E.030, establece los criterios poder calcular los modos de vibración por cada nivel, calcular el periodo fundamental en cada eje de la estructura, en la siguiente tabla se muestra los cálculos obtenidos mediante el software estructural.

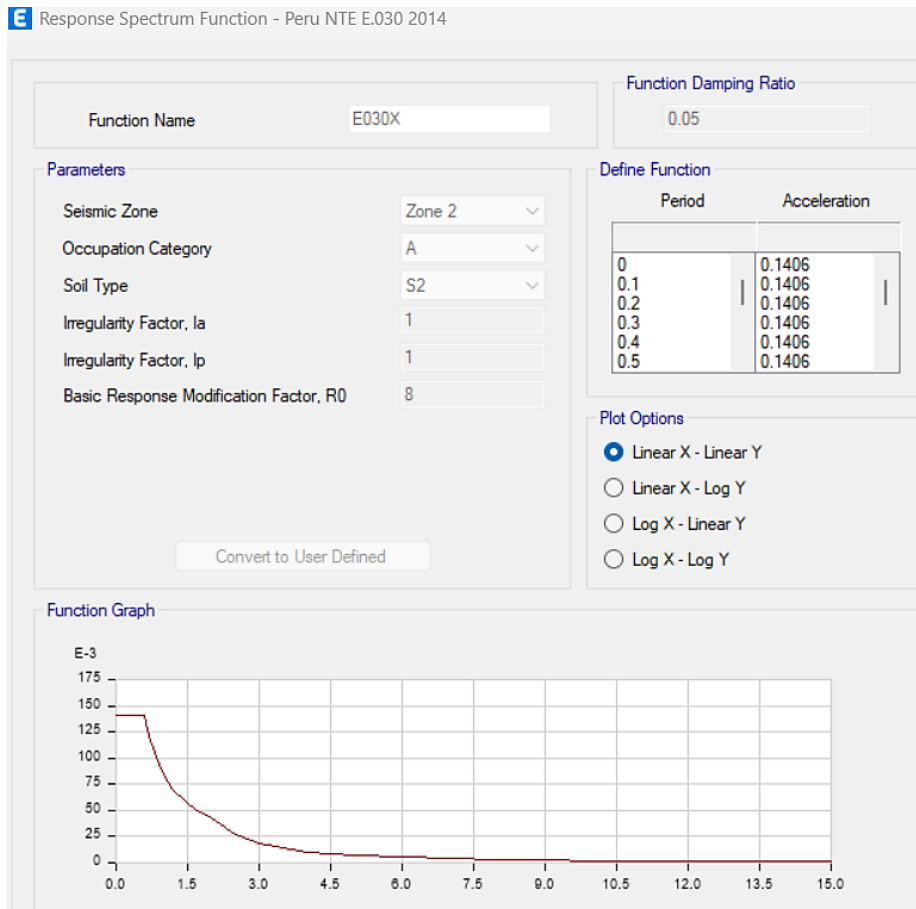
Tabla 2
Modos de Vibración

Casos	Modo	Periodo (s)	UX	UY	Σ UX	Σ UY
Modal	1	0.56	0.9072	0.0001	0.9072	0.0001
Modal	2	0.447	0.0003	0.5987	0.9076	0.5987
Modal	3	0.36	0.0001	0.2886	0.9077	0.8873
Modal	4	0.189	0.0923	5.151E-06	1	0.8873
Modal	5	0.14	2.352E-05	0.0743	1	0.9617
Modal	6	0.113	9.818E-06	0.0383	1	1

Nota: Se muestra los modos de vibración de la edificación y sus periodos: un período de 0.56 s en el eje X con participación de masa efectiva de 90.72 %, un período de 0.447 s en el eje Y con participación de masa efectiva de 59.87 %.

Figura 11

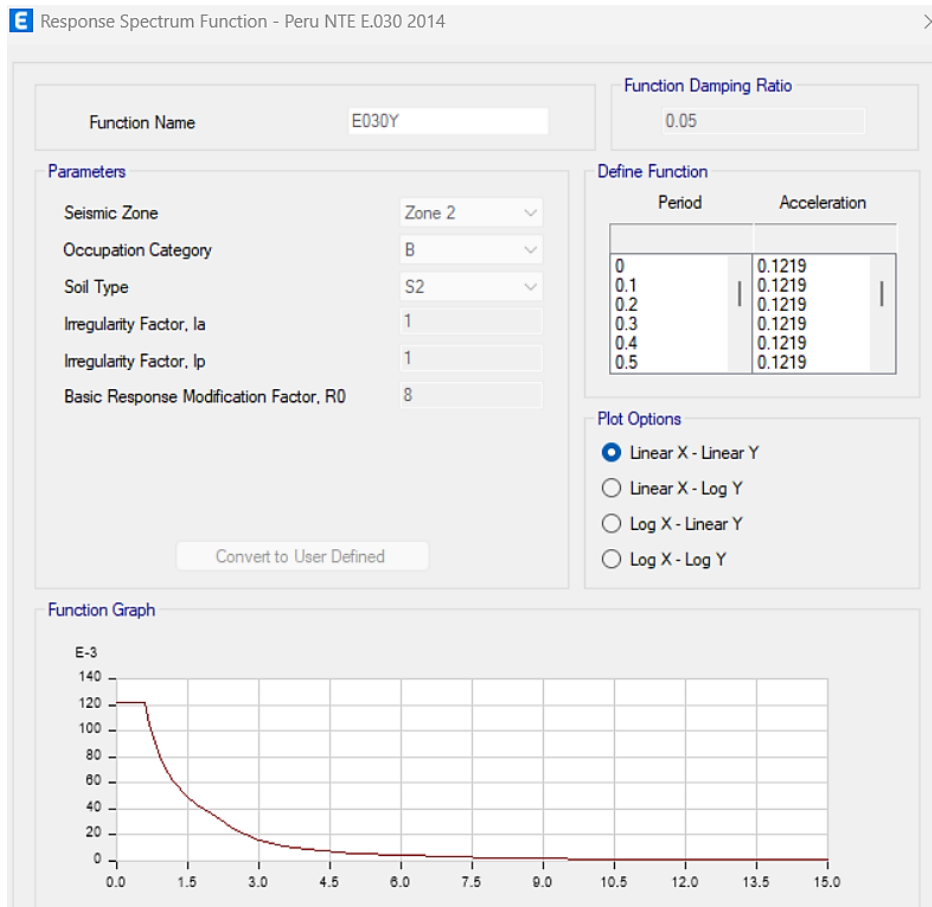
Espectro de diseño X-X



Nota: se aprecia el espectro de diseño en la dirección X, teniendo como factor zona 2, factor uso 1.5, tipo de suelo S2 y factor de reducción R=8.

Figura 12

Espectro de diseño Y-Y



Nota: se aprecia el espectro de diseño en la dirección Y, teniendo como factor zona 2, factor uso 1.5, tipo de suelo S2 y factor de reducción R=8.

Para obtener la fuerza cortante mínima, se definieron los casos de los sismos dinámicos tanto para la dirección X, como para la dirección en Y, en la cual se ha considerado el 5% de excentricidad accidental como lo establece la norma peruana. A continuación, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3
Cortante mínima

	FUERZA CORTANTE (Tonf)	$\frac{VD}{VE} > 80\%$	SITUACIÓN
VD _X	54.20	91.29%	CUMPLE
VE _X	59.37		
VD _Y	42.49	71.59%	NO CUMPLE
VE _Y	59.37		

Nota: Para el cálculo de la fuerza cortante mínima en cada una de las direcciones en el análisis del primer entrespaño de la estructura, según la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, la cortante dinámica tiene que ser el 80% de la cortante estática y se puede apreciar que no cumple esta condición en la dirección X, por lo tanto, se debe escalar.

2.6.4. AENL - PUSHOVER

Para el análisis estático no lineal, se empleó la metodología Pushover, con el cual vamos evaluar el desempeño sísmico en la Institución Educativa Inicial N°001, en la cual se aplica una carga lateral estática, donde se incrementa gradualmente hasta llegar al colapso, obteniéndose la curva capacidad de la estructura.

2.6.4.1. Comportamiento no lineal del concreto

Para el comportamiento no lineal del material de concreto, se ha usado el modelo paramétrico de Mander para el confinado y no confinado, a continuación, se muestra en la siguiente figura.

Figura 13

Concreto – parámetros no lineales

Nonlinear Material Data

Material Name and Type

Material Name: CONCRETO FC= 233 KG/CM2
Material Type: Concrete, Isotropic

Acceptance Criteria Strains

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.003	m/m
LS	0.02	-0.006	m/m
CP	0.05	-0.015	m/m

Ignore Tension Acceptance Criteria

Miscellaneous Parameters

Hysteresis Type: Concrete
Modify/Show Hysteresis Parameters...
Drucker-Prager Parameters
Friction Angle: 0 deg
Dilatational Angle: 0 deg

Stress Strain Curve Definition Options

Parametric: Mander
Convert to User Defined
 User Defined

Parametric Strain Data

Strain at Unconfined Compressive Strength, f'c: 0.002
Ultimate Unconfined Strain Capacity: 0.005
Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

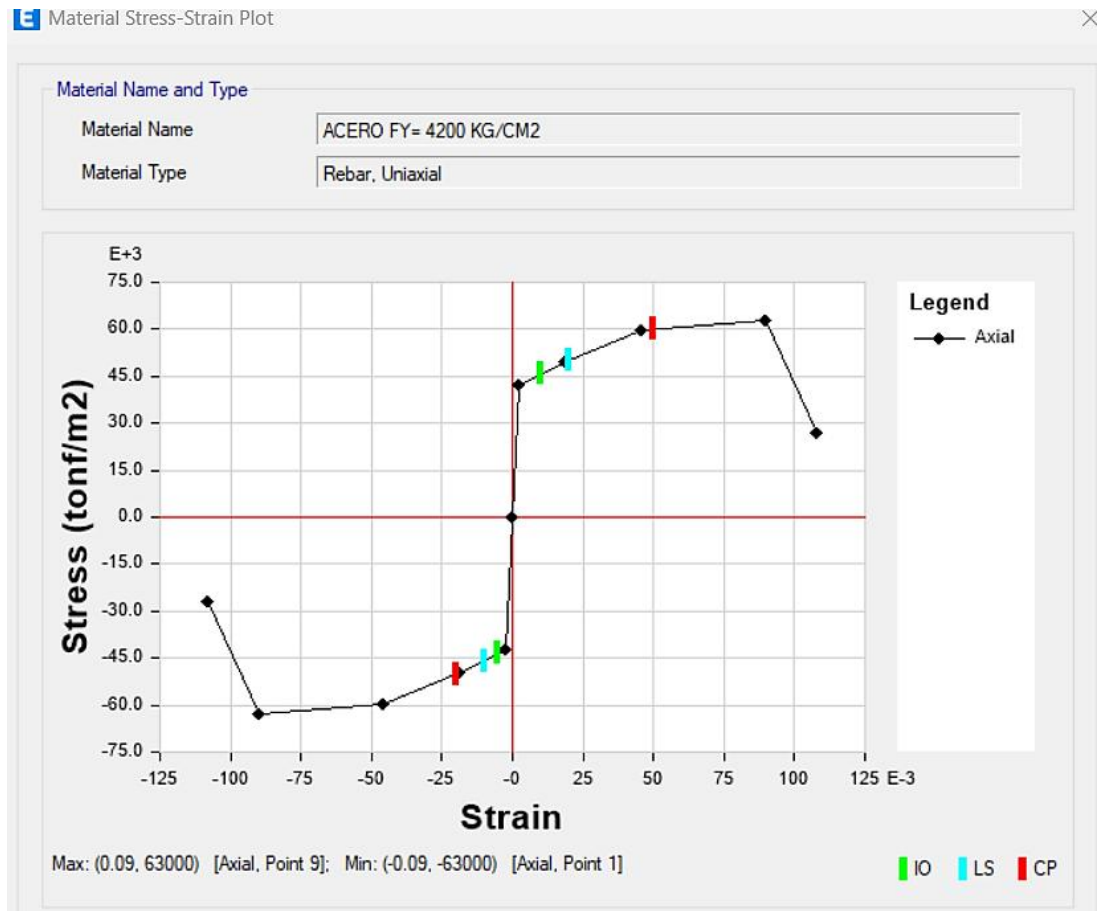
Show Stress-Strain Plot...

