



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4
niveles de sistema aporticado con la aplicación del software
OpenSees**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Mendez Merino, Leonardo Antonio (orcid.org/0000-0003-1497-0668)

Olivares Crisologo, Edinson Adrian (orcid.org/0000-0002-5370-3661)

ASESOR:

Mg. Noriega Vidal, Eduardo Manuel (orcid.org/0000-0001-7674-7125)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO - PERÚ

2024

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, NORIEGA VIDAL EDUARDO MANUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees", cuyos autores son MENDEZ MERINO LEONARDO ANTONIO, OLIVARES CRISOLOGO EDINSON ADRIAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16%, 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 la Tesis 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.

TRUJILLO, 19 de Junio del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| NORIEGA VIDAL EDUARDO MANUEL DNI: 43236142 ORCID: 0000-0001-7674-7125 | Firmado electrónicamente por: ENORIEGAVI el 19- 06-2024 18:36:59 |

Código documento Trilce: TRI - 0765722



Declaratoria de originalidad de los autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, MENDEZ MERINO LEONARDO ANTONIO, OLIVARES CRISOLOGO EDINSON ADRIAN estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis Completa:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

| Nombres y Apellidos | Firma |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| EDINSON ADRIAN OLIVARES CRISOLOGO DNI: 70507492 ORCID: 0000-0002-5370-3661 | Firmado electrónicamente por: EOLIVARESCRI el 10-05-2024 10:21:11 |
| LEONARDO ANTONIO MENDEZ MERINO DNI: 77241130 ORCID: 0000-0003-1497-0668 | Firmado electrónicamente por: LAMENDEZM el 10-05-2024 10:16:48 |

Código documento Trilce: TRI - 0747743



Dedicatoria

El presente trabajo de investigación elaborada por Leonardo Méndez y Edinson Olivares está dedica a nuestras familias, por el constante apoyo, cuyo apoyo inquebrantable y amor constante han sido el sostén fundamental a lo largo de esta significativa etapa de nuestras vidas. Por otro lado, agradecer al Ingeniero Eduardo Noriega por brindarnos asesorías y acompañarnos en todo momento en esta investigación.

Los autores

Agradecimiento

A nuestra Universidad César Vallejo, por contribuir a nuestro crecimiento académico, personal y profesional, preparándonos como personas competentes y comprometidas para afrontar los desafíos del mundo actual.

A todos los docentes Vallejanos, por brindarnos sus consejos y conocimientos para aplicarlos en futuros proyectos.

A nuestros compañeros de estudio, por compartir sus conocimientos y experiencias, que crearon un ambiente de colaboración y amistad.

Los autores

Índice de contenidos

| | |
|---------------------------------------------------|------|
| Declaratoria de autenticidad del asesor | ii |
| Declaratoria de originalidad de los autores | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimiento | v |
| Índice de contenidos..... | vi |
| Índice de tablas | vii |
| Índice de figuras | viii |
| Resumen | ix |
| Abstract | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. METODOLOGÍA..... | 13 |
| III. RESULTADOS..... | 16 |
| IV. DISCUSIÓN..... | 33 |
| V. CONCLUSIONES | 37 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 38 |
| REFERENCIAS..... | 39 |
| ANEXOS | 43 |

Índice de tablas

| | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. | Cortantes estáticos en Dirección “X” – OpenSees | 16 |
| Tabla 2. | Cortantes estáticos en Dirección “X” – Etabs | 17 |
| Tabla 3. | Cortantes estáticos en Dirección “Y” – OpenSees | 17 |
| Tabla 4. | Cortantes estáticos en Dirección “Y” – Etabs | 18 |
| Tabla 5. | Cortantes del Análisis Dinámico Modal Espectral - Opensees. | 19 |
| Tabla 6. | Cortantes del Análisis Dinámico Modal Espectral - Etabs. | 21 |
| Tabla 7. | Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “X” - OpenSees... | 23 |
| Tabla 8. | Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “X” - Etabs..... | 24 |
| Tabla 9. | Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “Y” – OpenSees .. | 25 |
| Tabla 10. | Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “Y” - Etabs | 26 |
| Tabla 11. | Desplazamientos máximos del Análisis Dinámico Modal Espectral - Opensees. | 27 |
| Tabla 12. | Desplazamientos máximos del Análisis Dinámico Modal Espectral - Etabs. | 29 |
| Tabla 13. | Derivas del Análisis Dinámico Modal Espectral - Opensees. | 31 |
| Tabla 14. | Derivas del Análisis Dinámico Modal Espectral - Etabs. | 32 |
| Tabla 15. | Matriz de Consistencia..... | 43 |
| Tabla 16. | Operalización de la variable..... | 47 |

Índice de figuras

| | | |
|------------|-----------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. | Fases del Modelamiento en Opensees. | 11 |
| Figura 2. | Fuerzas Cortantes Estáticas de la Dirección "X" | 16 |
| Figura 3. | Fuerzas Cortantes Estáticas - Dirección "X" en ETABS | 17 |
| Figura 4. | Fuerzas Cortantes Estáticas de la Dirección "Y" | 18 |
| Figura 5. | Fuerzas Cortantes Estáticas - Dirección "Y" en ETABS | 19 |
| Figura 6. | Fuerzas Cortantes - Análisis Dinámico Modal Espectral "X" | 20 |
| Figura 7. | Fuerzas Cortantes - Análisis Dinámico Modal Espectral "Y" | 21 |
| Figura 8. | Fuerzas Cortantes del Análisis Dinámico Modal Espectral..... | 21 |
| Figura 9. | Fuerzas Cortantes Dinámicas - Dirección "X" en ETABS | 22 |
| Figura 10. | Fuerzas Cortantes Dinámicas - Dirección "Y" en ETABS..... | 22 |
| Figura 11. | Desplazamientos Máximos Estáticos de la Dirección "X" | 23 |
| Figura 12. | Desplazamientos Máximos Estáticos - Dirección "X" en ETABS. ... | 24 |
| Figura 13. | Desplazamiento Máximos Estáticas de la Dirección "Y" | 25 |
| Figura 14. | Desplazamientos Máximos Estáticos - Dirección "Y" en ETABS. ... | 26 |
| Figura 15. | Desplazamiento Máximo - Análisis Dinámico Modal Espectral "X" . | 27 |
| Figura 16. | Desplazamiento Máximo - Análisis Dinámico Modal Espectral "Y" . | 28 |
| Figura 17. | Desplazamientos Máximos del Análisis Modal Espectral..... | 28 |
| Figura 18. | Desplazamientos Máximos Dinámicos - Dirección "X" en ETABS. . | 29 |
| Figura 19. | Desplazamientos Máximos Dinámicos - Dirección "Y" en ETABS. . | 30 |
| Figura 20. | Desplazamientos Máximos del Análisis Dinámico | 30 |
| Figura 21. | Derivas del Análisis Dinámico Modal Espectral Final..... | 31 |
| Figura 22. | Derivas del Análisis Dinámico | 32 |

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo general, realizar el Análisis Dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporricado con la aplicación del software OpenSees. La metodología en función del propósito fue aplicada de enfoque cuantitativo, de nivel no experimental con un nivel de profundidad descriptiva, siendo la población todas las estructuras de concreto armado con sistema estructural de pórticos, donde la muestra seleccionada fueron las estructuras de concreto armado de sistema de pórticos de 4 niveles regulares, con una resistencia de concreto de 280kg/cm^2 . Para el desarrollo de la investigación se acudió a las librerías de OpenSeesPy, para lograr los cálculos y análisis. Por otro lado, se siguió a la normativa establecida por el RNE – Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Los resultados obtenidos para el Análisis Dinámico fueron, las cortantes basales, los desplazamientos y derivas, las cuales cumplían con lo establecido en la normativa peruana E.030. Por otro lado, para mejorar la eficacia de los resultados de OpenSees, se realizó el mismo Análisis en el software ETABS, donde arrojó resultados similares en los desplazamientos, cortantes y distorsiones, por lo que se concluyó que OpenSees es una herramienta fiable y precisa que permite realizar Análisis Estructurales.

Palabras clave: Análisis dinámico, Estructura de concreto armado, OpenSees.

Abstract

The general objective of this research was to perform the Dynamic Analysis of a reinforced concrete structure of 4 levels of a portal frame system with the application of OpenSees software. The methodology according to the purpose was applied with a quantitative approach, non-experimental level with a descriptive depth level, being the population all the reinforced concrete structures with portal frame structural system, where the selected sample was the reinforced concrete structures of 4 regular levels portal frame system, with a concrete resistance of 280kg/cm². For the development of the research, OpenSeesPy libraries were used to perform the calculations and analysis. On the other hand, the regulations established by the RNE - Norm E.030 Seismic Resistant Design were followed. The results obtained for the Dynamic Analysis were the basal shear, displacements and drifts, which complied with the Peruvian E.030 standard. On the other hand, to improve the efficiency of the OpenSees results, the same analysis was performed in the ETABS software, where similar results were obtained for displacements, shears and distortions, so it was concluded that OpenSees is a reliable and accurate tool to perform Structural Analysis.

Keywords: Dynamic Analysis, Reinforced Concrete Structure, OpenSees.

I. INTRODUCCIÓN

A medida que, pasado el tiempo, la ciencia ha ido incrementado constantemente, por lo que como futuros profesionales debemos adaptarnos a estos cambios. Uno de los campos que más ha ido evolucionando la ciencia y el uso de la tecnología es el sector de la construcción, donde actualmente los ingenieros civiles utilizan diferentes softwares para realizar los distintos tipos de estudios, y uno de ellos es el análisis estructural, ya que tiene el propósito de evaluar el rendimiento de la estructura con el fin de que esta cumpla con la normatividad que establece el país. Por ello, es que en la actualidad se ha incrementado la calidad de las infraestructuras que han ayudado a mejorar la calidad de vida, económica y política de las personas.

Dentro de las áreas de la ingeniería estructural, durante esta década se ha proporcionado una herramienta computacional avanzada llamada "OpenSees", que es un software de licencia abierta de programación que ha ofrecido su gran potencial para poder lograr análisis estructurales y modelo geotécnicos que estén sometidas a fuerzas sísmicas, que ha permitido que todo investigador contribuya al desarrollo de esta herramienta para ampliar el conocimiento y capacidad de investigación para futuras generaciones (Velasco y Guerrero 2020).

En la investigación "Estudio comparativo de enfoques alternativos de marcos equivalentes para la evaluación sísmica de edificios de mampostería en OpenSees", se desarrolló un modelo de "Marco Equivalente" que permitió evaluar el comportamiento axial - flexión para identificar las diferentes fallas típicas en los muros de mampostería. Así mismo, también se centró en analizar distintos tipos de enfoques de modelado de "Marco Equivalente" para la evaluación sísmica de muros de mampostería donde se probaron elementos alternativos en OpenSees tomando en cuenta los distintos enfoques de plasticidad y teniendo como una alternativa de verificación y comparación correspondiente se tomó en cuenta el software 3Muri. Por lo que se concluyó que a un nivel de una escala global de construcción el método de "Marco Equivalente" permite de cierta forma emplear OpenSees para calcular con exactitud las estructuras de mampostería con elementos de vigas no lineales. Por otro lado, se obtuvieron valores similares en cuanto a los modales de

los períodos de vibración fundamental y de los vectores de forma global (Garcia et al. 2023).

En otro estudio, se logró plantear una herramienta numérica basada en el modelado de la interacción suelo – estructura en OpenSees, dicho estudio se llevó a cabo en dos edificios de acero de 5 niveles, los mismos que fueron sometidos al espectro de respuesta elástica EC8 para encontrar la influencia SSI (Interacción Suelo – Estructura) en términos de desplazamiento máximos del piso y derivas máximas entre pisos. En este sentido, este tipo de análisis en OpenSees debe tener un estudio más detallado para la validación de la aplicación en estudios geotécnicos llevados a cabo en proyectos de ingeniería, por otra parte, con el modelo empleado en este estudio se logró determinar que las derivas de los primeros pisos son muchos mayores que los niveles superiores, todo a causa de que el movimiento de la cimentación provoca flexibilidad en la estructura, lo que conlleva a decir que el estudio del suelo se le debe tomar más atención, por el único hecho que este provoca dependencia en el periodo fundamental de vibración en la estructura. (Kechidi et al. 2021).

Así mismo, en otra investigación titulada “Hyperomet: una interfaz OpenSees para análisis no lineal de edificios de mampostería no reforzada”, evaluaron la vulnerabilidad sísmica en diferentes edificios históricos de mampostería no reforzada usando la Opensees, lo que se busca en este estudio es proporcionar a los diferentes usuarios de este software una ventaja al momento de realizar ciertos análisis no lineales a ciertas estructuras. Dentro de estos análisis está una calculadora para definir la resistencia de cortante máxima en cada elemento. Lo que lo convierte en más fácil y didáctico el uso del software al momento de realizar ciertos análisis en estructuras de mampostería no reforzada. (Amirhosein y Mahdi 2022).

De lo expuesto anteriormente, se planteó el problema: ¿Cómo es el Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees? Es por ello que a través de este proyecto se buscó demostrar cómo es el análisis dinámico y que tan exacto es a través de Opensees, lo cual nos permitió modelar una estructura de concreto armado de 4 niveles de manera eficiente. La presente investigación se justificó de manera

teórica, porque buscó poder comprender y evaluar el comportamiento dinámico de las estructuras de concreto armado que están sometidas constantemente a fuerzas externas, que permiten garantizar la seguridad de las personas y la eficiencia de las construcciones. Por consiguiente, la presente investigación, tuvo como justificación práctica, poder lograr un análisis dinámico de una estructura de 4 niveles a través del software OpenSees, permitiendo modelar estructuras sismorresistentes de manera eficiente, ahorrando tiempo y recursos; como también dando una abertura al desarrollo de investigaciones que permitan incrementar el conocimiento acerca de este software. Y como justificación metodológica, se acudió a Opensees para poder proporcionar una comprensión precisa y profunda del comportamiento sísmico de toda edificación generando datos válidos y confiables.

En la presente investigación se propuso como objetivo general, realizar el Análisis Dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees, además, se planteó como objetivos específicos: determinar la cortante basal de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees comparándolo con ETABS, determinar los máximos desplazamientos de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees comparándolo con ETABS y analizar las distorsiones de entre piso de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees comparándolo con ETABS.

En el proyecto de investigación “Análisis Estático y Dinámico Incremental de una estructura de muros de hormigón armado en la República Dominicana”, se centró en la evaluación del desempeño sísmico de una estructura de muros de hormigón armado en la República Dominicana, empleando dos metodologías: el método del espectro de capacidad y el Análisis Dinámico Incremental (IDA). Los resultados obtenidos se comparan según criterios deterministas y las normativas sísmicas locales, revelando que la estructura posee resistencia suficiente para la acción sísmica prevista, pero altos niveles de daño esperado sugieren un posible comportamiento insuficiente. Además, el IDA confirmó un comportamiento no monótono. Ambas metodologías arrojan resultados coherentes en términos de desplazamiento de fluencia, resistencia última y rigidez inicial, lo que refleja

adecuadamente el comportamiento de la estructura evaluada. Según, los resultados que obtuvo el autor en sus análisis, podemos hacer énfasis que es de suma importancia realizar un análisis dinámico a la estructura, porque con esta podemos asegurar que esta puede brindar seguridad al momento de ocurrir un sismo, sin llegar al colapso de la misma. (Távarez 2016).

Por otro lado, en el estudio “Un método mejorado de reducción del orden del modelo para analizar estructuras grandes con no linealidades locales”. Este método se destacó por adaptar el sistema reducido según las características de elementos no lineales, utilizando expresiones basadas en la matriz de rigidez de dichos elementos. También se propuso un enfoque de iteración de Newton con métodos de subespacios de Krylov y un método de precondicionamiento simplificado para resolver de manera eficiente el sistema reducido, lo que facilitó el análisis dinámico de toda la estructura. Además, desarrollaron un algoritmo de solución iterativa alternativo aplicable a sistemas con modelos no lineales, mejorando la eficiencia de análisis en estructuras de gran escala. (Wenxiong y Suiyin 2023).

Teniendo en cuenta esta información, podemos afirmar que el enfoque desarrollado por Wenxiong Li y Suiyin Chen representa un avance notable en la ingeniería estructural. Su método, que se destaca por su adaptación precisa del sistema reducido a elementos no lineales a través de la descomposición en vectores y valores propios de la matriz de rigidez, ofreciendo una solución altamente eficiente para el análisis de estructuras de gran escala con no linealidades locales.

La aplicación de Matlab para optimizar el análisis dinámico de estructuras se considera un tema de importancia al momento de diseñar una estructura, debido a los considerables daños y pérdidas económicas, así como al elevado riesgo de pérdida de vidas humanas cuando ocurren sismos de grandes magnitudes. La realización de análisis dinámicos en estructuras es primordial para tener en cuenta la actividad sísmica al diseñar estructuras, minimizando de esta manera los riesgos que esta puede provocar. En este estudio, el autor adoptó una metodología basada en una exhaustiva revisión de la literatura disponible para lograr su objetivo principal. (Suárez 2010).

El programa desarrollado permitió llevar a cabo análisis dinámicos de estructuras de "n" pisos y "n" vanos, agilizando el proceso de cálculo y reduciendo la posibilidad de errores debido a la gran cantidad de datos involucrados. Para asegurar la precisión y seguridad de los resultados obtenidos mediante este programa, se llevó a cabo una verificación manual.

Huu-Tai y Seung-Eock (2011) en su investigación “Práctico software de análisis avanzado para el análisis dinámico inelástico no lineal de estructuras de acero”, detallaron sobre un nuevo software avanzado, recién lanzado, al cual se le consideró práctico al momento de diseñar. Este software está diseñado específicamente para llevar a cabo análisis dinámicos no lineales e inelásticos en estructuras de acero espaciales. Este innovador software tuvo la capacidad de predecir con alta precisión la respuesta no lineal de una estructura de acero al emplear únicamente un elemento por miembro en la modelización estructural. En el marco de esta herramienta, se implementaron tres tipos de elementos que consideraban tanto las no linealidades geométricas como las de materiales. La solución de las ecuaciones no lineales de movimiento se realiza mediante un esquema de resolución incremental-iterativo basado en el método de Newmark y el método de Newton-Raphson. Para validar la exactitud y eficacia del software propuesto en la predicción de la respuesta no lineal en estructuras de acero, donde se presentaron diversos ejemplos numéricos.

En resumen, podemos decir que este programa se consolida como una herramienta fiable y eficiente que se puede utilizar en la práctica diaria de diseño de estructuras de acero, además que es muy práctico al momento de utilizarlo.

En otra investigación, se diseñó una estructura especial de acero como un modelo de plasticidad concentrada con capacidad de formación de rótulas elasto – plásticas utilizando OpenSees. La estructura en la que realizó el análisis constaba de 3 niveles de desempeño basada en la normativa de Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA 356), para verificar el comportamiento de los límites de derivas máxima. Se concluyó que dentro del MCE para los niveles de diseño y prevención de colapso, se obtiene un resultado altamente adecuado, por otro lado, respecto al nivel de servicio no cumple con los requisitos de aceptabilidad, dando como resultado una respuesta negativa a la estructura. (Barrera 2018).

Por otra parte, en Colombia se logró realizar distintos tipos de modelos de análisis estructural en 2D, usando el software Opensees, donde desarrolló el análisis no lineal estático y dinámico de estructuras expuestas a cargas convencionales y no convencionales, así mismo tomó en cuenta condiciones específicas de cada estructura como resortes, zonas, elementos rígidos, etc. Los resultados obtenidos dentro de Opensees fueron comparados en el software SAP2000, en el que se demostró que los modelos que fueron desarrollados en Opensees dan resultados similares en SAP2000. (Salazar 2018).

Así mismo, en el proyecto de investigación, “Efecto del Ángulo de Incidencia Sísmica en la Respuesta No-Lineal de Edificaciones de Concreto Armado con Sistema Dual”, se buscó analizar como el efecto de ángulo de incidencia de sismos que provienen de dos direcciones diferentes, afecta a las estructuras de concreto armado con sistema estructural dual, y como estas responden o actúan a estos movimientos sísmicos a través de distintos software como Opensees, así mismo, la investigación fue medida por las respuestas sísmicas de edificios bajo las condiciones de ángulo crítico de incidencia y máxima ampliación. Los resultados obtenidos, fueron respuestas no lineales máximas, determinando que el ángulo de incidencia sísmica puede ser hasta 50% mayores a las obtenidas utilizando metodologías por códigos nacionales e internacionales. Así mismo, se destacó el software Opensees, ya que permitió el cálculo de manera sólida y veloz junto con la evaluación de una amplia cantidad de edificaciones a través del empleo de modelos y métodos sin requerir muchos recursos computacionales. (Lopez 2018).

Por otro lado, enfocado al estudio sísmico, se realizó un Análisis Sísmico de una estructura de 5 niveles en Arequipa, donde se logró determinar el riesgo sísmico de la zona, gracias a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente, para poder comprobar la capacidad portante del suelo y también pueda escoger el sistema estructural para la edificación. Posteriormente, logró predimensionar los elementos estructurales, según el uso de la edificación y los cargó en el software ETABS para realizar el análisis. Obteniendo como resultados que las cuantías cumplían con la normativa peruana y aseguraban tener una vivienda segura, que es la finalidad de la construcción. (Foco 2021).

Dentro de las obras de construcción siempre se tiene que diseñar y construir con especificaciones que ofrezcan seguridad, funcionabilidad, factibilidad y economía. La importancia de la seguridad está relacionada con la capacidad de la estructura a resistir cargas y fuerzas externas (sismos, vientos, etc.) que puedan ocurrir durante su vida útil, sin que se cometa algún daño exagerado en la estructura o el colapso de estas mismas. Por la parte estructural, está vinculada netamente a las limitaciones de deformación, fisuramiento y vibración, ya que de ellas depende el valor de vida útil para que la estructura no sea considerada insegura y poco comfortable. (Rochel 2012).

En ese contexto, es por lo que se desarrolla el Análisis Sísmico Estructural, que permite representar de forma exacta la posible distribución de las masas y rigideces adoptando un modelo espacial, que permita ver los desplazamientos de la estructura hayan sido producto de cargas o fuerzas sísmicas. Así mismo este procedimiento involucra la intensidad sísmica en una determinada región y las características geológicas y geotécnicas donde se encontrará la estructura, así como las propiedades y la resistencia de los materiales que son aplicadas en la construcción. (Chopra 2014).

Por ello es importante conocer en qué situación sísmica se encontrará la estructura que se deseará construir. En Perú la mayoría de los sismos es ocasionada por la convergencia de la placa de Nazca y Sudamericana que produce distintos regímenes de esfuerzos. El primer régimen trata de la compresión horizontal perpendicular, es decir, que está asociada al carácter de actividad sísmica superficial ($h \leq 60$ km) y el segundo es de régimen de esfuerzo, que está asociada al carácter de actividad sísmica de foco a profundidad intermedia ($60 < h \leq 350$ km) y profunda ($h > 350$ km). (Tavera y Buforn 1998).

La Norma E.030 Diseño de Sismorresistente, es la norma peruana que establece ciertos requisitos y criterios para el diseño de las edificaciones que sean capaz de resistir sismos en el Perú. Esta norma logra reflejar los avances en la ingeniería sísmica dentro de la edificación del Perú, así mismo, es de mucha importancia para establecer o brindar seguridad a las personas y a resistencia frente a sismos de las edificaciones en un país donde es sísmicamente activo. Por otro lado, dentro de ella se aborda la zonificación sísmica, condiciones geotécnicas, los espectros de

diseño, categorizaciones, sistemas y los análisis estructurales donde se desglosan el Análisis Estático y el Análisis Dinámico. (Norma E.030 2018).

El análisis estático es un procedimiento esencial para diseñar una estructura. Usando análisis estáticos, se obtiene la respuesta de la estructura a las fuerzas externas aplicadas. Además, el análisis estático se realiza cuando la estructura está sujeta a desplazamientos externos, como asentamientos de soporte diferencial. (Choudhury 2023).

El análisis dinámico de estructuras implica la evaluación de las fuerzas en constante cambio que afectan a la estructura, como el viento o los terremotos. Estas fuerzas no son predecibles y fluctúan en el transcurso del tiempo. En el análisis dinámico, se incorporan elementos adicionales, como la matriz que representa la resistencia de la estructura, la matriz que representa su masa y la matriz que describe la amortiguación. Además, se tiene en cuenta el movimiento de la estructura. (Chandrasekar 2023).

Entonces, el análisis dinámico en las estructuras ya sea de concreto armado o metálicas viene a ser fundamental dominar este tema en la ingeniería civil y la mecánica, puesto que se emplea para evaluar cómo las cargas dinámicas, como el viento o los terremotos, interactúan con una estructura a lo largo del tiempo. A diferencia del análisis estático, que se centra en condiciones de equilibrio, el análisis dinámico considera las fuerzas que varían repentinamente y no siguen un patrón constante.

En el análisis dinámico estructural, se incorporan tres matrices clave: la matriz de rigidez, que representa la resistencia de la estructura y su capacidad para soportar deformaciones; la matriz de masa, que describe la distribución de la masa en la estructura y cómo responde a aceleraciones; y la matriz de amortiguación, que refleja la capacidad de la estructura para disipar energía en forma de vibraciones. Además, se debe tener en cuenta el movimiento de la estructura, lo que implica considerar cómo responde a las fuerzas externas en el transcurso del tiempo, lo que es fundamental para garantizar la seguridad y vida útil de edificios, puentes y otras estructuras importantes.

Al momento de realizar un análisis dinámico en una estructura, debes tener en claro ciertos conceptos del análisis estructural, dentro de estos están los sistemas de un solo grado de libertad, que son los espectros de respuesta y de diseño, matriz de rigidez, matriz de masas, los modos de vibración, matriz de amortiguamiento, respuesta elástica.

En el libro “Dinámica de Estructuras con CEINCI – LAB”, se habla sobre cada uno de estos conceptos de manera detallada, donde comienza desde lo más básico hasta lo más complejo para poder entender de cómo funciona el análisis sísmico dinámico en las diferentes estructuras. (Aguiar 2012).

Así mismo, en el libro “Dinámica de Estructuras” aborda una amplia gama de temas teóricos relacionados con la dinámica estructural, explicando cada uno estos. También explora la aplicación de esta teoría en el análisis, respuesta, diseño y evaluación de estructuras poniéndolo en escenarios sísmicos. (Chopra 2014).

Ambos libros expuestos anteriormente, son de gran ayuda al momento de entender en que consiste el análisis dinámico, puesto que ambos inician desde cero, para brindar un entendimiento más claro de esta temática.

Entender el comportamiento de una estructura cuando está sometida a cargas, fuerzas internas o externas es fundamental para entender los resultados que podemos obtener en los diferentes softwares que se han ido incorporando en el mundo de la ingeniería estructural.

Según, la información encontrada en el libro “Diseño de estructuras de Concreto Armado”, hace mención que existe diferentes tipos de concreto, dentro de los cuales la mayoría de las construcciones se le puede clasificar en tres categorías: "concreto masivo", "losas" y "estructuras encofradas". A lo que añade que las estructuras encofradas (vigas, columnas, muros y arcos) suelen estar reforzadas con acero y presentan limitaciones en el espacio para verter el concreto, requiriendo un posterior acabado una vez retirados los encofrados. Por el contrario, en los pavimentos y las losas de piso están poseen áreas extensas las que no se llegan a encofrar, por lo que es necesario darles un cuidado especial en cuanto a su acabado y curado inmediatamente después haberlas vaciado. Por último, el concreto masivo utilizado en presas, pilares y cimentaciones tiene superficies

expuestas en una proporción relativamente pequeña, aunque aún es crucial controlar las elevaciones de temperatura debido al calor generado durante la hidratación del cemento. De todo esto, a las que se le considera como concreto armado, son a todos los elementos estructurales que llevan acero de refuerzo, si en caso esta no llevaría algún tipo de refuerzo solo se le denomina como concreto. (Ortega 2014).

Después de considerar lo expuesto anteriormente, se puede afirmar que, en el área de la ingeniería, al abordar el diseño de estructuras, ya sean de concreto, acero u otros materiales, el objetivo principal es obtener resultados que sean lo más precisos posible que describan el comportamiento de dichas estructuras frente a movimientos sísmicos, ya sean de baja o alta magnitud. Por lo que, en la actualidad estamos en la búsqueda constante de un software con la capacidad de predecir de manera precisa la respuesta no lineal de una estructura ante este tipo de movimientos que estará expuesta la estructura.

OpenSees es un software de código abierto, que permite desarrollar aplicaciones para representar sistemas estructurales que estén sujetas a terremotos, permitiendo un desarrollo al modelado y a la simulación computacional en ingeniería sísmica para futuros proyectos. (OpenSees 2006).

Este software permite modelar y analizar estructuras de gran magnitud, para evaluar el comportamiento frente a diversas condiciones sísmicas. Así mismo, este software es utilizado altamente en investigaciones de estructuras de concreto armado y en estructuras de acero, garantizan que sean capaces de resistir sismos de gran magnitud.

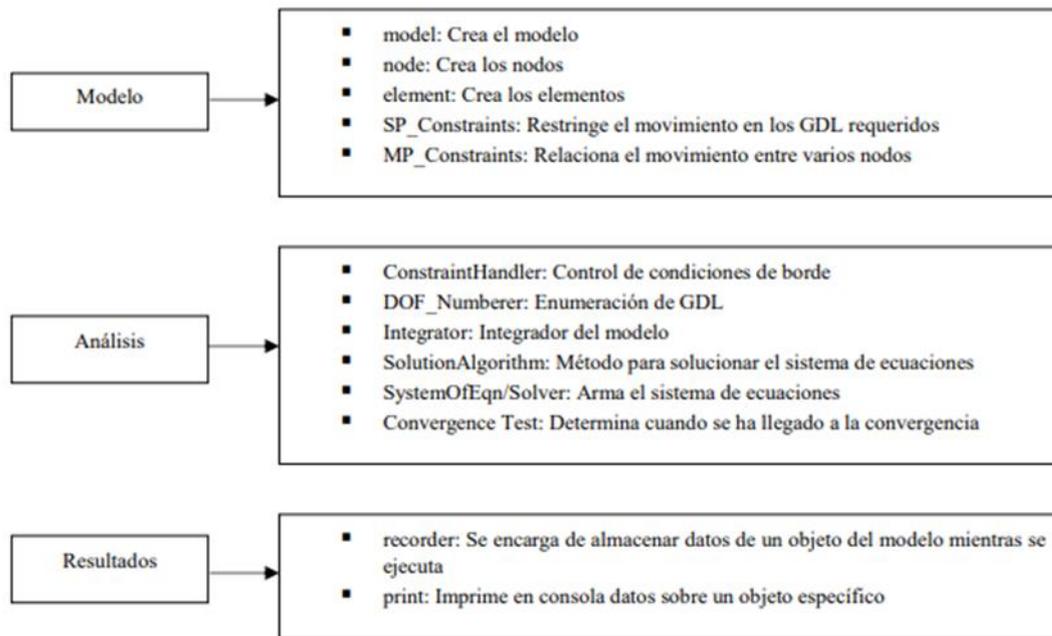


Figura 1. Fases del Modelamiento en Opensees.

Fuente: Ejemplos de Modelos de Análisis Estructural usando Opensees (2018)

El software OpenSees, cada vez logra tener una eficiencia altamente computacional en los análisis sísmicos de las estructuras de gran magnitud y gracias a eso se ha logrado ser adaptable y fácil de implementar en diferentes plataformas. Sobre todo, en C++ (lenguaje de programación), donde OpenSees logra asociar en su código considerables elementos heredados de Fortran. OpenSees facilita numerosos lenguajes de programación dentro de C++, que logran proporcionar la interacción con bibliotecas numéricas externas desarrolladas en lenguajes como C++ o Fortran, ejemplos notables de estas bibliotecas son Lapack, ScaLapack, Petsc, Mumps, SuperLU y Arpack. (McKenna 2011).

Por otro lado, OpenSees es utilizado para demostrar no solo los comportamientos estructurales que tiene la estructura frente a cargas o sismos, sino que demuestra el comportamiento de las estructuras frente incendios que hayan sido producidos por diversas circunstancias. En ella destaca la investigación de simulación estructural no lineal integrada de edificios compuestos en caso de incendios, donde se realizó un análisis térmico y termomecánico utilizando el software OpenSees a través de la integración de estos en una simulación unificada que combina la de incendio, transferencia de calor y análisis mecánico. Obteniendo como resultado que OpenSees es capaz de evaluar con mucha precisión las temperaturas dentro

de los miembros estructurales validando los resultados experimentales y numéricos. (Orabi et al. 2022).

De esta forma se añade OpenSeesPy, que es una interfaz de Python para OpenSees basada en Ingeniería Estructural para la simulación de elementos finitos. Además, OpenSeesPy permite utilizar el lenguaje de programación Python en lugar de C++ que es el lenguaje de programación tradicional asociado a OpenSees. Así mismo OpenSeesPy permite y admite la visualización de nodos, etiquetas de nodos, elementos de primera dimensión y etiquetas de elementos proporcionando la función de formas en modo estático y dinámico. En la actualidad se permiten respuestas de desplazamiento de nodos, velocidades y aceleraciones gravitacionales para los elementos tridimensionales como estructuras compuestas de varios vanos. (Junjun et al. 2022).

Una aplicación en cuanto OpenSeesPy, fue en el estudio experimental a escala real sobre columnas de puentes prefabricados con conexiones de camisa inyectadas y barras de refuerzo de gran diámetro, donde se estableció elementos finitos dentro de OpenSeesPy para lograr validar con resultados experimentales. Por consiguiente, se desarrollaron ecuaciones empíricas para lograr tener la rigidez rotacional efectiva de la estructura, dando como resultado una rotación bilineal con parámetros eficaces para la simulación de deformaciones en las columnas de dicha estructura. (Penghui et al. 2023).

Dicho esto, se planteó como hipótesis general: mediante la aplicación OpenSees se podría realizar el Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado, y por consiguiente, se desprendieron tres hipótesis específicas: se podría determinar la cortante basal de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees, así mismo, se podría determinar los máximos desplazamientos de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees y por último, se podría analizar las distorsiones de entrepiso de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees.

II. METODOLOGÍA

En este contexto, se determinó que el tipo de la presente investigación en función del propósito es aplicada, porque realiza avances de los conocimientos a través de las aplicaciones o problemas prácticos; por su nivel de profundidad es descriptiva, porque como objetivo fundamental busca ofrecer una visión detallada y completa sobre el comportamiento de la estructura de concreto armado mediante un análisis dinámico utilizando el software OpenSees; y es cuantitativa, porque busca entender la realidad de los fenómenos y el comportamiento del objeto a través de datos.

Por otro lado, según la función que realiza el investigador en relación con las variables que se encuentran en su investigación, se pueden dividir en “no experimentales” y “experimentales”.

Por lo tanto, bajo esa premisa, la investigación es no experimental, porque describe cómo es un análisis dinámico aplicando el software OpenSeesPy.

En esta investigación la variable de estudio según el nivel de profundidad sería el Análisis dinámico. Asimismo, las dimensiones que abarcó la variable fueron: la cortante basal, resistencia a la compresión, distorsiones, desplazamientos, modos de vibración y periodos fundamentales. La operalización de la variable se encuentra en el apartado de Anexos.

En esta investigación la población fueron las estructuras de concreto armado con sistema estructural de pórticos.

Una vez seleccionada la población, se tuvo en cuenta diferentes criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión que se tomaron en cuenta fueron los siguientes: estructuras de concreto armado de 4 niveles regulares. Por otra parte, los criterios de exclusión, que se consideraron fueron: sistemas estructurales de acero, madera, albañilería, dual, muros, entre otros; edificaciones irregulares con número de niveles y pórticos mayores o menores a 4 y 8 respectivamente.

En esta investigación, la muestra seleccionada fueron las estructuras de concreto armado de sistema de pórticos de 4 niveles regulares, con una resistencia de concreto de 280kg/cm^2 .

En este estudio el tipo de muestreo vino a ser no probabilístico, intencional, puesto que el tipo de estructura fue seleccionada de acuerdo con los criterios de nuestra investigación. Con el que se llevó a cabo el análisis dinámico con el software OpenSees.

La técnica que se empleó en la presente investigación fue la técnica de observación o inspección visual para recopilar datos de la variable. Posteriormente, los datos que se lograron obtener, a través de la técnica usada, se procedió a realizar el análisis dinámico de la estructura en el software OpenSees. Así mismo, para lograr el análisis, se usaron las Normas Técnicas de Edificación E.030 y E.020. Por otra parte, para desarrollar esta investigación se realizó una ficha de validación donde se incluyeron diferentes matrices, las cuales permitieron recolectar los datos necesarios de manera rigurosa.

La investigación se desarrolló de la siguiente manera: El primer paso fue el predimensionamiento y diseño aporcado de la estructura de 4 niveles que se quería evaluar. Por consiguiente, se realizó un modelado de la estructura en el programa de diseño gráfico AutoCAD. Luego, se descargó el programa (Jupyter) que permitió obtener las diferentes librerías esenciales (OpenSeesPy, Numpy, OpsVis, Matplotlib, Pandas) para realizar el análisis dinámico. Posteriormente, se creó un nuevo proyecto en el que se exportaron los datos del diseño gráfico a un archivo de OpenSeesPy, el que sirvió para definir la geometría y propiedades de cada uno de los elementos estructurales, seguidamente se asignaron las cargas y fuerzas nodales para poder realizar el Análisis Estático 3D, para hallar las fuerzas estáticas, las que fueron de suma importancia para realizar el Análisis Dinámico Modal Espectral.

Finalmente, se dio la ejecución del código creado utilizando las librerías de OpenSeesPy, para obtener los resultados que se deseaba. De esta manera se realizó una comparativa de los resultados con el software Etabs, lo cual permitió comprobar la eficacia de OpenSees.

Por otro lado, en esta investigación, el proceso que se tuvo para obtener los datos necesarios para llevar a cabo el objetivo general de la investigación se efectuó

mediante un proceso minucioso de recolección de información procedente de diversas fuentes.

En primer lugar, se recurrió a los planos de diseño de la estructura, que proporcionaron detalles precisos sobre su geometría, incluyendo dimensiones, distribución de los elementos estructurales y disposición de las cargas.

Además de los planos de diseño, se utilizó las especificaciones de materiales empleados en la construcción, tales como resistencia del concreto. Estos datos fueron esenciales para establecer las propiedades de los elementos de la estructura y determinar cómo respondieron bajo cargas dinámicas.

Una vez recopilados estos datos, se procedió a ingresarlos en el software OpenSees, donde se realizó el análisis dinámico de la estructura.

Finalmente, dentro de las diferentes investigaciones que originan conocimiento por la ciencia, existen conductas éticas en el investigador y asesor que permiten garantizar la integridad y calidad del proceso de investigación, pero si tienen conductas no éticas, estas desprecian y corrompen a la ciencia. (Parra et al. 2013)

Como investigadores nos comprometimos a realizar un manejo ético y legal, respetando las licencias y términos asociados con OpenSees al igual que nuestro diseño de estructura de concreto armado fue de elaboración propia. Así mismo, la información recolectada, para llevar a cabo la investigación tuvo una similitud no mayor al 20% de otros estudios. En resumen, dentro del estudio se tuvo en cuenta los resultados obtenidos del software Opensees, respetando la originalidad de ella obtenidas de fuentes de información, así mismo se respetará la normatividad peruana que abarca el Diseño Sismorresistente.

III. RESULTADOS

3.1. Cortante basal de la estructura analizada

Tabla 1. Cortantes estáticos en Dirección “X” – OpenSees

| Nivel | Vx (Tnf) |
|-------|----------|
| 1.00 | 48.88587 |
| 2.00 | 43.55983 |
| 3.00 | 32.90775 |
| 4.00 | 16.92964 |

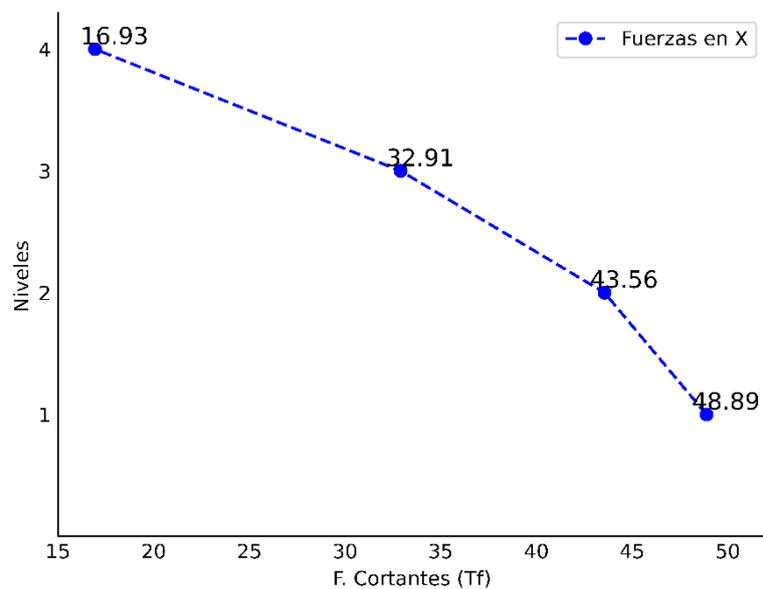


Figura 2. Fuerzas Cortantes Estáticas de la Dirección “X”

Nota. La figura 2 interpreta los resultados de la tabla 1 en la que se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación hay una fuerza cortante de 16.93Tnf, 32.91Tnf, 43.56Tnf y 48.89Tnf respectivamente.

Tabla 2. Cortantes estáticos en Dirección “X” – Etabs

| <i>Nivel</i> | <i>Vx (Tnf)</i> |
|--------------|-----------------|
| 1 | 48.87 |
| 2 | 43.66 |
| 3 | 33.26 |
| 4 | 17.66 |

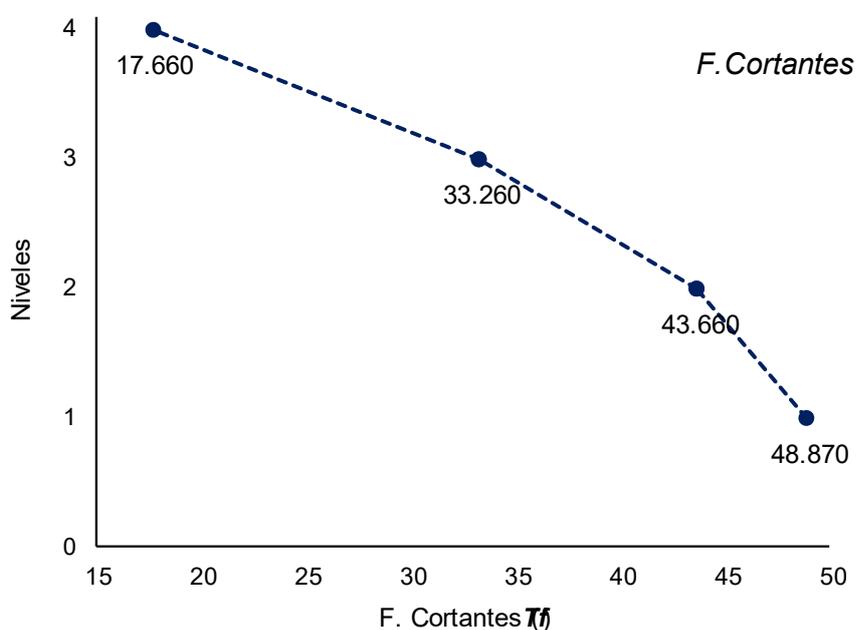


Figura 3. Fuerzas Cortantes Estáticas - Dirección “X” en ETABS

Nota. La figura 3 interpreta los resultados de la tabla 2 en la que se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación hay una fuerza cortante de 17.660Tnf, 33.260Tnf, 43.660Tnf y 48.870Tnf respectivamente.

Tabla 3. Cortantes estáticos en Dirección “Y” – OpenSees

| <i>Nivel</i> | <i>Vx (Tnf)</i> |
|--------------|-----------------|
| 1,00 | 48.88587 |
| 2,00 | 43.55983 |
| 3,00 | 32.90775 |
| 4,00 | 16.92964 |

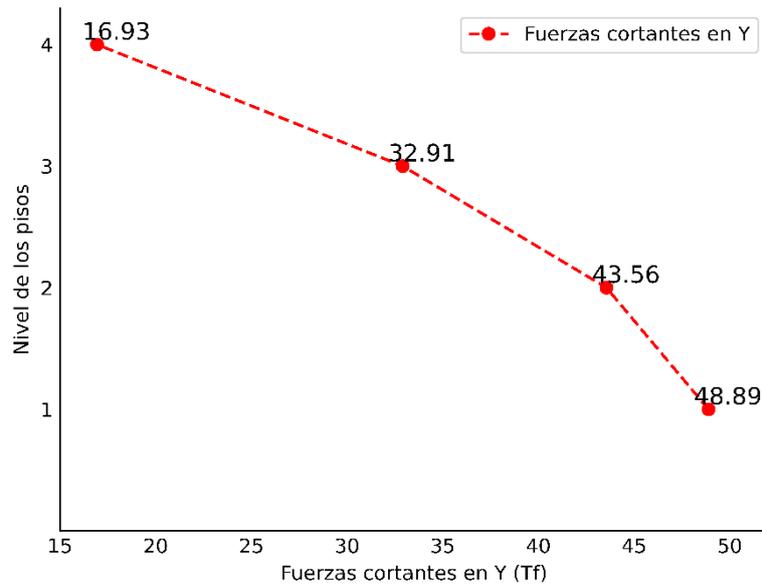


Figura 4. Fuerzas Cortantes Estáticas de la Dirección “Y”

Nota. La figura 4 interpreta los resultados de la tabla 3 en la que se observa que, en el 1er. 2do, 3er y 4to de la edificación hay una fuerza cortante de 48.88587Tnf, 43.56Tnf, 32.91Tnf y 16.93Tnf respectivamente.

Tabla 4. Cortantes estáticos en Dirección “Y” – Etabs

| <i>Nivel</i> | <i>Vy (Tnf)</i> |
|--------------|-----------------|
| 1 | 48.87 |
| 2 | 43.66 |
| 3 | 33.26 |
| 4 | 17.66 |

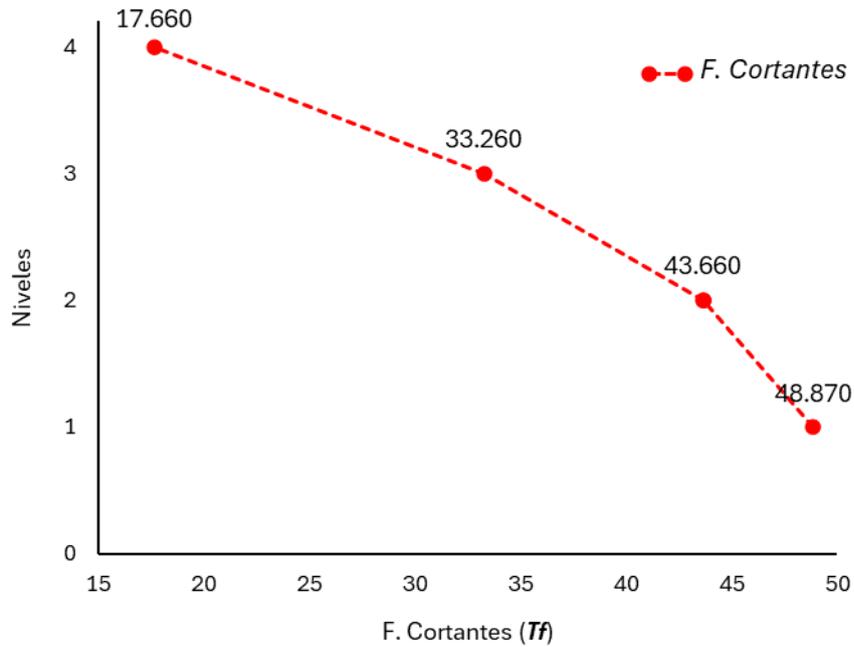


Figura 5. Fuerzas Cortantes Estáticas - Dirección "Y" en ETABS

Nota. La figura 5 interpreta los resultados de la tabla 4 en la que se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación hay una fuerza cortante de 17.660Tnf, 33.260Tnf, 43.660Tnf y 48.870Tnf respectivamente.

Tabla 5. Cortantes del Análisis Dinámico Modal Espectral - Opensees.

| Nivel | Vx(Tnf) | Vy(Tnf) |
|-------|---------|---------|
| 1,00 | 57.8791 | 55.6597 |
| 2,00 | 52.9862 | 51.0281 |
| 3,00 | 44.3475 | 42.957 |
| 4,00 | 30.8149 | 30.4165 |

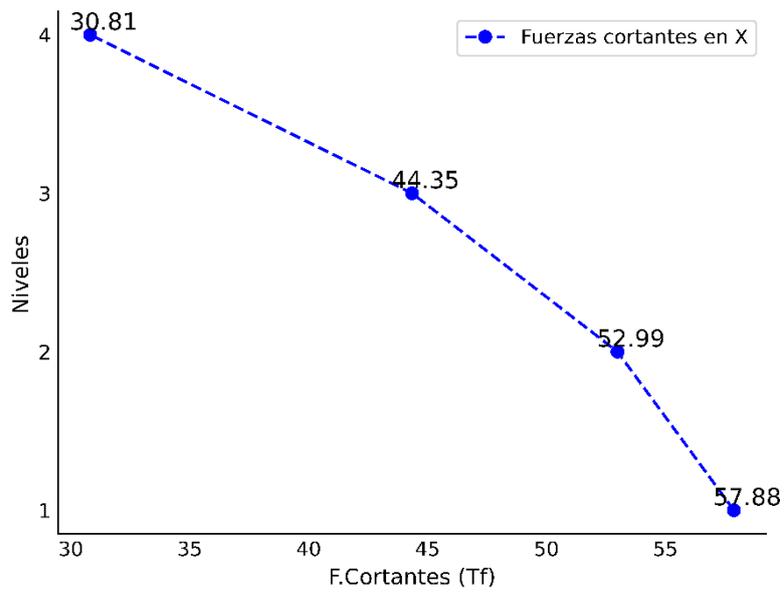


Figura 6. Fuerzas Cortantes - Análisis Dinámico Modal Espectral "X"

Nota. La figura 6 interpreta los resultados de la tabla 5 en la que se observa las cortantes que se obtuvieron en el Análisis Dinámico Modal Espectral, donde en el eje "X" obtuvimos como fuerza cortante basal 57.8791Tnf, mientras que, en el 2do, 3er y 4to nivel se obtuvieron las siguientes fuerzas cortantes: 52.9862Tnf, 44.3475Tnf y 30.8149Tnf respectivamente.

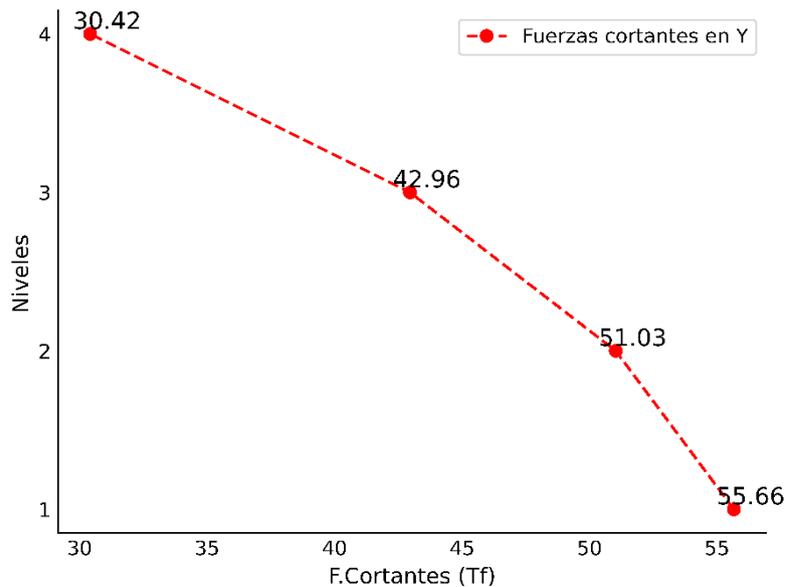


Figura 7. Fuerzas Cortantes - Análisis Dinámico Modal Espectral "Y"

Nota. La figura 7 interpreta los resultados de la tabla 5 donde se observa que en el eje "Y", para el primer nivel este está sometido a una fuerza cortante de 55.6597Tnf, y los siguientes niveles están recibiendo una fuerza cortante de 51.0281Tnf, 42.957Tnf y 30.4165Tnf para el segundo, tercer y cuarto nivel respectivamente.

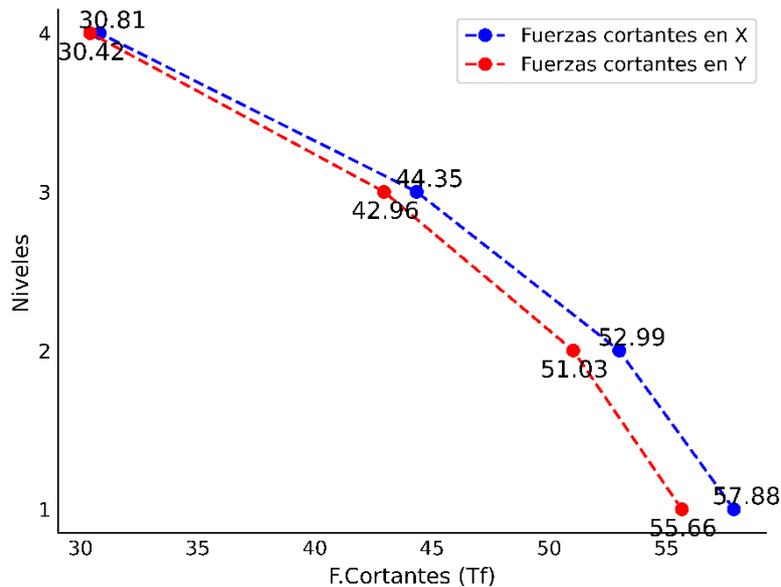


Figura 8. Fuerzas Cortantes del Análisis Dinámico Modal Espectral

Nota. La figura 8 interpreta los resultados de la tabla 5, donde se realiza una comparativa entre las fuerzas cortantes del Análisis Dinámico Modal Espectral tanto en el Eje X como en el Eje Y.

Tabla 6. Cortantes del Análisis Dinámico Modal Espectral - Etabs.

| Nivel | Vx (Tnf) | Vy (Tnf) |
|-------|----------|----------|
| 1.00 | 57.515 | 59.5211 |
| 2.00 | 49.048 | 50.696 |
| 3.00 | 35.418 | 36.5089 |
| 4.00 | 17.319 | 17.7603 |

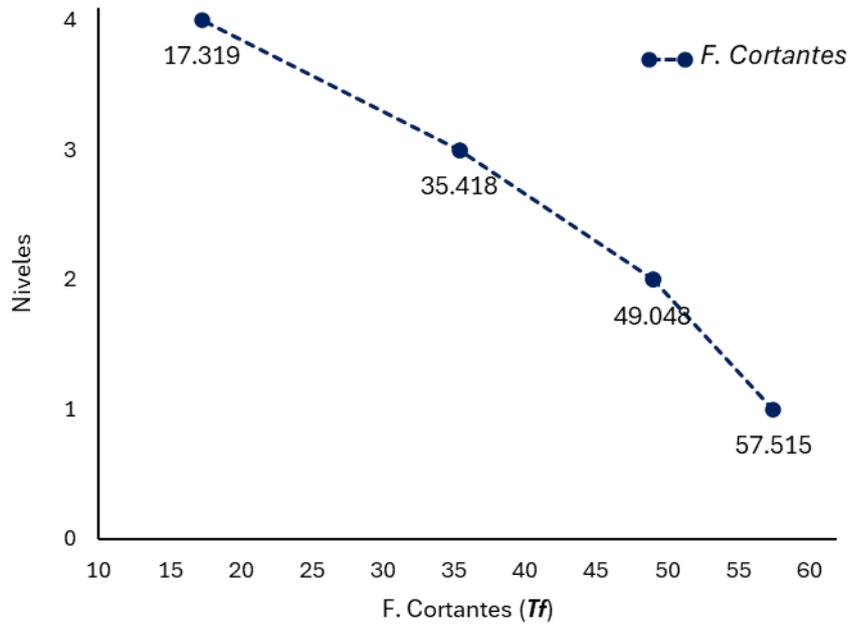


Figura 9. Fuerzas Cortantes Dinámicas - Dirección "X" en ETABS

Nota. La figura 9 interpreta los resultados de la tabla 6 en la que se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación hay una fuerza cortante de 17.319Tnf, 35.418Tnf, 49.048Tnf y 57.515Tnf respectivamente.

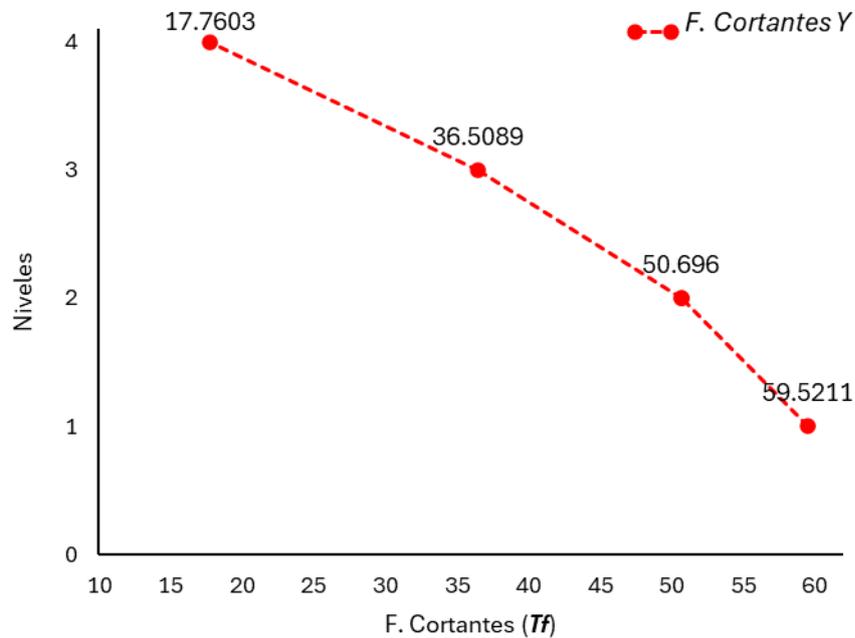


Figura 10. Fuerzas Cortantes Dinámicas - Dirección "Y" en ETABS

Nota. La figura 10 interpreta los resultados de la tabla 6 en la que se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación hay una fuerza cortante de 17.7603Tnf, 36.5089Tnf, 50.696Tnf y 59.5211Tnf respectivamente.

3.2. Máximos desplazamientos de la estructura

Tabla 7. Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “X” - OpenSees

| <i>Nivel</i> | <i>UxMax(cm)</i> | <i>UyMax(cm)</i> |
|--------------|------------------|------------------|
| 1.00 | 0.41982 | 0.00008 |
| 2.00 | 0.629 | 0.00022 |
| 3.00 | 0.81334 | 0.00034 |
| 4.00 | 0.93682 | 0.00043 |

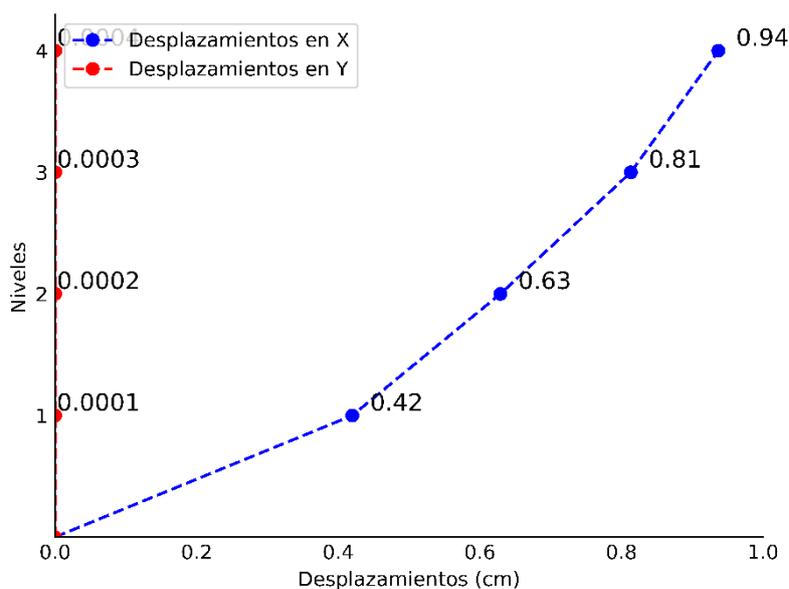


Figura 11. Desplazamientos Máximos Estáticos de la Dirección “X”

Nota. La figura 11 interpreta los resultados de la tabla 7 en la que se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación hay una fuerza cortante de 16.93Tnf, 32.91Tnf, 43.56Tnf y 48.89Tnf respectivamente.

Tabla 8. Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “X” - Etabs

| Nivel | $U_{xMax}(cm)$ | $U_{yMax}(cm)$ |
|-------|----------------|----------------|
| 1 | 0.3174 | 0.018 |
| 2 | 0.5782 | 0.033 |
| 3 | 0.7896 | 0.045 |
| 4 | 0.9195 | 0.052 |

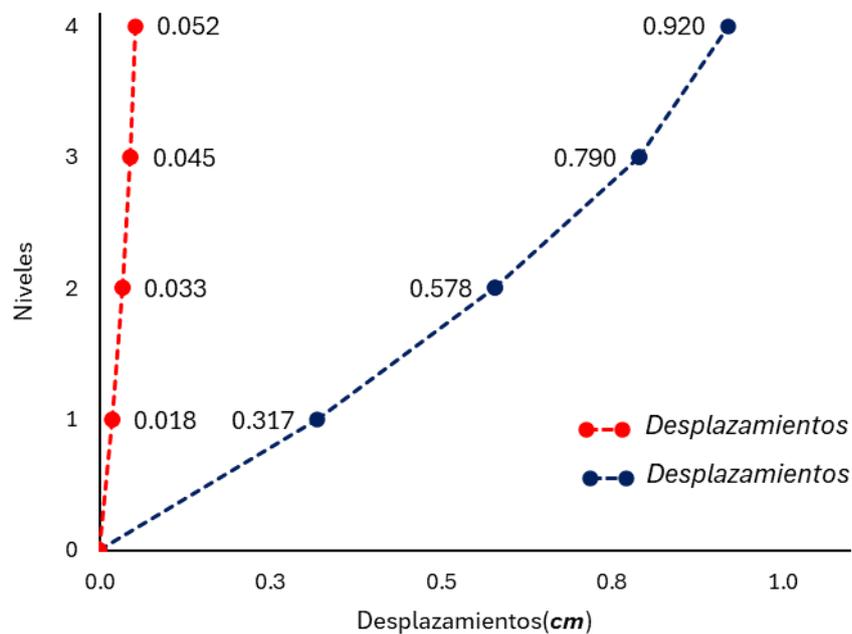


Figura 12. Desplazamientos Máximos Estáticos - Dirección “X” en ETABS.

Nota. La figura 12 interpreta los resultados de la tabla 8 respecto a los desplazamientos que tuvo la estructura, en esta se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación sus desplazamientos en el eje “X” son de 0.920cm, 0.790cm, 0.578cm y 0.317cm, mientras que en el eje “Y” hay desplazamientos de 0.052cm, 0.045cm, 0.033cm y 0.018cm respectivamente.

Tabla 9. Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “Y” – OpenSees

| Nivel | $U_{xMax}(cm)$ | $U_{yMax}(cm)$ |
|-------|----------------|----------------|
| 1,00 | 0.00799 | 0.13818 |
| 2,00 | 0.02199 | 0.38703 |
| 3,00 | 0.03441 | 0.6143 |
| 4,00 | 0.04276 | 0.7729 |

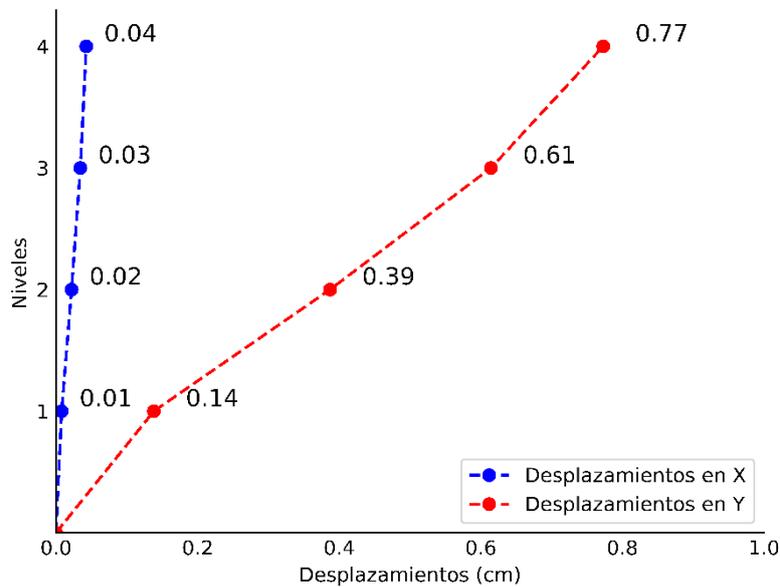


Figura 13. Desplazamiento Máximos Estáticas de la Dirección “Y”

Nota. La figura 13 interpreta los resultados de la tabla 9 respecto a los desplazamientos que tuvo la estructura, en la que se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación sus desplazamientos en el eje “X” son de 0.0428cm, 0.03441cm, 0.022cm y 0.008cm mientras que en el eje “Y” hay desplazamientos de 0.773cm, 0.6143cm, 0.3870cm y 0.1382cm para el cuarto, tercer, segundo y primer nivel respectivamente.

Tabla 10. Desplazamientos máximos estáticos en Dirección “Y” - Etabs

| Nivel | $U_{xMax}(cm)$ | $U_{yMax}(cm)$ |
|-------|----------------|----------------|
| 1 | 0.018 | 0.3174 |
| 2 | 0.033 | 0.5782 |
| 3 | 0.045 | 0.7896 |
| 4 | 0.052 | 0.9195 |

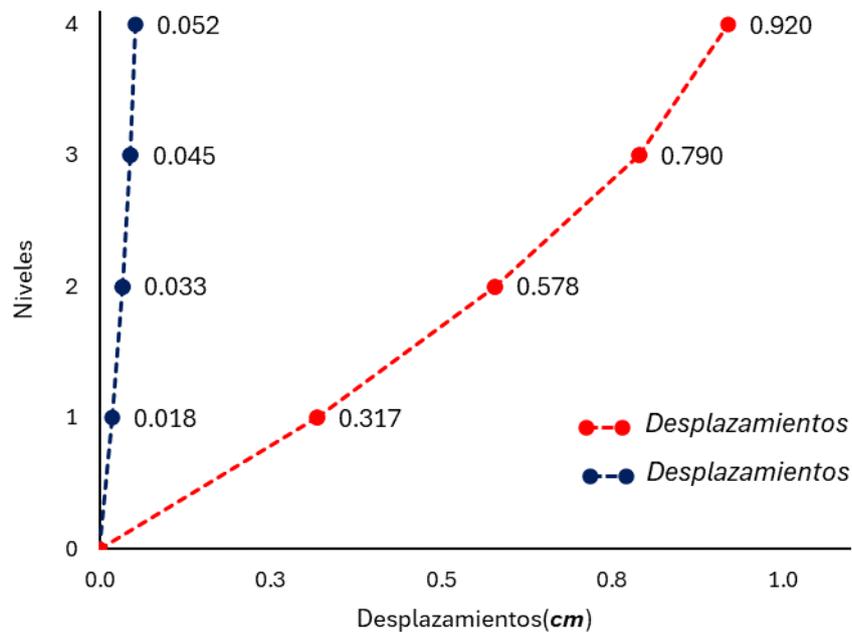


Figura 14. Desplazamientos Máximos Estáticos - Dirección “Y” en ETABS.

Nota. La figura 14 interpreta los resultados de la tabla 10 respecto a los desplazamientos que tuvo la estructura, en esta se observa que, en el 4to, 3er, 2do y 1er nivel de la edificación sus desplazamientos en el eje “X” son de 0.052cm, 0.045cm, 0.033cm y 0.018cm, mientras que en el eje “Y” hay desplazamientos de 0.920cm, 0.790cm, 0.578cm y 0.317cm respectivamente.

Tabla 11. Desplazamientos máximos del Análisis Dinámico Modal Espectral - Opensees.

| Nivel | $U_x(cm)$ | $U_y(cm)$ |
|-------|-----------|-----------|
| 1,00 | 1.0175 | 1.0199 |
| 2,00 | 2.7708 | 2.839 |
| 3,00 | 4.2672 | 4.4573 |
| 4,00 | 5.3309 | 5.6639 |

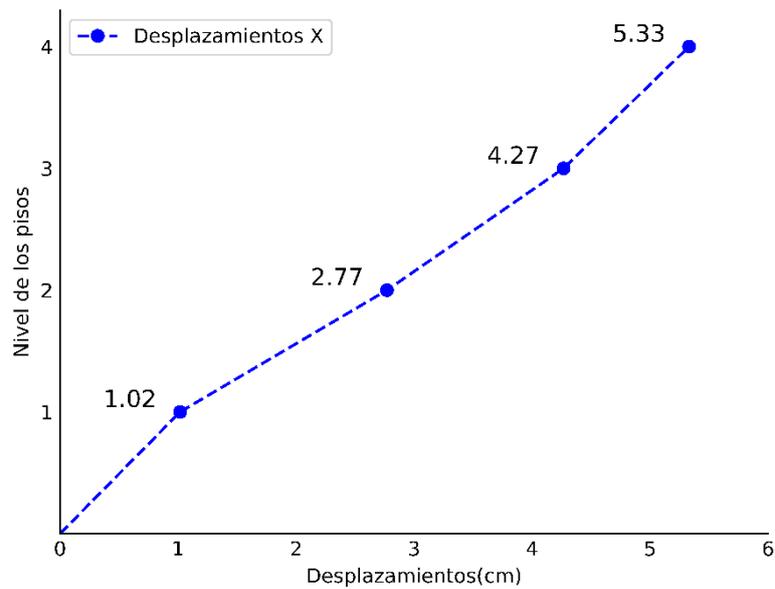


Figura 15. Desplazamiento Máximo - Análisis Dinámico Modal Espectral "X"

Nota. La figura 15 interpreta los resultados de la tabla 11, en la que se observa que los desplazamientos máximos para el primer, segundo, tercer y cuarto nivel son de 1.0175cm, 2.7708cm, 4.2672cm y 5.3309cm respectivamente.

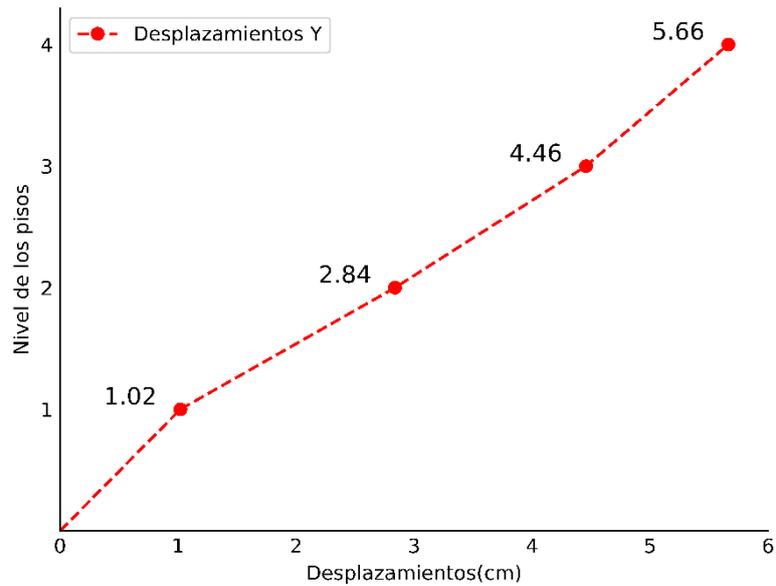


Figura 16. Desplazamiento Máximo - Análisis Dinámico Modal Espectral “Y”

Nota. La figura 16 interpreta los resultados de la tabla 11, en la que se observa que los desplazamientos máximos para el primer, segundo, tercer y cuarto nivel son de 1.0199cm, 2.839cm, 4.457cm y 5.664cm respectivamente.

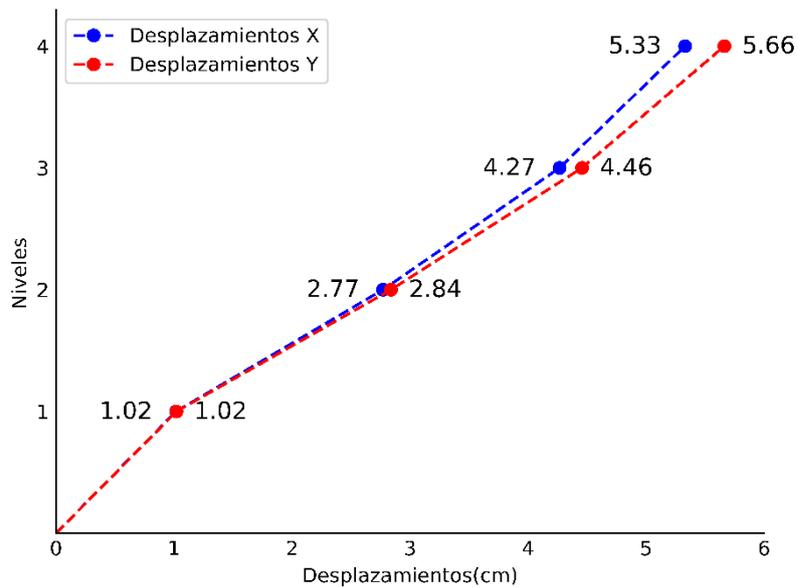


Figura 17. Desplazamientos Máximos del Análisis Modal Espectral

Nota. La figura 17 interpreta los resultados de la tabla 11, donde se realiza una comparativa entre los desplazamientos Máximos del Análisis Dinámico Modal Espectral tanto en el Eje X como en el Eje Y.