Nota: Se utilizo el modelo de Mander con una deformación unitaria de 0.002 y una deformación unitaria ultima de 0.005.

En el caso del acero, el límite de fluencia es de $f_y=4200$ kgf/cm², en el análisis pushover, se usó el modelo Park (modelo propuesto por Yong Park y Ang) para representar la no linealidad del acero, el cual va a reflejar como el acero se comporta de manera elástica hasta llegar al punto de fluencia.

Figura 14

Modelo de Park, para la no linealidad del acero



Nota: El modelo de Park, es el más utilizado en el análisis estático no lineal – Pushover, el cual representa el comportamiento del acero frente a procesos de carga y descarga.

Figura 14

Valores para el modelo de Park, para la no linealidad del acero

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.005	m/m
LS	0.02	-0.01	m/m
CP	0.05	-0.02	m/m

Strain at Onset of Strain Hardening	0.01
Ultimate Strain Capacity	0.09
Final Slope (Multiplier on E)	-0.1

Nota: Se muestra los valores para el modelo de Park.

2.6.4.2. Asignación de rotulas concentradas plásticas en vigas

Para la asignación de las rotulas concentradas plásticas en las vigas de la edificación, la Norma ASCE 41-17, indica que deben colocarse en los extremos de los elementos estructurales, pero no especifica exactamente la distancia.

Figura 15

Vigas con asignación de rotulas plásticas

Hinge Property	Location Type	Relative Distance	Absolute Distance cm
Auto	Relative to clear length	0.95	
Auto M3	Relative to clear length	0.05	
Auto M3	Relative to clear length	0.95	

Current Hinge Information
Type: From Tables In ASCE 41-17
Table: Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i
DOF: Auto M3, Isotropic hysteresis

Show Advanced Parameters

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

Nota: El CSI, creador de Etabs, recomienda colocar las rotulas al 5% y 95% de la longitud de la viga, lo cual representa mejor, la zona plástica efectiva, para la orientación en vigas es con el M3 y con esto se puede graficar la curva de aceptación para determinar los puntos de IO, LS, CP.

2.6.4.3. Columnas de concreto armado

Para la asignación de las rotulas concentradas plásticas en las columnas de la edificación, la Norma ASCE 41-17, indica que deben colocarse en los extremos de los elementos estructurales, pero no especifica exactamente la distancia.

Figura 16

Columnas con asignación de rotulas plásticas

Hinge Property	Location Type	Relative Distance	Absolute Distance cm
Auto	Relative to clear length	0.95	
Auto P-M2-M3	Relative to clear length	0.05	
Auto P-M2-M3	Relative to clear length	0.95	

Current Hinge Information
Type: From Tables In ASCE 41-17
Table: Table 10-8 and 10-9 (Concrete Columns)
DOF: Auto P-M2-M3

Show Advanced Parameters

Modify/Show Auto Hinge Assignment Data...

Nota: El CSI, creador de Etabs, recomienda colocar las rotulas al 5% y 95% de la longitud de la viga, lo cual representa mejor, la zona plástica efectiva, para la orientación en columnas es con P-M2-M3 y con esto se puede graficar la curva de aceptación para determinar los puntos de IO, LS, CP.

2.6.4.4. Patrón proporcional modal

En la figura 17, se definen los patrones, donde se usó el patrón proporcional a la forma del modo fundamental en las dos direcciones, tanto en X como en Y. Para la dirección en X se asignó el primer modo y para la dirección en Y se asignó el segundo modo.

Figura 17

Definición de la carga gravitacional no lineal

General

Load Case Name: CG [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: []

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Peso propio	1
Load Pattern	Carga muerta	1
Load Pattern	Carga viva	0.25

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 18

Definición del Pushover X

Load Case Data

General

Load Case Name: PUSHOVER_X [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CG

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Figura 19

Definición del Pushover Y

Load Case Data

General

Load Case Name: PUSHOVER_Y [Design...]

Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CG

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	2	1

[Add] [Delete]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load [Modify/Show...]

Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

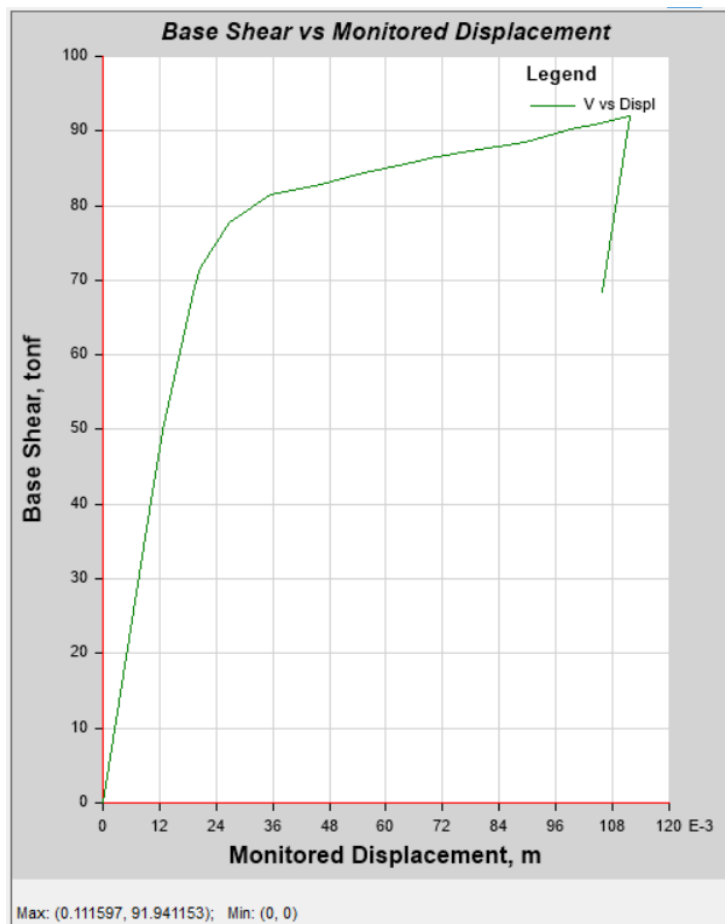
III. RESULTADOS

3.1. Analizar la magnitud de daño estructural al aplicar un sismo de diseño para un periodo de retorno de 475 años

La curva capacidad de la edificación se obtuvo mediante el software estructural Etabs, el cual es la representación de las cortantes con los desplazamientos, con esta curva se puede evaluar si la edificación va a soportar sismos desde baja intensidad hasta los sismos severos, a fin de prevenir los daños estructurales, que pueden llevar al colapso.

Figura 20

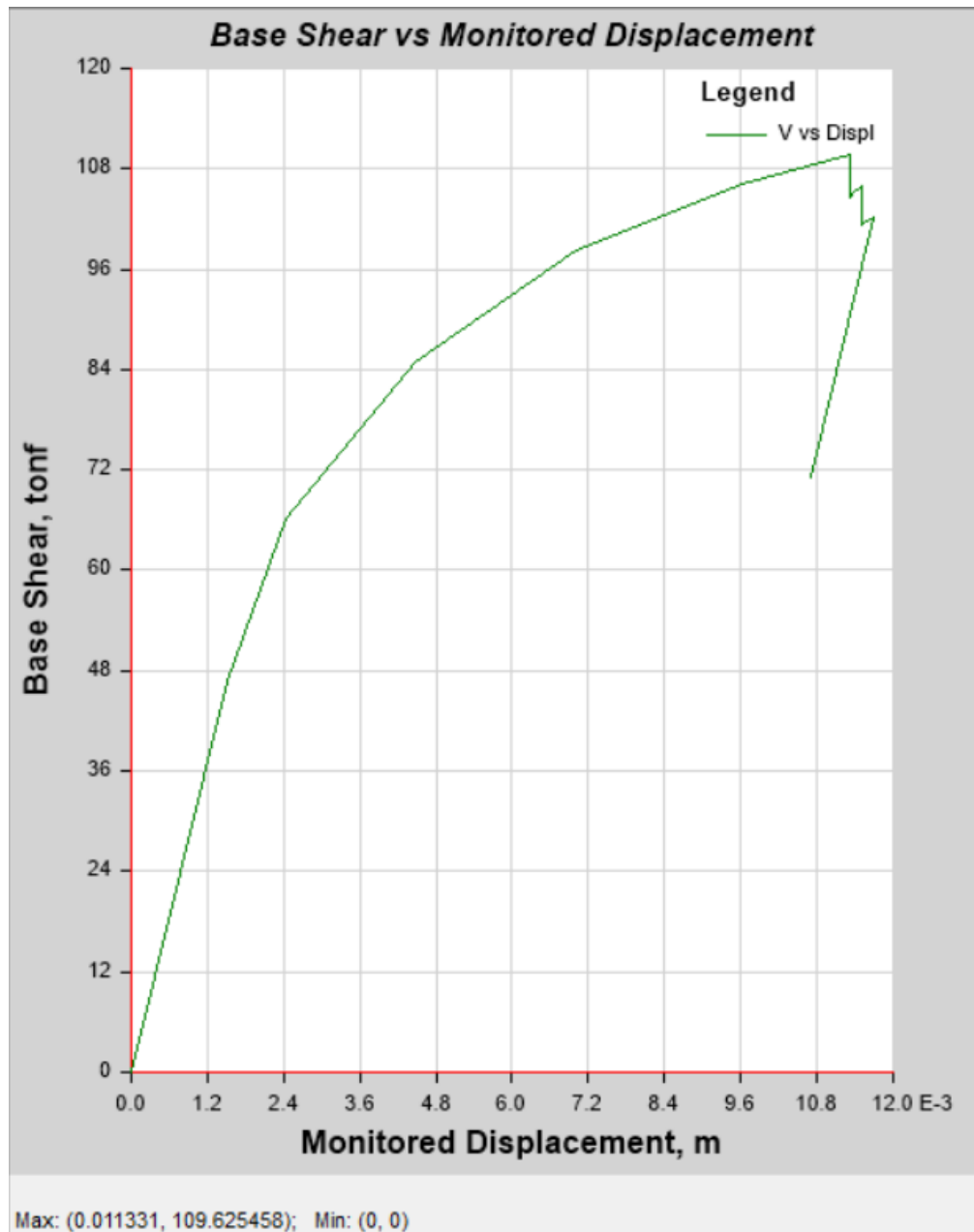
Curva capacidad eje X



Nota: Se evidencia la curva de capacidad de la estructura en la dirección X, que para un desplazamiento de 0.1116 m, la máxima capacidad a resistir es de 91.94 tonf.

Figura 21

Curva capacidad eje Y



Nota: Se evidencia la curva de capacidad de la estructura en la dirección Y, que para un desplazamiento de 0.01133 m, la máxima capacidad a resistir es de 109.62 tonf.

3.2. Determinación de la capacidad de resistencia y desplazamiento del sistema estructural, en respuesta a las exigencias sísmicas dictadas por la norma E.030-2018

Se determino las distorsiones máximas en la edificación, tomando en cuenta el reglamento nacional de edificaciones – Norma E.030 Diseño Sismorresistente, donde establece en su artículo 32, que, si el material predominante es de concreto armado, el máximo desplazamiento lateral relativo admisible es de 0.007, a continuación, se muestra las derivas máximas encontradas en la estructura.

Cortante basal en el eje X:

$$V_x = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$
$$V_x = \frac{0.25 \times 1.50 \times 2.5 \times 1.20}{8} \times 422.22$$
$$V_x = 59.37 \text{ tonf}$$

Cortante basal en el eje Y:

$$V_y = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$
$$V_y = \frac{0.25 \times 1.50 \times 2.5 \times 1.20}{8} \times 422.22$$
$$V_y = 59.37 \text{ tonf}$$

Por lo tanto, la cortante basal en la dirección en X es de 59.37 tonf. y la cortante basal en la dirección en Y es de 59.37 tonf, salen de igual valor, debido a que en ambos ejes es de pórticos.