Tabla 12. Desplazamientos máximos del Análisis Dinámico Modal Espectral - Etabs.

| <i>Nivel</i> | <i>UxMax(cm)</i> | <i>UyMax(cm)</i> |
|--------------|------------------|------------------|
| 1.00 | 2.3473 | 2.1239 |
| 2.00 | 4.077 | 3.6641 |
| 3.00 | 5.3325 | 4.7725 |
| 4.00 | 6.0403 | 5.3862 |

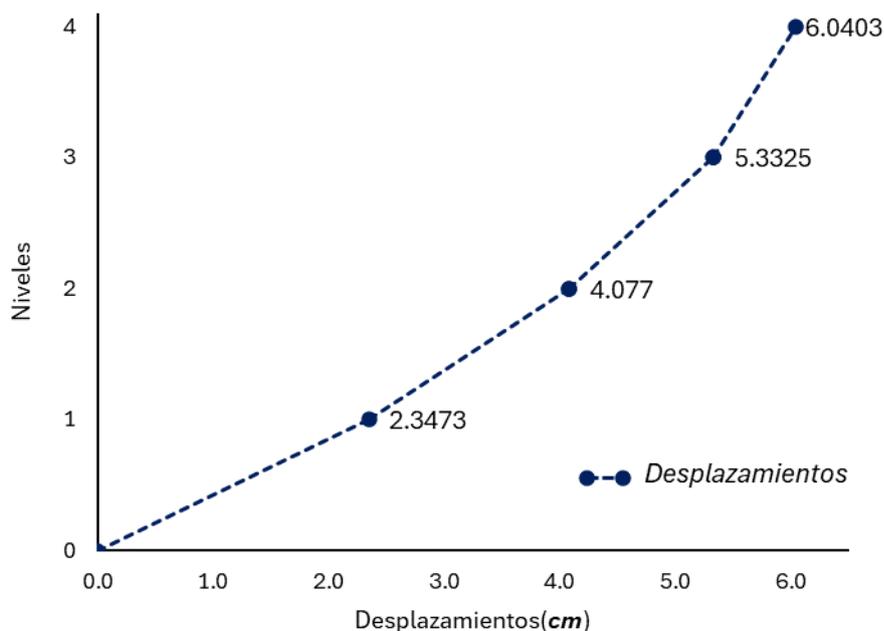


Figura 18. Desplazamientos Máximos Dinámicos - Dirección "X" en ETABS.

Nota. La figura 18 interpreta los resultados de la tabla 12, en la que se observa que los desplazamientos máximos para el primer, segundo, tercer y cuarto nivel son de 2.3473cm, 4.077cm, 5.3325cm y 6.0403cm respectivamente.

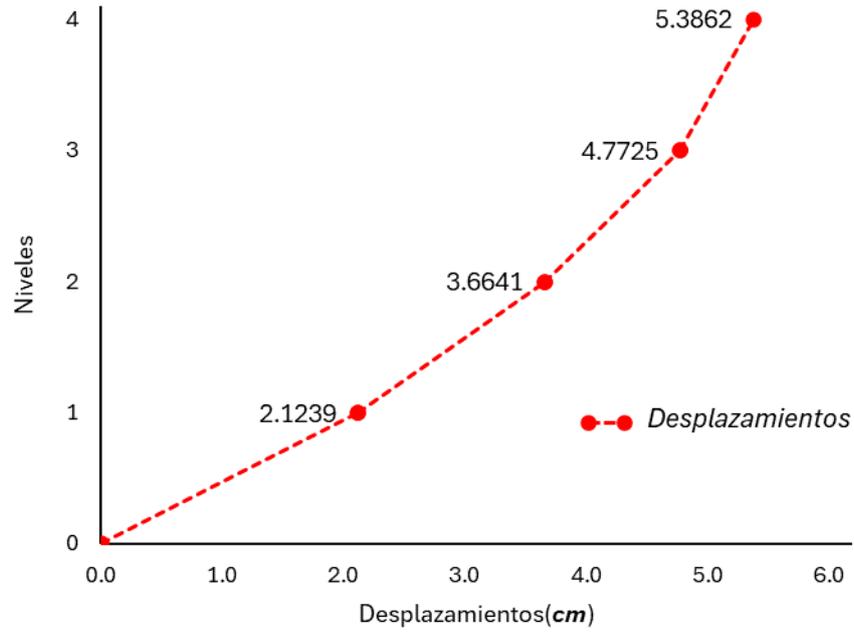


Figura 19. Desplazamientos Máximos Dinámicos - Dirección "Y" en ETABS.

Nota. La figura 19 interpreta los resultados de la tabla 12, en la que se observa que los desplazamientos máximos para el primer, segundo, tercer y cuarto nivel son de 2.1239cm, 3.6641cm, 4.7725cm y 5.3862cm respectivamente.

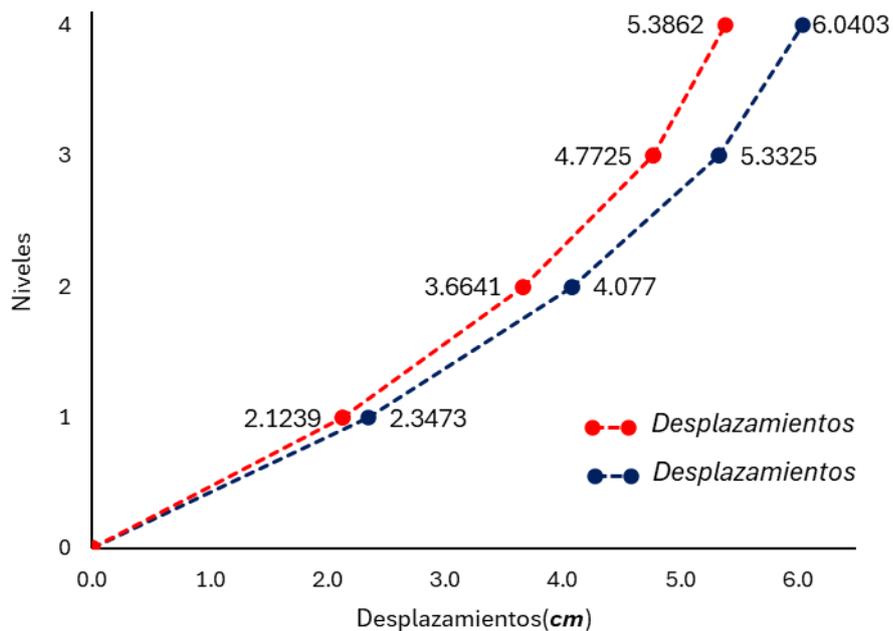


Figura 20. Desplazamientos Máximos del Análisis Dinámico

Nota. La figura 20 interpreta los resultados de la tabla 12, donde se realiza una comparativa entre los desplazamientos Máximos del Análisis Dinámico tanto en el Eje X como en el Eje Y.

3.3. Derivas de la estructura

Tabla 13. Derivas del Análisis Dinámico Modal Espectral - Opensees.

| Nivel | $\Delta x(\%)$ | $\Delta y(\%)$ |
|-------|----------------|----------------|
| 1,00 | 3.3916 | 3.3998 |
| 2,00 | 5.8489 | 6.0689 |
| 3,00 | 5.2511 | 5.679 |
| 4,00 | 3.6341 | 4.131 |

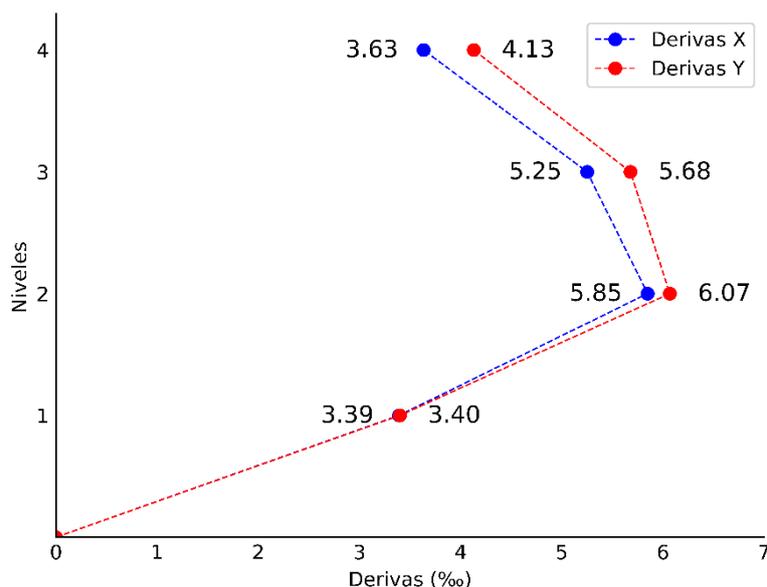


Figura 21. Derivas del Análisis Dinámico Modal Espectral Final

Nota. La figura 21 interpreta los resultados de la tabla 13 del análisis dinámico final inelástico, donde se obtuvieron las siguientes derivas: para el primer nivel se obtuvo una deriva de 0.0033916 en la dirección “X” y en la dirección “Y” se obtuvo 0.003998. En el segundo nivel, se tiene las siguientes derivas, 0.0058489 y 0.0060689 para la dirección “X” y dirección “Y” respectivamente. Para el tercer nivel y cuarto nivel en la dirección “X” se obtuvieron derivas de 0.0052511 y 0.0036341 respectivamente y en la dirección “Y” derivas de 0.005679 y 0.004131 para tercer y cuarto nivel respectivamente.

Tabla 14. Derivas del Análisis Dinámico Modal Espectral - Etabs.

| <i>Nivel</i> | <i>DriftX(‰)</i> | <i>DriftY(‰)</i> |
|--------------|------------------|------------------|
| 1.00 | 0.006697 | 0.006065 |
| 2.00 | 0.005781 | 0.005147 |
| 3.00 | 0.004236 | 0.003738 |
| 4.00 | 0.002425 | 0.002101 |

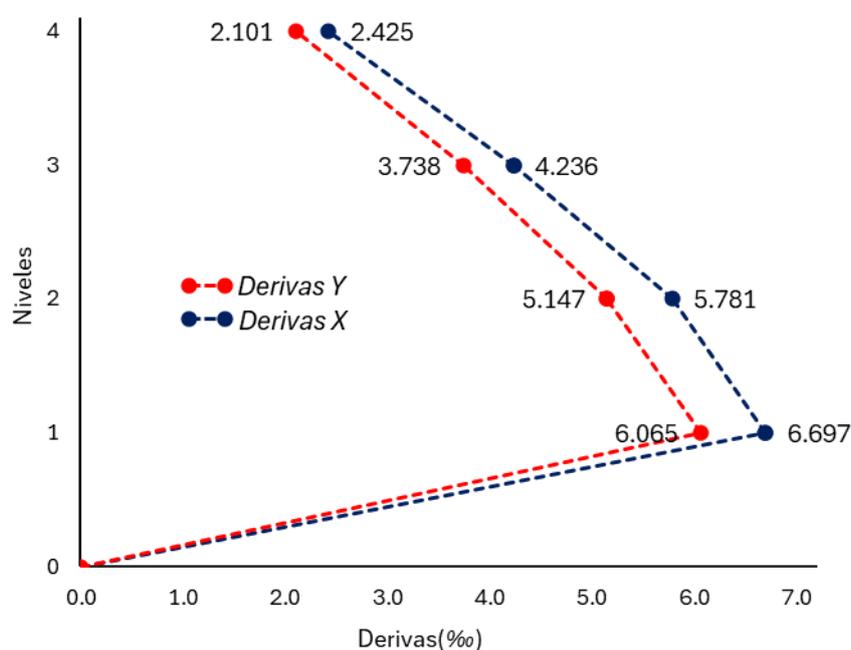


Figura 22. Derivas del Análisis Dinámico

Nota. La figura 22 interpreta los resultados de la tabla 13 del análisis dinámico final inelástico, donde se obtuvieron las siguientes derivas: para el primer nivel se obtuvo una deriva de 0.006697 en la dirección “X” y en la dirección “Y” se obtuvo 0.006065. En el segundo nivel, se tiene las siguientes derivas, 0.005781 y 0.005147 para la dirección “X” y dirección “Y” respectivamente. Para el tercer nivel y cuarto nivel en la dirección “X” se obtuvieron derivas de 0.004236 y 0.002425 respectivamente y en la dirección “Y” derivas de 0.003738 y 0.002101 para tercer y cuarto nivel respectivamente.

IV. DISCUSIÓN

Realizar el Análisis Dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees, valida la hipótesis que fue establecida en la presente investigación; en ese sentido, permitió desarrollar el cálculo de los desplazamientos máximos y derivas inelásticas en OpenSees que se muestra en la tabla 11 y la tabla 13 respectivamente, donde se obtuvieron los siguientes resultados: para el primer nivel se obtuvo un desplazamiento en la dirección "X" de 1.0175cm, y en la dirección "Y" 1.0199cm, en cuanto a sus derivas, en dirección "X" se obtuvo 0.003919 y en la dirección "Y" se obtuvo 0.003998. En el segundo nivel, se tiene los siguientes desplazamientos: en "X" con 2.7708cm y para "Y" 2.839cm, asimismo, en cuanto a las derivas tenemos 0.0058489 en dirección "X" y 0.0060689 en dirección "Y". En el tercer nivel presenta desplazamientos de 4.2672cm para la dirección "X" y 4.4573cm para la dirección "Y", y en cuanto a sus derivas en la dirección "X" y "Y" son de 0.0052511 y 0.005679 respectivamente. Por último, en el cuarto nivel, se presenta desplazamiento de 5.3309cm y 5.6639cm para dirección "X" y "Y" respectivamente, en cuanto sus derivas resultan ser menores en la dirección "X", siendo esta 0.0036341 y en la dirección "Y" de 0.004131. Por otro lado, de la tabla 6 muestra que para la dirección "X" se obtuvo una cortante basal de 57.8791Tnf y para la dirección "Y" una cortante de 55.6597Tnf.

Salazar (2018) desarrollo modelos estructurales 2D para realizar el Análisis Estructural Dinámico, utilizando OpenSees. Teniendo en cuenta que dichos resultados obtenidos en OpenSees fueron comparados en SAP2000; se observa que guarda relación con los resultados obtenidos en este estudio, puesto que el Análisis Dinámico calculado es comparado con ETABS, en el que se muestra que los resultados arrojados no son muy lejanos a OpenSees.

Barrera (2018) diseñó una estructura de acero como un modelo de plasticidad concentrada con capacidad de formación de rótulas elasto – plásticas, en este sentido, dicha estructura fue sometida a fuerzas externas basada en la normativa FEMA 356 para verificar el comportamiento de límites de derivas máxima, utilizando OpenSees; se observa que guarda relación con los resultados obtenidos en este estudio, puesto que en la presente investigación se calculó las derivas máximas de

cada nivel en ambas direcciones utilizando OpenSees. Dichas derivas se lograron verificar con la normativa peruana E030 de Diseño Sismorresistente para estructuras de concreto armado detallando que el límite de distorsión de entre piso es de 0.007, en este sentido los cálculos verifican que la estructura cumple con dicha normativa, permitiendo que OpenSees sea un software confiable.

Kechidi et al. (2021) lograron plantear una herramienta numérica basada en el modelado de la interacción suelo – estructura en OpenSees, que se sometió al espectro de respuesta elástica EC8 para encontrar la influencia SSI (Interacción Suelo – Estructura) en términos de desplazamiento máximos del piso y derivas máximas entre pisos, demostrando que el desplazamiento máximo es de 0.2 m y en cuanto a la deriva máxima es de 0.004; se observa una correspondencia técnica con los resultados obtenidos en este estudio, puesto que con la aplicación de OpenSees el desplazamiento máximo obtenido para la estructura en estudio es de 5.6639 cm y la deriva máxima es de 0.0060689.

Amirhosein et al. (2022) evaluaron la vulnerabilidad sísmica en edificios de mampostería no reforzada utilizando OpenSees, donde se realizó una Curva Pushover obteniendo resultados que por una fuerza cortante de 140 kN ocurre un desplazamiento máximo de 20 mm, por otra parte, lograron determinar la deriva máxima por medio de Curvas IDA marcando una deriva de 0.007, esto difiere con los resultados obtenidos en este estudio realizado, utilizando el programa OpenSees, puesto que, para la fuerza cortante en dirección “X” de 57.8791Tnf ocurre un desplazamiento de 1.0175cm y para la dirección “Y” de 55.6597Tnf ocurre un desplazamiento de 1.0199 cm, y en la dirección “X” y “Y” se obtuvieron derivas de 0.0033916 y 0.0033998 respectivamente.

López (2018) analizó como el efecto de ángulo de incidencias de sismos que provienen de dos direcciones diferentes afecta a las edificaciones de concreto armado, determinando que los ángulos de incidencia sísmica son mayores utilizando diferentes metodologías por códigos nacionales e internacionales, mencionando que OpenSees fue relevante para sus resultados; por ende, esto no guarda relación con los resultados obtenidos, puesto que con OpenSees se logró determinar los desplazamientos máximos de la estructura bajo fuerzas externas.

Foco (2021) realizó el Análisis Sísmico de una estructura de 5 niveles en Arequipa utilizando el software ETABS, demostrando que la deriva máxima para la dirección "X" es 0.0045 y para la dirección "Y" es de 0.0043; esto infiere de los resultados que se obtuvo en este estudio, puesto que en la estructura analizada la deriva máxima para la dirección "X" es de 0.006697 y para la dirección "Y" es de 0.006065 y en caso del software OpenSees los resultados no varían mucho, ya que para la dirección "X" la deriva máxima es de 0.0058489 y para la dirección "Y" es de 0.0060689.

Huu-Tai y Seung-Eock (2011), detallaron de un software que es completamente práctico y avanzado, lo cual les permitió desarrollar el análisis dinámico inelástico no lineal en una estructura de acero de manera precisa y eficaz, en este sentido, se observa que guarda relación con los resultados obtenidos en este estudio, ya que en la presente investigación se utilizó OpenSees; que permitió realizar el análisis dinámico de la estructura de concreto armado de manera eficaz y precisa, consolidando que OpenSees es un software de código abierto fiable y eficiente que se puede utilizar de manera práctica por los profesionales para sus investigaciones.

Garcia et al. (2023) desarrollaron un modelo de marco equivalente para realizar la evaluación sísmica de edificios de mampostería, donde determinaron a lo que respecta a la vulnerabilidad sísmica de los edificios examinados, presentan una mayor deficiencia sísmica en la dirección Y que en la dirección X; esto no guarda relación con los resultados, ya que se analizó una estructura de concreto armado, en el que se observa que tanto las derivas como los desplazamientos son mínimos y cumplen con los requisitos del Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma E030 – Diseño Sismorresistente.

El estudio de realizar un Análisis Dinámico Estructural de una estructura de concreto armado a través del software OpenSees, tiene ciertas limitaciones y/o complicaciones, esto a consecuencia de que al ser un software de programación se requiere de conocimientos (códigos) y guías, ya que en los distintos casos una falla en el código de programación puede afectar el Análisis y arrojar datos completamente erróneos, por ello es que en esta investigación se realiza comparativa con el software ETABS, de tal modo que nos ayude a corroborar dichos resultados obtenidos en OpenSees.

Los resultados obtenidos sobre el Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees, permite establecer criterios para futuras investigaciones sobre el tema en estudio, en el cual se puede realizar análisis tiempo historia, de empuje de una estructura de concreto armado y análisis de gravedad del marco de concreto armado, con el objetivo de enriquecer y fortalecer el uso del software OpenSees y permitir el desarrollo de investigaciones innovadoras.

Los resultados vistos sobre en Análisis Dinámico de la estructura de concreto, facilitan a los profesionales e Ingenieros el uso de OpenSees no solo para realizar un tipo de análisis, sino este permite realizar diferentes modelos estructurales regulares e irregulares, en el que se puede hallar diferentes tipos de análisis donde se verifique que la estructura a edificar cumpla con cada requisito que marca el reglamento nacional de edificaciones.

Los hallazgos encontrados en el Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees, permitieron conocer cómo es que la herramienta digital logra mostrar el comportamiento de la estructura ante fuerzas externas proporcionando datos fiables y confiables.

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo al objetivo general, se concluye que al realizar este tipo de análisis en el software de Opensees, ayuda a comprender mejor de cómo es un análisis dinámico 3D de una estructura de concreto armado de 4 niveles, puesto que para llevarlo a cabo se requiere una comprensión profunda de varios conceptos claves como el análisis modal, análisis espectral de repuesta, métodos de combinación modal, algebra lineal, dinámica estructural y diseño sísmico; llevando a una mejor optimización de los resultados.
- De acuerdo al primer objetivo específico, se concluye que los datos obtenidos en OpenSees son veraces y confiables, lo que se interpreta como un análisis optimizado, al momento de realizar este tipo de análisis; puesto que, al obtener los resultados de las fuerzas cortantes en cada nivel de la estructura con la aplicación del software OpenSees y al comparar estos resultados con los del software ETABS, las fuerzas cortantes basales dinámicas obtenidas en el Software de OpenSees son mayores a los que nos arrojó en el programa de ETABS, con una diferencia mínima de 0.5-2.0Tnf(tonelada fuerza) en la dirección X y la dirección Y respectivamente, obteniendo una diferencia despreciable en las distorsiones de entrepiso.
- Respecto al segundo objetivo planteado en esta investigación, se concluye que los datos obtenidos en OpenSees son veraces y confiables, ya que, presenta un error mínimo al de ETABS; puesto que, al obtener los resultados de los desplazamientos máximos con la aplicación del software OpenSees y al comparar estos resultados con los desplazamientos obtenidos en el software ETABS, los desplazamientos obtenidos en el Software de OpenSees son menores a los que ETABS nos arrojó, con una diferencia mínima 5mm en ambas direcciones tanto en X e Y, a pesar de que las fuerzas cortantes dinámicas obtenidas en el Software Opensees son mayores que en el programa ETABS.
- Por último, de acuerdo al tercer objetivo, que se concluye que las distorsiones obtenidas en OpenSees son más optimizadas que el de Software ETABS, siendo las de OpenSees menores a pesar de la fuerza cortante basal en el análisis dinámico fue mayor que al de ETABS; puesto que, los resultados de las distorsiones en cada uno de los niveles que se obtuvo en ambos programas son ligeramente proporcionales a los desplazamientos en cada una de las direcciones.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una documentación detallada de todos los pasos que se realizan desde la colocación de columnas en la estructura, continuamente con el predimensionamiento de cada uno de los elementos estructurales, y las librerías necesarias para que se pueda realizar el análisis dinámico en el Software de Opensees, de forma que los resultados obtenidos se puedan interpretar, si en caso de error sea más fácil hallarlo y corregir.
- Se sugiere que una vez realizado el análisis y haber obtenido los resultados a través de este nuevo Software, estos sean comparados con resultados de otro software conocido en este campo de la ingeniería estructural, para corroborar que los resultados obtenidos son válidos, por otro lado, deben tener en cuenta que estos estén dentro de los parámetros de la norma E.030 "Diseño Sismorresistente".
- Se recomienda que sepan sobre los diferentes parámetros sísmicos que se deben considerar para poder realizar estos tipos de análisis, como es el tipo de suelo, la zona sísmica, el tipo de sistema estructural. Todos estos parámetros deben estar dentro de la norma técnica E.030 "Diseño Sismorresistente". Es necesario conocerlas, para poder definir estos parámetros dentro del código que realizarás en OpenSeesPy
- Se recomienda conocer a profundidad las diferentes funciones que ofrece la librería de OpenSeesPy, y con qué librerías se deben complementar para poder llevar a cabo el análisis dinámico modal espectral. Por otra parte, es importante que tengan conocimiento básico de Python puesto que eso sirve para poder definir ciertas funciones que ayudarán hacerlo más didáctico el cálculo.
- Es conveniente que realicen un análisis estático y dinámico modal espectral con columnas de sección transversal como rectangulares, y si es mejor con columnas de sección irregular, con estructuras irregulares para estudiar la influencia de la transformada geométrica asignada a cada elemento en los resultados de cualquier tipo de análisis.

REFERENCIAS

- AGUIAR, Roberto. *Dinámica de estructuras con CEINCI - LAB*. Quito: CEINCI-ESPE, 2012. <https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Aguiar/publication/279914782_Dinamica_de_Estructuras_con_CEINCI-LAB/links/559dd0ea08ae04e36508ffda/Dinamica-de-Estructuras-con-CEINCI-LAB.pdf>.
- AMIRHOSEIN, Shabani y Kioumars Mahdi. «Hyperomet: An OpenSees interface for nonlinear analysis of unreinforced masonry buildings.» 2022. 16 de Septiembre de 2023. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352711022001480>>.
- BARRERA SALAMEA, David Vicente. *Modelación elasto - plástica y análisis no lineal de una estructura especial de acero utilizando OpenSees*. Cuenca: Tesis de Pregrado, 2018. 26 de Septiembre de 2023. <<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31501/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>>.
- CHANDRASEKAR, Apar. «Structural dynamics.» 2023. 27 de Septiembre de 2023. <<https://skill-lync.com/student-projects/structural-dynamics-53>>.
- CHOPRA, Anil K. «Dynamics of Structures.» Chopra y Anil K. *Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Fourth Edition. Pearson Education, 2014. 27 de Septiembre de 2023. <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/CIV1527/B_CHOPRA_2014_Dynamics%20of%20structures%20theory%20and%20applications%20to%20earthquake%20engineering_%284th%20Ed%20-%20GLOBAL%29_PEARSON.pdf>.
- CHOUDHURY, Nazneen. «What are the differences between Dynamic Design and Static Design of a structure?» 2023. 26 de Septiembre de 2023. <<https://www.structuresinsider.com/post/what-are-the-differences-between-dynamic-design-and-static-design-of-structure#:~:text=The%20major%20differences%20between%20the,be%20determined%20by%20dynamic%20analysis>>.

- FOCO ROZAS, Manuel. *Análisis sísmico y diseño estructural de un edificio de 5 niveles*. Lima, 2021. 27 de Septiembre de 2023. <https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/72048/Foco_RM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- GARCIA, M, y otros. «Comparative study of alternative equivalent frame approaches for the seismic assessment of masonry buildings in OpenSees.» 2023. 17 de Septiembre de 2023. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223000566>>.
- JUNJUN, Guo, y otros. «OpenSeesPyView: Python programming-based visualization and post-processing tool for OpenSeesPy.» 2022. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352711022001960>>.
- KECHIDI, Smail, y otros. «Modelling of soil-structure interaction in OpenSees: A practical approach for performance-based seismic design.» 2021. 16 de Septiembre de 2023. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012421000060>>.
- LI, Wenxiong y SUIYIN Chen. «An improved model order reduction method for dynamic analysis of large-scale structures with local nonlinearities.» 2023. 27 de Septiembre de 2023. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X23001658>>.
- LOPEZ SAUCEDO, Anthony Alexis. *Efecto del Ángulo de Incidencia Sísmica en la Respuesta No-Lineal de Edificaciones de Concreto Armado con Sistema Dual*. Lima, 2018. 3 de Octubre de 2023. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12179/LOPEZ_SAUCEDO_ANTHONY_EFECTO_ANGULO_INCIDENCIAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MCKENNA, Frank. «OpenSees: A Framework for Earthquake Engineering Simulation.» 1 de July de 2011. 26 de Septiembre de 2023. <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:15265104>>.
- Norma E.030, RNE. «Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.» 2018.

<<http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/SeminarioN/2.%20Norma%20E.030%20Dise%C3%B1o%20Sismorresistente.pdf>>.

ORABI, ANWAR, y otros. «Integrated nonlinear structural simulation of composite buildings in fire.» 2022. 26 de Septiembre de 2023. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029621016862>>.

ORTEGA, Juan. *Diseño de estructuras de Concreto Armado. Tomo I*. Lima: Macro, 2014. <<https://udhconecta.com/inicio/libro-diseno-de-estructuras-de-concreto-armado-tomo-i-ing-juan-emilio-ortega-garcia/>>.

PARRA DOMÍNGUEZ, Martha Lilia y Isías Iván Briceño Rodríguez. «Aspectos éticos en la investigación cualitativa.» 2013. 02 de Octubre de 2023. <<https://www.revenferneuroenlinea.org.mx/index.php/enfermeria/article/view/167>>.

PENGHUI, Zhang, y otros. «Full-scale experimental study on precast bridge column with grouted sleeve.» 2023. 26 de Septiembre de 2023. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029623011628>>.

ROCHEL AWAD, Roberto. «Análisis y diseño sísmico de edificios.» Rochel Awad, Roberto. *Análisis y diseño sísmico de edificios*. Medellín: Universidad EAFIT, 2012. 27 de Septiembre de 2023. <https://www.google.com.pe/books/edition/An%C3%A1lisis_y_dise%C3%B1o_s%C3%ADsmico_de_edificio/syWjDwAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&printsec=frontcover>.

SALAZAR MORENO, Iván Alberto. *Ejemplos de modelos de análisis estructural usando OpenSees*. Bogotá, 2018. 5 de 10 de 2023. <<http://hdl.handle.net/1992/45537>>.

SIMULATION, Open System for Earthquake Engineering. «OpenSees.» (2006). 26 de Septiembre de 2023. <<https://opensees.berkeley.edu/index.php>>.

SUÁREZ SANTANA, Wilmer Ernesto. *APLICACIÓN DEL PROGRAMA MATLAB PARA*. Ambato, 2010. 26 de Septiembre de 2023. <<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/2208>>.

- TÁVAREZ FADUL, Jean Tomás. *Análisis Estático y Dinámico Incremental*. Barcelona, 2016. 26 de Septiembre de 2023. <<https://core.ac.uk/download/pdf/81572118.pdf>>.
- TAVERA, Hernando y Elisa Buforn. *Sismicidad y sismotectónica de Perú*. 1998. 27 de Septiembre de 2023. <<http://hdl.handle.net/20.500.12816/822>>.
- THAI, Huu - TAI y Seung - Eock Kim. «Practical advanced analysis software for nonlinear inelastic dynamic analysis of steel structures.» 2011. 27 de Septiembre de 2023. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143974X10002397>>.
- VELASCO, Luis y Hector Guerrero. *Introducción al Análisis Estructural en OpenSees*. México: Instituto de Ingeniería UNAM, 2020. 5 de Mayo de 2024. <https://www.researchgate.net/publication/357575931_Introduccion_al_analisis_estructural_con_OpenSees>.

ANEXOS

Tabla 15. Matriz de Consistencia

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Antecedentes | Metodología |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Problema general: ¿Cómo es el Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees? Problemas específicos: ¿Cómo son los máximos desplazamientos relativos de una estructura de | Objetivo general: Realizar el Análisis Dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees. Objetivos específicos: - Determinar la cortante basal de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees. - Determinar los máximos desplazamientos de una estructura de concreto | Hipótesis general: Mediante la aplicación OpenSees se podría realizar Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado. Hipótesis específicas: - Podría determinarse la cortante basal de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees. - Podría determinarse los máximos desplazamientos de una estructura de concreto | Antecedentes Nacionales: “Diseño Sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones. E.030, Norma. 2018” (2018) “Análisis sísmico y diseño estructural de un edificio de 5 niveles, Lima” (Foco Rozas, Manuel, 2021) “Efecto del Ángulo de Incidencia Sísmica en la Respuesta No-Lineal de Edificaciones de Concreto Armado con Sistema Dual, Lima” (Lopez Saucedo, Anthony Alexis, 2018) “Diseño de estructuras de Concreto Armado. Tomo I, Lima” (Ortega, Juan, 2014) “Sismicidad y sismotectónica de Perú” (Tavera, H. y Buforn, E. 1998) Antecedentes Internacionales: “Dinámica de estructuras con CEINCI – LAB” (Aguiar, Roberto. 2012) “An improved model order reduction method for dynamic analysis of large-scale structures with | Tipo y diseño de investigación: - Tipo: Cuantitativa - Propósito: Aplicada - Por diseño: No Experimental Diseño de investigación: Unidad de análisis: Estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado. Población: En esta investigación nuestra población vendrá a ser estructuras de concreto armado con sistema estructural de pórticos. Muestra: Serán las estructuras de concreto armado de sistema |

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees?</p> <p>¿Cómo es la cortante basal de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees?</p> <p>¿Cómo son las distorsiones de entre piso de una estructura de concreto armado de 4 niveles de</p> | <p>armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software Opensees.</p> <p>- Analizar las distorsiones de entre piso de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees.</p> | <p>armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees.</p> <p>- Podría determinarse analizar las distorsiones de entrepiso de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees.</p> | <p>local nonlinearities” (Li, Wenxiong y Chen, Suiyin, 2023)</p> <p>“Modelación elasto - plástica y análisis no lineal de una estructura especial de acero utilizando OpenSees” (Barrera Salamea, David Vicente, 2018)</p> <p>“Dynamics of Structures. [aut. libro] Chopra y Anil K. Theory and Applications to Earthquake Engineering” (Chopra, Anil K. 2014)</p> <p>“Comparative study of alternative equivalent frame approaches for the seismic assessment of masonry buildings in OpenSees” (Garcia, M, y otros, 2023)</p> <p>“Dinámica de estructuras - 4ta edición” (Person, 2014)</p> <p>“Full-scale experimental study on precast bridge column with grouted sleeve” (Penghui, Zhang, y otros, 2023)</p> <p>“Hyperomet: An OpenSees interface for nonlinear analysis of unreinforced masonry buildings” (Amirhosein, Shabani y Mahdi, Kioumarsj, 2022)</p> <p>“Integrated nonlinear structural simulation of composite buildings in fire” (Orabi, Anwar, y otros, 2022)</p> | <p>de pórticos de 4 niveles, sin irregularidades, con una resistencia de concreto de $f'c=280\text{kg/cm}^2$.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</p> <p>Técnicas:</p> <p>Se emplea la técnica de observación o inspección visual para recopilar datos de las variables. Posteriormente, los datos que se lograron obtener a través de la técnica usada se proceden a realizar el análisis dinámico de la estructura en el software OpenSees.</p> <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ficha de Validación. - Una computadora. - Software OpenSees. - Herramienta de visualización - Editor de texto |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

sistema
aportado con la
aplicación del
software
OpenSees?

“Modeling of steel frame structures in fire using OpenSees” (Jian, Jiang y Usmani, Asif, 2013)

“Modelling of soil-structure interaction in OpenSees: A practical approach for performance-based seismic design” (Kechidi, Smail, y otros, 2021)

“Simulation, Open System for Earthquake Engineering” (UC Regents, 2006)

“OpenSees: A Framework for Earthquake Engineering Simulation” (McKenna, Frank, 2011)

“OpenSeesPyView: Python programming-based visualization and post-processing tool for OpenSeesPy” (Junjun, Guo, y otros, 2022)

“Practical advanced analysis software for nonlinear inelastic dynamic analysis of steel structures” (Thai, Huu - Tai y Kim, Seung – Eock, 2011)

“Análisis y diseño sísmico de edificios. Análisis y diseño sísmico de edificios”. (Rochel Awad, Roberto, 2012)

“Ejemplos de modelos de análisis estructural usando OpenSees” (Salazar M, Iván, 2018)

“Structural dynamics” (Chandrasekar, A., 2023)

“Aplicación del programa Matlab para optimizar

el tiempo y determinar en forma segura el análisis dinámico de una estructura” (Suárez Santana., 2010)
“Análisis Estático y Dinámico Incremental” (Távarez, J., 2016)
“What are the differences between Dynamic Design and Static Design of a structure?” (Choudhury, N., 2023)

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Operalización de la variable

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Análisis Dinámico | Según (Salinas, B.,2019) el análisis dinámico en ingeniería estructural es un enfoque esencial cuando las estructuras enfrentan cargas o movimientos que cambian con el tiempo, en contraste con el análisis estático que se centra en condiciones de equilibrio. Este análisis considera las fuerzas de inercia, especialmente relevantes en situaciones de carga rápida, como terremotos o vibraciones. Implica evaluar cómo la estructura responde a estas variaciones temporales, teniendo en cuenta su masa, rigidez y propiedades de amortiguamiento. | El análisis dinámico en estructuras en general es el estudio que nos arroja datos de como la estructura en estudio va a reaccionar ante ciertas cargas, vibraciones o esfuerzos al que va a estar sometido en el transcurso del tiempo. | Desplazamientos | $U = K^{-1} * F$ U: Desplazamientos K: Matriz de rigidez F: Fuerzas estáticas equivalentes | Razón |
| | | | Modos de Vibración | $[\emptyset, w] = eig (K, M)$ ø: modos de vibración w: frecuencias al cuadrado K: matriz de rigidez M: matriz de masas | |
| | | | Periodos fundamentales | $T = \frac{2\pi}{\omega}$ T: periodos fundamentales ω: frecuencia circular | |

Fuente: Elaboración Propia

Anexos 1. Validación de Instrumento por Primer Experto



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a):

Presente:

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros más cordiales saludos y, asimismo, hacer su conocimiento que siendo estudiantes de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, en la sede de Trujillo, requerimos validar el instrumento con el cual recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación, y con el cual optaremos el título profesional de Ingeniería Civil.

El título del proyecto de investigación es: "Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees", y siendo imprescindible con la aprobación de Ingenieros especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas de Estructuras y/o investigación.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de Presentación
- Matriz de consistencia
- Definiciones Conceptuales de la variables y dimensiones
- Matriz de Operacionalización de las variables
- Matriz de validez de contenido de instrumentos

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

Méndez Merino, Leonardo Antonio

DNI: 77241130

Olivares Crisologo, Edinson Adrian

DNI: 70507492



DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variables y Operalización:

La variable se refiere al elemento o aspecto examinado en la investigación que representa un interés particular y puede adquirir diferentes valores en diferentes observaciones. En el caso de que la investigación sea experimental, la variable independiente, es la variable que se puede manipular y se encuentra bajo control del investigador y la variable dependiente, sería aquella que estaría en constante cambio y variación en función de la variable independiente. (Polanía Reyes, y otros, 2020)

La operacionalización de variables es aquel procedimiento, donde se logra determinar la selección de conceptos más concretos e indicadores con el propósito de hacerlas observables y medibles con precisión y facilidad en la investigación (Palella Stracuzzi, y otros, 2006)

Variable: Análisis Dinámico

Definición Conceptual: Según (Salinas, B.,2019) el análisis dinámico en ingeniería estructural es un enfoque esencial cuando las estructuras enfrentan cargas o movimientos que cambian con el tiempo, en contraste con el análisis estático que se centra en condiciones de equilibrio. Este análisis considera las fuerzas de inercia, especialmente relevantes en situaciones de carga rápida, como terremotos o vibraciones. Implica evaluar cómo la estructura responde a estas variaciones temporales, teniendo en cuenta su masa, rigidez y propiedades de amortiguamiento.

Definición Operacional: El análisis dinámico en estructuras en general es el estudio que nos arroja datos de como la estructura en estudio va a reaccionar ante ciertas cargas, vibraciones o esfuerzos al que va a estar sometido en el transcurso del tiempo.



| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Análisis Dinámico | Según (Salinas, B.,2019) el análisis dinámico en ingeniería estructural es un enfoque esencial cuando las estructuras enfrentan cargas o movimientos que cambian con el tiempo, en contraste con el análisis estático que se centra en condiciones de equilibrio. Este análisis considera las fuerzas de inercia, especialmente relevantes en situaciones de carga rápida, como terremotos o vibraciones. Implica evaluar cómo la estructura responde a estas variaciones temporales, teniendo en cuenta su masa, rigidez y propiedades de amortiguamiento. | El análisis dinámico en estructuras en general es el estudio que nos arroja datos de como la estructura en estudio va a reaccionar ante ciertas cargas, vibraciones o esfuerzos al que va a estar sometido en el transcurso del tiempo. | Desplazamientos Modos de Vibración Periodos Fundamentales | $U = K^{-1} * F$ $[\emptyset, w] = eig (K, M)$ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ | Razón |

RICARDO RUBÉN
MENDEZ MERINO
Ingeniero Civil
CIP N° 257737



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Matriz de Validez de contenido del instrumento

Apellidos y Nombres: Ricardo Rubén, Méndez Merino

Especialidad: Ingeniero Colegiado

Situación Laboral: Sotelec Ingenieros EIRL
Área de Proyectos y Ejecución

DNI: 77241131

Tiempo de Servicio: 2 años

Fecha: 26/10/23

| Variable: Análisis Dinámico | | | | | | |
|-----------------------------|----|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Dimensión | N° | Ítem | Esencial ¹ | Útil, pero prescindible ² | Innecesario ³ | Observaciones |
| Desplazamientos | 1 | $U = K^{-1} * F$ | X | | | |
| Modos de Vibración | 2 | $[\emptyset, w] = eig(K, M)$ | | X | | Verificar fórmula y resultados |
| Periodos Fundamentales | 3 | $T = \frac{2\pi}{\omega}$ | X | | | |

¹**Esencial:** El ítem está completamente correlacionado con el concepto y/o dimensión, demostrando que es exacto, conciso y directo con el tema de investigación.

²**Útil, pero prescindible:** El ítem presenta poca correlación con el concepto y/o dimensión, pero demuestra exactitud con el tema de investigación.

³**Innecesario:** El ítem no demuestra ninguna correlación con el concepto y/o dimensión, ni con el tema de investigación.


RICARDO RUBEN
MENDEZ MERINO
Ingeniero Civil
CIP N° 257737

Firma y sello del Experto



| MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título de la Investigación: | Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees. | | | |
| Línea de Investigación: | Diseño Sísmico y Estructural | | | |
| Apellidos y Nombres del Experto: | | | | |
| Eje Temático: | Ingeniería Sísmica | | | |
| El instrumento de Medición Pertenece a la Variable: | Independiente | | | |
| Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio | | | | |
| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
| | | SI | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | X | | Preciso |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | X | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | X | | |
| 4 | ¿En el instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos del estudio? | X | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las dimensiones del estudio? | X | | |
| 6 | ¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? | X | | |
| 7 | ¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? | X | | |
| 8 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | X | | |
| 9 | ¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? | X | | |
| 10 | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio? | X | | |
| 11 | ¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? | X | | |
| Sugerencias: | | | | |
| Nombre completo: Ricardo Rubén, Méndez Merino | | | | RICARDO RUBEN MÉNDEZ MERINO Firma y Sello del Experto Ingeniero Civil CIP N° 257737 |
| DNI: 77241131 | | | | |
| Especialidad: Ingeniero colegiado | | | | |

Anexos 2. Validación de Instrumento por Segundo Experto



Matriz de Validez de contenido del instrumento

Apellidos y Nombres: Azañero Delgado Samy Jhonatan

Especialidad: Ingeniero Colegiado

Situación Laboral: Gestor de Obra

DNI: 47123245

Tiempo de Servicio: 6 años

Fecha: 09/11/2023

| Variable: Análisis Dinámico | | | | | | |
|-----------------------------|----|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|---------------|
| Dimensión | N° | Ítem | Esencial ¹ | Útil, pero prescindible ² | Innecesario ³ | Observaciones |
| Desplazamientos | 1 | $U = K^{-1} * F$ | X | | | |
| Modos de Vibración | 2 | $[\emptyset, w] = eig(K, M)$ | X | | | |
| Periodos Fundamentales | 3 | $T = \frac{2\pi}{\omega}$ | X | | | |

¹**Esencial:** El ítem está completamente correlacionado con el concepto y/o dimensión, demostrando que es exacto, conciso y directo con el tema de investigación.

²**Útil, pero prescindible:** El ítem presenta poca correlación con el concepto y/o dimensión, pero demuestra exactitud con el tema de investigación.

³**Innecesario:** El ítem no demuestra ninguna correlación con el concepto y/o dimensión, ni con el tema de investigación.



SAMY JHONATHAN AZAÑERO DELGADO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 2117430

Firma y sello del Experto



| MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título de la Investigación: | Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees. | | | |
| Línea de Investigación: | Diseño Sísmico y Estructural | | | |
| Apellidos y Nombres del Experto: | Azañero Delgado Samy Jhonatan | | | |
| Eje Temático: | | | | |
| El instrumento de Medición Pertenece a la Variable: | Independiente | | | |
| Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio | | | | |
| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
| | | SI | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | X | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | X | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | X | | |
| 4 | ¿En el instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos del estudio? | X | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las dimensiones del estudio? | X | | |
| 6 | ¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? | X | | |
| 7 | ¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? | X | | |
| 8 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | X | | |
| 9 | ¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? | X | | |
| 10 | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio? | X | | |
| 11 | ¿El instrumento de medición es claro, precio y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? | X | | |
| Sugerencias: | | | | |
| Nombre completo: Azañero Delgado Samy Jhonatan DNI: 47123245 Especialidad: Ingeniero Colegiado | | | |  SAMY JHONATHAN AZANERO DELGADO INGENIERO CIVIL Firma y sello del Experto |

Anexos 3. Validación de Instrumento por Tercer Experto



Matriz de Validez de contenido del instrumento

Apellidos y Nombres: Luis Aníbal Cerna Rondón

Especialidad: Ing. Civil

Situación Laboral: Consultor / Docente

DNI: 18200275

Tiempo de Servicio: 12 años

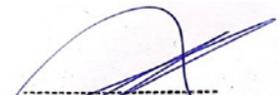
Fecha: 10/11/2023

| Variable: Análisis Dinámico | | | | | | |
|-----------------------------|----|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|---------------|
| Dimensión | Nº | Ítem | Esencial ¹ | Útil, pero prescindible ² | Innecesario ³ | Observaciones |
| Desplazamientos | 1 | $U = K^{-1} * F$ | x | | | |
| Modos de Vibración | 2 | $[\emptyset, w] = eig(K, M)$ | x | | | |
| Periodos Fundamentales | 3 | $T = \frac{2\pi}{\omega}$ | x | | | |

¹**Esencial:** El ítem está completamente correlacionado con el concepto y/o dimensión, demostrando que es exacto, conciso y directo con el tema de investigación.

²**Útil, pero prescindible:** El ítem presenta poca correlación con el concepto y/o dimensión, pero demuestra exactitud con el tema de investigación.

³**Innecesario:** El ítem no demuestro ninguna correlación con el concepto y/o dimensión, ni con el tema de investigación.



Luis Aníbal Cerna Rondón
Ing. Civil
CIP. N° 123512

Firma y sello del Experto

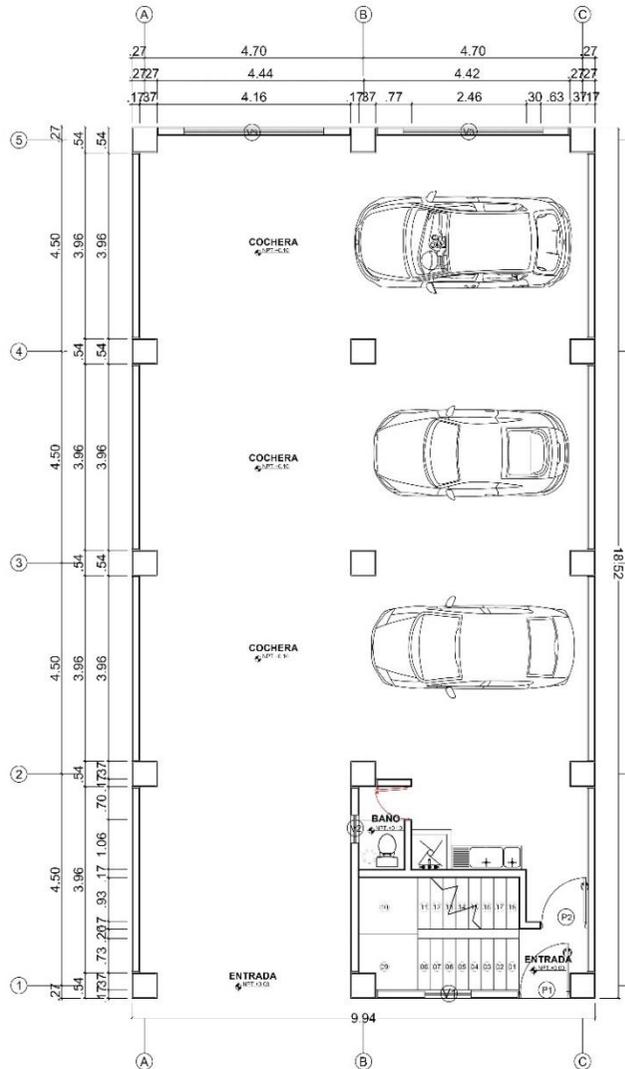


| MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título de la Investigación: | Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees. | | | |
| Línea de Investigación: | Diseño Sísmico y Estructural | | | |
| Apellidos y Nombres del Experto: | Cerna Rondón Luis Anibal | | | |
| Eje Temático: | | | | |
| El instrumento de Medición Pertenece a la Variable: | Independiente | | | |
| Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las preguntas sobre la variable en estudio | | | | |
| Ítems | Preguntas | Aprecia | | Observaciones |
| | | SI | NO | |
| 1 | ¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado? | x | | |
| 2 | ¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación? | x | | |
| 3 | ¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación? | x | | |
| 4 | ¿En el instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos del estudio? | x | | |
| 5 | ¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las dimensiones del estudio? | x | | |
| 6 | ¿La redacción de las preguntas tienen un sentido coherente y no están sesgadas? | x | | |
| 7 | ¿Cada una de las preguntas del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores? | x | | |
| 8 | ¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos? | x | | |
| 9 | ¿Son entendibles las alternativas de respuesta del instrumento de medición? | x | | |
| 10 | ¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio? | x | | |
| 11 | ¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de responder para, de esta manera, obtener los datos requeridos? | x | | |
| Sugerencias: | | | | |
| Nombre completo: Luis Anibal Cerna Rondón DNI: 18200275 Especialidad: Ing. Civil | | | |  Luis Anibal Cerna Rondón Ing. Civil CIP. N° 123512 Firma y sello del Experto |

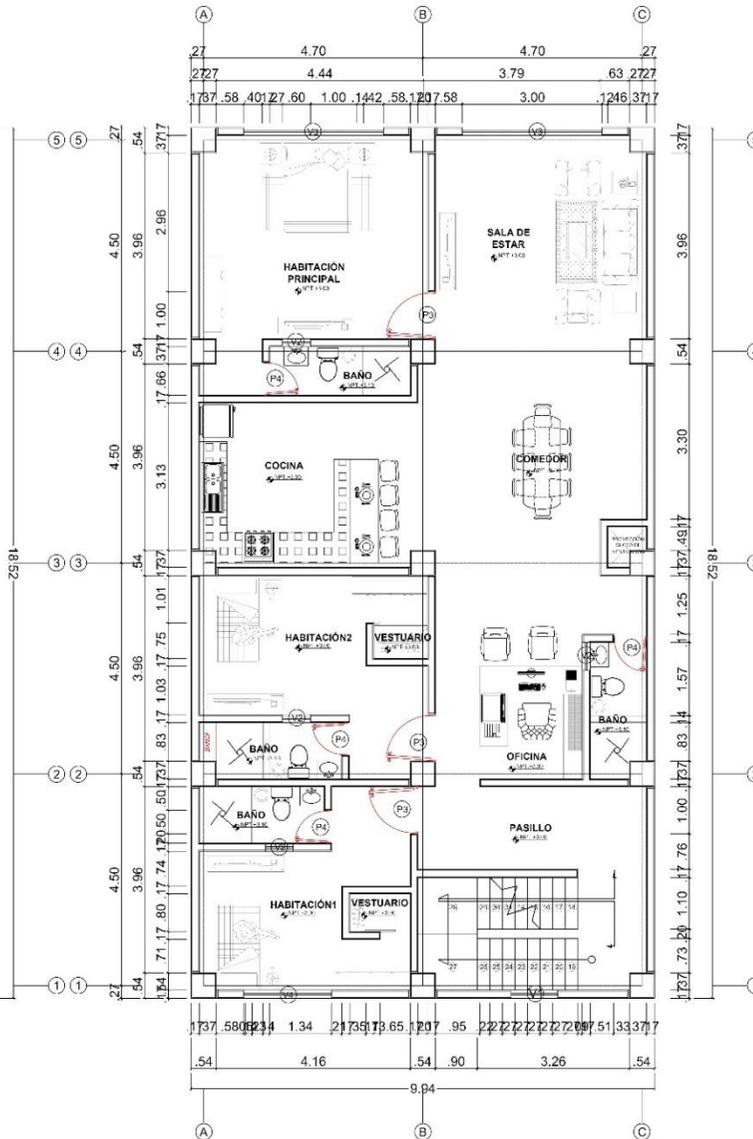
Anexos 4. Planos de arquitectura



VISTA PLANTA - PRIMER NIVEL



VISTA PLANTA - SEGUNDO NIVEL





UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE
INGENIERIA Y
ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO
PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

CURSO:
DESARROLLO DEL
PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN

PROYECTO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DOCENTE:
ING. EDUARDO MANUEL
NORIEGA VIDAL

ALUMNOS:
MENDEZ MERINO
LEONARDO ANTONIO
OLIVARES CRISOLOGO
EDINSON ADRIAN

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA CIVIL

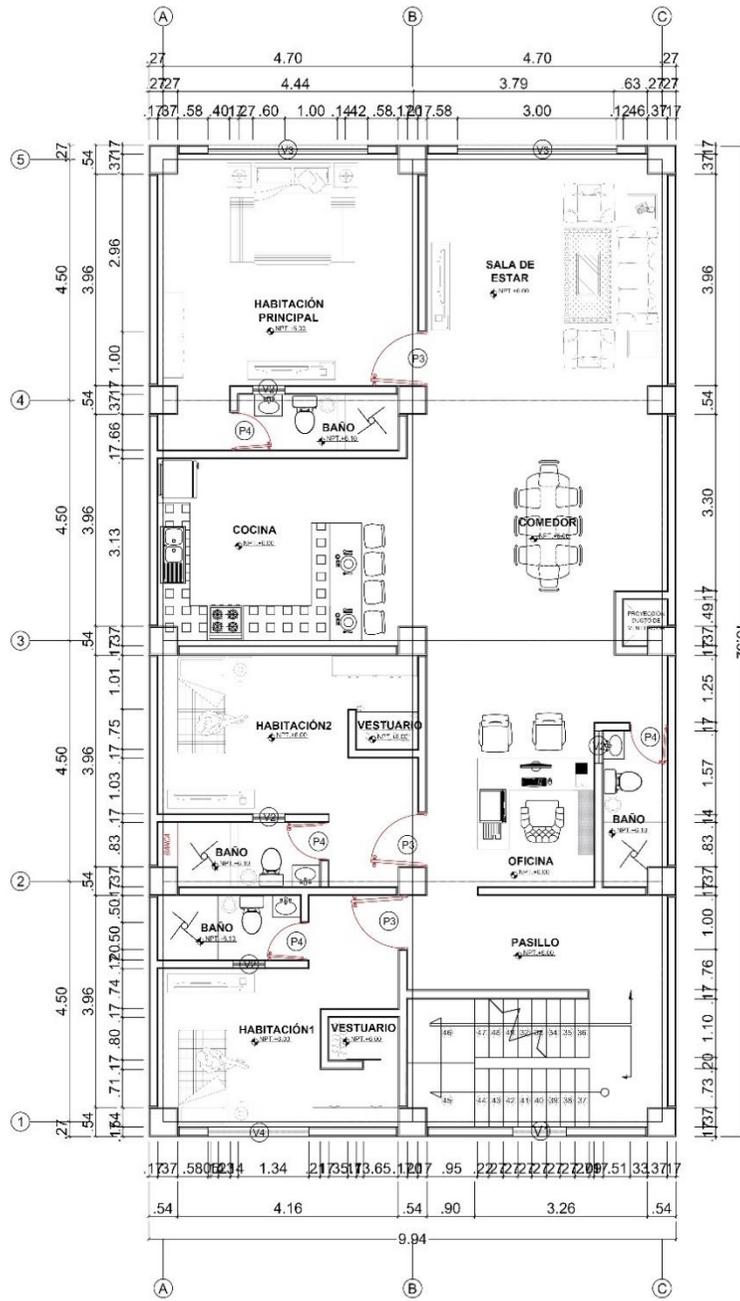
PLANO:
ARQUITECTURA
PLANTA GENERAL
1°, 2° NIVEL

ESCALA:
1/50

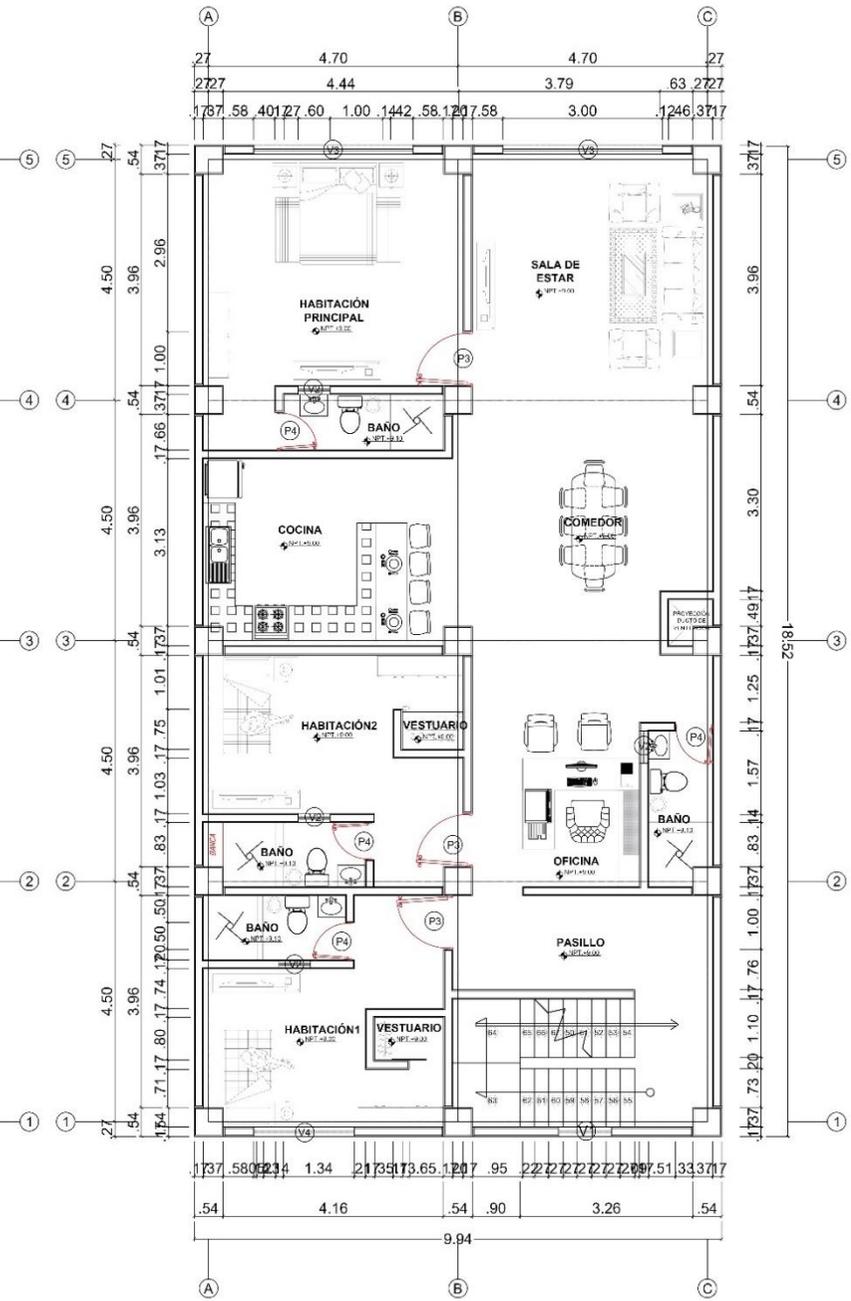
FECHA:
MAYO - 2024

CODIGO:
A - 01

VISTA PLANTA - TERCER NIVEL



VISTA PLANTA - CUARTO NIVEL



UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE
INGENIERIA Y
ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO
PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

CURSO:
DESARROLLO DEL
PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN

PROYECTO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DOCENTE:
ING. EDUARDO MANUEL
NORIEGA VIDAL

ALUMNOS:
MENDEZ MERINO
LEONARDO ANTONIO
OLIVARES CRISOLOGO
EDINSON ADRIAN

ESPECIALIDAD:
INGENIERÍA CIVIL

PLANO:
ARQUITECTURA
PLANTA GENERAL
3°, 4° NIVEL

ESCALA:
1/50

FECHA:
MAYO - 2024

CODIGO:

A - 02



UNIVERSIDAD
CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE
INGENIERIA Y
ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO
PROFESIONAL DE
INGENIERIA CIVIL

CURSO:
DESARROLLO DEL
PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN

PROYECTO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR

DOCENTE:
ING. EDUARDO MANUEL
NORIEGA VIDAL

ALUMNOS:
MENDEZ MERINO
LEONARDO ANTONIO
OLIVARES CRISOLOGO
EDINSON ADRIAN

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA CIVIL

PLANO:
ARQUITECTURA
PLANTA GENERAL
3°, 4° NIVEL

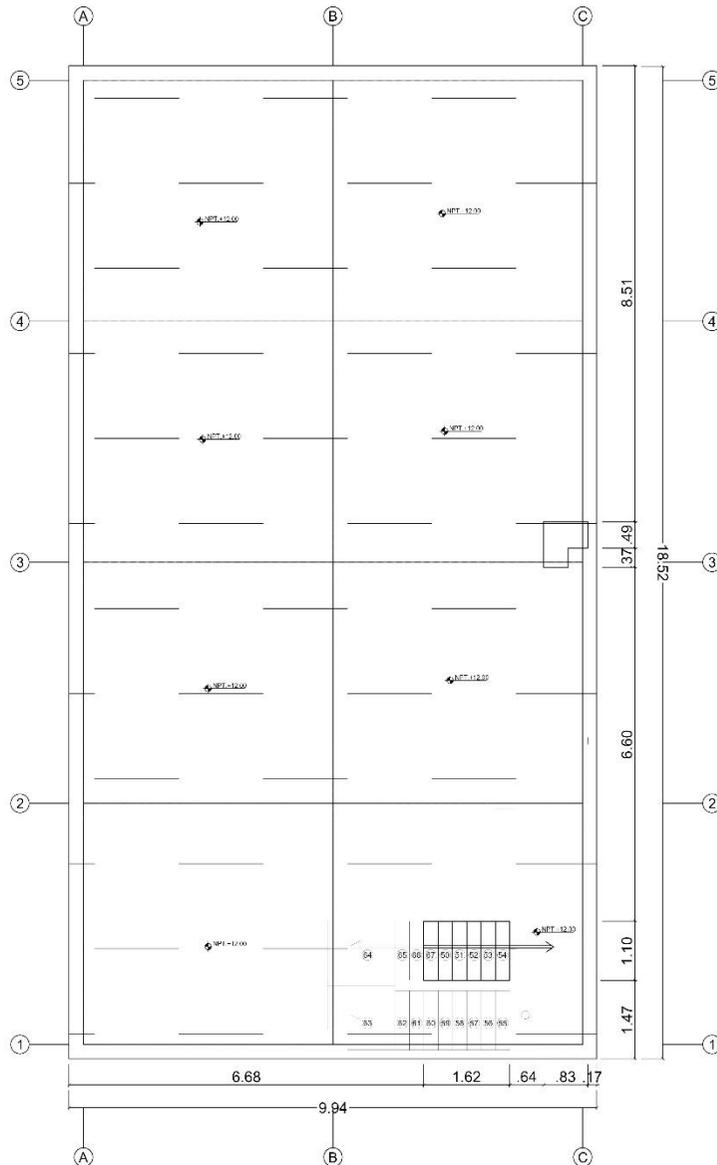
ESCALA:
1/50

FECHA:
MAYO - 2024

CODIGO:

A - 03

VISTA PLANTA - TECHO CUARTO NIVEL



CUADRO DE VANOS

PUERTAS

| TIPO | ANCHO | ALTO | CANTIDAD |
|------|-------|------|----------|
| P1 | 1.10 | 2.50 | 1 |
| P2 | 1.00 | 2.50 | 1 |
| P3 | 1.00 | 2.50 | 9 |
| P4 | 0.70 | 2.00 | 12 |

TOTAL 23

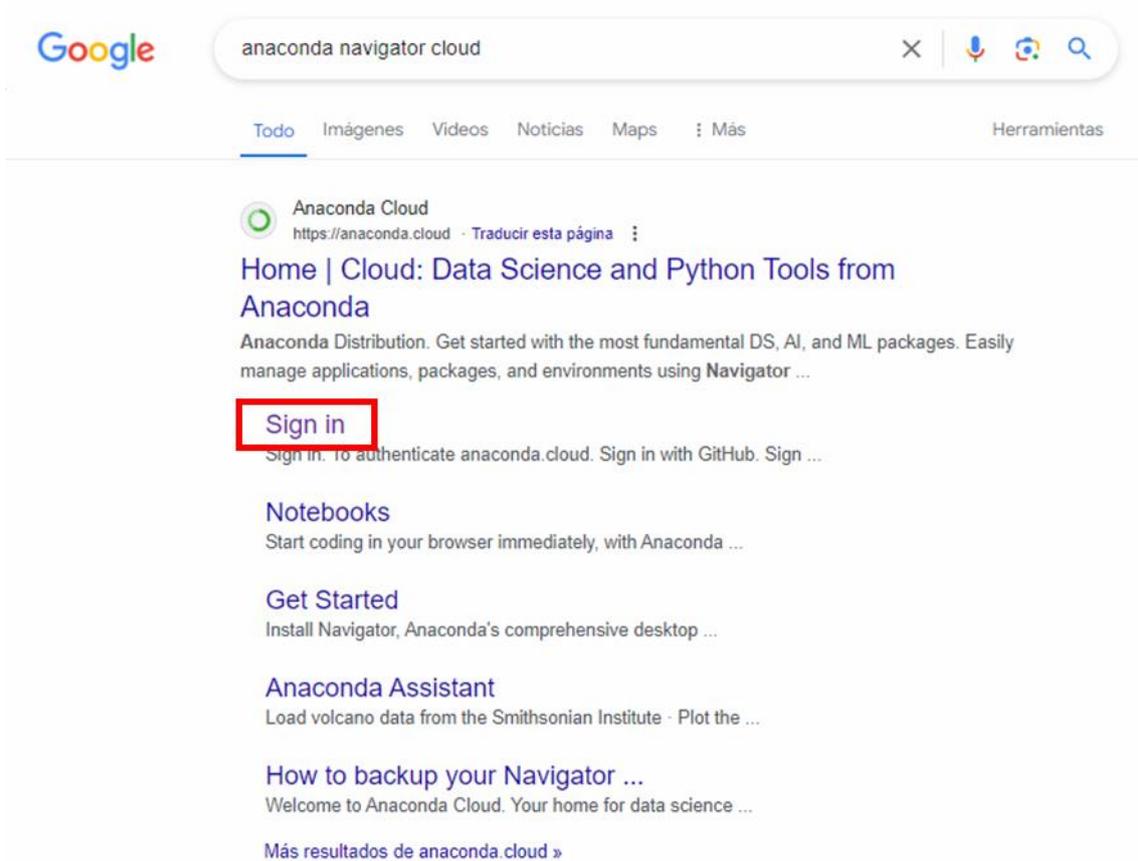
CUADRO DE VANOS

VENTANAS

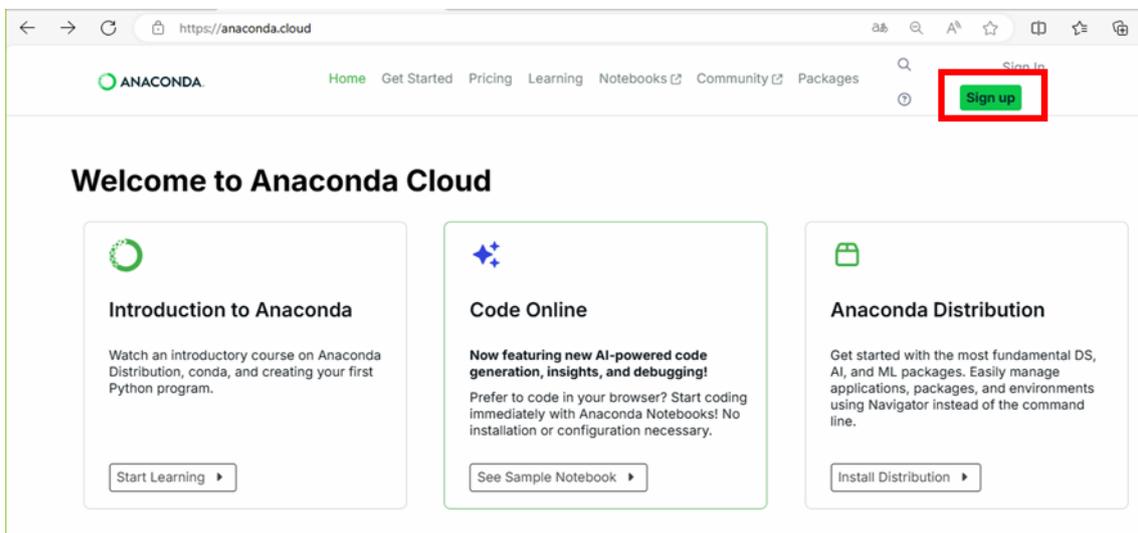
| TIPO | ANCHO | ALTO | ALF. | CANT. |
|------|-------|------|------|-------|
| V1 | 1.00 | 0.60 | 1.90 | 4 |
| V2 | 0.60 | 0.30 | 2.20 | 13 |
| V3 | 3.00 | 0.40 | 2.10 | 7 |
| V4 | 1.90 | 1.00 | 1.2 | 3 |

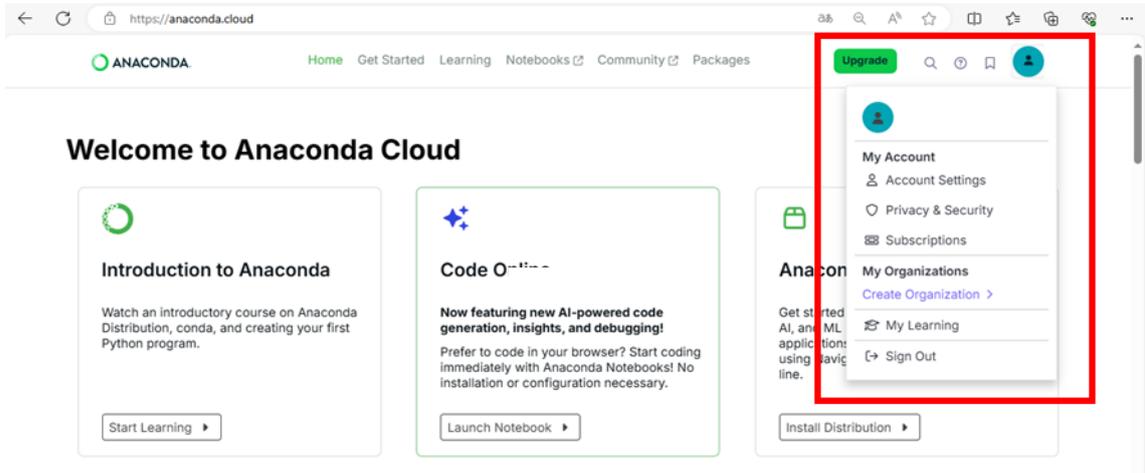
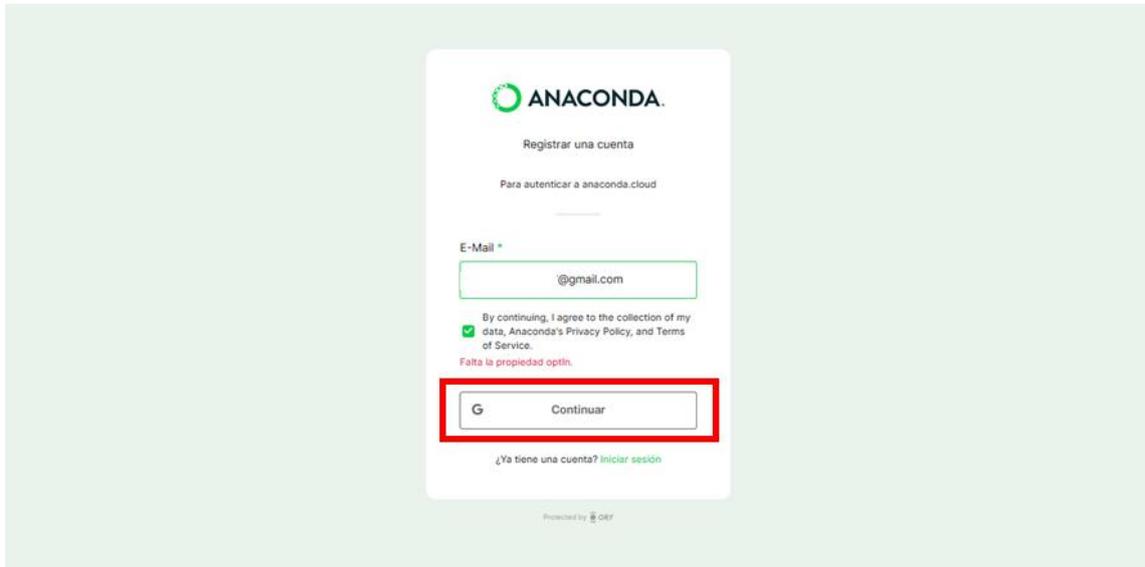
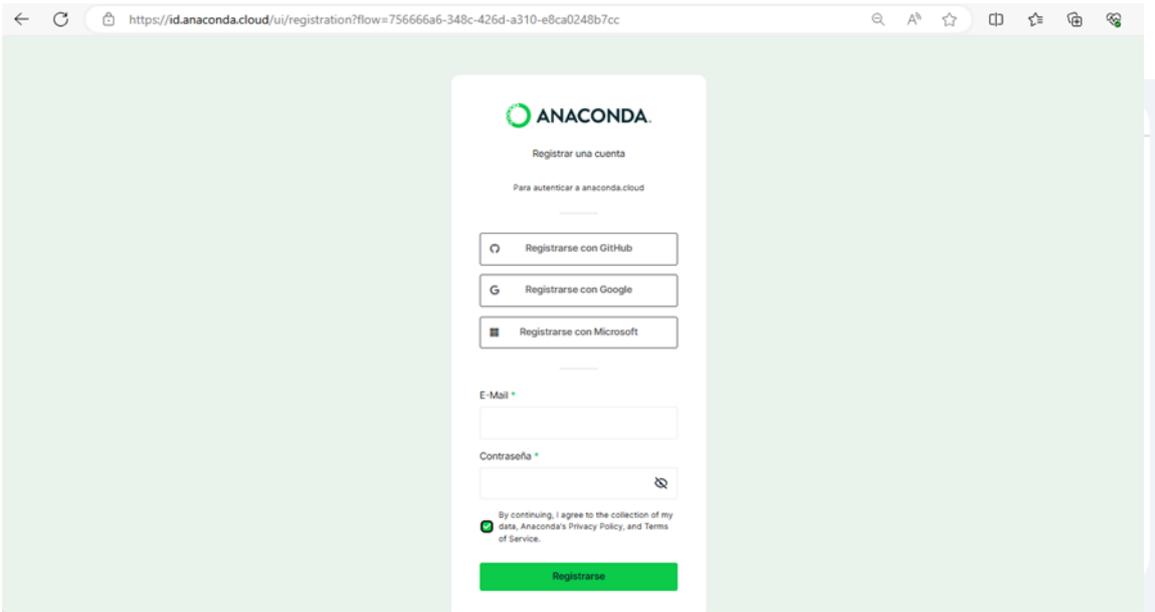
TOTAL 27

Anexos 5. Búsqueda del programa Anaconda Navigator Cloud en la web



Anexos 6. Creación de cuenta en Anaconda Cloud





Anexos 7. Iniciamos en Launch Notebook

Welcome to Anaconda Cloud

The screenshot shows the Anaconda Cloud welcome page with three main cards:

- Introduction to Anaconda:** Watch an introductory course on Anaconda Distribution, conda, and creating your first Python program. Button: Start Learning ▶
- Code Online:** Now featuring new AI-powered code generation, insights, and debugging! Prefer to code in your browser? Start coding immediately with Anaconda Notebooks! No installation or configuration necessary. Button: Launch Notebook ▶ (highlighted with a red box)
- Anaconda Distribution:** Get started with the most fundamental DS, AI, and ML packages. Easily manage applications, packages, and environments using Navigator instead of the command line. Button: Install Distribution ▶

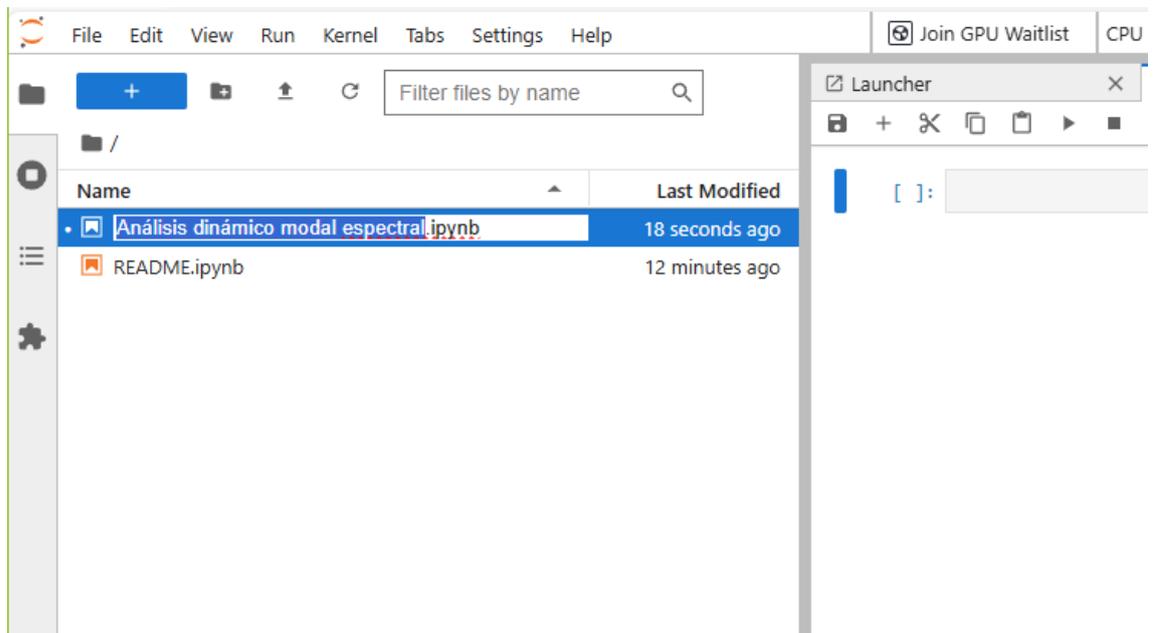
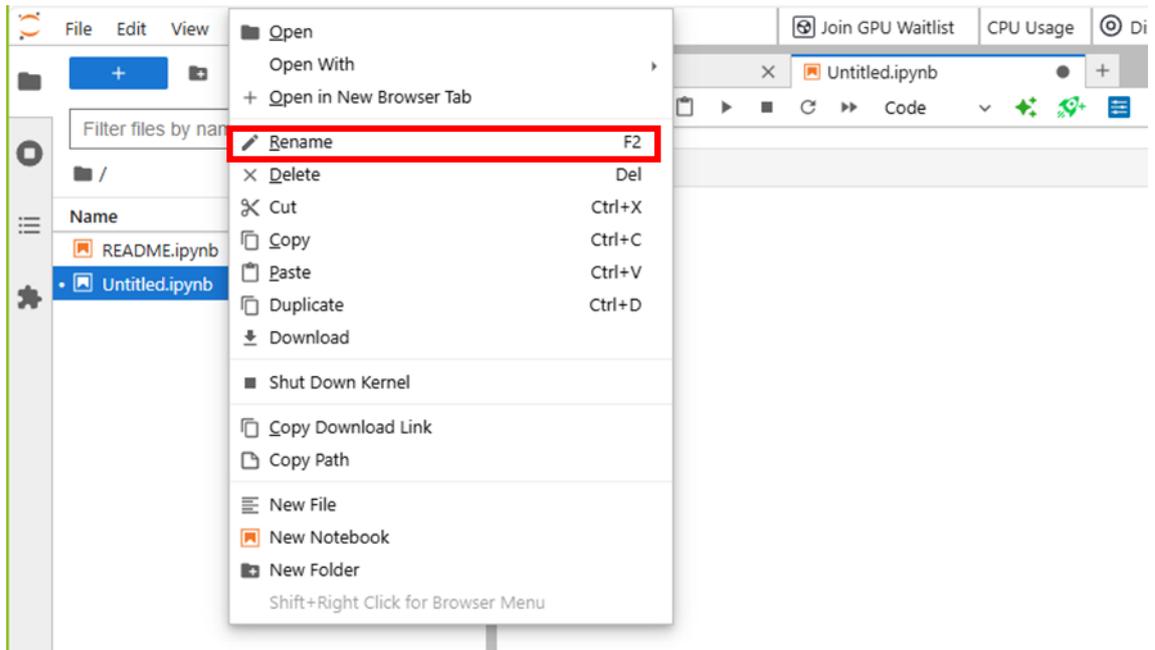
Anexos 8. Selección de versión de Python para el nuevo proyecto

The screenshot shows the Anaconda Assistant interface with the 'Select Kernel' dialog box open. The dialog box contains the following text:

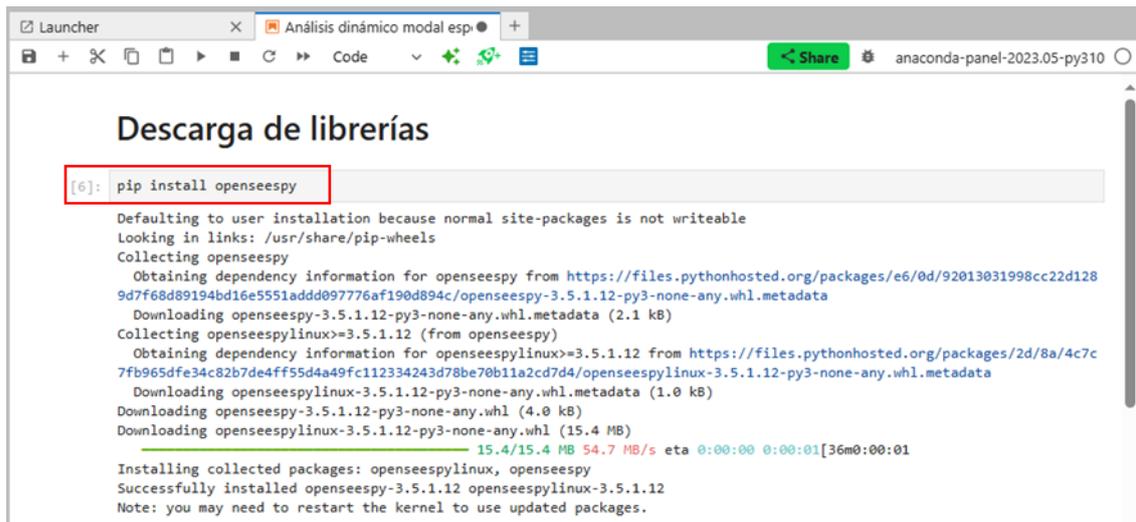
Select Kernel
Select kernel for: "Untitled.ipynb"
anaconda-panel-2023.05-py310
 Always start the preferred kernel
No Kernel
Select

A red arrow points from a text box labeled "Selección de la versión por defecto" to the dropdown menu. The "Select" button is highlighted with a red box.

Anexos 9. Renombrar el archivo creado al iniciar el Laboratorio de Jupyter



Anexos 10. Iniciamos descargando las librerías necesarias

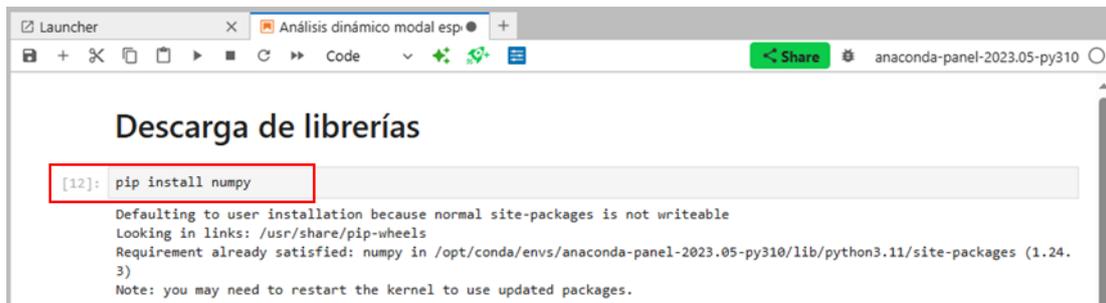


```
Launcher x Análisis dinámico modal esp. +
+ Share anaconda-panel-2023.05-py310

Descarga de librerías

[6]: pip install openseespy

Defaulting to user installation because normal site-packages is not writeable
Looking in links: /usr/share/pip-wheels
Collecting openseespy
  Obtaining dependency information for openseespy from https://files.pythonhosted.org/packages/e6/0d/92013031998cc22d1289d7f68d89194bd16e551addd09776af190d894c/openseespy-3.5.1.12-py3-none-any.whl.metadata
  Downloading openseespy-3.5.1.12-py3-none-any.whl.metadata (2.1 kB)
Collecting openseespylinux>=3.5.1.12 (from openseespy)
  Obtaining dependency information for openseespylinux>=3.5.1.12 from https://files.pythonhosted.org/packages/2d/8a/4c7c7fb965dfe34c82b7de4ff55d4a49fc112334243d78be70b11a2cd7d4/openseespylinux-3.5.1.12-py3-none-any.whl.metadata
  Downloading openseespylinux-3.5.1.12-py3-none-any.whl.metadata (1.0 kB)
  Downloading openseespy-3.5.1.12-py3-none-any.whl (4.0 kB)
  Downloading openseespylinux-3.5.1.12-py3-none-any.whl (15.4 MB)
  15.4/15.4 MB 54.7 MB/s eta 0:00:00 0:00:01[36m0:00:01
Installing collected packages: openseespylinux, openseespy
Successfully installed openseespy-3.5.1.12 openseespylinux-3.5.1.12
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
```

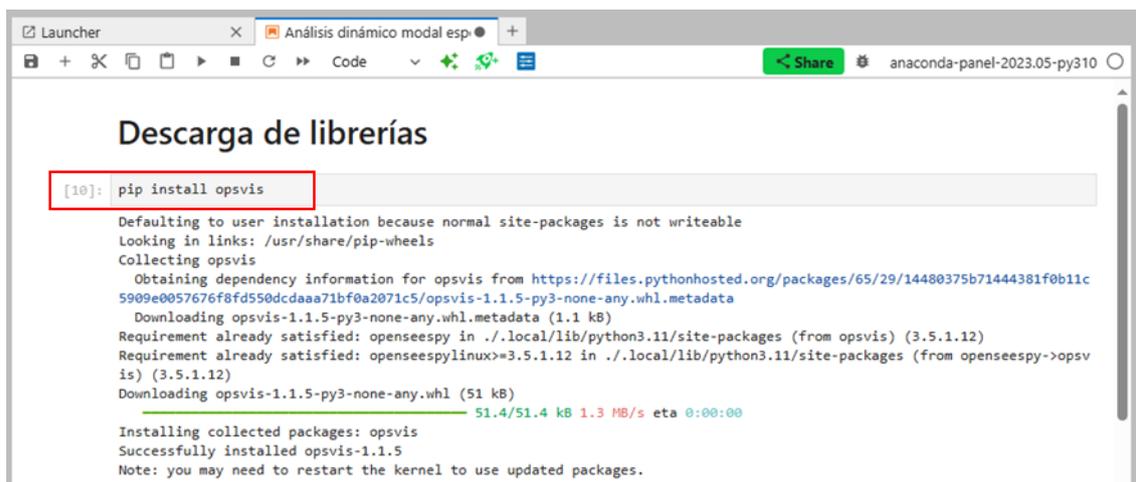


```
Launcher x Análisis dinámico modal esp. +
+ Share anaconda-panel-2023.05-py310

Descarga de librerías

[12]: pip install numpy

Defaulting to user installation because normal site-packages is not writeable
Looking in links: /usr/share/pip-wheels
Requirement already satisfied: numpy in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (1.24.3)
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
```



```
Launcher x Análisis dinámico modal esp. +
+ Share anaconda-panel-2023.05-py310

Descarga de librerías

[10]: pip install opsviz

Defaulting to user installation because normal site-packages is not writeable
Looking in links: /usr/share/pip-wheels
Collecting opsviz
  Obtaining dependency information for opsviz from https://files.pythonhosted.org/packages/65/29/14480375b71444381f0b11c5909e0057676f8fd550dcaaa71bf0a2071c5/opsviz-1.1.5-py3-none-any.whl.metadata
  Downloading opsviz-1.1.5-py3-none-any.whl.metadata (1.1 kB)
Requirement already satisfied: openseespy in ./local/lib/python3.11/site-packages (from opsviz) (3.5.1.12)
Requirement already satisfied: openseespylinux>=3.5.1.12 in ./local/lib/python3.11/site-packages (from openseespy->opsviz) (3.5.1.12)
  Downloading opsviz-1.1.5-py3-none-any.whl (51 kB)
  51.4/51.4 kB 1.3 MB/s eta 0:00:00
Installing collected packages: opsviz
Successfully installed opsviz-1.1.5
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
```

```
Launcher x Análisis dinámico modal esp +
+ Share anaconda-panel-2023.05-py310

Descarga de librerías

[14]: pip install matplotlib

Defaulting to user installation because normal site-packages is not writeable
Looking in links: /usr/share/pip-wheels
Requirement already satisfied: matplotlib in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (3.7.2)
Requirement already satisfied: contourpy>=1.0.1 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (1.0.5)
Requirement already satisfied: cycler>=0.10 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (0.11.0)
Requirement already satisfied: fonttools>=4.22.0 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (4.25.0)
Requirement already satisfied: kiwisolver>=1.0.1 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (1.4.4)
Requirement already satisfied: numpy>=1.20 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (1.24.3)
Requirement already satisfied: packaging>=20.0 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (23.1)
Requirement already satisfied: pillow>=6.2.0 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (9.4.0)
Requirement already satisfied: pyparsing<3.1,>=2.3.1 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (3.0.9)
Requirement already satisfied: python-dateutil>=2.7 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from matplotlib) (2.8.2)
Requirement already satisfied: six>=1.5 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from python-dateutil=>2.7->matplotlib) (1.16.0)
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
```

```
Launcher x Análisis dinámico modal esp +
+ Share anaconda-panel-2023.05-py310

Descarga de librerías

[16]: pip install pandas

Defaulting to user installation because normal site-packages is not writeable
Looking in links: /usr/share/pip-wheels
Requirement already satisfied: pandas in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (2.0.3)
Requirement already satisfied: python-dateutil>=2.8.2 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from pandas) (2.8.2)
Requirement already satisfied: pytz>=2020.1 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from pandas) (2023.3.post1)
Requirement already satisfied: tzdata>=2022.1 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from pandas) (2023.3)
Requirement already satisfied: numpy>=1.21.0 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from pandas) (1.24.3)
Requirement already satisfied: six>=1.5 in /opt/conda/envs/anaconda-panel-2023.05-py310/lib/python3.11/site-packages (from python-dateutil=>2.8.2->pandas) (1.16.0)
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
```

Importación de librerías

```
[6]: from openseespy.opensees import *
import numpy as np
import opsv as opsv
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import warnings
from Functions import*
warnings.filterwarnings("ignore")
%matplotlib inline
```

Definición de unidades

```
[8]: # UNIDADES BASE
m=1
kg=1
s=1
# OTRAS UNIDADES
g=9.80665*m/s**2
cm=0.01*m
kgf=g*kg
Tnf=1000*kgf
```

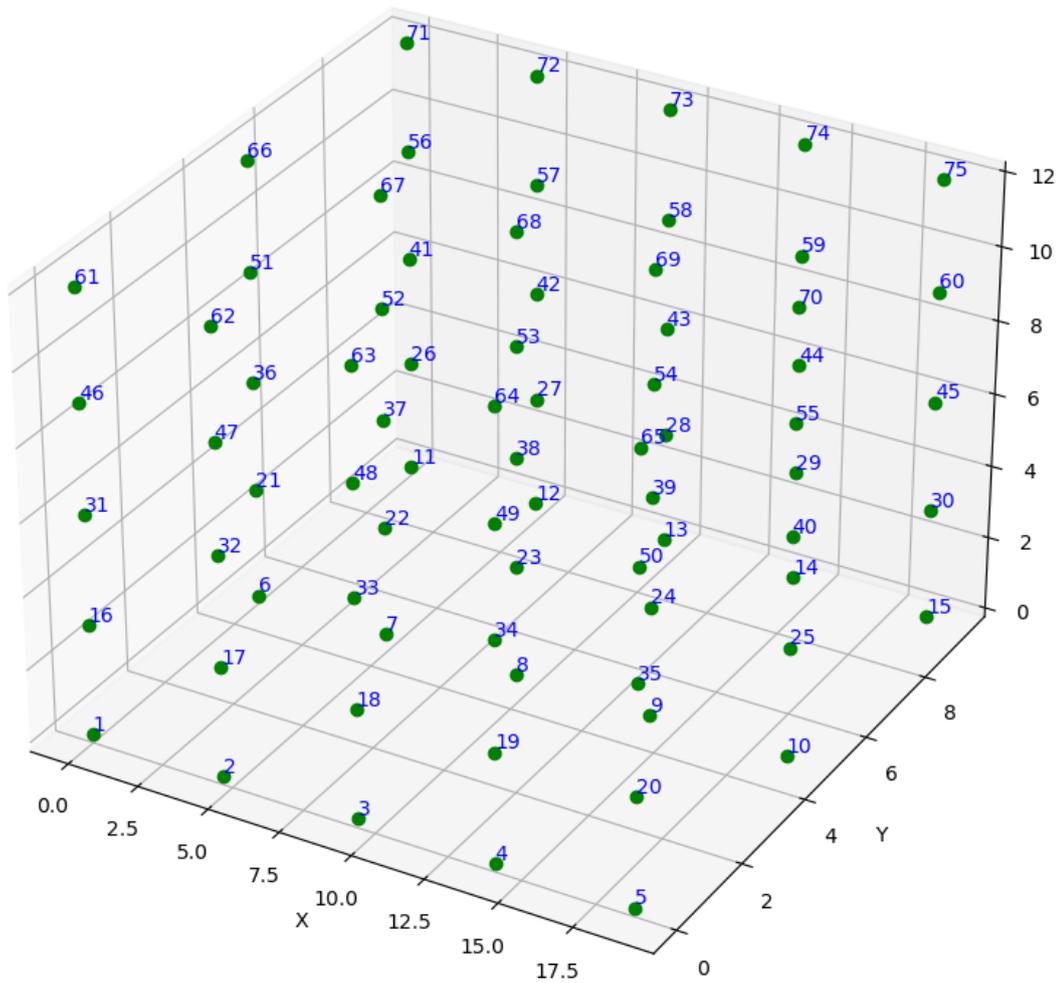
Modelado de la estructura

```
[12]: #Creación de Modelo
wipe()
#Tipo de modelo #Dimensión #Grados de libertad
model('basic', '-ndm', 3, '-ndf', 6)
```

Importación de nodos

```
[15]: #Importación de nodos
data1 = pd.read_excel('GEO_PLANO.xlsx', sheet_name='COORD.')
nodos = data1.to_numpy(dtype = np.float64)
```

```
[17]: #Enumeración de nodos
for idx, nodoi in enumerate(nodos):
    node(idx+1,* nodoi)
#Ploteado de nodos
opsv.plot_model(fig_wi_he=(25,25))
plt.savefig('./NODOS.png')
plt.show()
```



```
[298]: #Restricción de los apoyos
fixZ (0, *[1,1,1,1,1,1])
```

Definición de materiales

```
[300]: ## Resistencia de concreto
fc = 280*kg/cm**2

## Elasticidad del concreto
E = 150*(fc**0.5)*(kgf/cm**2)

## Módulo de corte
v = 0.2
G = 0.5*E/(1+v)

##Densidad del concreto
= 2400*kg/m**3
```

Definición de elementos estructurales

```
[302]: #VIGA 30cmx50cm
b, h = 30*cm, 50*cm
Av = b*h
Izv = b*(h**3)/12
Iyv = (b**3)*h/12
aa, bb = max(b,h), min(b,h)
        = 1/3-0.21*bb/aa*(1-(bb/aa)**4/12)
Jxxv = *bb**3*aa

#COLUMNNA 50cmx50cm
a=50*cm
Ac = a**2
Izc = a**4/12
Iyc = a**4/12
aa, bb = max(a,a), min(a,a)
        = 1/3-0.21*(1-(1)**4/12)
Jxxc = *a**3*a
```

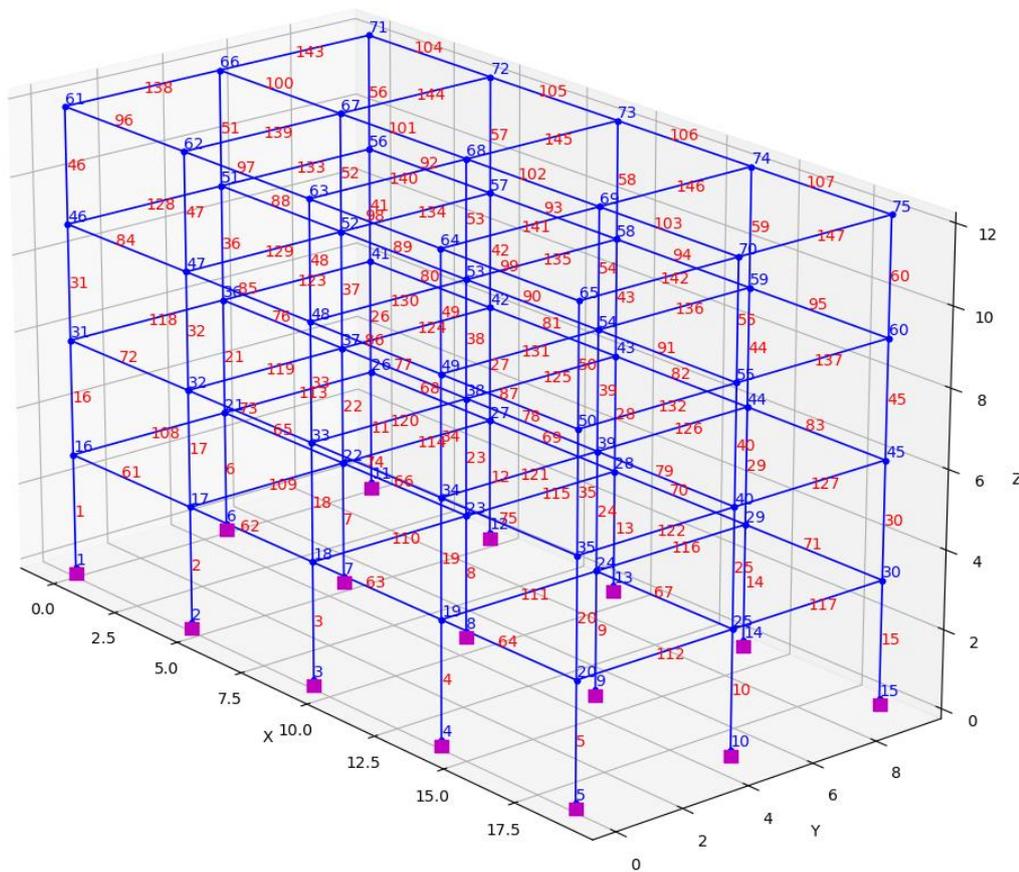
Transformación geométrica de los elementos estructurales

```
[304]: # Para columnas
CTransform = 1
geomTransf('PDelta', CTransform, *[1,0,0])
Cnumeros = range(1, 61)
for i in Cnumeros:
    element('elasticBeamColumn', i, i, i+15, Ac, E, G, Jxxc, Iyc, Izc, CTransform, '-mass',
            *Ac*10**-8)

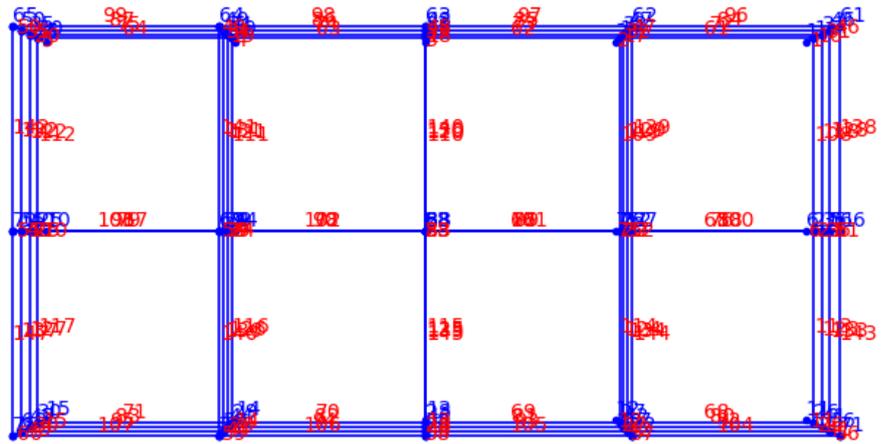
# Para Vigas
BTransform = 2
geomTransf('Linear', BTransform, *[0,0,1])
data2 = pd.read_excel('GEO_PLANO.xlsx', sheet_name='VIGAS')
vigas = data2.to_numpy(dtype = np.float64)
for idx, vigasi in enumerate(vigas):
    element('elasticBeamColumn', idx+61, int(vigas[idx][0]), int(vigas[idx][1]),
            Av, E, G, Jxxv, Iyv, Izv, BTransform, '-mass', *Av*10**-8)
```

```
[306]: #MODELADO 3D
opsv.plot_model(fig_wi_he=(25, 25.),az_el=(-40,20),fig_lbrt = (0, 0, 1,↵
↵1),axis_off=0,
                local_axes=False)
plt.title("Vista 3D")
plt.savefig('./Vista 3D.png')
plt.show()
#VISTA PLANTA
opsv.plot_model(fig_wi_he=(25., 25.
↵),az_el=(90,-270),axis_off=1,local_axes=False,
                node_supports=False,nodes_only=False)
plt.title("Vista Planta")
plt.savefig('./Vista Planta.png')
plt.show()
#VISTA LATERAL
opsv.plot_model(fig_wi_he=(25., 25.),az_el=(270,0),axis_off=1,local_axes=False,
                node_supports=False,nodes_only=False)
plt.title("Vista Lateral")
plt.savefig('./Vista Lateral.png')
plt.show()
#VISTA FRONTAL
opsv.plot_model(fig_wi_he=(25., 25.
↵),az_el=(360,360),axis_off=1,local_axes=False,
                node_supports=False,nodes_only=False)
plt.title("Vista Frontal")
plt.savefig('./Vista Frontal.png')
plt.show()
```

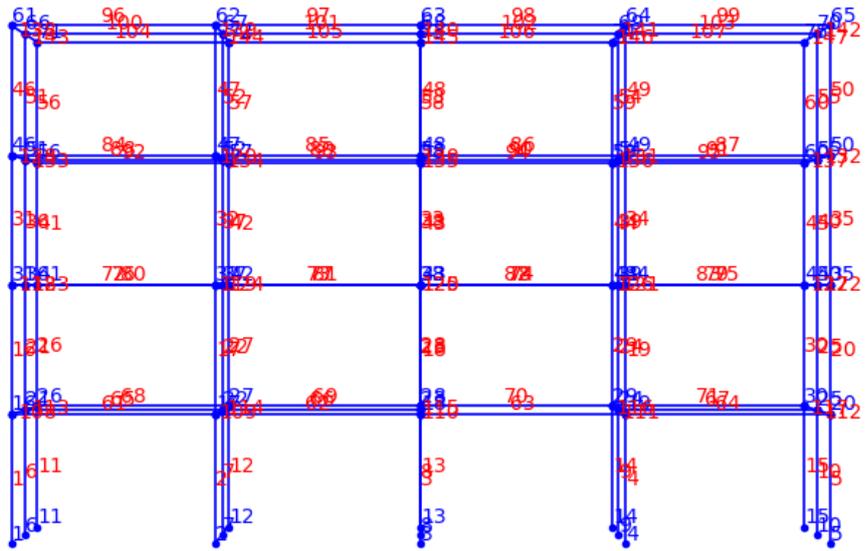
Vista 3D



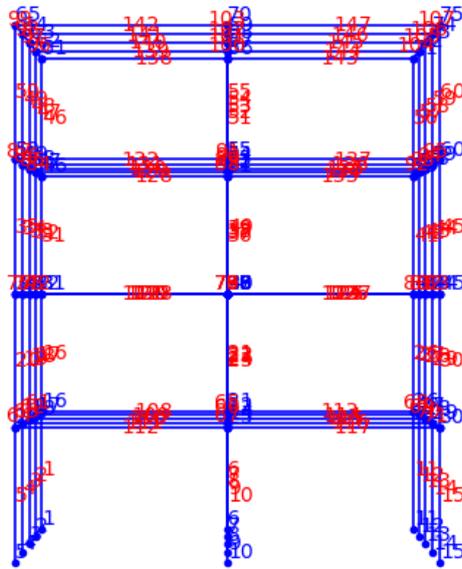
Vista Planta



Vista Lateral



Vista Frontal



Asignando masas en cada nodo

```
[308]: #HALLANDO ÁREAS TRIBUTARIAS PARA CADA NODO
## Para primer, segundo, tercer y cuarto nivel
areas = []
areas.append(5.2875*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(5.2875*1)
areas.append(10.575*1)
```

```

areas.append(21.15*1)
areas.append(21.15*1)
areas.append(21.15*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(5.2875*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(10.575*1)
areas.append(5.2875*1)

```

```

[310]: #METRADO DE CARGAS
      ##Carga Muerta
      W_losa = 300*kg/m**2
      W_acabados=100*kg/m**2
      W_tab=150*kg/m**2
      ##Carga Viva
      W_live = 400*kg/m**2

      #MASA EN CADA NODO
      ## Para primer, segundo, tercer nivel
      W_TOTAL = 1.0*(W_losa+W_acabados+W_tab)+0.25*(W_live)
      M_nodos = [area * W_TOTAL for area in areas]

      ## Para cuarto nivel
      W_Live=100*kg/m**2
      W_Total = 1.0*(W_losa+W_acabados)+0.25*(W_Live)
      M_Nodos = [area * W_Total for area in areas]

```

Hallando centro de masa y centro de Rigidez

```

[313]: #CENTRO DE MASAS
      ## Para primer, segundo y tercer nivel
      Total_mass = np.sum(M_nodos)
      x_cm = np.sum(nodos[:15,0] * M_nodos) / Total_mass
      y_cm = np.sum(nodos[:15,1] * M_nodos) / Total_mass

      ## Para cuarto nivel
      Total_Mass = np.sum(M_Nodos)
      X_cm = np.sum(nodos[:15,0] * M_Nodos) / Total_Mass
      Y_cm = np.sum(nodos[:15,1] * M_Nodos) / Total_Mass

```

```

[315]: #AGREGANDO LOS NODOS DE CENTRO DE MASA
      Tagnode_CM = int(len(nodos)+1)

      ## PRIMER NIVEL
      node(Tagnode_CM, x_cm, y_cm, 3)

```

```

fix(Tagnode_CM,*[0,0,1,1,1,0])
## SEGUNDO NIVEL
node(Tagnode_CM+1, x_cm, y_cm, 6)
fix(Tagnode_CM+1,*[0,0,1,1,1,0])
## TERCER NIVEL
node(Tagnode_CM+2, x_cm, y_cm, 9)
fix(Tagnode_CM+2,*[0,0,1,1,1,0])
## CUARTO NIVEL
node(Tagnode_CM+3, X_cm, Y_cm, 12)
fix(Tagnode_CM+3,*[0,0,1,1,1,0])

#AGREGANDO LOS NODOS DE CENTRO DE RIGIDEZ
perpDirn = 3

```

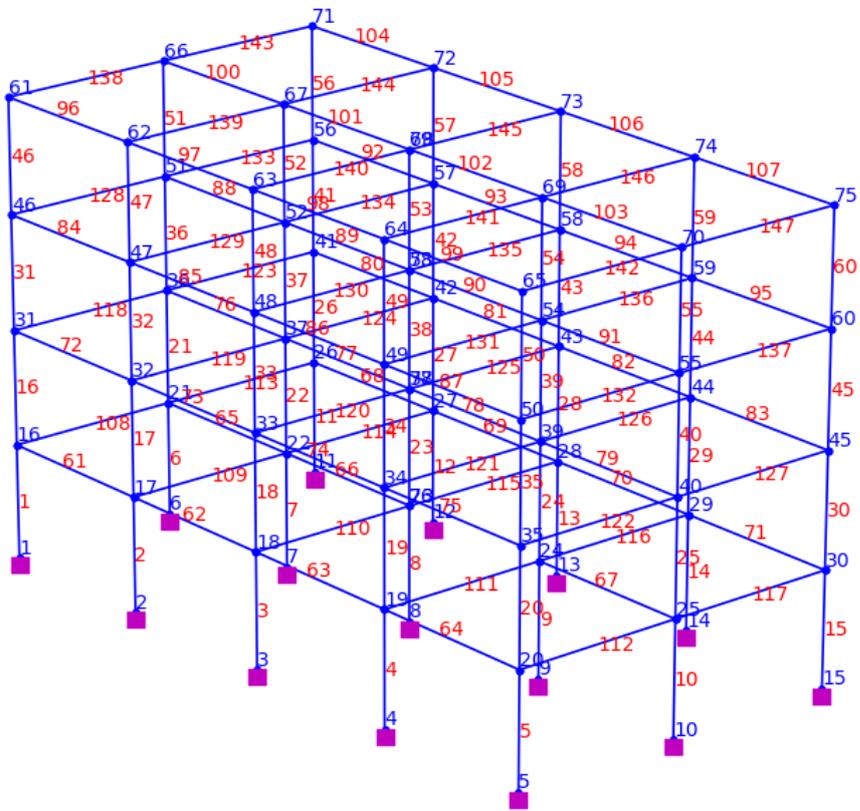
```

[317]: ## Diafragma de primer nivel
for cNodeTags in range(16,31):
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM, cNodeTags)
## Diafragma de segundo nivel
for cNodeTags in range(31,46):
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM+1, cNodeTags)
## Diafragma de tercer nivel
for cNodeTags in range(46,61):
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM+2, cNodeTags)
## Diafragma de cuarto nivel
for cNodeTags in range(61,76):
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM+3, cNodeTags)

#VISUALIZACIÓN 3D con los nuevos modos
opsv.plot_model(fig_wi_he=(20, 20.),az_el=(-40,20),fig_lbrt = (0, 0, 1, 1),
                axis_off=1,local_axes=False)

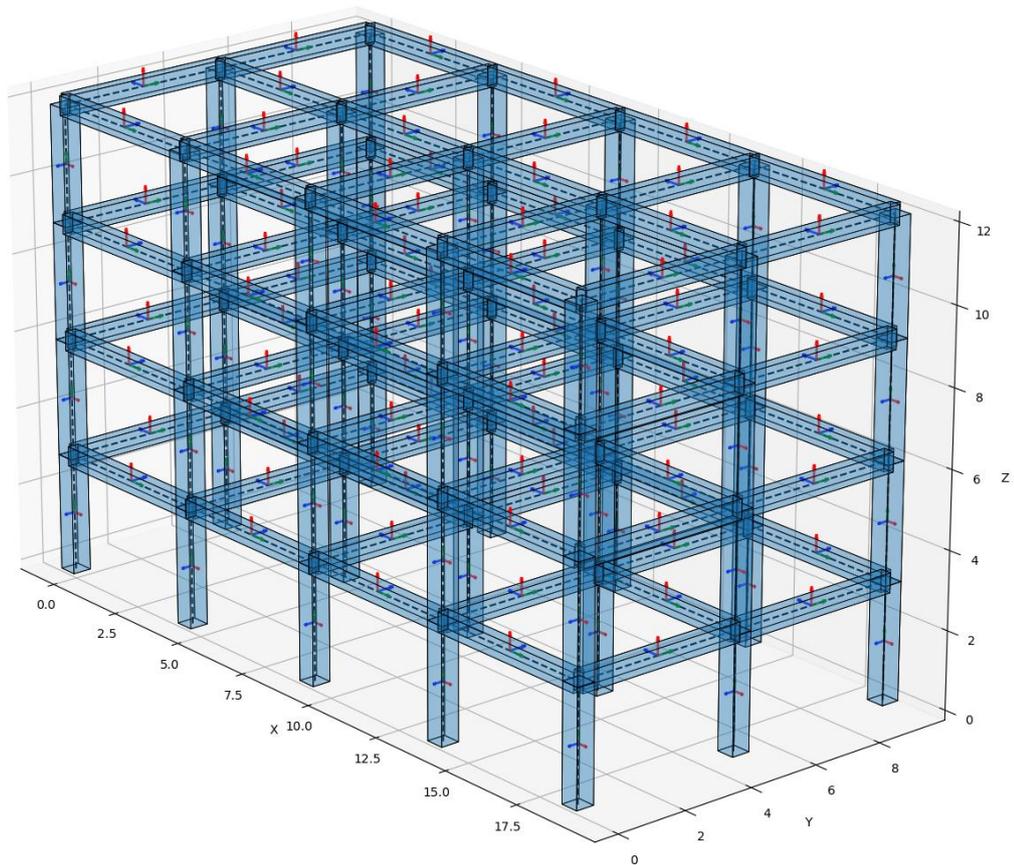
plt.show()
#plt.savefig('Modelo_3D.png')