Tabla 04

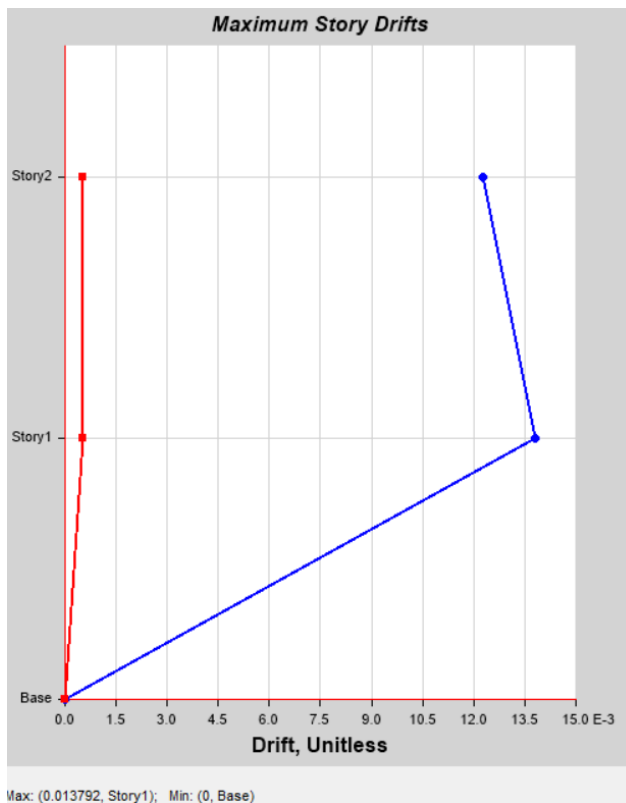
Derivas de entrepiso en el eje X

Nivel	CASO	Eje	Distorsión	Condición
02	Distorsión Max	X	0.012287	NO CUMPLE
01	Distorsión Max	X	0.013792	NO CUMPLE

Nota: Se aprecia las distorsiones en el eje X; el sistema estructural es de pórticos; se puede observar que la deriva en el primer nivel no cumple, porque pasa lo permitido por la norma vigente (0.007). NO CUMPLE, debido a la poca rigidez que hay en el eje X, las secciones de las vigas y columnas son insuficientes, por lo que se debe reforzar la estructura.

Figura 22

Distorsiones en la dirección X



Nota: Se aprecia las derivas en el eje X, donde la máxima distorsión se encuentra en el primer nivel con un valor de 0.013792, la línea de color azul representa las derivas en ese eje.

Tabla 05

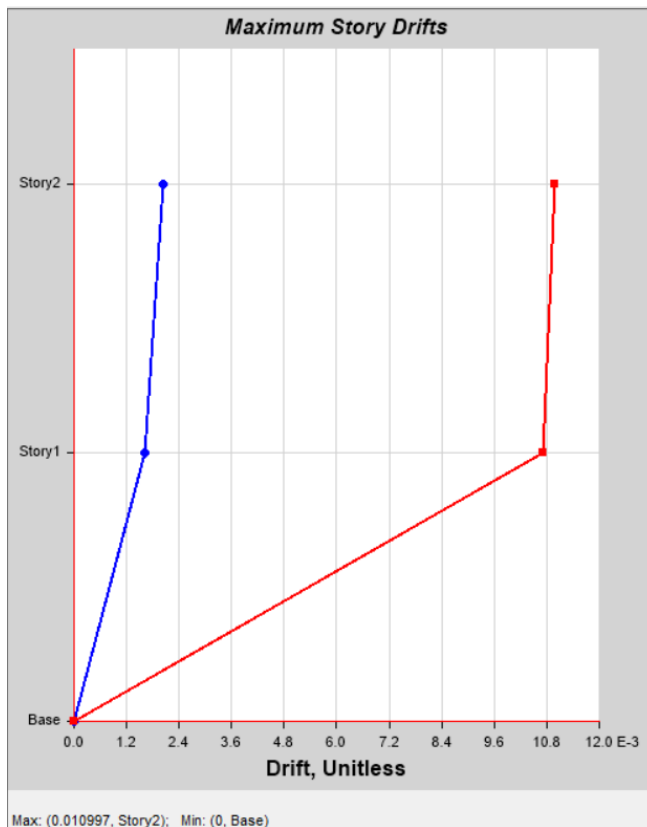
Derivas de entrepiso en el eje Y

Nivel	CASO	Eje	Distorsión	Condición
02	Distorsión Max	Y	0.010997	NO CUMPLE
01	Distorsión Max	Y	0.010707	NO CUMPLE

Nota: Se aprecia las distorsiones en el eje Y; el sistema estructural es de pórticos; se puede observar que la deriva del primer y segundo nivel no cumple, porque pasa lo permitido por la norma vigente (0.007). NO CUMPLE, debido a la poca rigidez que hay en el eje Y, las secciones de las vigas y columnas son insuficientes, por lo que se debe reforzar la estructura.

Figura 23

Distorsiones en la dirección Y



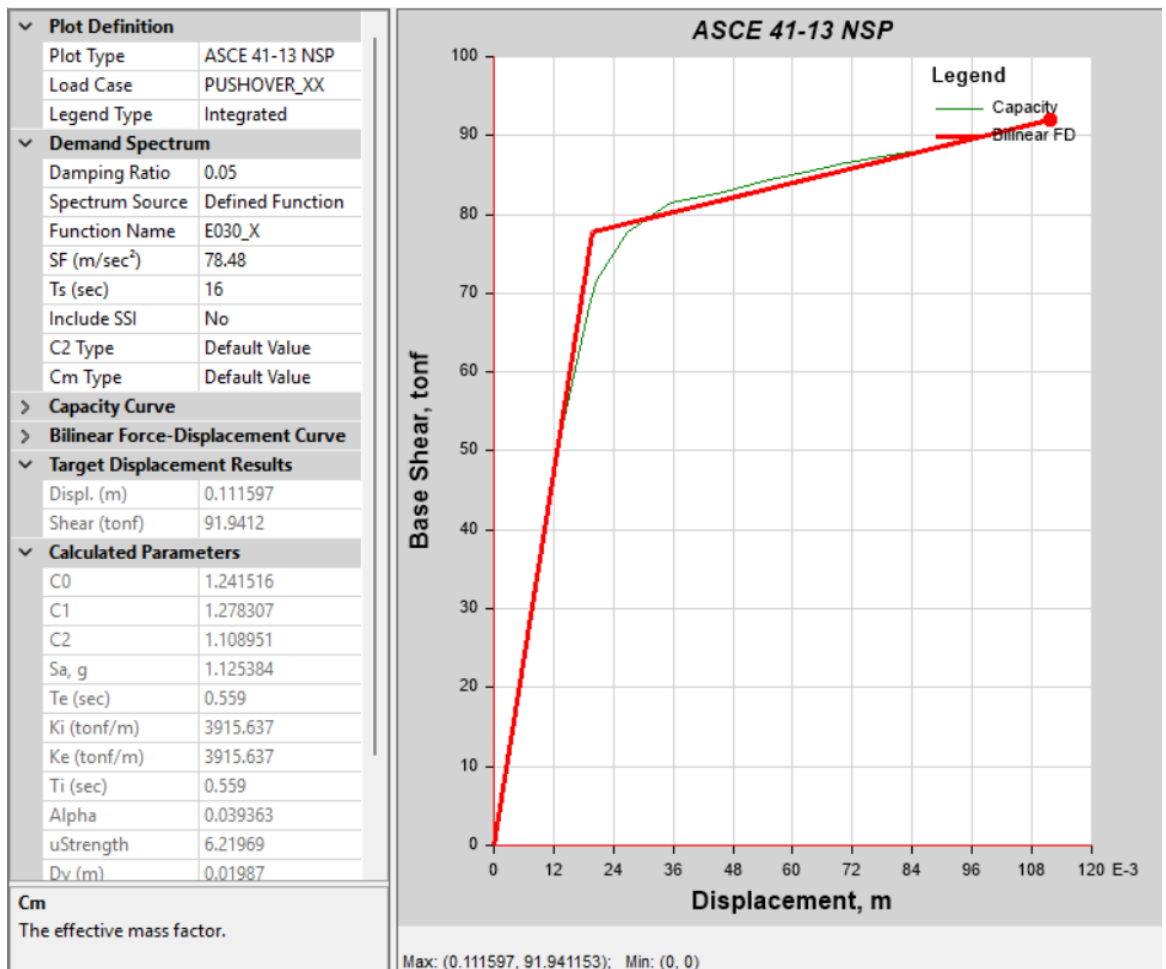
Nota: Se aprecia las derivas en la dirección en Y, donde la máxima distorsión se encuentra en el segundo nivel con un valor de 0.010997, la línea roja representa las derivas en ese eje.

3.3. Identificar el rango de desempeño sísmico de la estructura analizada y proponer recomendaciones, si se identifican deficiencias

Para establecer el rango de desempeño, se aplicó la Norma ASCE 41-13, en la dirección en X e dirección en Y, aplicando un sismo severo haciendo $R=1$

Figura 24

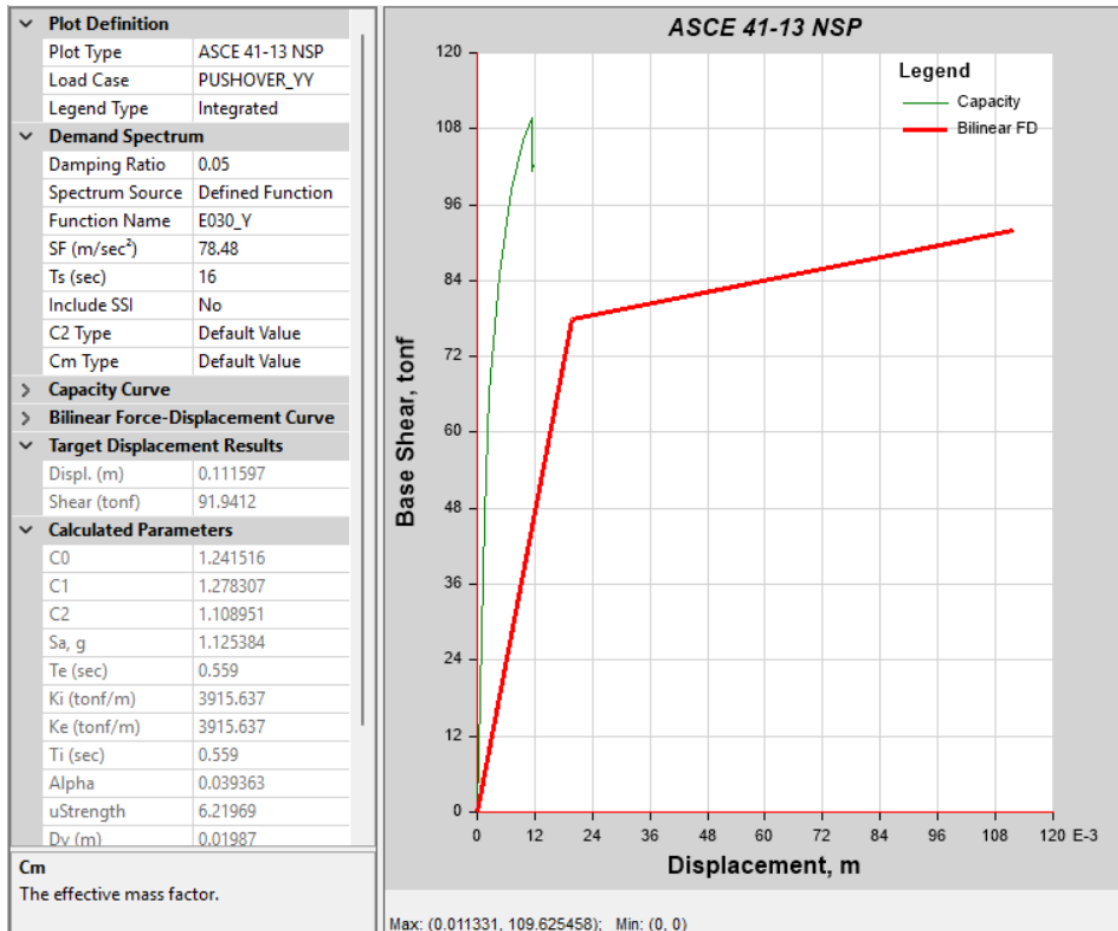
Punto de desempeño eje X



Nota: Para la dirección X, se ha establecido el punto de desempeño para un sismo severo ($R=1$; $SF=78.48 \text{ m/sec}^2$) resultando un desplazamiento de 0.1116 m y un cortante máximo de 91.94 tonf. Con el punto de desempeño podemos observar hasta donde se moverá la estructura, durante el sismo de diseño. Como se puede observar, el punto de desempeño ha pasado de la zona elástica, encontrándose en la zona plástica, por lo cual se encuentra en un nivel de seguridad de vida.