```



Asignando masas en cada nivel

```
[319]: #ASIGNANDO MASAS POR NIVEL
for i in range (15):
    mass(i+16, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0]) #Primer Nivel
    mass(i+31, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0]) #Segundo Nivel
    mass(i+46, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0]) #Tercer Nivel
    mass(i+61, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0]) #Cuarto Nivel
#MODELO 3D(EXTRUDE)
n_elements=len(vigas)+len(nodos)
ele_shapes={}
for i in range(n_elements):
    if i + 1 < 62: #column
        ele_shapes[i] = ['rect', [a, a]]
    else: # beam
        ele_shapes[i] = ['rect', [h, b]]
opsv.plot_extruded_shapes_3d(ele_shapes, fig_wi_he=(40.0, 32.0),
                             az_el=(-40,20),fig_lbrt = (0, 0, 1, 1))
plt.savefig('Model_3D_Extrude.png')
plt.show()
```



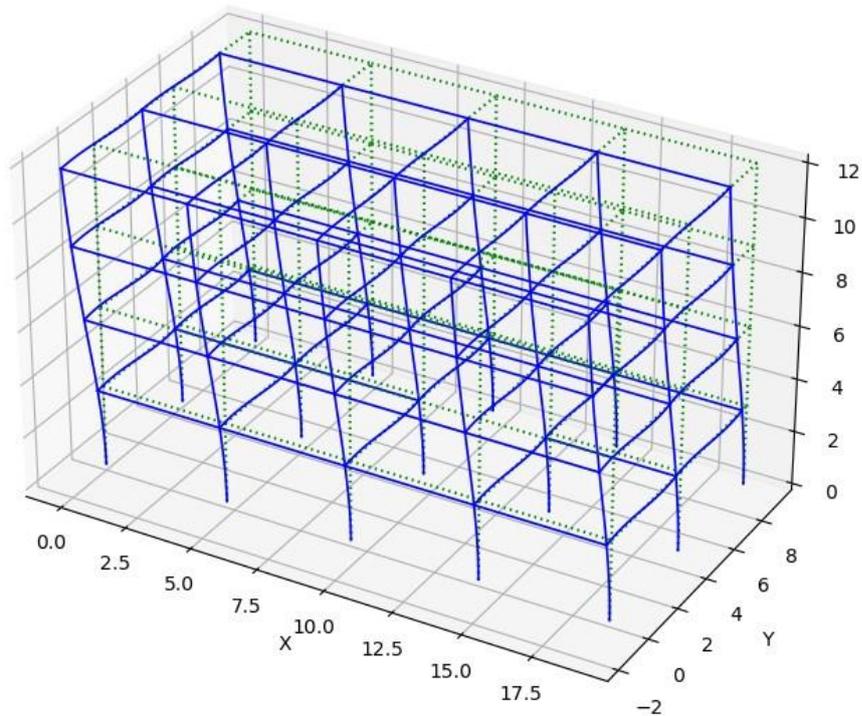
Cálculos previos para los análisis

```
[322]: #CALCULANDO MODOS
nz=4 #Número de niveles
Modo_nivel=3 #Número de modos por nivel
Nmodes = nz*Modo_nivel #Número total de modos
print('Nº de modos: ',Nmodes)
vals = np.array(eigen(Nmodes))
#PERIODOS
omega = np.sqrt(vals) #Frecuencias
Tmodes = 2*np.pi/omega #Periodos
print(Tmodes)
fmt_undefo={'color': 'green', 'linestyle': (0, (0.7, 1.5)), 'linewidth': 1.5,
            'marker': '', 'markersize': 1}
for i in range (Nmodes):
    opsv.plot_mode_shape(i+1,endDispFlag=0,
    fig_wi_he=(20,20),fmt_undefo=fmt_undefo,
    node_supports=False)
    plt.title("T[%i]: %.6f seg"%(i+1, Tmodes[i]))
    plt.savefig('T{ }_{}.png'.format(i+1, Tmodes[i]))
```

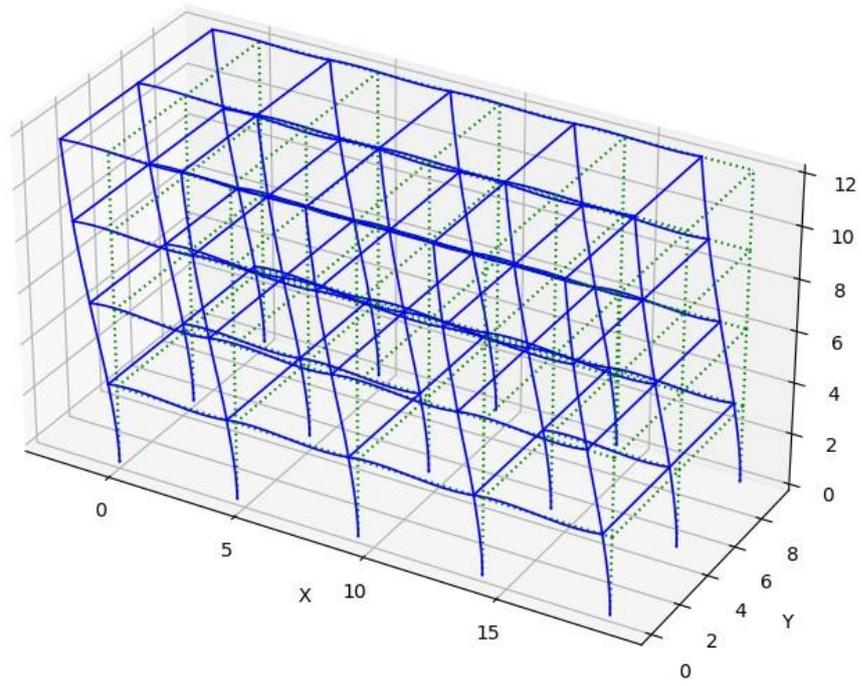
Nº de modos: 12

[0.493 0.468 0.397 0.138 0.132 0.114 0.066 0.065 0.056 0.042 0.041 0.036]

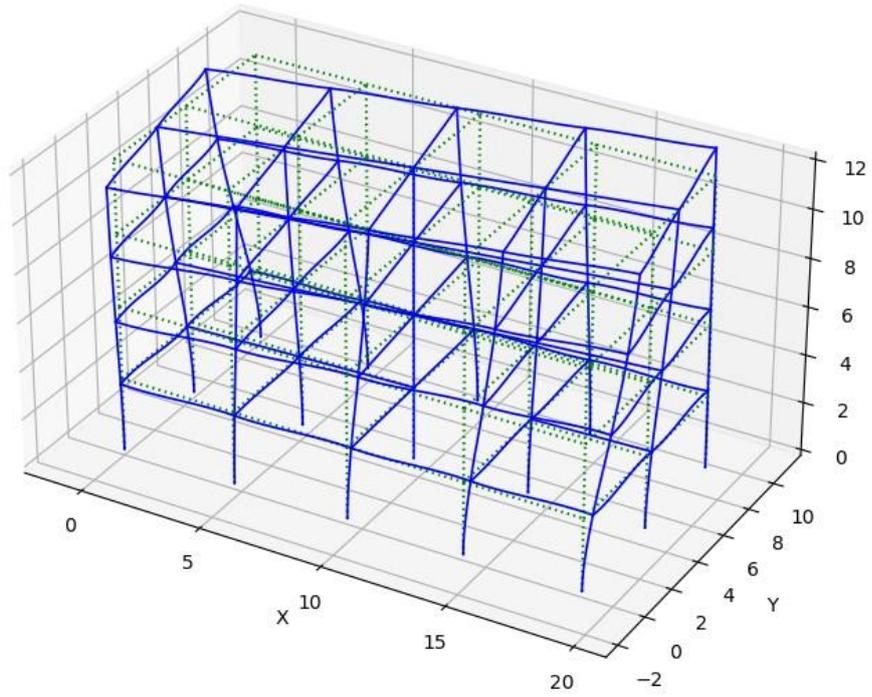
T[1]: 0.492615 seg



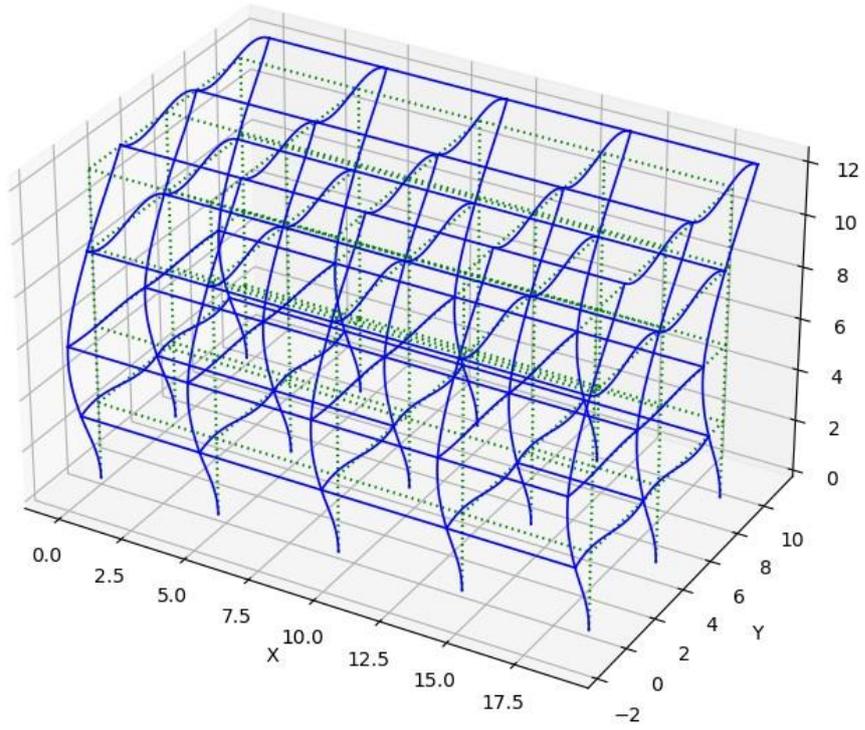
T[2]: 0.467598 seg



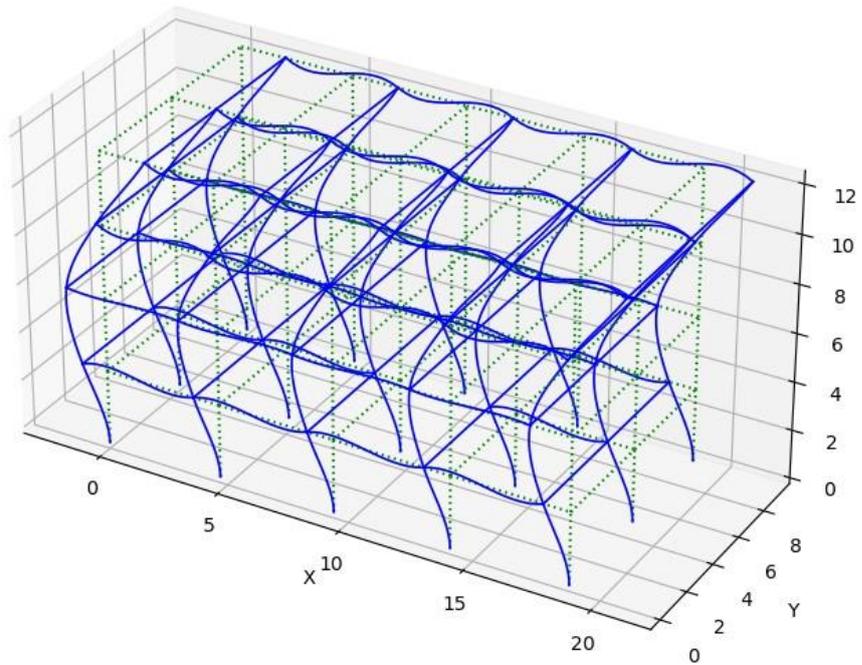
T[3]: 0.397293 seg



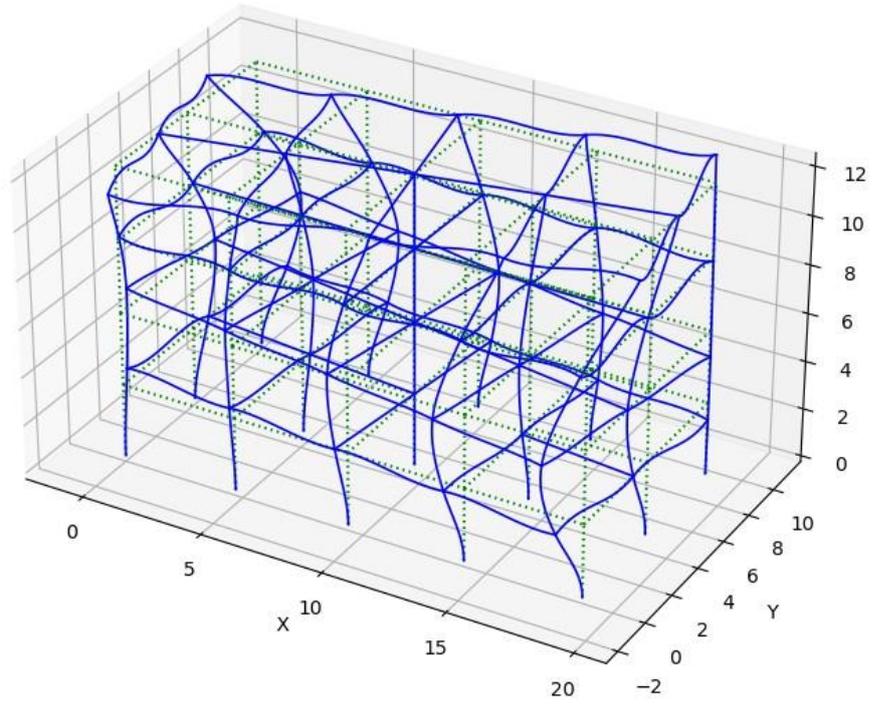
T[4]: 0.137835 seg



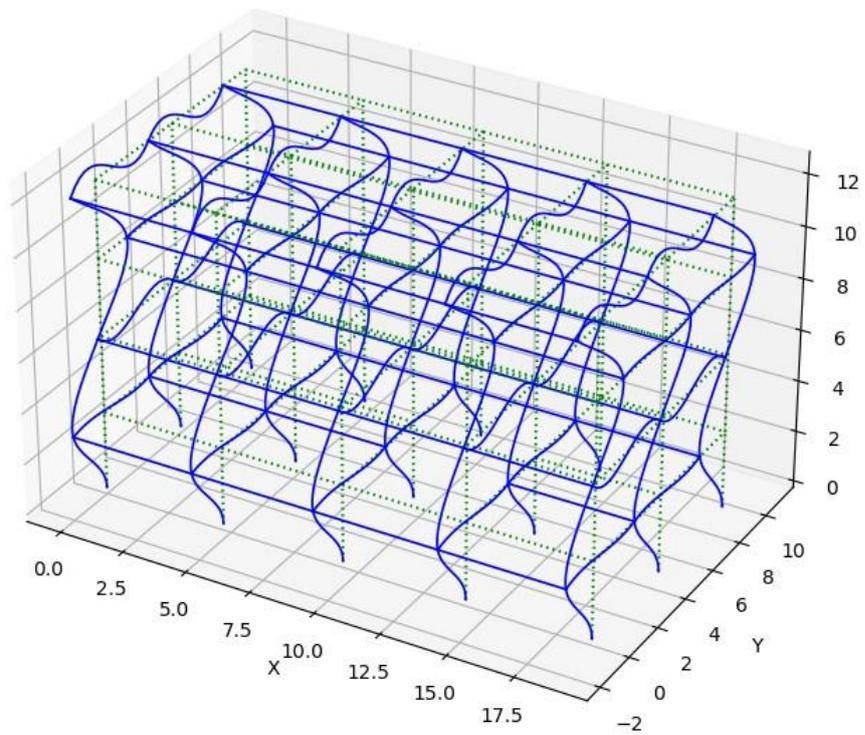
T[5]: 0.132486 seg



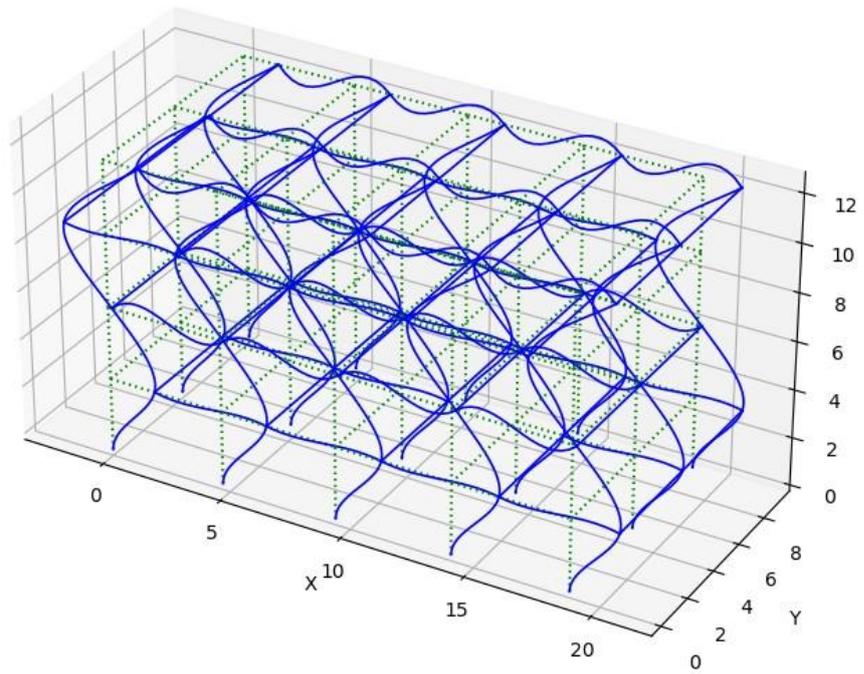
T[6]: 0.113863 seg



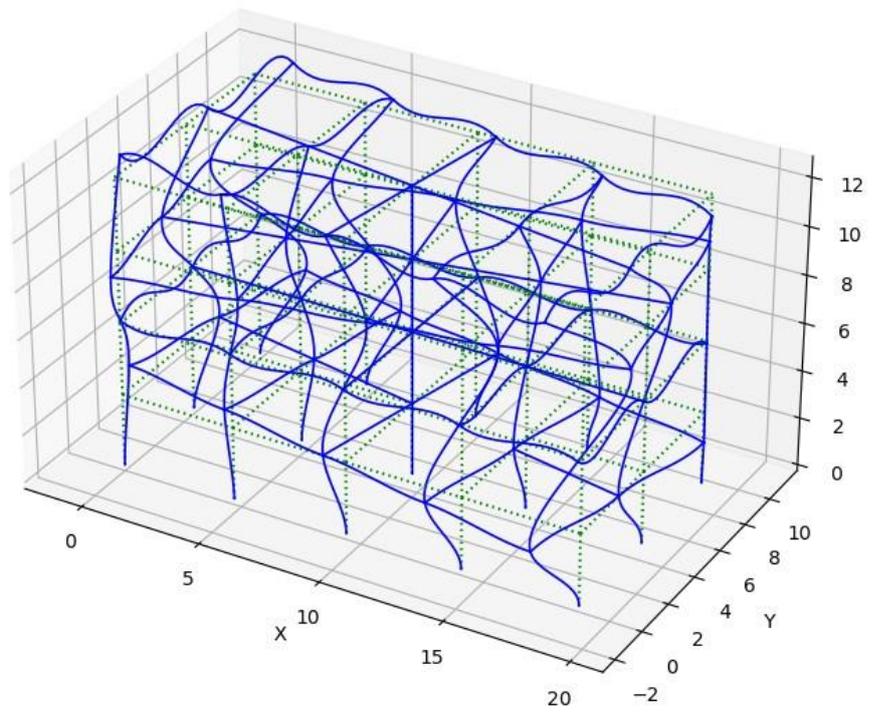
T[7]: 0.065918 seg



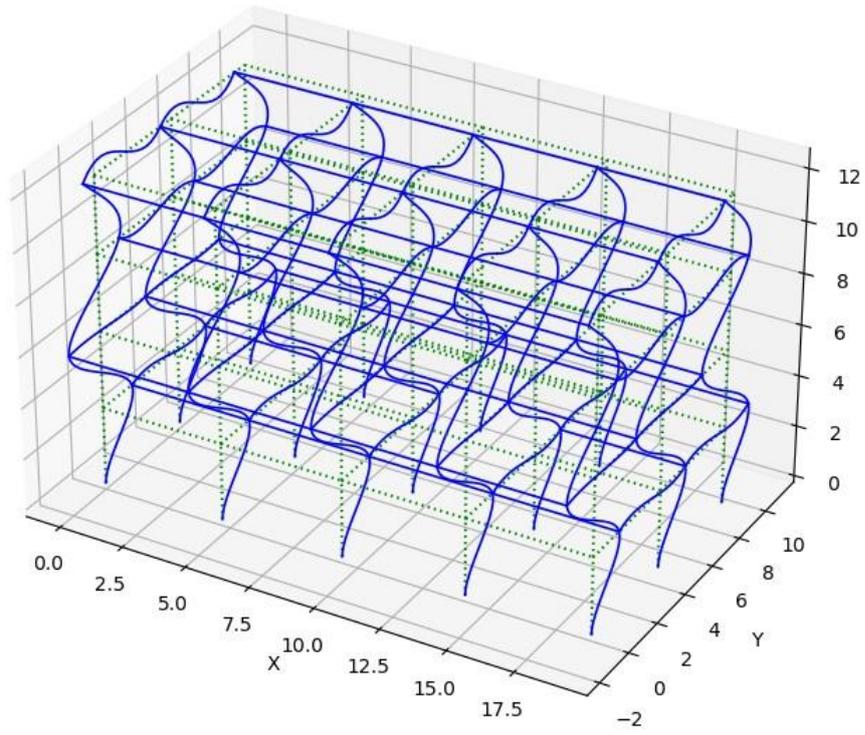
T[8]: 0.064671 seg



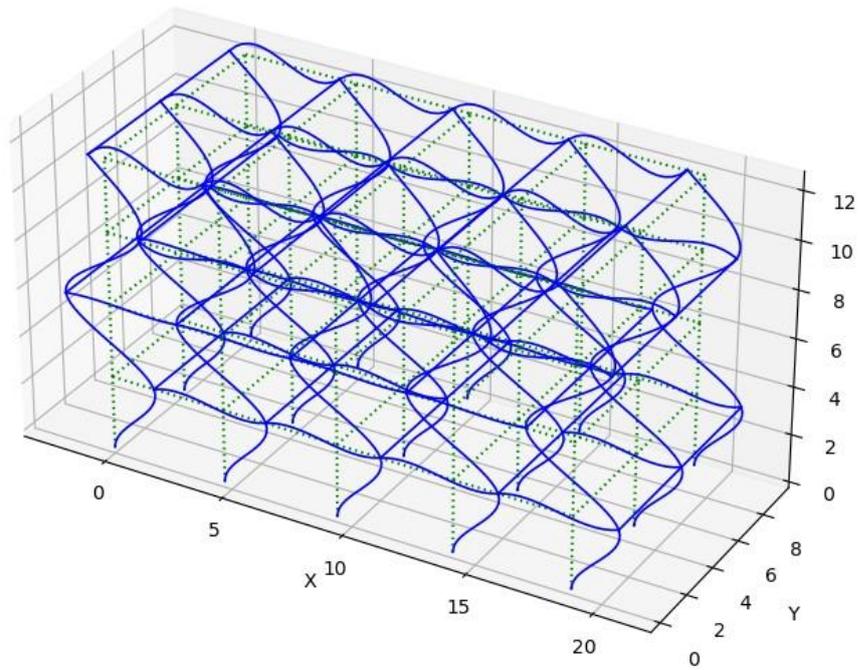
T[9]: 0.055877 seg



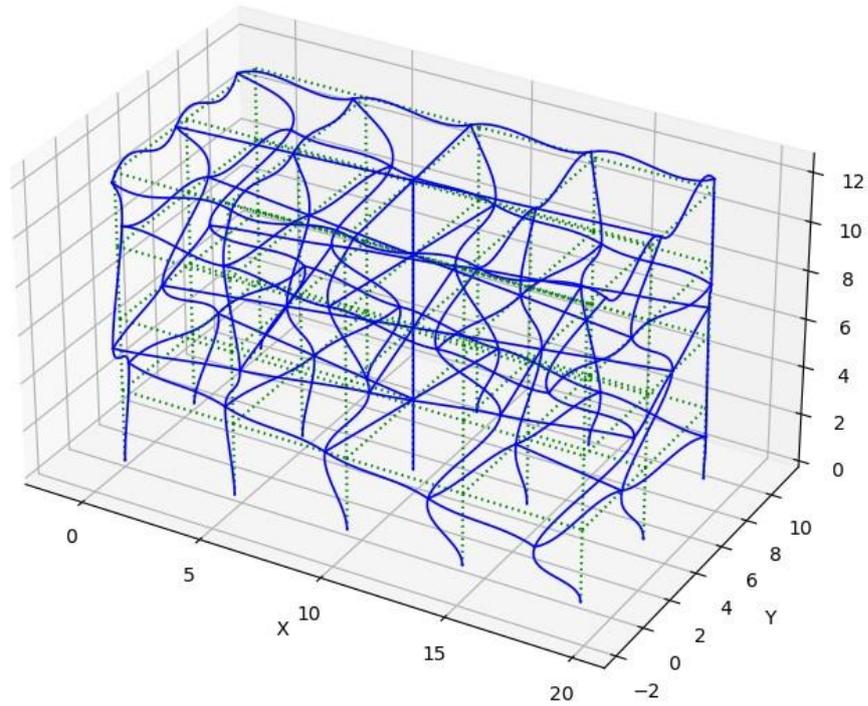
T[10]: 0.041563 seg



T[11]: 0.041393 seg



T[12]: 0.035709 seg



```
[324]: #GUARDANDO FORMAS MODALES
NT = 3*nz
Tags = getNodeTags()
modo = np.zeros((Nmodes,NT))
for j in range(1,Nmodes+1):
    ind = 0
    for i in Tags[-nz:]:
        temp = nodeEigenvector(i,j)
        modo[j-1,[ind,ind+1,ind+2]] = temp[0],temp[1],temp[-1]
        ind = ind+3
```

Matriz de masas

```
[326]: ## Realizamos un análisis para obtener la matriz de Masas
wipeAnalysis()
system('FullGeneral')
numberer("Plain")
constraints('Transformation')
algorithm('Linear')
analysis('Transient')
integrator('GimmeMCK',1.0,0.0,0.0)
analyze(1,0)

## Obtenemos la matriz de Masas
N = systemSize()           # Número de Grados de Libertad
Mmatrix = printA('-ret')
Mmatrix = np.array(Mmatrix)
Mmatrix.shape=(N,N)
MF = Mmatrix[-3*nz:,-3*nz:]
```

```
WARNING analysis Transient - no Integrator specified,
  TransientIntegrator default will be used
WARNING FullGenLinLapackSolver::solve() -factorization failed, matrix singular
U(i,i) = 0, i= 1
WARNING Linear::solveCurrentStep() -the LinearSOE failed in solve()
DirectIntegrationAnalysis::analyze() - the Algorithm failed at time 0
OpenSees > analyze failed, returned: -3 error flag
```

Parámetros Sísmicos

```
[328]: #Datos
## Dirección Y-Y
ny=2           # Número de tramos
dy=4.7*m      # Distancia de cada tramo
Ly=ny*dy      # Distancia total en la
             ↪ dirección Y

## Dirección X-X
nx=4.0        # Número de tramos
dx=4.5*m      # Distancia de cada tramo
Lx=nx*dx      # Distancia total en la
             ↪ dirección X

np.set_printoptions(precision=3,linewidth=300,suppress=True)
dz=3          # Altura de cada
             ↪ nivel(metros)

H = np.arange(1,nz+1)*dz           # Altura
```

```

P = sum(MF[0:::3,0:::3])*9.80665 # Peso por nivel
# print(H,P)

Ro = 8. # Coeficiente básico de
↳Reducción

Ia = 1. # Irregularidades en altura
Ip = 1. # Irregularidades en planta
Rf = Ro*Ia*Ip # Coeficiente de Reducción de las Fuerzas
↳Sismicas

E030 = espectro_E030(Tmodes,Z=0.45,U=1.0,S=1.0,Tp=0.4,Tl=2.5,R=Ro) # Parametros
↳Sismicos

F, k = get_static_loads(E030[0],P,H,Tmodes[0])
CR = E030[0]/(0.45*1.*1.)
# print('C/R=',CR)
# print(E030[0],k)

```

ANÁLISIS ESTÁTICO

Análisis estático (X-X)

```
[331]: ## Aplicando fuerzas estáticas en la dirección "X"
```

```

#timeSeries('Linear',1)
timeSeries('Constant',1)
pattern('Plain',1,1)
Le = Ly*0.05

for i in range (nz):
    load(Tagnode_CM+i,F[i],0.,0.,0.,0.,F[i]*Le)

```

```
[333]: ## Realizamos el análisis
```

```

wipeAnalysis()
constraints('Transformation')
numberer('Plain')
system('FullGeneral')
algorithm('Linear')
integrator('LoadControl',1)
analysis('Static')
analyze(1)

## Calculando cortantes
VS = np.cumsum(F[:-1])[:-1]

```

```
[353]: ## Desplazamientos
```

```

df1 = pd.DataFrame(columns=['Nivel','Vx(Tf)','UxMax(cm)','UyMax(cm)',
'DriftX(%)','DriftY(%)'])

```

```

tempX, tempY = 0.,0.
for i in range(nz):
    desX = nodeDisp(Tagnode_CM+i,1)
    desY = nodeDisp(Tagnode_CM+i,2)
    rotZ = nodeDisp(Tagnode_CM+i,6)
    desX = desX + abs(rotZ*Ly/2)
    desY = desY + abs(rotZ*Lx/2)
    desX, desY = desX*0.75*Rf, desY*0.75*Rf
    driftX = 1000.*(desX-tempX)/dz
    driftY = 1000.*(desY-tempY)/dz
    tempX, tempY = desX, desY
    df1 = df1._append({'Nivel':i+1,'Vx(Tf)':VS[i]/1000/9.80665,'UxMax(cm)':
    desX*100,
                    'UyMax(cm)':desY*100,'DriftX(%)':driftX,'DriftY(%)':
    driftY},
                    ignore_index=True)

### Imprime los resultados después de completar el bucle
print('\nANÁLISIS ESTÁTICO EN X')
display(df1.round(5))

## Ploteamos deformada
opsv.plot_defo(200,fig_wi_he=(30., 25.),az_el=(-130,20))
plt.savefig('deformada_X')

```

ANÁLISIS ESTÁTICO EN X

| | Nivel | Vx(Tf) | UxMax(cm) | UyMax(cm) | DriftX(%) | DriftY(%) |
|---|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0 | 1.0 | 48.88587 | 0.11982 | 0.07954 | 0.39941 | 0.26513 |
| 1 | 2.0 | 43.55983 | 0.32900 | 0.21871 | 0.69727 | 0.46391 |
| 2 | 3.0 | 32.90775 | 0.51334 | 0.34240 | 0.61445 | 0.41229 |
| 3 | 4.0 | 16.92964 | 0.63682 | 0.42558 | 0.41160 | 0.27726 |

```

load((Tagnode_CM+i),0.,F[i],0.,0.,0.,F[i]*Le)

## Realizamos el análisis
wipeAnalysis()
constraints('Transformation')
numberer('Plain')
system('FullGeneral')
algorithm('Linear')
integrator('LoadControl',1)
analysis('Static')
analyze(1)

## Calculando cortantes
VS = np.cumsum(F[:, -1])[:, -1]

```

```

[369]: ## Desplazamientos
df2 = pd.DataFrame(columns=['Nivel', 'Vy(Tf)', 'UxMax(cm)', 'UyMax(cm)',
                           'DriftX(%)', 'DriftY(%)'])

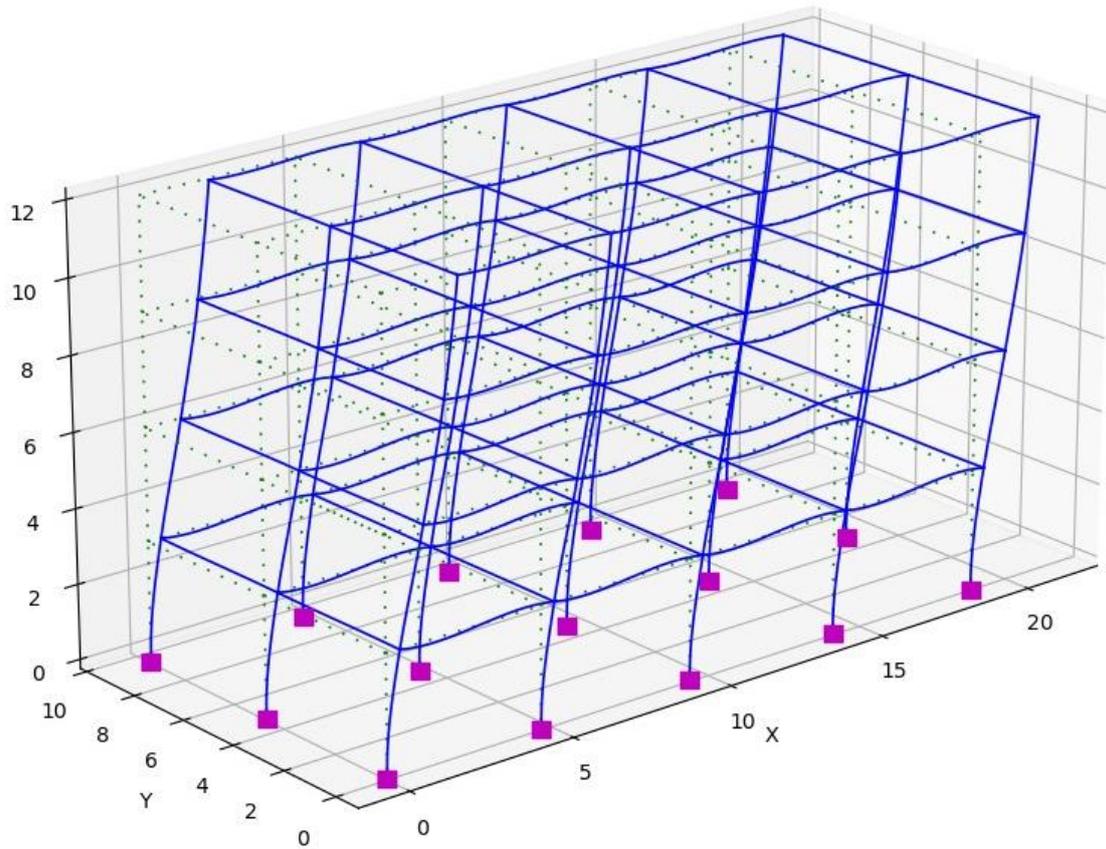
tempX, tempY = 0., 0.
for i in range(nz):
    desX = nodeDisp(Tagnode_CM+i,1)
    desY = nodeDisp(Tagnode_CM+i,2)
    rotZ = nodeDisp(Tagnode_CM+i,6)
    desX = desX + abs(rotZ*Ly/2)
    desY = desY + abs(rotZ*Lx/2)
    desX, desY = desX*0.75*Ro, desY*0.75*Ro
    driftX = 1000.*(desX-tempX)/dz
    driftY = 1000.*(desY-tempY)/dz
    tempX, tempY = desX, desY
    df2 = df2._append({'Nivel':i+1, 'Vy(Tf)':VS[i]/1000/9.80665, 'UxMax(cm)':
    ↪desX*100,
                       'UyMax(cm)':desY*100, 'DriftX(%)':driftX, 'DriftY(%)':
    ↪driftY},
                      ignore_index=True)
### Imprime los resultados después de completar el bucle
print('\nANÁLISIS ESTÁTICO EN Y')
display(df2.round(5))

## Ploteamos deformada
opsv.plot_defo(200,fig_wi_he=(30., 25.),az_el=(-130,20))
plt.savefig('deformada_Y')

```

ANÁLISIS ESTÁTICO EN Y

| | Nivel | Vy(Tf) | UxMax(cm) | UyMax(cm) | DriftX(%) | DriftY(%) |
|---|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0 | 1.0 | 48.88587 | 0.07947 | 0.13810 | 0.26490 | 0.46033 |
| 1 | 2.0 | 43.55983 | 0.21851 | 0.38679 | 0.46348 | 0.82898 |
| 2 | 3.0 | 32.90775 | 0.34210 | 0.61393 | 0.41196 | 0.75713 |
| 3 | 4.0 | 16.92964 | 0.42523 | 0.77246 | 0.27708 | 0.52844 |