Figura 25

Punto de desempeño eje Y



Nota: Para la dirección Y, se ha establecido el punto de desempeño para un sismo severo ($R=1$; $SF=78.48 \text{ m/sec}^2$) resultando un desplazamiento de 0.111 m y un cortante máximo de 91.94 tonf. Con el punto de desempeño podemos observar hasta donde se moverá la estructura, durante el sismo de diseño. Como se puede observar, el punto de desempeño ha pasado de resistencia máxima, encontrándose después del pico, por lo cual se encuentra en un nivel de colapso total, debido a la poca rigidez que hay en el eje Y.

IV. DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos, no se acepta la hipótesis general, donde menciona que el desempeño sísmico de la Institución Educativa inicial N°1 de Jaén, presenta un desempeño sísmico, de seguridad de vida, para un sismo de diseño con un período de retorno de 475 años. Al comparar los resultados con los obtenidos por Julca (2023), se concluye que el nivel de desempeño sísmico de la Institución Educativa Fe y Alegría San Luis Gonzaga corresponde al estado de ocupación inmediata.

Con la herramienta del Software Etabs, se obtuvo la curva capacidad de la estructura en ambos ejes; para el eje X se tuvo un desplazamiento de 0.116 m y una cortante máxima a resistir de 91.94 tonf; así mismo, en el eje Y se tuvo un desplazamiento de 0.01133 m y una cortante máxima a resistir de 109.02 tonf, como se muestra en la figura 22 y 23 respectivamente. Al contrastar los resultados con los obtenidos por Huamani (2021), se determinó que en el eje X se alcanzó un desplazamiento de 0.796 m y una cortante máxima resistente de 1521.685 tonf; mientras que, en el eje Y, el desplazamiento fue de 1.8997 m y la cortante máxima registrada alcanzó los 1918.302 tonf.

Las derivas máximas en la edificación no cumplieron con los parámetros establecidos por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, debido a que pasaron el límite permisible; en la dirección X su máxima deriva estuvo en el primer nivel con un valor de 0.0123, el cual es superior a 0.007; así mismo en la dirección Y su máxima deriva estuvo en el segundo nivel con un valor de 0.010997, el cual es superior al 0.007, como se muestra en la tabla 4 y 5 respectivamente. En relación con el estudio realizado por Linares (2022), se observó que las derivas máximas del edificio de tres niveles no cumplieron completamente con los parámetros establecidos por la Norma, ya que en uno de los ejes se superó el límite permisible. En la dirección X, la deriva máxima se presentó en el segundo nivel con un valor

de 0.005934, menor al límite de 0.007; mientras que, en la dirección Y, la máxima deriva alcanzó 0.042985 en el mismo nivel, excediendo el valor permitido de 0.007.

El punto de desempeño en la dirección X tiene un desplazamiento de 0.03911 m y un cortante máximo de 85.98 tonf; así mismo en la dirección Y se tiene un desplazamiento de 0.007384 m y un cortante máximo de 58.58 tonf como se muestra en la figura 24 y 25 respectivamente. Al comparar los resultados con los obtenidos por Fernández (2022), se observa que el punto de desempeño ante un sismo severo en la dirección X presenta un desplazamiento de 0.1367 m y una cortante máxima de 257.09 tonf; mientras que, en la dirección Y, el desplazamiento es de 0.104 m con una cortante máxima de 377.67 tonf. De igual forma, Fustamante (2021) señala en su investigación que, para un sismo severo, el punto de desempeño en la dirección X alcanza un desplazamiento de 0.8856 m y una cortante máxima de 253.793 tonf; y en la dirección Y, un desplazamiento de 0.635 m acompañado de una cortante máxima de 485.15 tonf.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante el uso del software ETABS se obtuvo la curva de capacidad de la estructura en ambos ejes. En el eje X, se registró un desplazamiento máximo de 0.116 m y una cortante resistente de 91.94 tonf; mientras que, en el eje Y, el desplazamiento máximo alcanzó 0.01133 m y la cortante máxima fue de 109.02 tonf.

Las derivas máximas obtenidas en la edificación no cumplen con los límites establecidos en la Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”, ya que superan el valor permisible. En la dirección X, la mayor deriva se presentó en el primer nivel con un valor de 0.0123, excediendo el límite de 0.007; mientras que, en la dirección Y, la deriva máxima se registró en el segundo nivel con un valor de 0.010997, también superior al permitido.

El punto de desempeño en la dirección X presenta un desplazamiento de 0.1116 m y una cortante máxima de 91.94 tonf, ubicándose fuera del rango operacional. De igual forma, en la dirección Y se registra un desplazamiento de 0.1116 m y la misma cortante máxima, evidenciando que la estructura se encuentra en condición de colapso debido a la reducida rigidez en ese eje.

5.2. Recomendaciones

Para obtener una curva de capacidad confiable, es fundamental realizar un análisis estructural completo de la edificación, acompañado de un predimensionamiento apropiado de los elementos estructurales. Asimismo, el cálculo del acero debe efectuarse conforme a las normas vigentes. De esta manera, al ejecutar el análisis estático no lineal, se puede asegurar que la estructura presente un comportamiento sísmico adecuado y un desempeño satisfactorio.

Efectuar los análisis sísmicos, tanto estático como dinámico, en todo tipo de edificación y comprobar que las distorsiones se mantengan dentro de los límites permitidos, considerando lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E.030 “Diseño Sismorresistente”. Dicha norma, en su artículo 32, indica que, para edificaciones cuyo material predominante es el concreto armado, el desplazamiento lateral relativo máximo admisible es de 0.007.

El punto de desempeño sísmico debe ubicarse dentro del rango lineal de respuesta de la edificación. En el caso analizado, la estructura se encuentra en la zona de degradación, lo que implica que, ante un sismo severo, podría colapsar. Por ello, se recomienda reforzar el sistema estructural en el eje Y mediante la incorporación de muros de corte o dispositivos disipadores de energía que contribuyan a absorber la demanda sísmica y mejorar su comportamiento estructural.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantara, D. y Guerrero, D. (2024). Análisis y diseño estructural de una vivienda multifamiliar de ocho pisos de concreto armado [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/27779/GUERRERO%20CHUMBES_ALCANTARA%20ANICETO_ANALISIS_DISENO.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Cahuana M. y Ccaso, G. (2021). *Desempeño sísmico aplicando el análisis estático no lineal (Pushover) del módulo III de la comisaría de Ciudad Nueva, Tacna 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Universidad Privada de Tacna. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2027>
- Chamaza, M. y Córdoba, E. (2022). *Estudio comparativo del análisis estático no lineal de estructuras regulares de hormigón armado aplicando normativa Ecuatoriana, Colombiana, Peruana y Chilena* [Tesis de grado, Universidad Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23167>
- Chiscol, J. y Cieza, J. (2020). *Aplicación del método análisis estático no lineal para el desempeño sísmico estructural de edificación comercial de 10 niveles, Chiclayo-2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67809/B_Chiscol_PJA-Cieza_CJL%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Condori, R. y Vilca, A. (2022). *Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (pushover) en la I. E. N.º 40230 San Antonio del Pedregal Majes - Caylloma – Arequipa* [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11785>
- Díaz, N. (2006). Técnicas de muestreo. Sesgos más frecuentes. *Revistas Sedén*, 9, 21-132. <https://www.revistaseden.org/files/9-CAP%209.pdf>
- Fernández-Irigoín, R. (2022). *Evaluación del desempeño sismorresistente mediante el método no lineal estático pushover del edificio de ingeniería civil de la Universidad Nacional Autónoma Chota, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. Repositorio UNACH. <http://185.209.223.160/handle/20.500.14142/239>
- Flores, E. (2021). Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante análisis estático no lineal Pushover. *Journal Boliviano de Ciencias*, 17(50), 56-90. <https://doi.org/10.52428/20758944.v17i50.20>

- Fustamante-Huamán, D. (2021). *Nivel de desempeño sísmico de una edificación de 11 pisos en la provincia de Chota usando el método del espectro capacidad-demanda* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4612>
- Huamani, L. (2021). Comparación del desempeño sísmico del pabellón Chaminade de la Universidad Católica de Santa María considerando en método de espectro capacidad y el método de los coeficientes de desplazamiento [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Santa María. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/f8c3897d-6e84-4a09-8df1-0260d096bc25>
- Julca-Tarrillo, W. (2023). *Nivel de Desempeño Sísmico del Bloque" B1" de la IE Fe y Alegría N° 22 San Luis Gonzaga de la Ciudad de Jaén, 2022* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5562>
- Linares-Zelada, J. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico con el método estático no lineal pushover de un edificio de 3 niveles en la ciudad de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Digital Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/107851>
- Mejía, P. y Rivera, J. (2020). *Análisis estático no lineal de una estructura mediante el método de control de desplazamientos* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/34528>
- Mola, E. y Po-Chien (2022). An improved first-mode-based pushover analytical procedure for assessing seismic performance of special moment resisting frame building structures. *Engineering Structures*, 252(113587). <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.1135873>
- Pita-Fernández, S. y Pértegas-Díaz, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *Cad aten primaria*, 9(1), 76-78. http://www.ecominga.uqam.ca/ECOMINGA_2011/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_2/4/2.Pita_Fernandez_y_Pertegas_Diaz.pdf
- Relat-Muntané, J. (2010). Introducción a la investigación básica. *Centro de investigacion biometrica*, 221, 227. https://www.researchgate.net/profile/Jordi-Muntane/publication/341343398_Introduccion_a_la_Investigacion_basica/links/5eb9e7d92851c11a8650cf9/Introduccion-a-la-Investigacion-basica.pdf
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). *Norma tecnica de edificacion E.030 Diseño sismoresistente*. <https://museos.cultura.pe/sites/default/files/item/archivo/Norma%20t%C3%A9cnica%20E.030%20Dise%C3%B1o%20sismorresistente.pdf>

- Saldaña-Saldaña, R. (2020). *Nivel de desempeño sísmico de las viviendas proyectadas para el año 2017-2018 en la ciudad de Cajamarca* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3716>
- Ortega-Toala, A. (2022). *Comparación del punto de desempeño de un edificio convencional versus un edificio con sistema de disipación de energía tipo ADAS, mediante un análisis estático no lineal* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio digital Universidad Estatal del Sur de Manabí. <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3617/1/ORTEGA%20TOALA%20AXEL%20ALEJANDRO.pdf>
- Viera-Arroba, L., Quizanga-Martínez, D. y Andino-Carranco, J. (2020). Análisis estático no lineal de edificios aporricados de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 9(1), 72-78. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2602-84842020000100072&script=sci_arttext
- SEAOC, S. E. SEAOC, S. E. (1995). *Vision 2000: performance based seismic engineering of buildings*. SEAOC.
- Seismic Safety Commission. (1996). *ATC-40. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. Seismic Safety Commission. California.
- FEMA, F. E. (1997). *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings: FEMA 273*. D.C.: FEMA. Washington.
- Bolaños, A., & Monroy, O. (2004). *Espectros de peligro sísmico uniforme*. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- FEMA, F. E. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures: FEMA 440*. FEMA. Washington, D.C.
- Angles, P. (2008). *Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla*. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1>
- FEMA, F. E. (2009). *NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures: FEMA P-750*. FEMA. Washington, D.C.
- ASCE, A. S. (2013). *Standard ASCE 41-13: seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. ASCE.
- Ugel, R. (2015). *Vulnerabilidad sísmica en edificaciones porticadas compuestas de acero y hormigón armado*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- ASCE, A. S. (2017). *Standard ASCE/SEI 41-17: seismic evaluation and retrofit of existing buildings*. ASCE.

- Becerra, A. (2018). Verificación del comportamiento de la estructura de acuerdo con el ASCE/SEI 41-17. Tesis de maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, D.C.
- Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J., & Mazurek, D. (2010). Mecánica de materiales. McGraw-Hill.
- Sencico, S. N. (2018). Norma Técnica E.030. Diseño sismorresistente. Sencico.
- ACI, A. C. (2019). ACI CODE-318-19: building code requirements for structural concrete and commentar. ACI.
- Arone, J. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de la IE N.º1199 Mariscal Ramón Castilla, UGEL N.º6 del Distrito de Chaclacayo. Tesis de grado, Universidad Peruana Unión, Lima.
- ACI, A. C. (2019). ACI CODE-318-19: building code requirements for structural concrete and commentar. ACI.
- Aceros Arequipa. (2019). Fierro corrugado. ASTM 615 - grado 60. Obtenido de NTP 341.031- grado 420: <https://bit.ly/3rTl3IH>
- Tunque, J., & Colos, E. (2020). Evaluación del desempeño sísmico del Pabellón de Geología-UNSA. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Ricardo J. (2022) Evaluación del desempeño sísmico en una edificación de dos niveles ubicada en el departamento de Lambayeque, aplicando el procedimiento no lineal estático. Tesis de grado, Universidad de Piura
- (1995). Vision 2000: performance based seismic engineering of buildings. SEAOC.
- Seismic Safety Commision. (1996). ATC-40. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Seismic Safety Commission. California.
- FEMA, F. E. (1997). NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings: FEMA 273. D.C.: FEMA. Washington.
- Bolaños, A., & Monroy, O. (2004). Espectros de peligro sísmico uniforme. Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- FEMA, F. E. (2005). Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures: FEMA 440. FEMA. Washington, D.C.
- Angles, P. (2008). Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1>
- FEMA, F. E. (2009). NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures: FEMA P-750. FEMA. Washington, D.C.
- ASCE, A. S. (2013). Standard ASCE 41-13: seismic evaluation and retrofit of existing buildings. ASCE.

- Ugel, R. (2015). Vulnerabilidad sísmica en edificaciones porticadas compuestas de acero y hormigón armado. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- ASCE, A. S. (2017). Standard ASCE/SEI 41-17: seismic evaluation and retrofit of existing buildings. ASCE.
- Becerra, A. (2018). Verificación del comportamiento de la estructura de acuerdo con el ASCE/SEI 41-17. Tesis de maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, D.C.
- Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J., & Mazurek, D. (2010). Mecánica de materiales. McGraw-Hill.
- Sencico, S. N. (2018). Norma Técnica E.030. Diseño sismorresistente. Sencico.
- ACI, A. C. (2019). ACI CODE-318-19: building code requirements for structural concrete and commentar. ACI.
- Arone, J. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural de la IE N.º1199 Mariscal Ramón Castilla, UGEL N.º6 del Distrito de Chaclacayo. Tesis de grado, Universidad Peruana Unión, Lima.
- ACI, A. C. (2019). ACI CODE-318-19: building code requirements for structural concrete and commentar. ACI.
- Aceros Arequipa. (2019). Fierro corrugado. ASTM 615 - grado 60. Obtenido de NTP 341.031- grado 420: <https://bit.ly/3rTl3IH>
- Tunque, J., & Colos, E. (2020). Evaluación del desempeño sísmico del Pabellón de Geología-UNSA. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Ricardo J. (2022) Evaluación del desempeño sísmico en una edificación de dos niveles ubicada en el departamento de Lambayeque, aplicando el procedimiento no lineal estático. Tesis de grado, Universidad de Piura
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Perez Julca, J. C. (2022). *Diseño por desempeño sísmico de un edificio aporticado de 7 niveles con y sin disipadores de fluido viscoso en la ciudad de Nueva Cajamarca-2020*. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1577>
- Principe Quiñones, A. P. (2020). *Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento sísmico de una edificación aporticada, Trujillo 2020*.
- Quinto Quinto, W., & Chaverra Moya, E. (2022). *Análisis estático no lineal (pushover) y punto de desempeño sísmico en una edificación de tres pisos existente – revisión bibliográfica y caso ejemplo*.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la paciencia y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, por su afecto sin límites, su respaldo continuo y por enseñarme, con su ejemplo, que todo esfuerzo tiene su recompensa. Ellos han sido los cimientos más firmes sobre los cuales he construido mi camino.

A mis hermanos, por su comprensión, compañía y motivación en los momentos de mayor desafío.

A mis docentes, por compartir su conocimiento, por su guía durante todo el proceso académico y por inspirarme a buscar siempre la excelencia en mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo, su amistad y por hacer más llevaderas las largas jornadas de estudio y trabajo.

Finalmente, a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron con este proyecto, les expreso mi más sincera gratitud. Cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo fueron parte fundamental de la estructura que sostiene este logro.

Bach. Edin Jhon Torres Segovia

Bach. Anthony Manuel Valdivia

Monje

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, por su amor incondicional, su ejemplo de perseverancia y por ser el pilar fundamental en cada etapa de mi vida. A mis hermanos, por su apoyo constante, su compañía y las palabras de aliento que siempre me impulsaron a seguir adelante. A mis docentes, por compartir su conocimiento, por su guía y por inculcarme el valor del esfuerzo y la disciplina que requiere el estudio. Y a mis amigos, por estar presentes en los momentos de cansancio y celebración, recordándome que los grandes logros se disfrutan más cuando se comparten. A todos ustedes, va dedicado este proyecto por ser parte de la estructura que sostuvo este proyecto y mi formación profesional.

Bach. Edin Jhon Torres Segovia

Bach. Anthony Manuel Valdivia

Monje

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre y abuela, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional que me da fortaleza para seguir firme en mis metas. A mi pareja, por ser mi compañera y ayuda emocional plena.

Bach. Edin Jhon Torres Segovia

Bach. Anthony Manuel Valdivia

Monje

ANEXOS


ANEXO I: PROCEDIMIENTO

Figura 26

Definición concreto $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$

E Material Property Data

General Data

Material Name	CONCRETO 210 kg/cm ²
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	 Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume	2.4	tonf/m ³
Mass per Unit Volume	0.244732	tonf-s ² /m ⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E	2173706.51	tonf/m ²
Poisson's Ratio, U	0.15	
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099	1/C
Shear Modulus, G	945089.79	tonf/m ²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

Figura 27

Definición acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name: ACERO FY= 4200 KG/CM2

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 7.85 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.800477 tonf-s³/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 20000000 tonf/m²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 28

Definición del concreto y acero

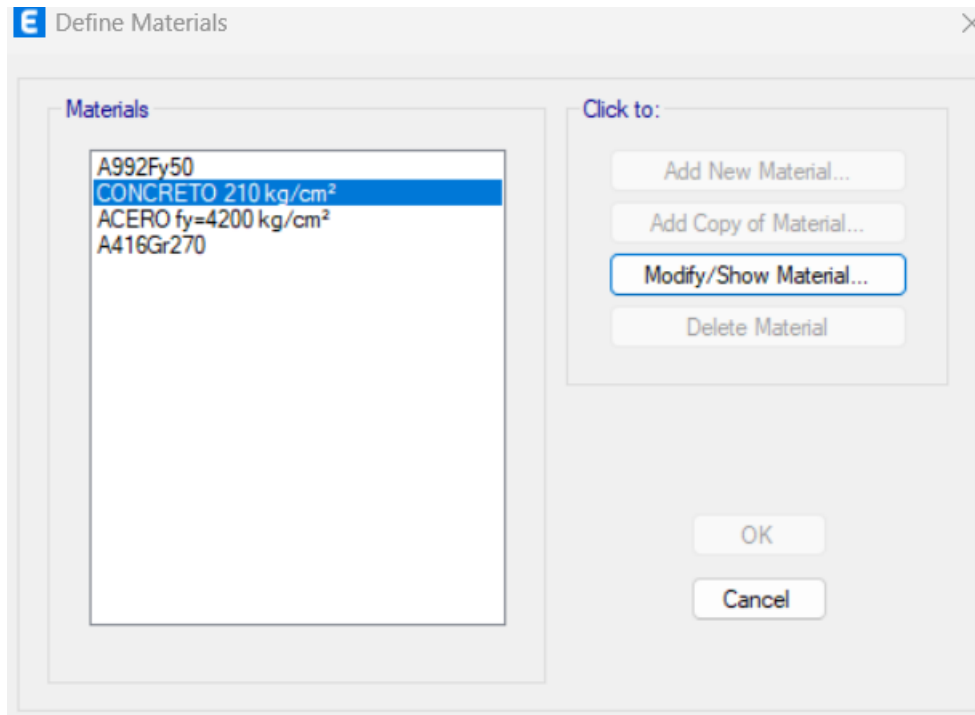


Figura 29

Definición de las barras de acero

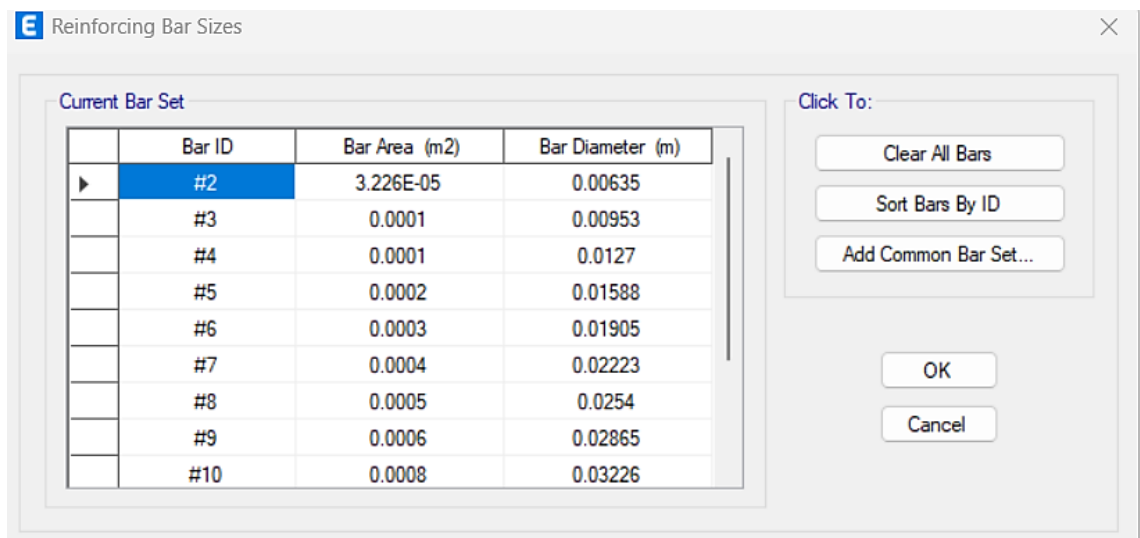


Figura 30

Definición de la columna C-1 (25x40)