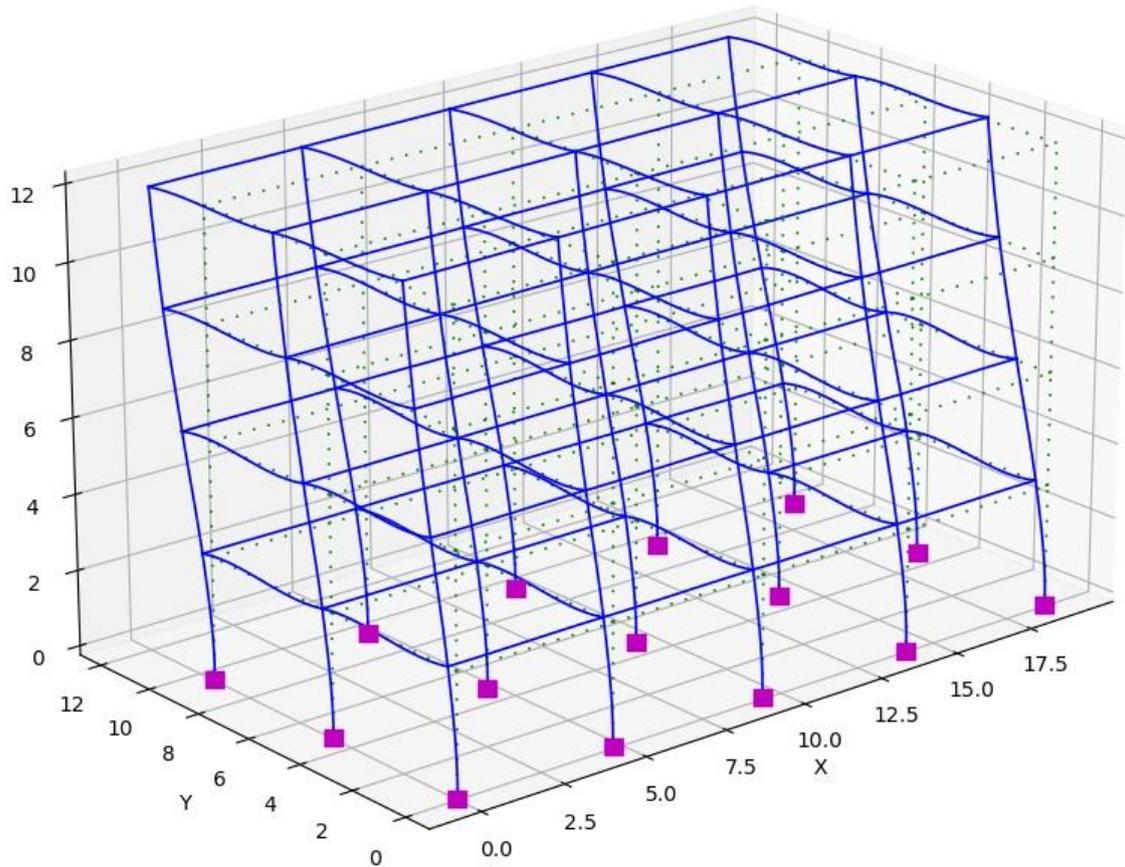


Análisis Estático (Y-Y)

[357]: *#ANÁLISIS ESTÁTICO - DIRECCIÓN Y-Y*

```
loadConst('-time', 0.0)
remove('timeSeries',1)
remove('loadPattern',1)
timeSeries('Linear',1)
pattern('Plain',1,1)

## Aplicando fuerzas nodales
Le = Lx*0.05
for i in range(nz):
```



ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

```
[375]: #CÁLCULOS PREVIOS
Tags = getNodeTags()
# print(Tags)
modo = np.zeros((Nmodes,3*nz))
for j in range(1,Nmodes+1):
    ind = 0
    for i in Tags[-nz:]:
        temp = nodeEigenvector(i,j)
        modo[j-1,[ind,ind+1,ind+2]] = temp[0],temp[1],temp[-1]
        ind = ind + 3

# Definimos valores iniciales
Ux,Uy,Rz = np.zeros(3*nz),np.zeros(3*nz),np.zeros(3*nz)
Ux[0::3]=1
Uy[1::3]=1
Rz[2::3]=1
SUMx, SUMy, SUMr = 0., 0., 0.
ni = 0
```

```
[388]: Mx = sum(sum(MF[0::3,0::3]))
My = sum(sum(MF[1::3,1::3]))
Mr = sum(sum(MF[2::3,2::3]))

df3 = pd.DataFrame(columns=['Modos', 'T(s)', 'SumUx', 'SumUy', 'SumRz'])
for j in range(1, Nmodos+1):
    FPx = modo[j-1].T@MF@Ux
    FPy = modo[j-1].T@MF@Uy
    FPr = modo[j-1].T@MF@Rz
    FPRx = FPx**2/Mx
    FPRy = FPy**2/My
    FPRr = FPr**2/Mr
    SUMx = SUMx + FPRx
    SUMy = SUMy + FPRy
    SUMr = SUMr + FPRr
    #
    if min(SUMx, SUMy, SUMr) >= 0.90 and ni == 0:
        ni = j
    df3 = df3._append({'Modos': j, 'T(s)': Tmodos[j-1], 'SumUx': SUMx,
                      'SumUy': SUMy, 'SumRz': SUMr}, ignore_index=True)
display(df3.round(5))
print('N° mínimo de Modos a considerar:', ni)
```

| | Modos | T(s) | SumUx | SumUy | SumRz |
|----|-------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 1.0 | 0.49261 | 1.00000 | 1.78789 | 1.00000 |
| 1 | 2.0 | 0.46760 | 1.79765 | 1.78789 | 1.00000 |
| 2 | 3.0 | 0.39729 | 1.79765 | 1.78789 | 1.79626 |
| 3 | 4.0 | 0.13783 | 1.79765 | 1.92299 | 1.79626 |
| 4 | 5.0 | 0.13249 | 1.92598 | 1.92299 | 1.79626 |
| 5 | 6.0 | 0.11386 | 1.92598 | 1.92299 | 1.92570 |
| 6 | 7.0 | 0.06592 | 1.92598 | 1.97983 | 1.92570 |
| 7 | 8.0 | 0.06467 | 1.98050 | 1.97983 | 1.92570 |
| 8 | 9.0 | 0.05588 | 1.98050 | 1.97983 | 1.98054 |
| 9 | 10.0 | 0.04156 | 1.98050 | 2.00000 | 1.98054 |
| 10 | 11.0 | 0.04139 | 2.00000 | 2.00000 | 1.98054 |
| 11 | 12.0 | 0.03571 | 2.00000 | 2.00000 | 2.00000 |

N° mínimo de Modos a considerar: 6

```

[390]: def getCombo(E030,MF,modo,Tmodes,NT,ni):

    # Definimos valores iniciales
    D_ABSx,D_RCSCx = np.zeros(NT),np.zeros(NT)
    Δ_ABSx,Δ_RCSCx = np.zeros(NT),np.zeros(NT)
    V_ABSx,V_RCSCx = np.zeros(NT),np.zeros(NT)
    D_ABSy,D_RCSCy = np.zeros(NT),np.zeros(NT)
    Δ_ABSy,Δ_RCSCy = np.zeros(NT),np.zeros(NT)
    V_ABSy,V_RCSCy = np.zeros(NT),np.zeros(NT)

    # Se realiza la Superposición Modal Espectral
    for j in range(1,ni+1):#ni+1
        FPx=modo[j-1].T@MF@Ux
        FPy=modo[j-1].T@MF@Uy
        FPr=modo[j-1].T@MF@Rz
        #
        Sa = E030[j-1]*9.80665
        Sd = Sa/(2*np.pi/Tmodes[j-1])**2
        #
        respDX = Sd*FPx*modo[j-1]
        respAX = Sa*FPx*MF@modo[j-1]
        D_ABSx = D_ABSx + abs(respDX)
        D_RCSCx = D_RCSCx + (respDX)**2
        respDX[3:] = respDX[3:] - respDX[:-3]
        Δ_ABSx = Δ_ABSx + abs(respDX)
        Δ_RCSCx = Δ_RCSCx + (respDX)**2
        V_ABSx = V_ABSx + abs(np.cumsum(respAX[:::-1])[::-1])
        V_RCSCx = V_RCSCx + (np.cumsum(respAX[:::-1])[::-1])**2
        #
        respDY = Sd*FPy*modo[j-1]
        respAY = Sa*FPy*MF@modo[j-1]
        D_ABSy = D_ABSy + abs(respDY)
        D_RCSCy = D_RCSCy + (respDY)**2
        respDY[3:] = respDY[3:] - respDY[:-3]
        Δ_ABSy = Δ_ABSy + abs(respDY)
        Δ_RCSCy = Δ_RCSCy + (respDY)**2
        V_ABSy = V_ABSy + abs(np.cumsum(respAY[:::-1])[::-1])
        V_RCSCy = V_RCSCy + (np.cumsum(respAY[:::-1])[::-1])**2

    # Se realiza la combinación 25%ABS + 75%RCSC
    D_RCSCx = D_RCSCx**0.5
    Δ_RCSCx = Δ_RCSCx**0.5
    V_RCSCx = V_RCSCx**0.5
    DDx = 0.25*D_ABSx + 0.75*D_RCSCx
    ΔDx = 0.25*Δ_ABSx + 0.75*Δ_RCSCx
    VDx = 0.25*V_ABSx + 0.75*V_RCSCx
    #
    D_RCSCy = D_RCSCy**0.5
    Δ_RCSCy = Δ_RCSCy**0.5
    V_RCSCy = V_RCSCy**0.5
    DDy = 0.25*D_ABSy + 0.75*D_RCSCy
    ΔDy = 0.25*Δ_ABSy + 0.75*Δ_RCSCy
    VDy = 0.25*V_ABSy + 0.75*V_RCSCy

    df = pd.DataFrame(columns=['Nivel','VDx(Tf)','VDy(Tf)','UDx(cm)','UDy(cm)'])
    for i in range(int(NT/3)):
        df = df._append({'Nivel':i+1, 'VDx(Tf)':VDx[0::3][i]/1000/9.80665,
            'VDy(Tf)':VDy[1::3][i]/1000/9.80665,'UDx(cm)':DDx[0::3][i]*100,
            'UDy(cm)':DDy[1::3][i]*100}, ignore_index=True)

    return DDx, ΔDx, VDx, DDy, ΔDy, VDy, df

```

Análisis dinámico sin escalar

```
[394]: DDx, ΔDx, VDx, DDy, ΔDy, VDy, df4 = getCombo(E030,MF,modo,Tmodes,3*nz,ni)
print('\nANÁLISIS DINÁMICO SIN ESCALAR')
df4 = df4.astype({'Nivel':int})
display(df4.round(5))
```

ANÁLISIS DINÁMICO SIN ESCALAR

| | Nivel | VDx(Tf) | VDy(Tf) | UDx(cm) | UDy(cm) |
|---|-------|----------|----------|---------|---------|
| 0 | 1 | 40.87909 | 38.65967 | 0.16958 | 0.16999 |
| 1 | 2 | 35.98620 | 34.02812 | 0.46179 | 0.47317 |
| 2 | 3 | 27.34750 | 25.95696 | 0.71120 | 0.74289 |
| 3 | 4 | 13.81492 | 13.41652 | 0.88848 | 0.94398 |

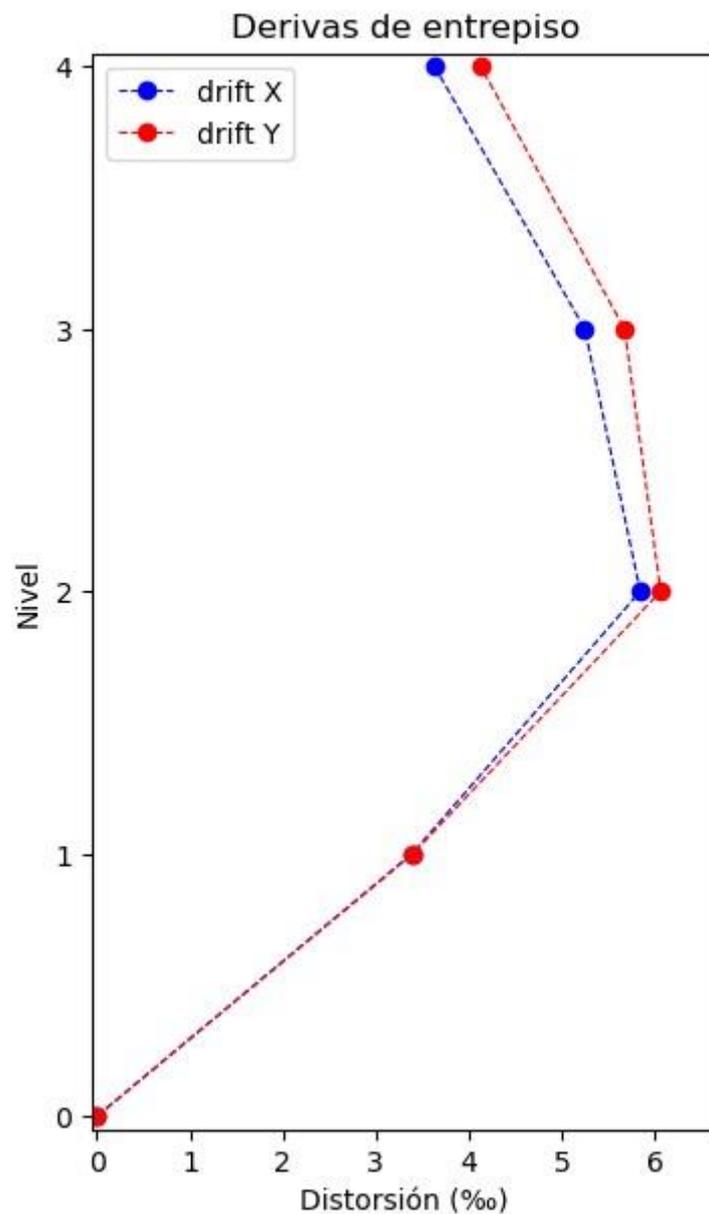
Análisis dinámico escalado

```
[403]: ## Se aplican los Factores de Escala
print('\nANÁLISIS DINÁMICO FINAL')
df5 = pd.DataFrame(columns=['Nivel', 'Vx(Tf)', 'Vy(Tf)', 'Ux(cm)', 'Uy(cm)', 'Δx(%)',
                            'Δy(%)'])
for i in range(nz):
    Δx = 0.75*Rf*ΔDx[0::3][i]/dz
    Δy = 0.75*Rf*ΔDy[1::3][i]/dz
    #
    df5 = df5._append({'Nivel':i+1, 'Vx(Tf)':FSx*VDx[0::3][i]/1000/9.80665,
                      'Vy(Tf)':FSy*VDy[1::3][i]/1000/9.80665, 'Ux(cm)':0.75*Ro*DDx[0::
↵3][i]*100,
                      'Uy(cm)':0.75*Ro*DDy[1::3][i]*100, 'Δx(%)':Δx*1000, 'Δy(%)':Δy*1000},
                      ignore_index=True)
df5 = df5.astype({'Nivel':int})
display(df5.round(4))
```

ANÁLISIS DINÁMICO FINAL

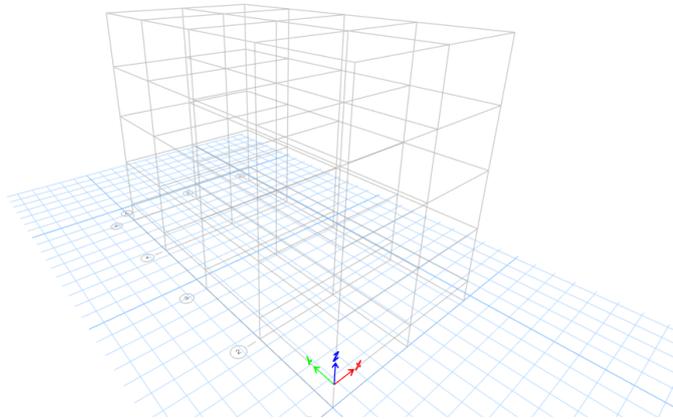
| | Nivel | Vx(Tf) | Vy(Tf) | Ux(cm) | Uy(cm) | Δx(%) | Δy(%) |
|---|-------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 1 | 57.8791 | 55.6597 | 1.0175 | 1.0199 | 3.3916 | 3.3998 |
| 1 | 2 | 52.9862 | 51.0281 | 2.7708 | 2.8390 | 5.8489 | 6.0689 |
| 2 | 3 | 44.3475 | 42.9570 | 4.2672 | 4.4573 | 5.2511 | 5.6790 |
| 3 | 4 | 30.8149 | 30.4165 | 5.3309 | 5.6639 | 3.6341 | 4.1310 |

```
[406]: ## Ploteamos las Distorsiones
vecX = np.array(df5.loc[:, ' $\Delta x(\%)$ '])
vecY = np.array(df5.loc[:, ' $\Delta y(\%)$ '])
lim = 1.1*max(vecX.max(),vecY.max())
#
plt.figure(figsize=(4,7))
plt.plot(np.insert(vecX,0,0),np.arange(nz+1),'bo--',label='drift X',lw = 0.8)
plt.plot(np.insert(vecY,0,0),np.arange(nz+1),'ro--',label='drift Y',lw = 0.8)
plt.title("Derivas de entrepiso")
plt.legend()
plt.xlabel('Distorsión (%)')
plt.ylabel('Nivel')
plt.axis([-0.05,lim,-0.05,nz+0.05])
plt.yticks(np.arange(0, nz+0.05, 1))
plt.show()
plt.savefig('./distorsion_din.png')
```



Anexos 12. Análisis dinámico Modal Espectral - ETABS

Importación de los puntos obtenidos a partir de los planos



Definición del Material del Concreto

E Material Property Data [X]

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/cm³

Mass per Unit Volume: kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/cm²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: kgf/cm²

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

Definición del Material del Acero de Refuerzo

E Material Property Data X

General Data

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/cm³

Mass per Unit Volume: kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/cm²

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Design Property Data

Advanced Material Property Data

Definición de Secciones del Marco (Columna)

The dialog box 'Frame Section Property Data' is used to define the properties of a column section. It includes the following fields and options:

- General Data:**
 - Property Name: C50X50
 - Material: $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
 - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
 - Display Color: Yellow (Change...)
 - Notes: Modify/Show Notes...
- Shape:**
 - Section Shape: Concrete Rectangular
- Section Property Source:**
 - Source: User Defined
- Section Dimensions:**
 - Depth: 50 cm
 - Width: 50 cm
- Reinforcement:** Modify/Show Rebar...
- Property Modifiers:** Modify/Show Modifiers... (Currently Default)
- Buttons:** OK, Cancel, Show Section Properties...
- Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

The diagram on the right shows a square cross-section with a grid of reinforcement bars. The vertical axis is labeled '2' and the horizontal axis is labeled '3'.

Definición de Secciones del Marco (Viga)

The dialog box 'Frame Section Property Data' is used to define the properties of a beam section. It includes the following fields and options:

- General Data:**
 - Property Name: V50X30
 - Material: $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$
 - Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
 - Display Color: Grey (Change...)
 - Notes: Modify/Show Notes...
- Shape:**
 - Section Shape: Concrete Rectangular
- Section Property Source:**
 - Source: User Defined
- Section Dimensions:**
 - Depth: 50 cm
 - Width: 30 cm
- Reinforcement:** Modify/Show Rebar...
- Property Modifiers:** Modify/Show Modifiers... (Currently Default)
- Buttons:** OK, Cancel, Show Section Properties...
- Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

The diagram on the right shows a rectangular cross-section with a grid of reinforcement bars. The vertical axis is labeled '2' and the horizontal axis is labeled '3'.

Definición de la Losa Aligerada (Losa de 20 cm)

E Slab Property Data [X]

General Data

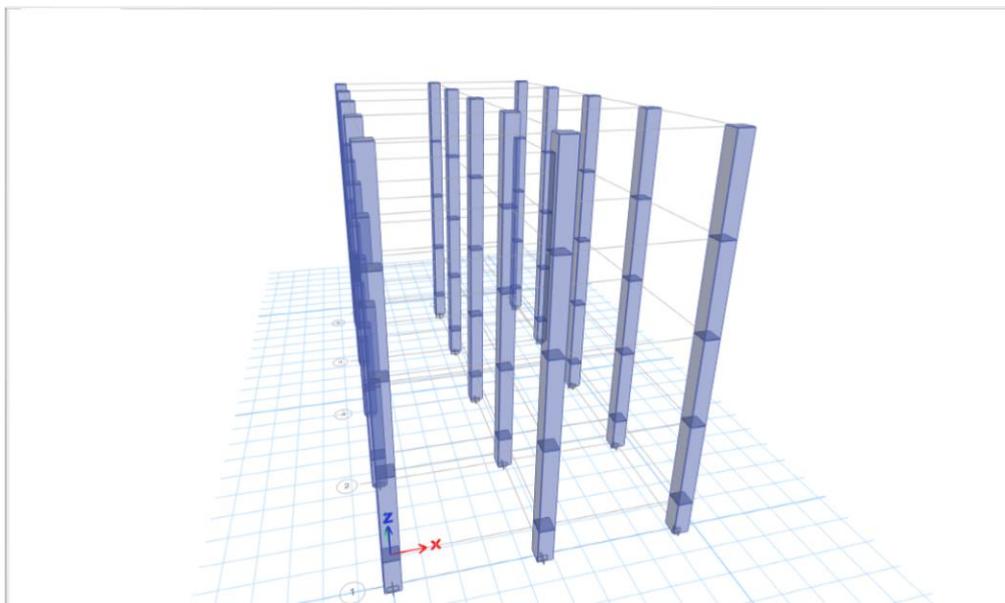
| | |
|-------------------------------|------------------------------|
| Property Name | Losa 20cm |
| Slab Material | fc=280 kg/cm2 |
| Notional Size Data | Modify/Show Notional Size... |
| Modeling Type | Shell-Thin |
| Modifiers (Currently Default) | Modify/Show... |
| Display Color | [Yellow] Change... |
| Property Notes | Modify/Show... |

Property Data

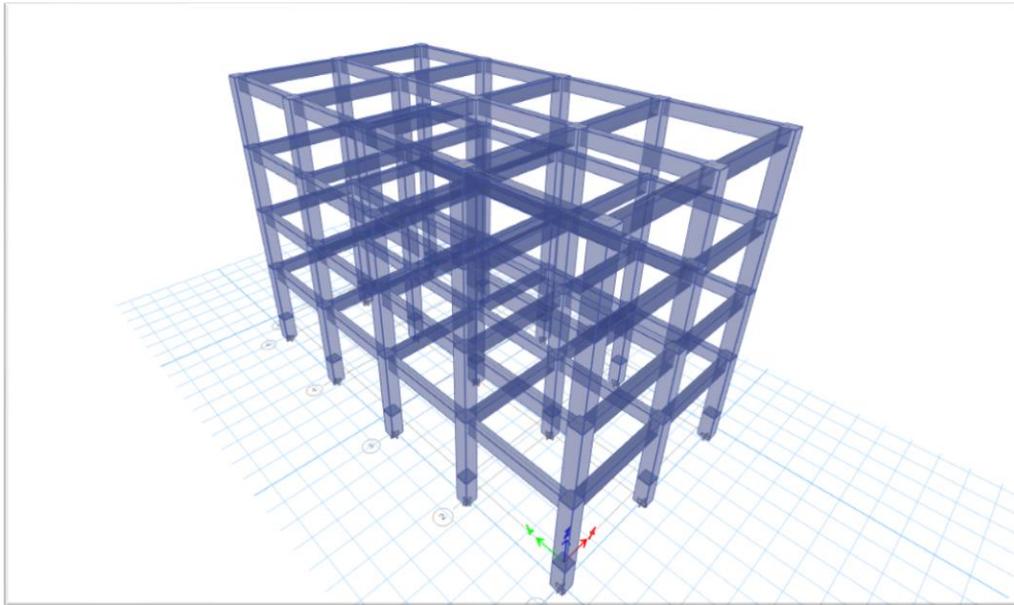
| | |
|----------------------------------------------|--------------|
| Type | Ribbed |
| Overall Depth | 20 cm |
| Slab Thickness | 5 cm |
| Stem Width at Top | 10 cm |
| Stem Width at Bottom | 10 cm |
| Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction) | 40 cm |
| Rib Direction is Parallel to | Local 1 Axis |

OK Cancel

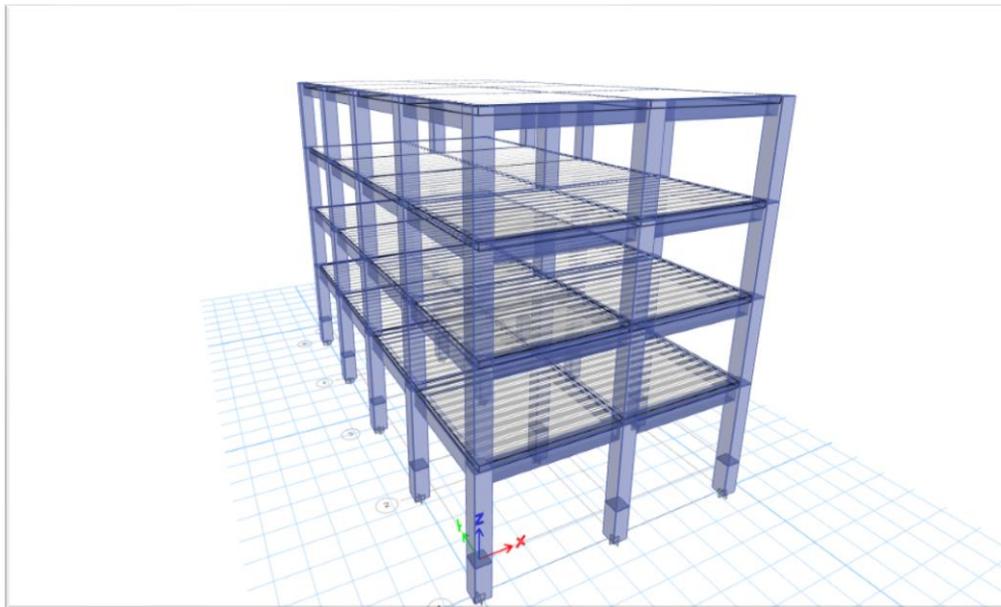
Modelamiento de Columnas



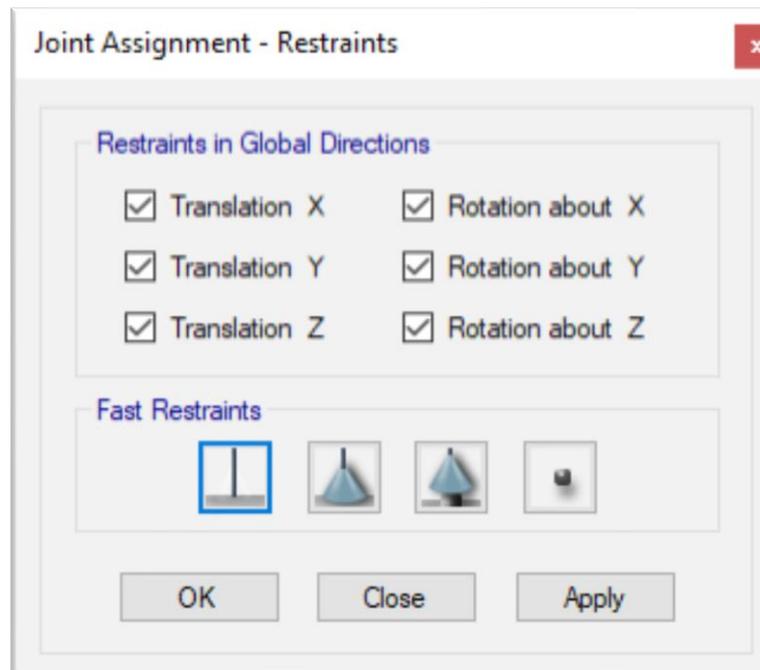
Modelamiento de Vigas



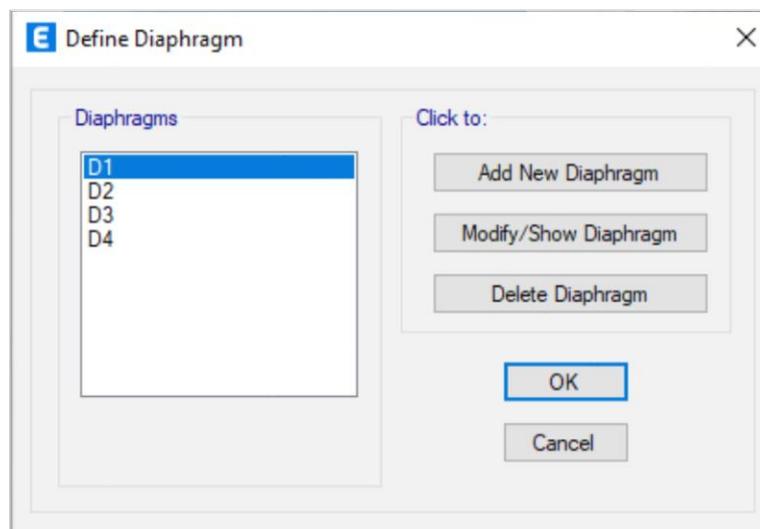
Modelado de Losas

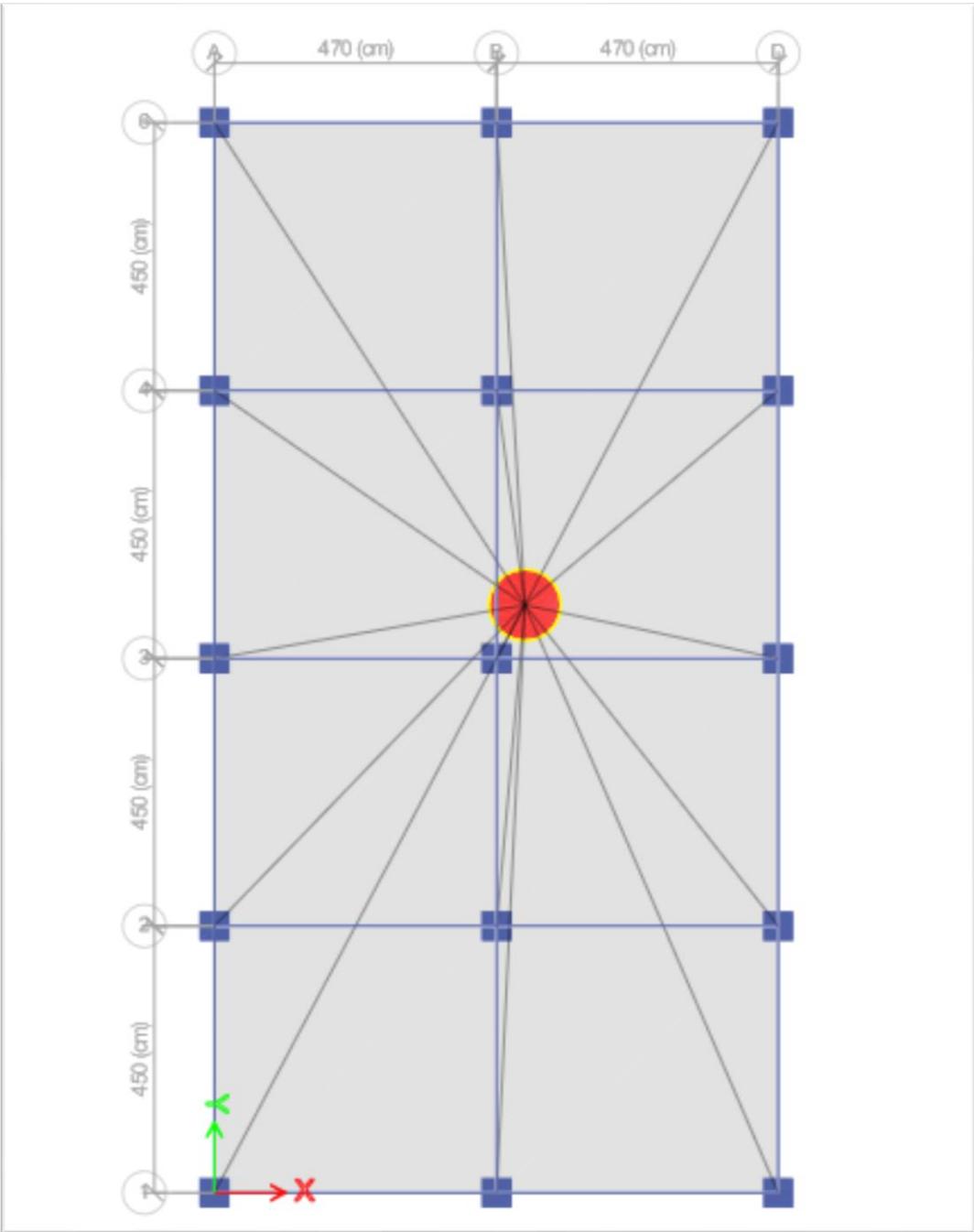


Asignación de Restricciones

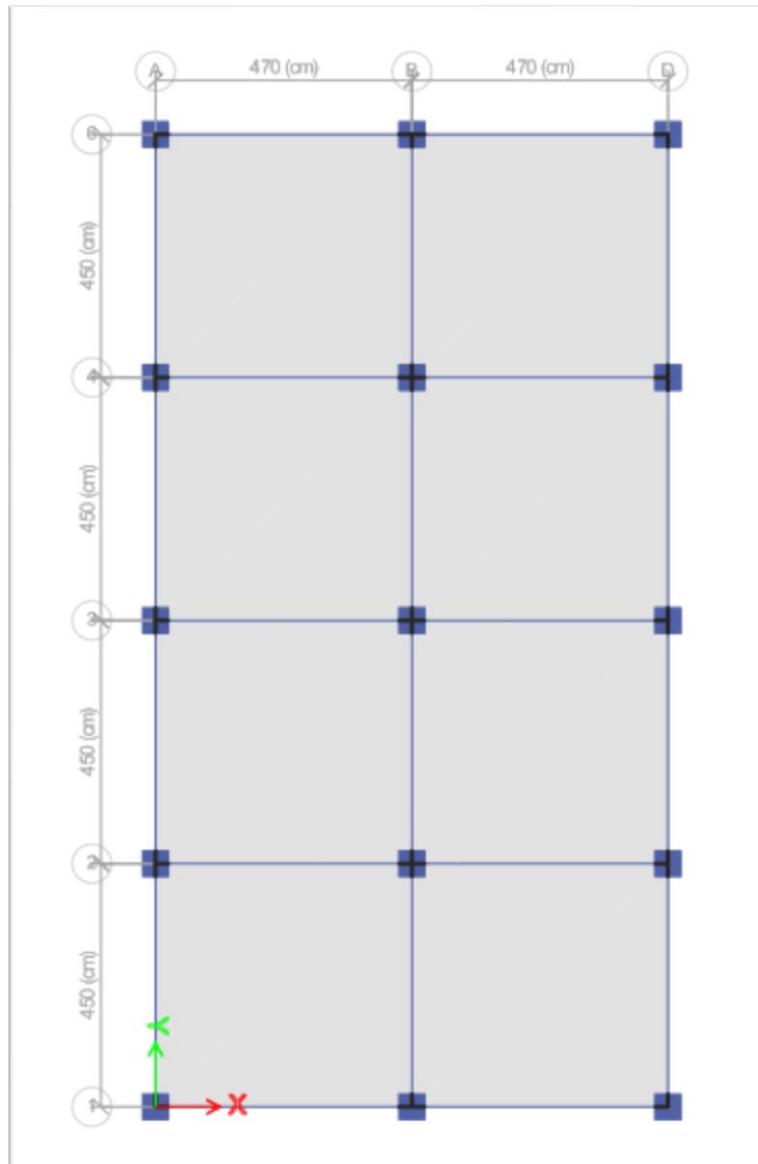


Asignación de Diafragmas Rígidos por Nivel





Asignación de Brazos Rígidos



Asignación de Cargas

E Define Load Patterns [Close]

Loads

| Load | Type | Self Weight Multiplier | Auto Lateral Load |
|------|---------|------------------------|-------------------|
| PP | Dead | 1 | |
| | | | |
| SExx | Seismic | 0 | User Coefficient |
| SEyy | Seismic | 0 | User Coefficient |

Click To:

- Add New Load
- Modify Load
- Modify Lateral Load...
- Delete Load

OK **Cancel**

Factor de Uso según la categoría de la Edificación

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

Estimación de Peso

Artículo 26.- Estimación del Peso (P)

El peso (P) se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determina de la siguiente manera:

- a) En edificaciones de las categorías A y B, se toma el 50% de la carga viva.
- b) En edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.
- c) En depósitos, se toma el 80% del peso total que es posible almacenar.
- d) En azoteas y techos en general se toma el 25% de la carga viva.
- e) En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100% de la carga que puede contener.