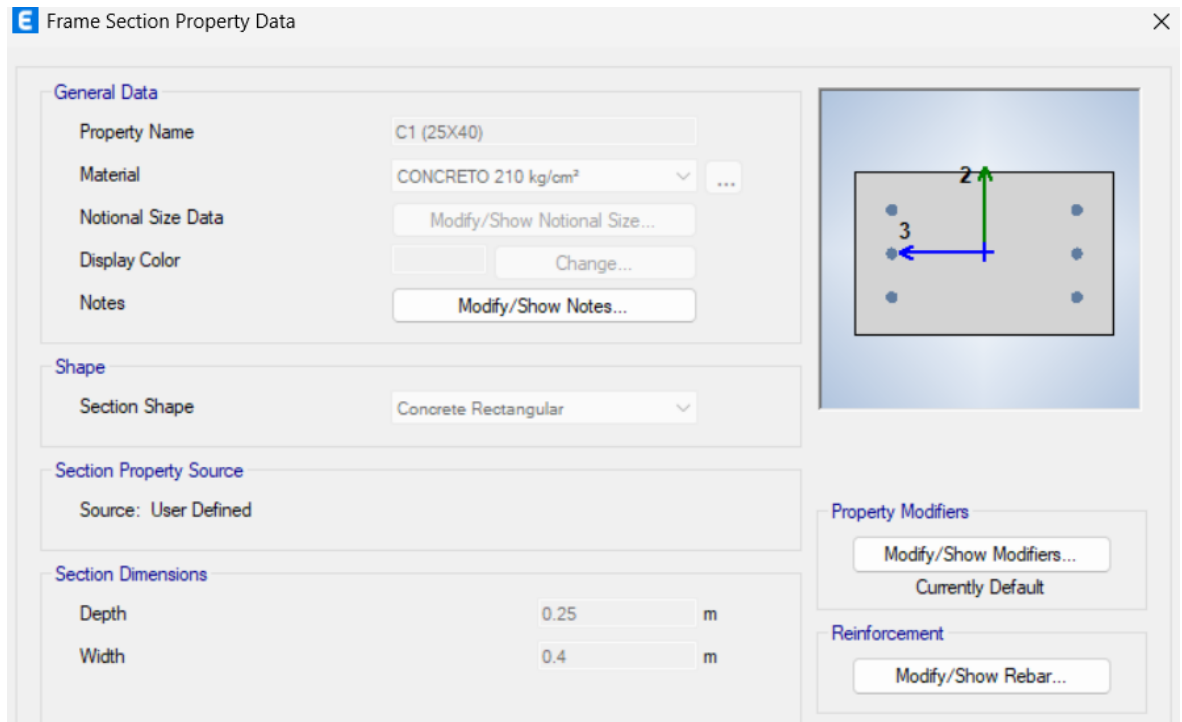


Figura 31

Definición de la viga VP (25x50)

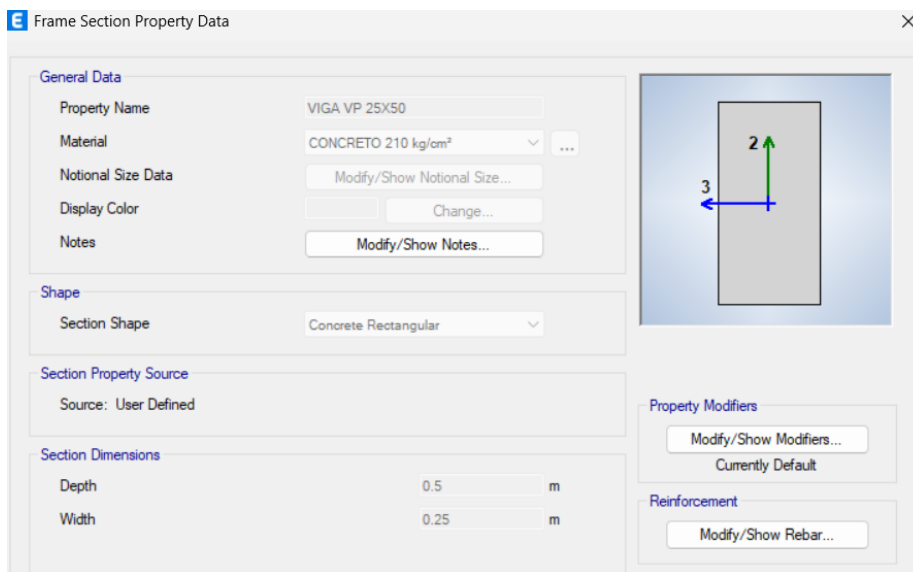


Figura 32

Definición de la columna VS (25x30)

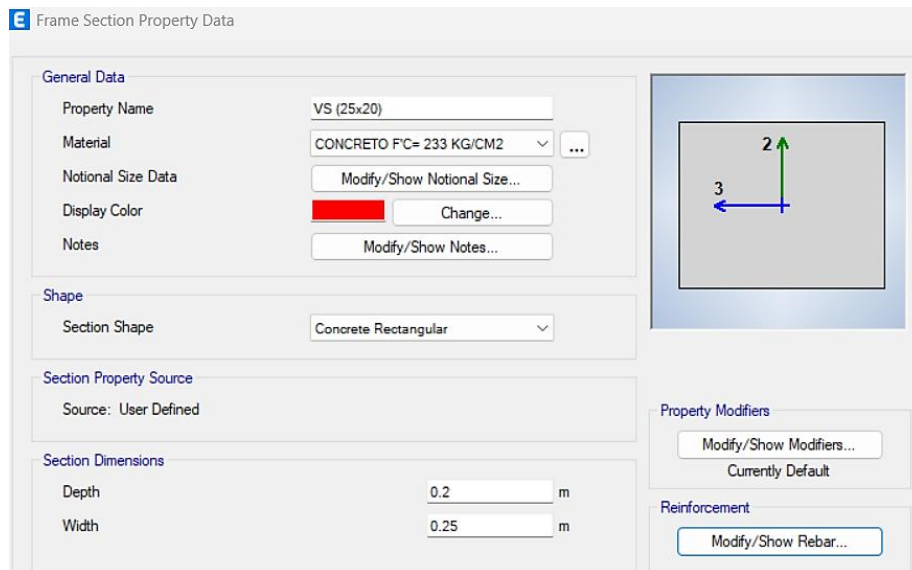


Figura 33

Definición de la columna V CH (25x10)

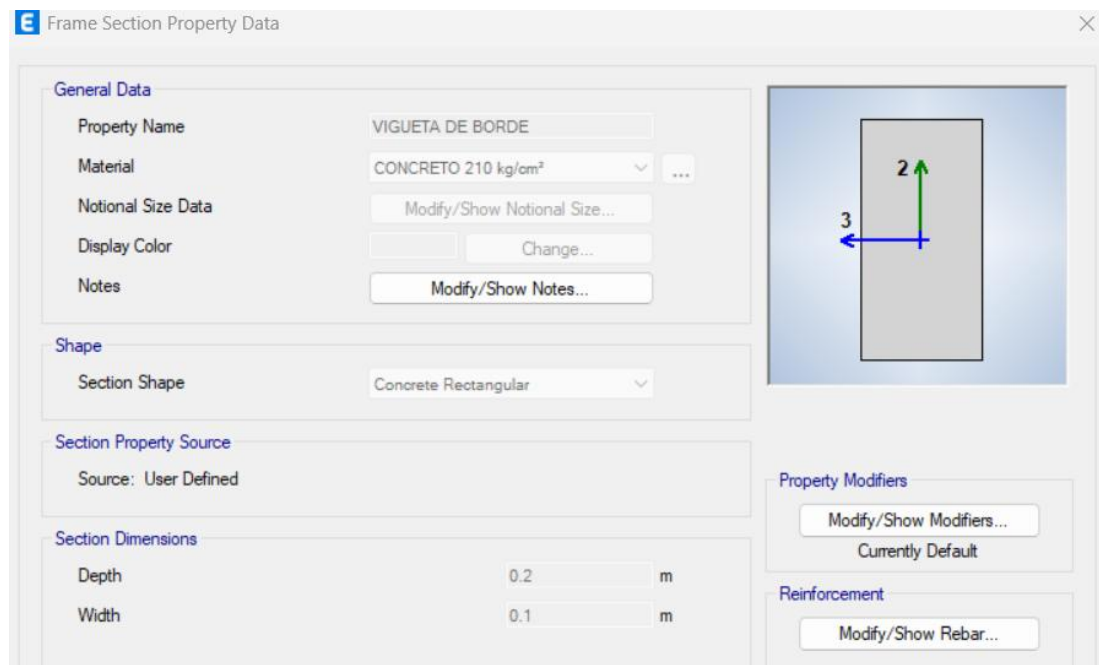


Figura 34

Asignación de vigas y columnas

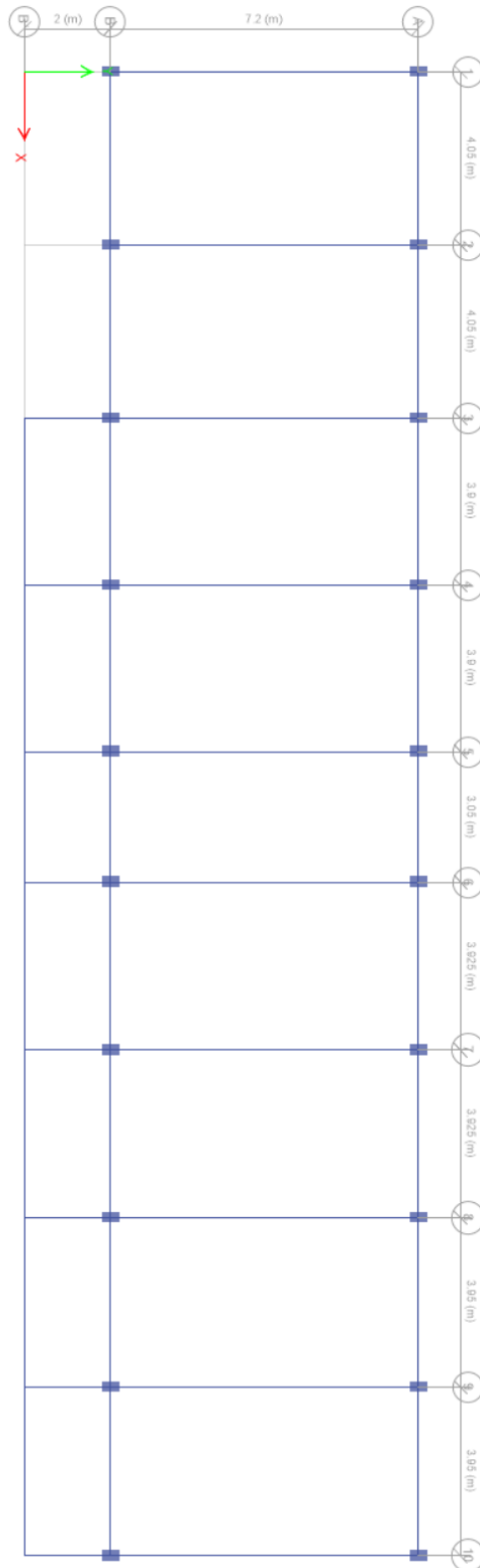


Figura 35

Definición de la losa aligerada

Slab Property Data

General Data

Property Name: LOSA 20 cm

Slab Material: CONCRETO 210 kg/cm²

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Membrane

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Use Special One-Way Load Distribution

Property Data

Type: Ribbed

Overall Depth: 0.2 m

Slab Thickness: 0.05 m

Stem Width at Top: 0.1 m

Stem Width at Bottom: 0.1 m

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 0.4 m

Rib Direction is Parallel to: Local 1 Axis

OK Cancel

Figura 36

Asignación de la losa aligerada

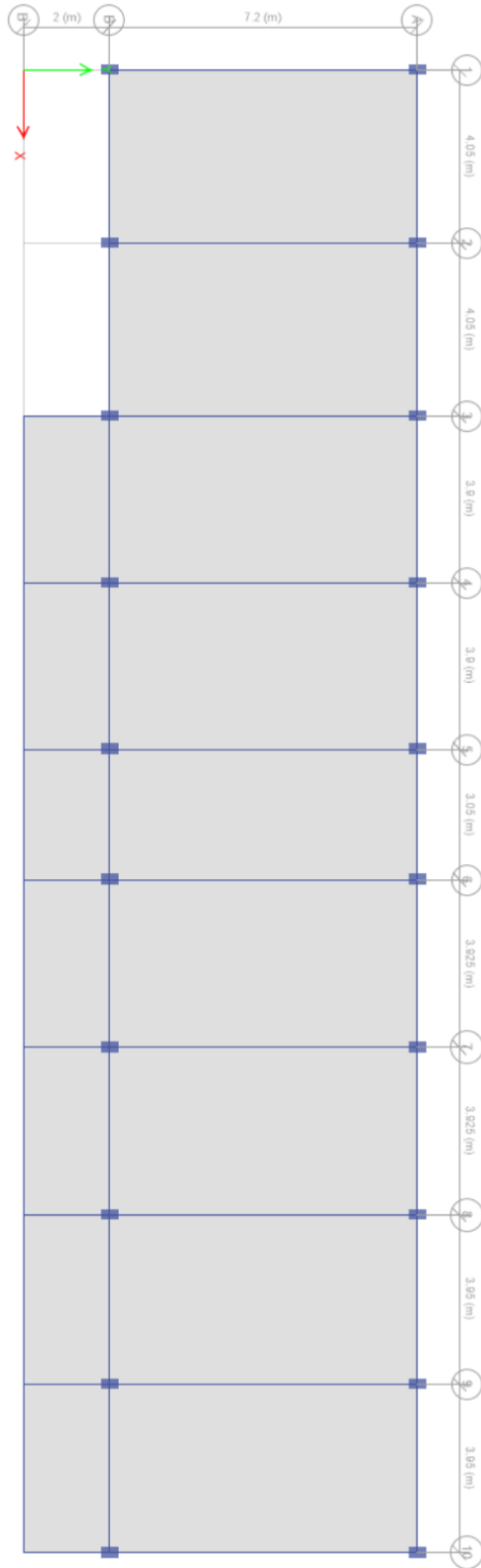


Figura 37

Definición del diafragma del primer nivel

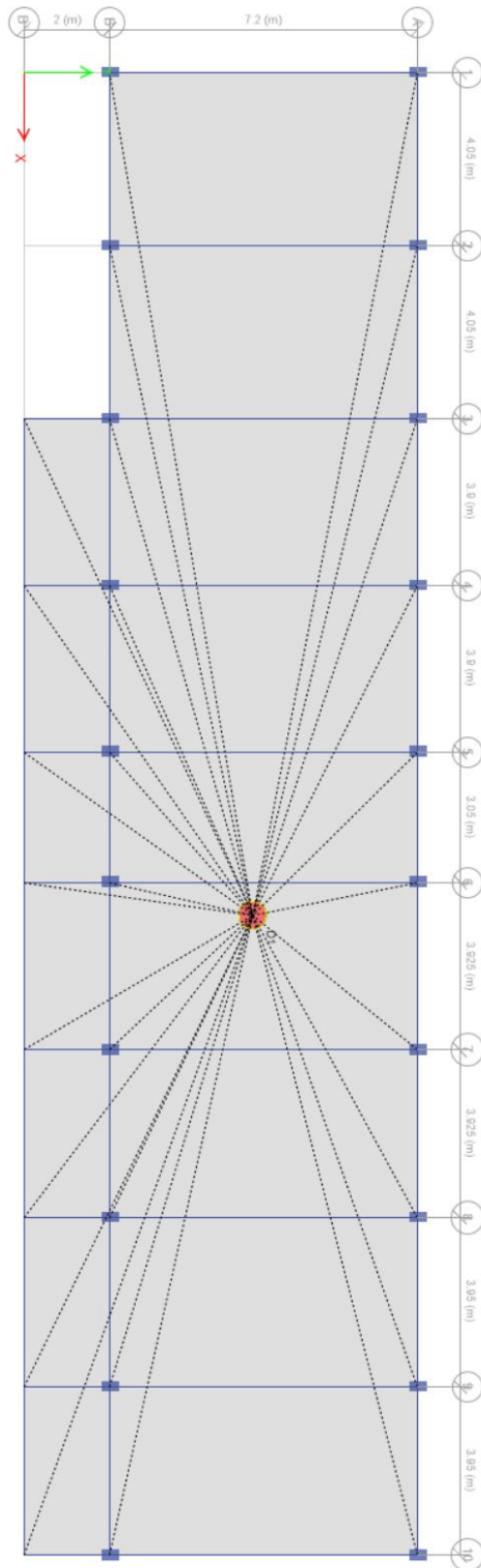


Figura 38

Definición del diafragma del segundo nivel

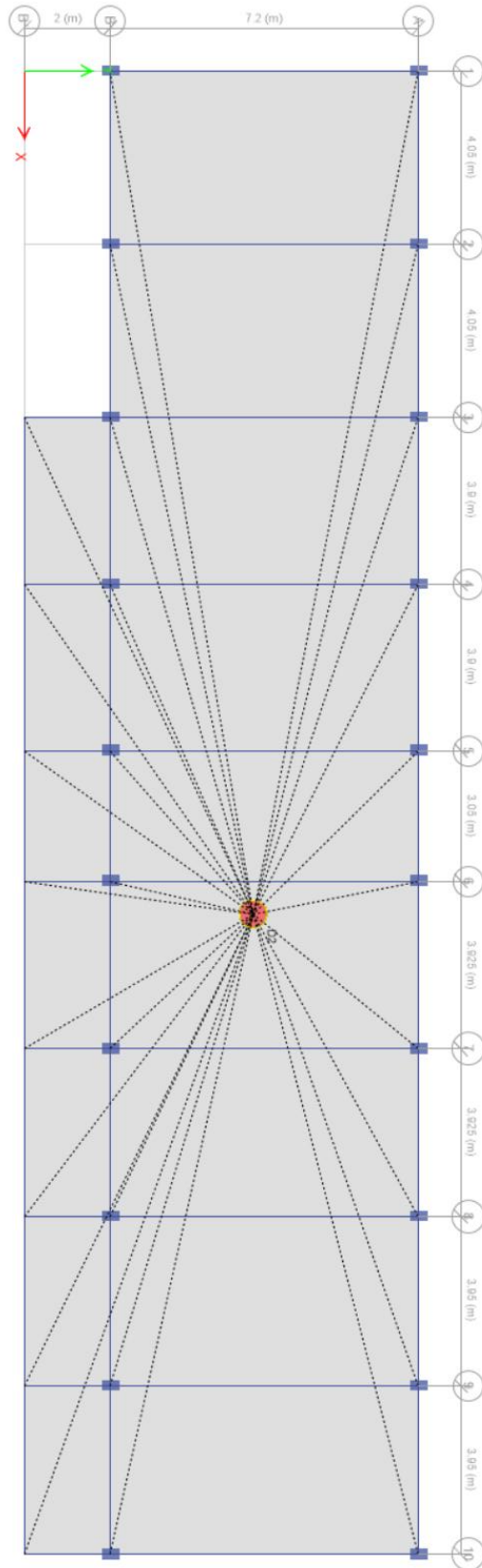


Figura 39

Definición de los patrones de carga

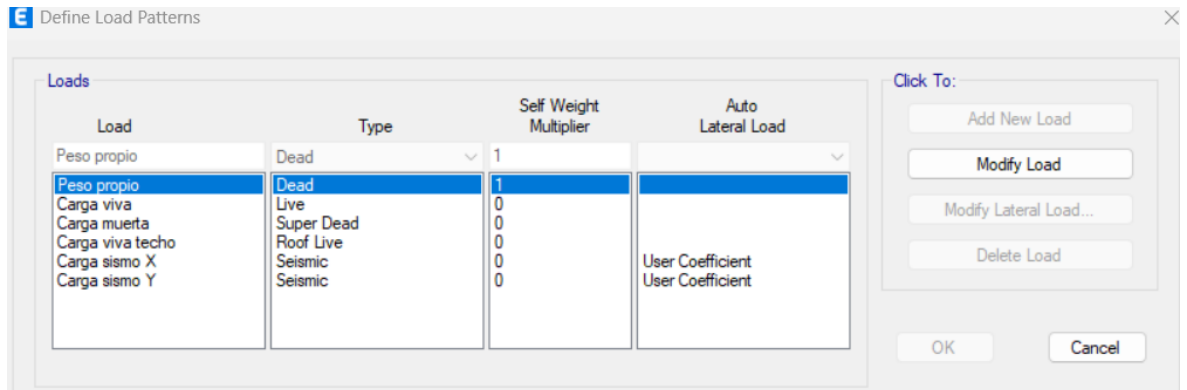


Figura 40

Definición del peso sísmico

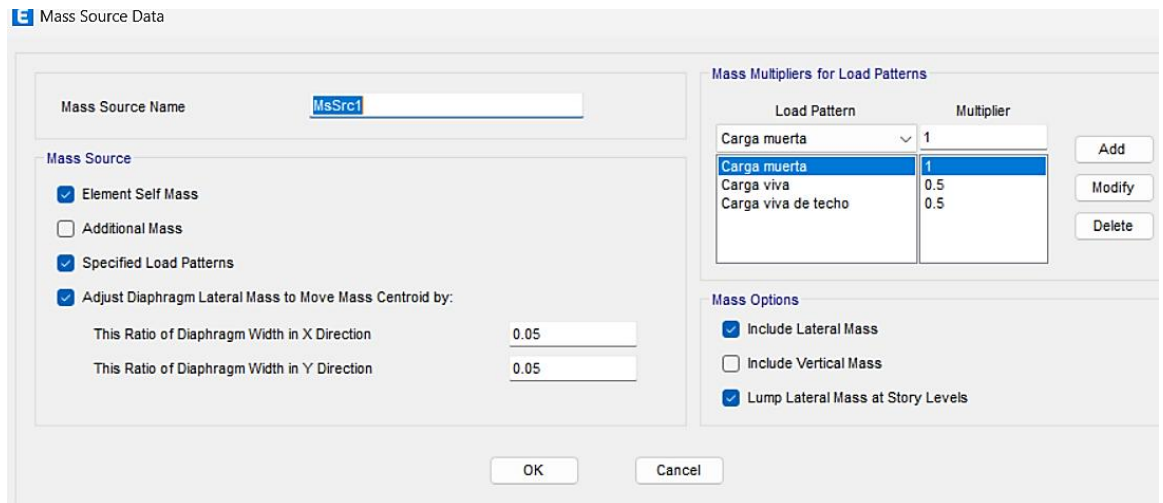


Figura 41

Definición de los espectros de respuesta

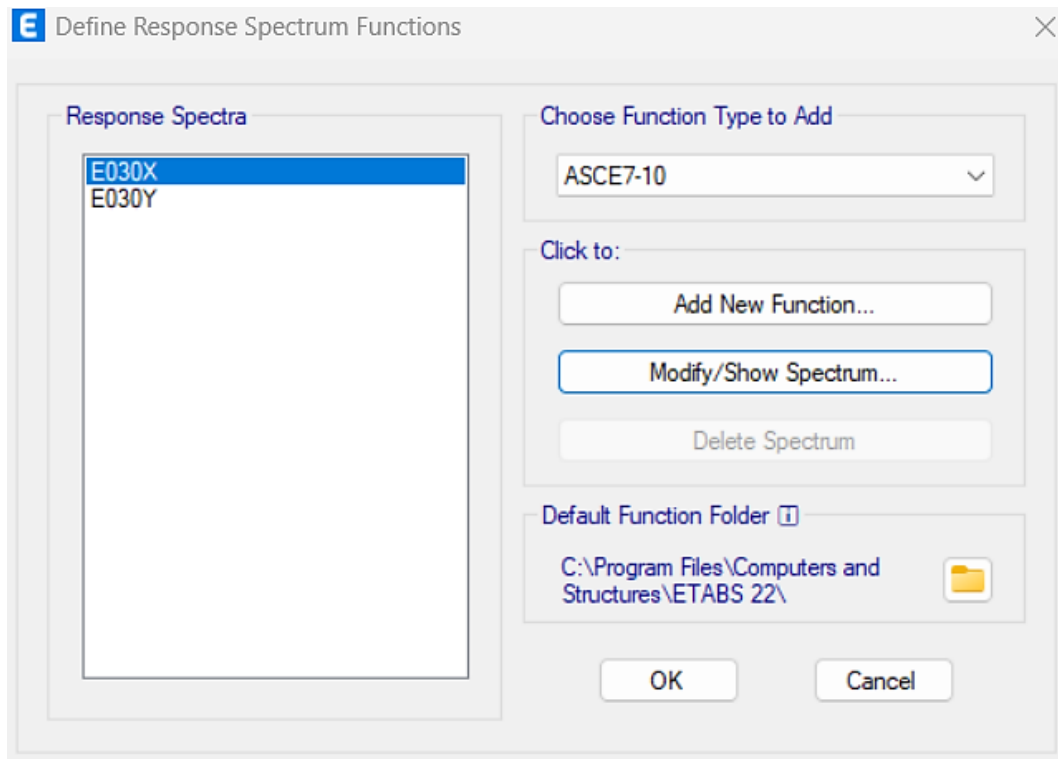


Figura 42

Espectro de diseño X-X

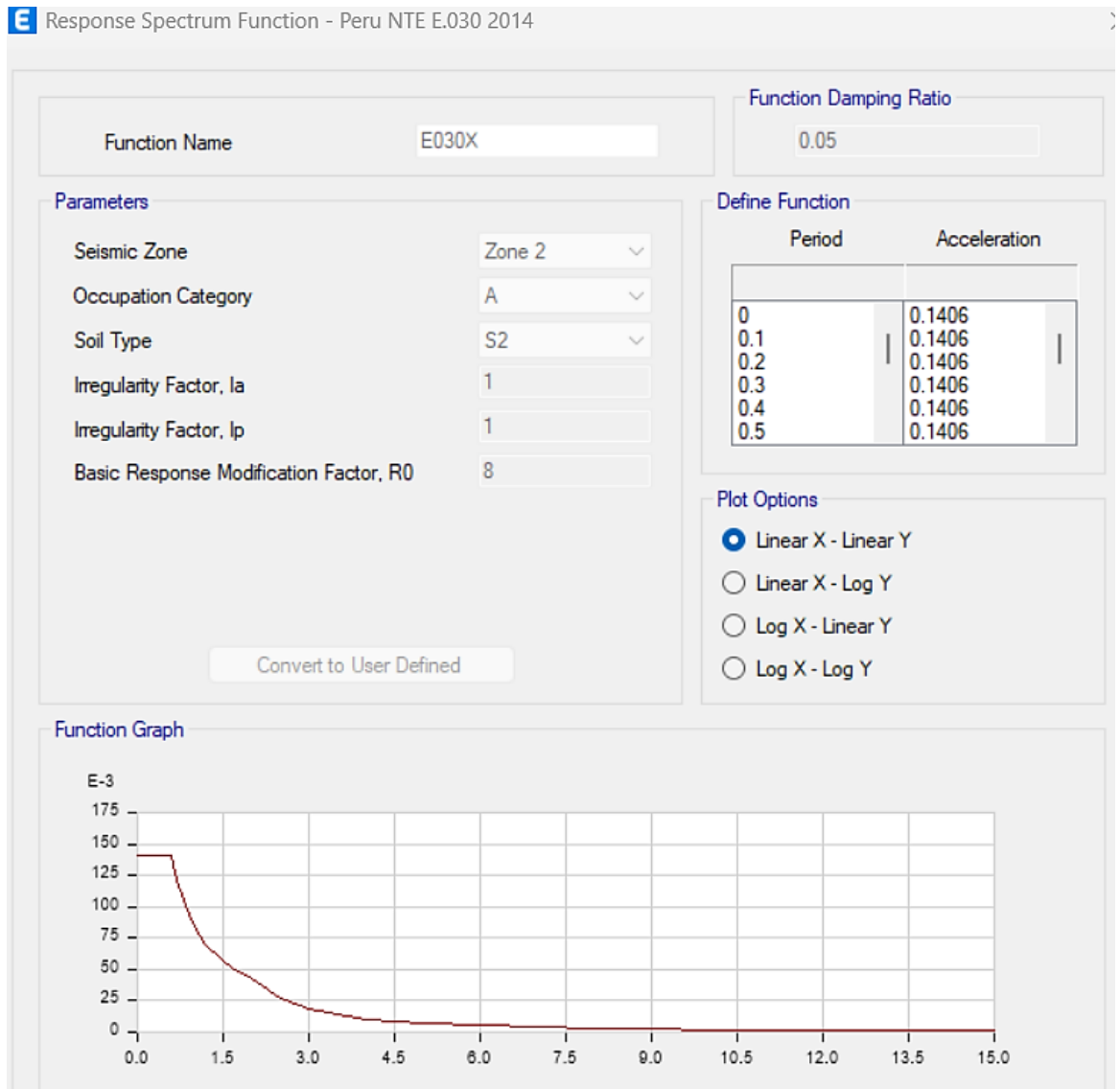


Figura 43

Espectro de diseño Y-Y

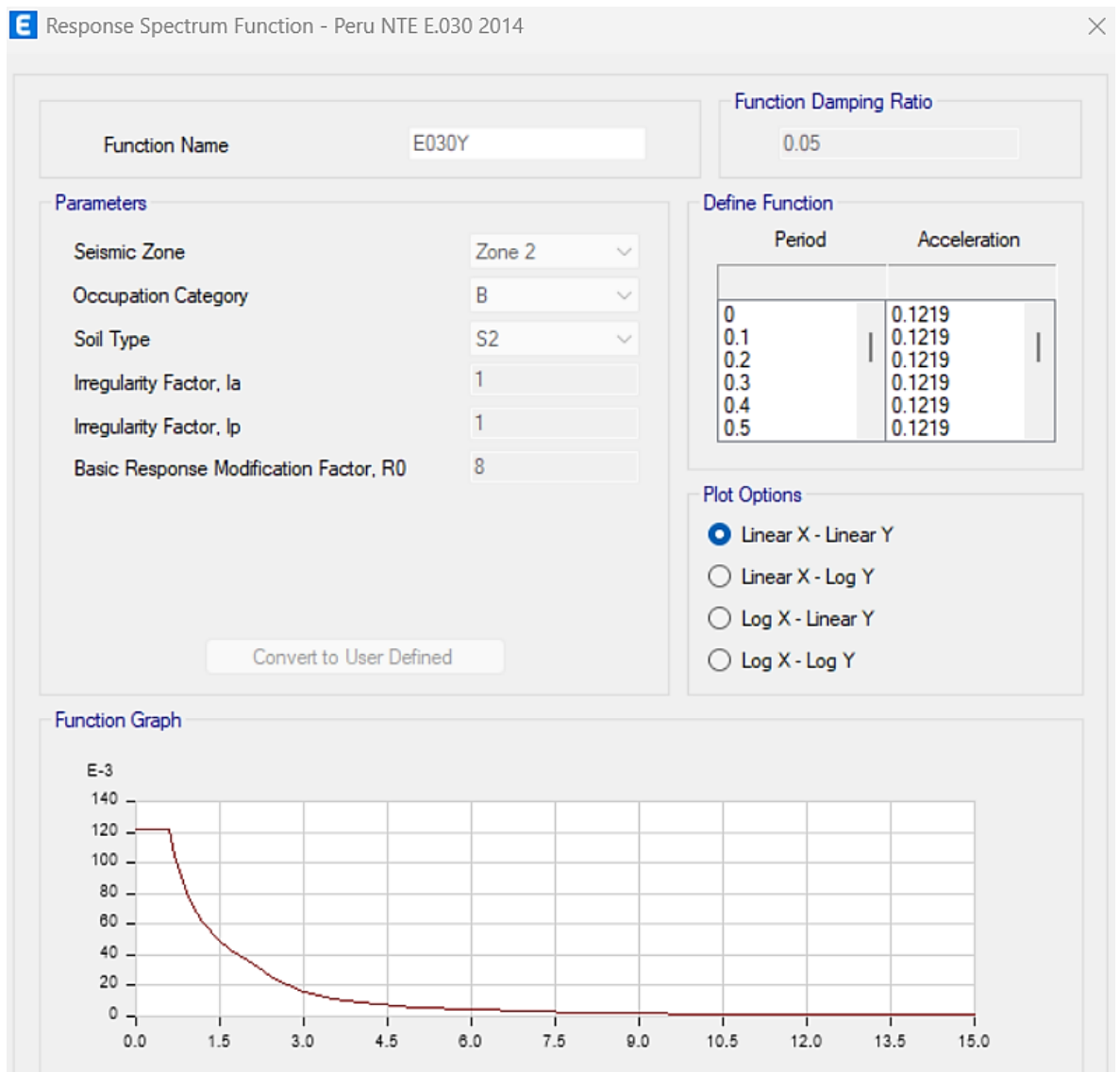


Figura 44

Definición del sismo dinámico en X

General

Load Case Name: SDIN_X Design...
Load Case Type: Response Spectrum Notes...
Mass Source: Previous (MsSrc1)
Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E030X	9.81

Buttons: Add, Delete, Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal
Modal Combination Method: CQC
 Include Rigid Response
Rigid Frequency, f1:
Rigid Frequency, f2:
Periodic + Rigid Type:
Earthquake Duration, td:
Directional Combination Type: SRSS
Absolute Directional Combination Scale Factor:
Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...
Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

Buttons: OK, Cancel

Figura 45

Definición del sismo dinámico en Y

Load Case Data

General

Load Case Name: SDIN_Y

Load Case Type: Response Spectrum

Mass Source: Previous (Msrc1)

Analysis Model: Default

Design... Notes...

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	E030Y	9.81

Add Delete

Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0.05

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms

Modify/Show... Modify/Show...

OK Cancel

Figura 46

Definición del desplazamiento en X

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: DESPLAZ_X

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
SDIN_X	6

Add

Delete

OK Cancel

Figura 47

Definición del desplazamiento en Y

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: DESPLAZ_Y

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
SDIN_Y	6

Add

Delete

OK Cancel

Figura 48

Distorsiones en la dirección X

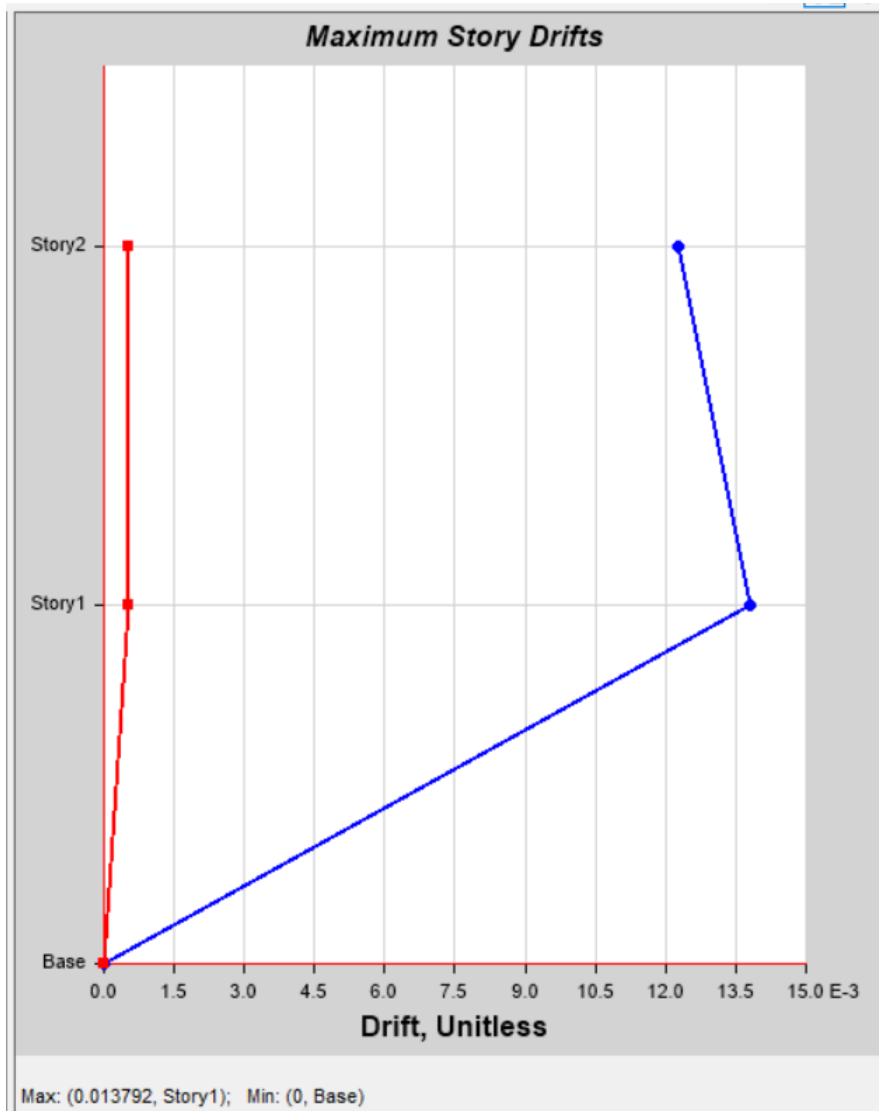


Figura 49

Distorsiones en la dirección Y