Asignación de Masa para Categoría "C"

Mass Source Data

Mass Source Name: Mass

Mass Source

- Element Self Mass
- Additional Mass
- Specified Load Patterns
- Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 - This Ratio of Diaphragm Width in X Direction: 0.05
 - This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction: 0.05

Mass Multipliers for Load Patterns

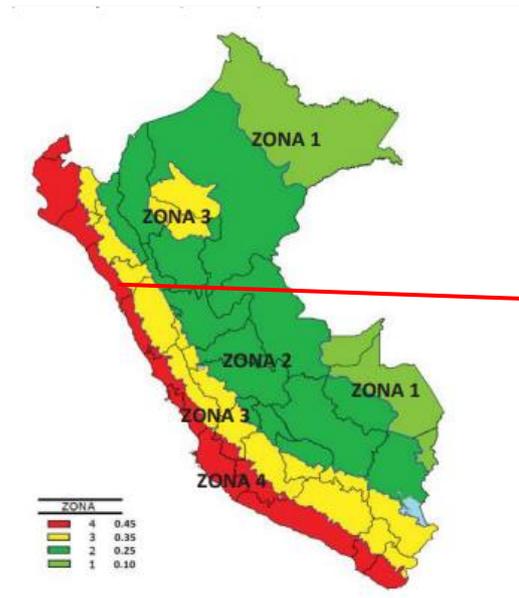
| Load Pattern | Multiplier |
|--------------|------------|
| CVT | 0.25 |
| CV | 0.25 |
| CMI | 1 |

Mass Options

- Include Lateral Mass
- Include Vertical Mass
- Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

Asignación de Zona Sísmica



El departamento de la Libertad se encuentra situado en la **Zona 4**

Tabla N° 1
FACTORES DE ZONA "Z"

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

Asignación de Factor Suelo

**Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"**

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

La estructura hacer evaluada será S1

Con periodos T_P y T_L de 0.4 y 2.5

**Tabla N° 4
PERÍODOS "T_P" Y "T_L"**

| | Perfil de suelo | | | |
|--------------------|-----------------|-----|-----|-----|
| | S0 | S1 | S2 | S3 |
| T _P (s) | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| T _L (s) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |

Asignación de Amplificación Sísmica "C"

Artículo 14.- Factor de Amplificación Sísmica (C)

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por las siguientes expresiones:

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Nuestro Periodo es mayor que T_P y T_L

Modal Participating Mass Ratios

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Modal Participating Mass Ratios

Filter: None

| | Case | Mode | Period sec | UX | UY | UZ | SumUX | SumUY | SumUZ | RX |
|---|-------|------|------------|--------|-----------|----|--------|--------|-------|--------|
| ▶ | Modal | 1 | 0.497 | 0.8453 | 0.0148 | 0 | 0.8453 | 0.0148 | 0 | 0.0021 |
| | Modal | 2 | 0.486 | 0.0183 | 0.86 | 0 | 0.8636 | 0.8748 | 0 | 0.1217 |
| | Modal | 3 | 0.416 | 0.0186 | 0.0096 | 0 | 0.8822 | 0.8844 | 0 | 0.0014 |
| | Modal | 4 | 0.15 | 0.0726 | 0.0016 | 0 | 0.9548 | 0.8859 | 0 | 0.0152 |
| | Modal | 5 | 0.147 | 0.0019 | 0.0727 | 0 | 0.9567 | 0.9586 | 0 | 0.694 |
| | Modal | 6 | 0.126 | 0.0018 | 0.0006 | 0 | 0.9585 | 0.9592 | 0 | 0.0057 |
| | Modal | 7 | 0.079 | 0.0151 | 0.0008 | 0 | 0.9736 | 0.96 | 0 | 0.0019 |
| | Modal | 8 | 0.078 | 0.0009 | 0.015 | 0 | 0.9745 | 0.975 | 0 | 0.0362 |
| | Modal | 9 | 0.067 | 0.0004 | 0.0001 | 0 | 0.975 | 0.9751 | 0 | 0.0003 |
| | Modal | 10 | 0.052 | 0.0027 | 0.0003 | 0 | 0.9777 | 0.9755 | 0 | 0.0023 |
| | Modal | 11 | 0.051 | 0.0004 | 0.0027 | 0 | 0.978 | 0.9781 | 0 | 0.0178 |
| | Modal | 12 | 0.044 | 0.0001 | 2.248E-05 | 0 | 0.9781 | 0.9782 | 0 | 0.0002 |

Coeficiente “K”

28.3. Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

28.3.1. Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calculan mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

28.3.2. Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- a) Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
 b) Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

Nuestro Periodo es menor que 0.5, por lo que $k = 1$

Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmica “Ro”

| Sistema Estructural | Coefficiente Básico de Reducción R_o (*) |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Acero: | |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) | 8 |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) | 5 |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) | 4 |
| Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) | 7 |
| Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF) | 4 |
| Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF) | 8 |
| Concreto Armado: | |
| Pórticos | 8 |
| Dual | 7 |
| De muros estructurales | 6 |
| Muros de ductilidad limitada | 4 |
| Albañilería Armada o Confinada | 3 |
| Madera | 7(**) |

Irregularidades en Altura y Planta (No cuenta con Irregularidades)

| CÁLCULO DE RATIO | | | STRUCTURE RESULTS (STORY FORCES) | | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------------------|------------------------------------|-----------------|----------|----------|------|------|--------|-----------|------------|----------------|
| AREA = | 169.20 | m ² | Story | Load Case/Combo | Location | P | VX | VY | T | MX | MY | Peso por Nivel |
| PESO = | 111.96 | Ton | | | | tonf | tonf | tonf | tonf-m | tonf-m | tonf-m | tonf |
| RATIO = | 0.66 | Ton/m ² | NIVEL 4 | P=100CM+25CV | Bottom | 95.0416 | 0 | 0 | 0 | 855.374 | -446.6953 | 95.0416 |
| | | | NIVEL 3 | P=100CM+25CV | Bottom | 207.0031 | 0 | 0 | 0 | 1863.028 | -972.9146 | 111.9615 |
| | | | NIVEL 2 | P=100CM+25CV | Bottom | 318.9647 | 0 | 0 | 0 | 2870.682 | -1499.1339 | 111.9616 |
| | | | NIVEL 1 | P=100CM+25CV | Bottom | 430.9262 | 0 | 0 | 0 | 3878.3359 | -2025.3532 | 111.9615 |
| | | | PESO TOTAL DE LA EDIFICACIÓN (P) = | | | | | | | | | |
| | | | 430.9262 tonf | | | | | | | | | |

| IRREGULARIDADES EN ALTURA | | |
|----------------------------------------------------|-------|---|
| Irregularidades de Masa o Peso | [0.9] | 1 |
| Irregularidad de Geometría Vertical | [0.9] | 1 |
| Discontinuidad en los sistemas resistentes | [0.9] | 1 |
| Discontinuidad Extrema en los sistemas resistentes | [0.6] | 1 |
| IRREGULARIDADES EN ALTURA [Ia] X - X = | | 1 |
| IRREGULARIDADES EN ALTURA [Ia] Y - Y = | | 1 |

| IRREGULARIDADES EN PLANTA | | |
|-------------------------------------------|--------|---|
| Esquinas entrantes (Cumplir ambas direc.) | [0.9] | 1 |
| Discontinuidad en Diafragma | [0.85] | 1 |
| Sistemas No Paralelos | [0.6] | 1 |
| IRREGULARIDADES EN PLANTA [IP] X - X = | | 1 |
| IRREGULARIDADES EN PLANTA [IP] Y - Y = | | 1 |

| Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA | Factor de Irregularidad I _r |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p> | 0,75 |
| <p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p> | 0,50 |
| <p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p> | 0,90 |
| <p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p> | 0,90 |
| <p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p> | 0,80 |
| <p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p> | 0,60 |

| Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA | Factor de Irregularidad I _p |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p>Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p> | 0,75 |

| Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA | Factor de Irregularidad I _p |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p> | 0,60 |
| <p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p> | 0,90 |
| <p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p> | 0,85 |
| <p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p> | 0,90 |

Asignación de Patrón de Carga Sísmica en “X”

The dialog box is titled "Seismic Load Pattern - User Defined" and contains the following settings:

- Direction and Eccentricity:**
 - X Dir
 - X Dir + Eccentricity
 - X Dir - Eccentricity
 - Y Dir
 - Y Dir + Eccentricity
 - Y Dir - Eccentricity
 - Ecc. Ratio (All Diaph.): 0.05
 - Overwrite Eccentricities: Overwrite...
- Factors:**
 - Base Shear Coefficient, C: 0.11341
 - Building Height Exp., K: 1
- Story Range:**
 - Top Story: NIVEL 4
 - Bottom Story: NIVEL 1

Buttons: OK, Cancel

Asignación de Patrón de Carga Sísmica en “Y”

The dialog box is titled "Seismic Load Pattern - User Defined" and contains the following settings:

- Direction and Eccentricity:**
 - X Dir
 - X Dir + Eccentricity
 - X Dir - Eccentricity
 - Y Dir
 - Y Dir + Eccentricity
 - Y Dir - Eccentricity
 - Ecc. Ratio (All Diaph.): 0.05
 - Overwrite Eccentricities: Overwrite...
- Factors:**
 - Base Shear Coefficient, C: 0.11341
 - Building Height Exp., K: 1
- Story Range:**
 - Top Story: NIVEL 4
 - Bottom Story: NIVEL 1

Buttons: OK, Cancel

Asignación de Espectro Respuesta en "X"

E Response Spectrum Function - Peru NTE E.030 2014 X

Function Name: Function Damping Ratio:

Parameters

Seismic Zone:
Occupation Category:
Soil Type:
Irregularity Factor, Ia:
Irregularity Factor, Ip:
Basic Response Modification Factor, R0:

Define Function

| Period | Acceleration |
|--------|--------------|
| 0 | 0.1406 |
| 0.1 | 0.1406 |
| 0.2 | 0.1406 |
| 0.3 | 0.1406 |
| 0.4 | 0.1406 |
| 0.5 | 0.1125 |

Plot Options

Linear X - Linear Y
 Linear X - Log Y
 Log X - Linear Y
 Log X - Log Y

Function Graph

Asignación de Espectro Respuesta en "Y"

E Response Spectrum Function - Peru NTE E.030 2014 ✕

Function Name:

Function Damping Ratio:

Parameters

Seismic Zone:

Occupation Category:

Soil Type:

Irregularity Factor, Ia:

Irregularity Factor, Ip:

Basic Response Modification Factor, R0:

Define Function

| Period | Acceleration |
|--------|--------------|
| 0 | 0.1406 |
| 0.1 | 0.1406 |
| 0.2 | 0.1406 |
| 0.3 | 0.1406 |
| 0.4 | 0.1406 |
| 0.5 | 0.1125 |

Plot Options

Linear X - Linear Y

Linear X - Log Y

Log X - Linear Y

Log X - Log Y

Function Graph

Asignación de Sismos Dinámico en "X"

E Load Case Data ×

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (Mass)

Analysis Model: Default

Loads Applied

| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U1 | ESPECTRO XX | 980.67 |

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: Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: Modify/Show...

OK Cancel

Asignación de Sismo Dinámico en “Y”

E Load Case Data ×

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Mass Source: Previous (Mass)

Analysis Model: Default

Loads Applied

| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
|--------------|-----------|-------------|--------------|
| Acceleration | U2 | ESPECTRO YY | 980.665 |

i 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...

OK Cancel

Asignación de combos para el cálculo de Derivas en "X" y "Y"

Artículo 31.- Determinación de Desplazamientos Laterales

31.1. Para estructuras regulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por $0,75 R$ los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas. Para estructuras irregulares, los desplazamientos laterales se calculan multiplicando por $0,85 R$ los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.
31.2. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se consideran los valores mínimos de C/R indicados en el numeral 28.2 ni el cortante mínimo en la base especificado en el numeral 29.4.

Para la estructura sería:

$$0.75 \cdot R$$

$$R_{IXX} = 0.75 \cdot 8 = 6$$

$$R_{IYY} = 0.75 \cdot 8 = 6$$

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: RIXX

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

| Load Name | Scale Factor |
|-----------|--------------|
| SDxx | 6 |

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel

Load Combination Data

General Data

Load Combination Name: RIYY

Combination Type: Linear Add

Notes: Modify/Show Notes...

Auto Combination: No

Define Combination of Load Case/Combo Results

| Load Name | Scale Factor |
|-----------|--------------|
| SDyy | 6 |

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel

Load Combinations

Combinations

- P=100CM+25CV
- RIXX
- RIYY

Click to:

Buttons: Add New Combo..., Add Copy of Combo..., Modify/Show Combo..., Delete Combo, Add Default Design Combos..., Convert Combos to Nonlinear Cases..., OK, Cancel

Gráfico de los desplazamientos dinámicos en "X"

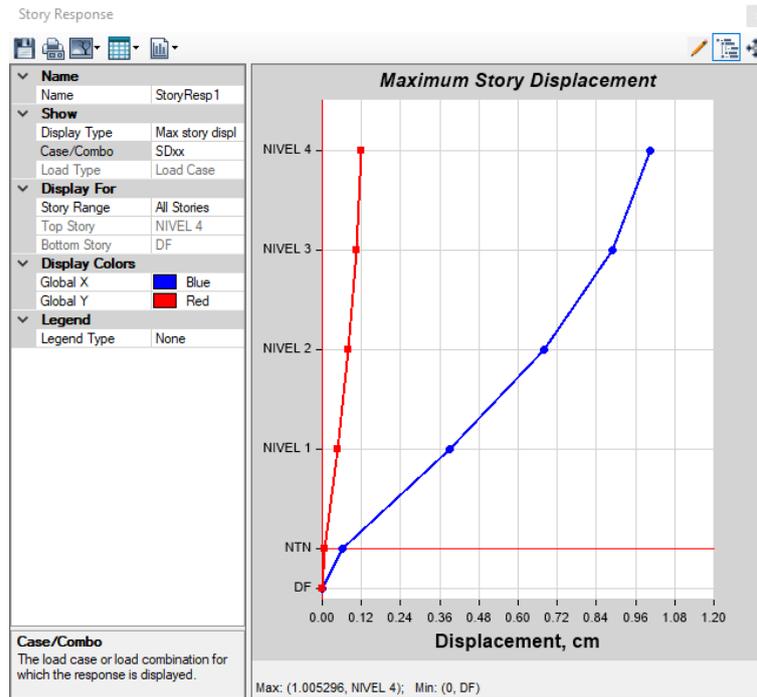


Gráfico de los desplazamientos dinámicos en "Y"

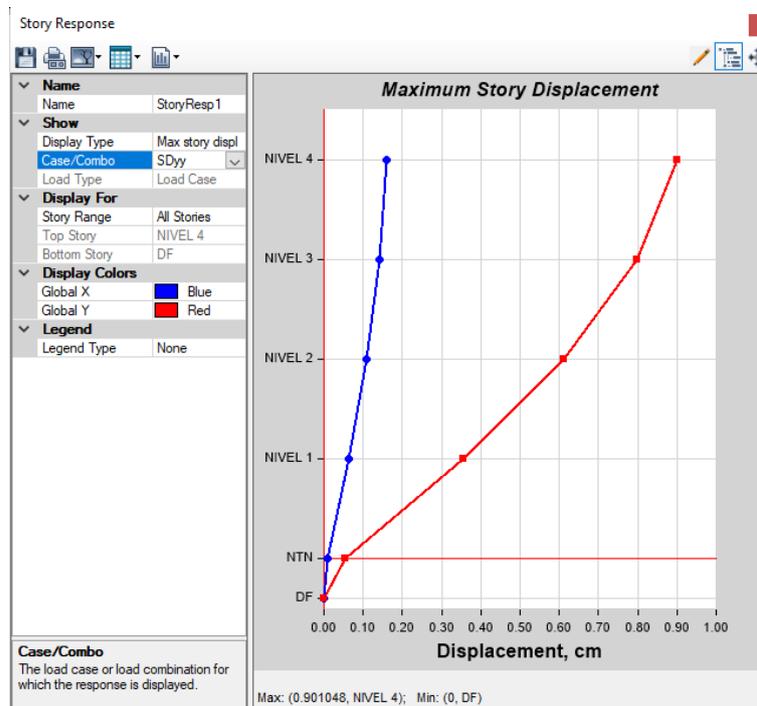


Gráfico de las derivas en dirección "X"

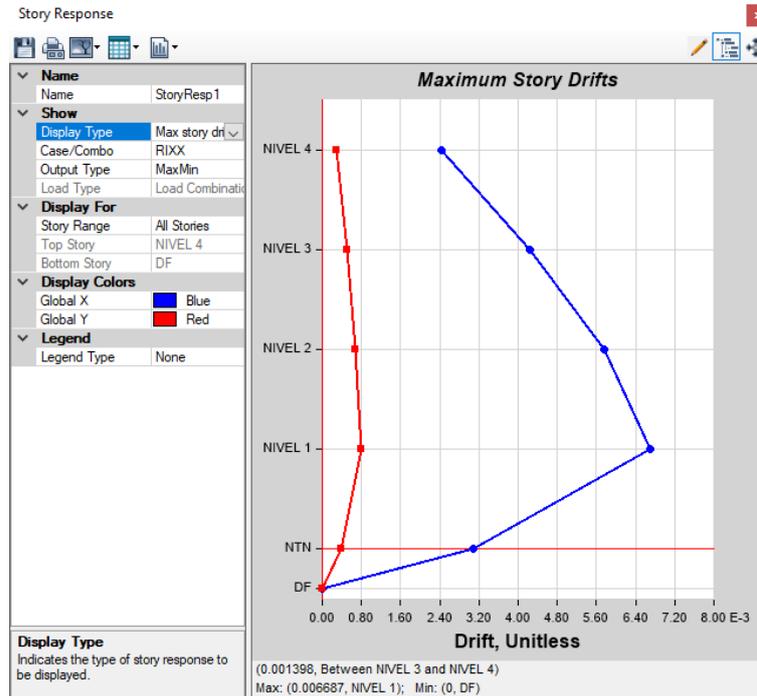
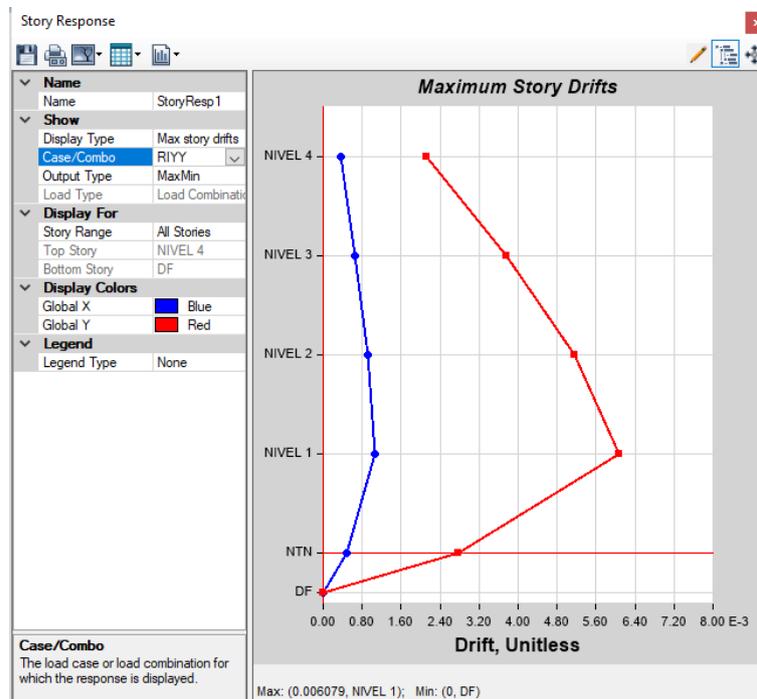


Gráfico de las derivas en dirección "Y"



Anexos 13. Código de Análisis dinámico Tiempo Historia - OpenSeesPy

```
[39]: #IMPORTACIÓN DE LIBRERÍAS
from openseespy.opensees import *
import numpy as np
import opsv as opsv
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import warnings
from Functions import*
warnings.filterwarnings("ignore")
%matplotlib inline
#DEFINICIÓN DE UNIDADES
m=1
kg=1
s=1
g=9.80665*m/s**2
cm=0.01*m
kgf=g*kg
Tnf=1000*kgf
#MODELADO DE LA ESTRUCTURA
wipe()
#Tipo de modelo #Dimensión #Grados de libertad
model( 'basic', '-ndm', 3, '-ndf', 6)
#Importación de nodos
data1 = pd.read_excel('GEO_PLANO.xlsx', sheet_name='COOR.')
nodos = data1.to_numpy(dtype = np.float64)
for idx, nodoi in enumerate(nodos): # Enumeración de nodos
    node(idx+1,* nodoi)
fixZ (0, *[1,1,1,1,1,1]) # Restricción de los apoyos
#DEFINICIÓN DE MATERIALES
fc = 280*kg/cm**2 ## Resistencia de concreto
E = 150*(fc**0.5)*(kgf/cm**2) ## Elasticidad del concreto
v = 0.2 ## Módulo de poisson
G = 0.5*E/(1+v) ## Módulo de corte
= 2400*kg/m**3 ## Densidad del concreto
```

```
[44]: #DEFINICIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
#Viga 30cmx50cm
b, h = 30*cm, 50*cm
Av = b*h
Izv = b*(h**3)/12
Iyv = (b**3)*h/12
aa, bb = max(b,h), min(b,h)
        = 1/3-0.21*bb/aa*(1-(bb/aa)**4/12)
Jxxv = *bb**3*aa
#Columna 50cmx50cm
a=50*cm
Ac = a**2
Izc = a**4/12
Iyc = a**4/12
aa, bb = max(a,a), min(a,a)
        = 1/3-0.21*(1-(1)**4/12)
Jxxc = *a**3*a
#TRANSFORMACIÓN GEOMETRICA DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES
CTransform = 1 # Para columnas
geomTransf('PDelta',CTransform, *[1,0,0])
Cnumeros = range(1,61)
for i in Cnumeros:
    element('elasticBeamColumn',i,i,i+15,Ac,E,G,Jxxc,Iyc,Izc,CTransform,'-mass',
            *Ac*10**-8)
BTransform = 2 # Para Vigas
geomTransf('Linear', BTransform, *[0,0,1])
data2 = pd.read_excel('GEO_PLANO.xlsx', sheet_name='VIGAS')
vigas = data2.to_numpy(dtype = np.float64)
for idx, vigasi in enumerate(vigas):
    element('elasticBeamColumn',idx+61,int(vigas[idx][0]),int(vigas[idx][1]),
            Av,E,G,Jxxv,Iyv,Izv,BTransform,'-mass', *Av*10**-8)
```

```
[3]: #ASIGNACIÓN DE MASAS EN CADA NODO
areas = []
areas.append(5.2875*1) ## Área nodo 16,31,46,61
areas.append(10.575*1) ## Área nodo 17,32,47,62
areas.append(10.575*1) ## Área nodo 18,33,48,63
areas.append(10.575*1) ## Área nodo 19,34,49,64
areas.append(5.2875*1) ## Área nodo 20,35,50,65
areas.append(10.575*1) ## Área nodo 21,36,51,66
areas.append(21.15*1) ## Área nodo 22,37,52,67
areas.append(21.15*1) ## Área nodo 23,38,53,68
areas.append(21.15*1) ## Área nodo 24,39,54,69
```

```

areas.append(10.575*1)    ## Área nodo 25,40,55,70
areas.append(5.2875*1)    ## Área nodo 26,41,56,71
areas.append(10.575*1)    ## Área nodo 27,42,57,72
areas.append(10.575*1)    ## Área nodo 28,43,58,73
areas.append(10.575*1)    ## Área nodo 29,44,59,74
areas.append(5.2875*1)    ## Área nodo 30,45,60,75
#Metrado de cargas
##Carga Muerta
W_losa = 300*kg/m**2
W_acabados=100*kg/m**2
W_tab=150*kg/m**2
##Carga Viva
W_live = 400*kg/m**2
#MASA EN CADA NODO
## Para primer, segundo, tercer nivel
W_TOTAL = 1.0*(W_losa+W_acabados+W_tab)+0.25*(W_live)
M_nodos = [area * W_TOTAL for area in areas]
## Para cuarto nivel
W_Live=100*kg/m**2
W_Total = 1.0*(W_losa+W_acabados)+0.25*(W_Live)
M_Nodos = [area * W_Total for area in areas]

```

```

[4]: #CENTRO DE MASAS
Total_mass = np.sum(M_nodos)    ## Para primer, segundo y
    ↪tercer nivel
x_cm = np.sum(nodos[:15,0] * M_nodos) / Total_mass
y_cm = np.sum(nodos[:15,1] * M_nodos) / Total_mass
Total_Mass = np.sum(M_Nodos)    ## Para cuarto nivel
X_cm = np.sum(nodos[:15,0] * M_Nodos) / Total_Mass
Y_cm = np.sum(nodos[:15,1] * M_Nodos) / Total_Mass

#AGREGANDO LOS NODOS DE CENTRO DE MASA
Tagnode_CM = int(len(nodos)+1)
node(Tagnode_CM, x_cm, y_cm,3)    ## PRIMER NIVEL
fix(Tagnode_CM,*[0,0,1,1,1,0])
node(Tagnode_CM+1, x_cm, y_cm, 6)    ## SEGUNDO NIVEL
fix(Tagnode_CM+1,*[0,0,1,1,1,0])
node(Tagnode_CM+2, x_cm, y_cm, 9)    ## TERCER NIVEL
fix(Tagnode_CM+2,*[0,0,1,1,1,0])
node(Tagnode_CM+3, X_cm, Y_cm, 12)    ## CUARTO NIVEL
fix(Tagnode_CM+3,*[0,0,1,1,1,0])

perpDirn = 3    ## Agregando nodos de
    ↪rigidez
for cNodeTags in range(16,31):    ## Diafragma de primer
    ↪nivel
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM, cNodeTags)

```

```

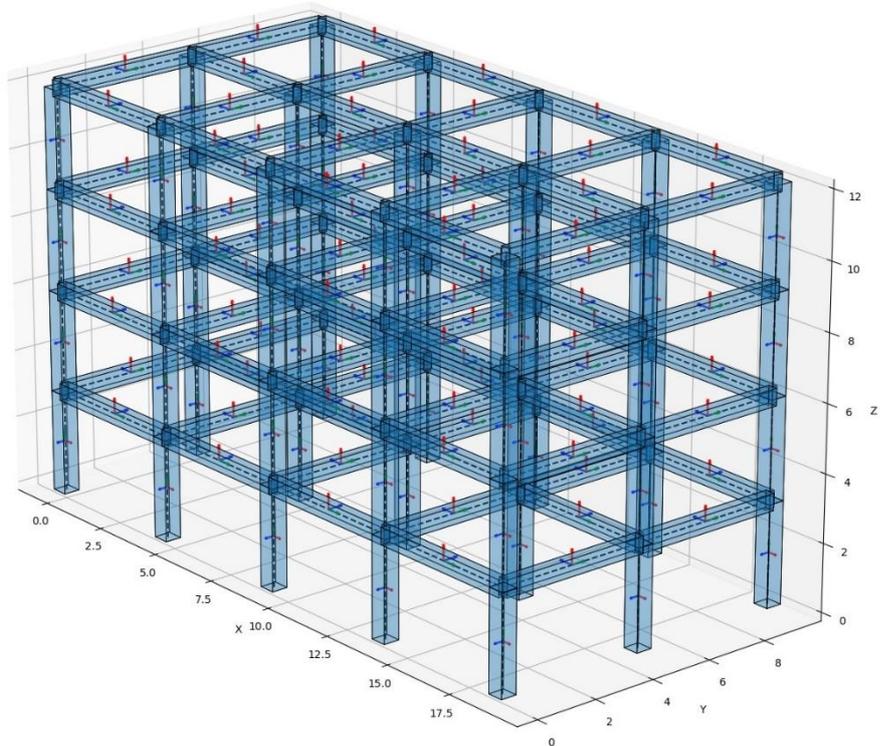
for cNodeTags in range(31,46):                                ## Diafragma de segundo_
    ↪nivel
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM+1, cNodeTags)
for cNodeTags in range(46,61):                                ## Diafragma de tercer_
    ↪nivel
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM+2, cNodeTags)
for cNodeTags in range(61,76):                                ## Diafragma de cuarto_
    ↪nivel
    rigidDiaphragm(perpDirn, Tagnode_CM+3, cNodeTags)

```

```

[5]: #ASIGNANDO MASAS POR NIVEL
for i in range (15):
    mass(i+16, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0])    #Primer Nivel
    mass(i+31, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0])    #Segundo Nivel
    mass(i+46, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0])    #Tercer Nivel
    mass(i+61, *[M_nodos[i],M_nodos[i],0.0])    #Cuarto Nivel
#MODELO 3D(EXTRUDE)
n_elements=len(vigas)+len(nodos)
ele_shapes={}
for i in range(n_elements):
    if i + 1 < 62:    #column
        ele_shapes[i] = ['rect', [a, a]]
    else: # beam
        ele_shapes[i] = ['rect', [h, b]]
opsv.plot_extruded_shapes_3d(ele_shapes, fig_wi_he=(40.0, 32.0),
                             az_el=(-40,20),fig_lbrt = (0, 0, 1, 1))
plt.savefig('Model_3D_Extrude_TH.png')
plt.show()

```




```

[8]: # tag dir accel timeSeries
pattern('UniformExcitation',201,1,'-accel',200)
pattern('UniformExcitation',301,2,'-accel',300)
integrator('Newmark',0.50,0.25) # Por defecto gamma=1/2, beta=1/4
analysis('Transient')
# Vectores para plotear
tPlot = []
uxPlot = []
uyPlot = []
VbxPlot = []
VbyPlot = []
N2IPlot = []
U2IPlot = []
t = getTime() # Tiempo actual en analisis
dt = 0.01*s # Analisis: Tiempo de duracion y delta-t
Tfinal = 60.0*s
while t < Tfinal:
    ok = analyze(1,dt)
    if ok < 0:
        break
    reactions()

    t = getTime() # Entrega el tiempo actual
    ux = nodeDisp(79,1) # Desplazamiento Azotea
    uy = nodeDisp(79,2) # Desplazamiento Azotea
    # Cortante Basal _XX
    Vbx = nodeReaction(1,1) +
    ↪nodeReaction(2,1)+nodeReaction(3,1)+nodeReaction(4,1)+
    nodeReaction(5,1)+nodeReaction(6,1)+nodeReaction(7,1)+nodeReaction(8,1)+
    nodeReaction(9,1)+nodeReaction(10,1)+nodeReaction(11,1)+nodeReaction(12,1)+
    nodeReaction(13,1)+nodeReaction(14,1)+nodeReaction(15,1)
    # Cortante Basal _YY
    Vby =
    ↪nodeReaction(1,2)+nodeReaction(2,2)+nodeReaction(3,2)+nodeReaction(4,2)+
    nodeReaction(5,2)+ nodeReaction(6,2)+nodeReaction(7,2)+nodeReaction(8,2)+
    nodeReaction(9,2)+nodeReaction(10,2)+nodeReaction(11,2)+nodeReaction(12,2)+
    nodeReaction(13,2)+nodeReaction(14,2)+nodeReaction(15,2)
    N2I = basicForce(2)[0]
    U2I = basicDeformation(2)[0]
    # Almacenar para ploteo
    tPlot = np.append(tPlot,t)
    uxPlot = np.append(uxPlot,ux)
    uyPlot = np.append(uyPlot,uy)
    VbxPlot = np.append(VbxPlot,Vbx)
    VbyPlot = np.append(VbyPlot,Vby)
    N2IPlot = np.append(N2IPlot,N2I)
    U2IPlot = np.append(U2IPlot,U2I)

```

```
[9]: import numpy as np

# Suponiendo que ya tienes los datos almacenados en las listas tPlot, uxPlot,
  ↪uyPlot, VbxPlot, VbyPlot, N2IPlot, U2IPlot

# Especifica la ruta del archivo donde deseas guardar los datos
ruta_archivo = 'datos_simulacion.txt'

# Concatena todos los datos en una matriz
datos = np.column_stack((tPlot, uxPlot, uyPlot, VbxPlot, VbyPlot, N2IPlot,
  ↪U2IPlot))

# Guarda los datos en un archivo de texto
np.savetxt(ruta_archivo, datos, delimiter='\t',
  ↪header='tiempo\tux\tuy\tVbx\tVby\tN2I\tU2I', comments='')

print("Datos guardados en:", ruta_archivo)
```

```
[10]: plt.figure()
plt.plot(tPlot,uxPlot)
plt.grid()
plt.title('UMxx vs t')
plt.savefig('Desplazamientos máximos_XX.png')

plt.figure()
plt.plot(tPlot,uyPlot)
plt.grid()
plt.title('UMyy vs t')
plt.savefig('Desplazamientos máximos_YY.png')

plt.figure()
plt.plot(tPlot,VbxPlot)
plt.grid()
plt.title('Vx vs t')
plt.savefig('Fuerzas cortantes_XX.png')

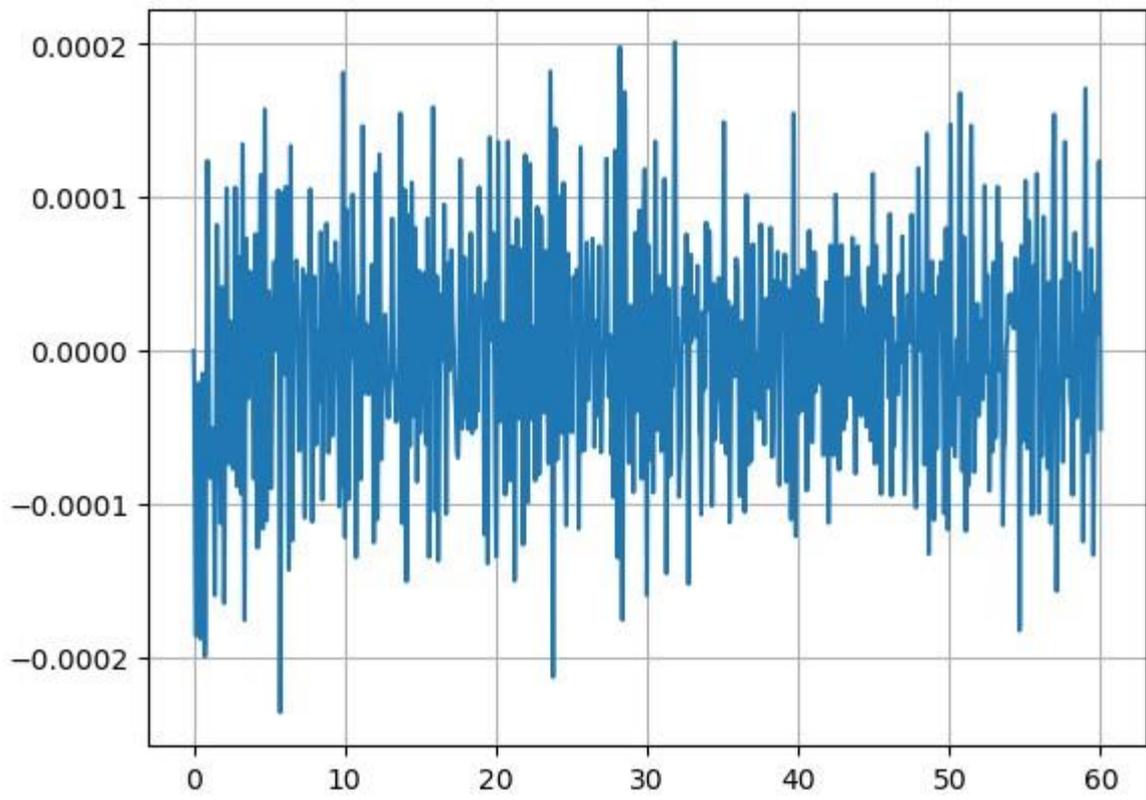
plt.figure()
plt.plot(tPlot,VbyPlot)
plt.grid()
plt.title('Vy vs t')
plt.savefig('Fuerzas cortantes_YY.png')

plt.figure()
plt.plot(uxPlot,VbxPlot)
plt.grid()
plt.title('Ux vs Vx')
plt.savefig('Ux vs Vx.png')

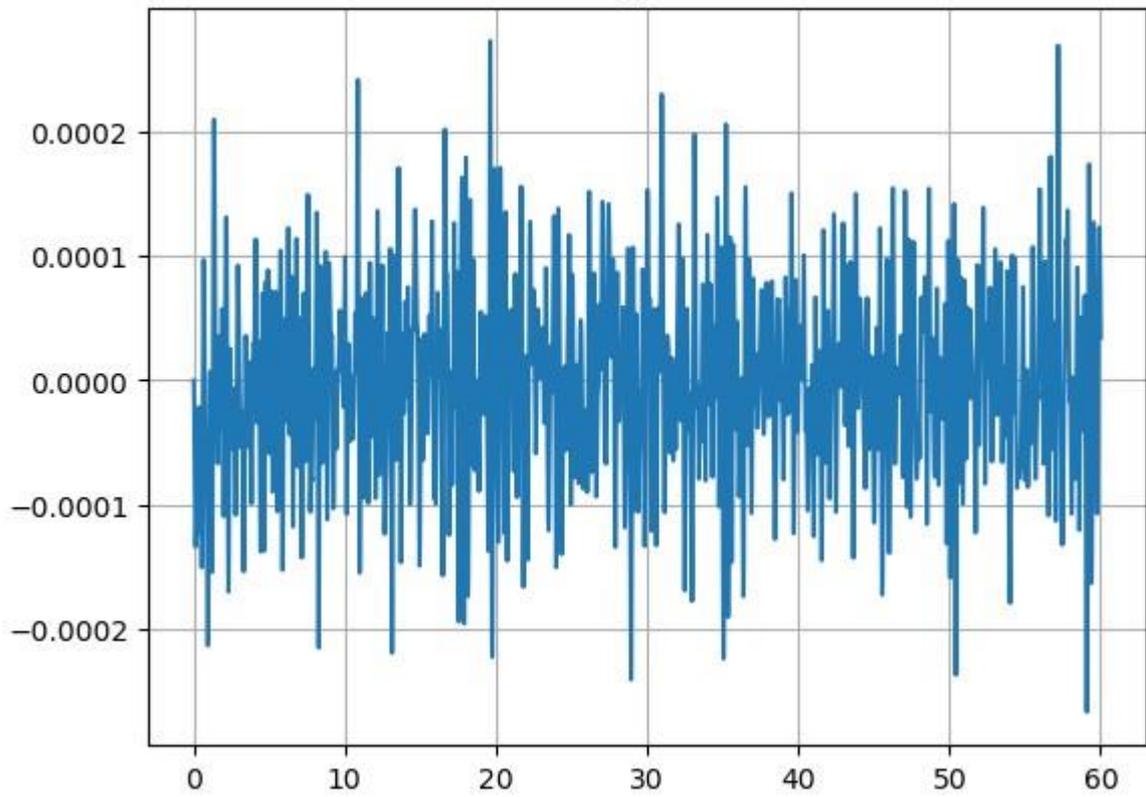
plt.figure()
plt.plot(uyPlot,VbyPlot)
plt.grid()
plt.title('Uy vs Vy')
plt.savefig('Uy vs Vy.png')

plt.figure()
plt.plot(U2IPlot,N2IPlot)
plt.grid()
plt.title('Vbasal vs Ubasal')
plt.savefig('V_basal vs U_basal.png')
```

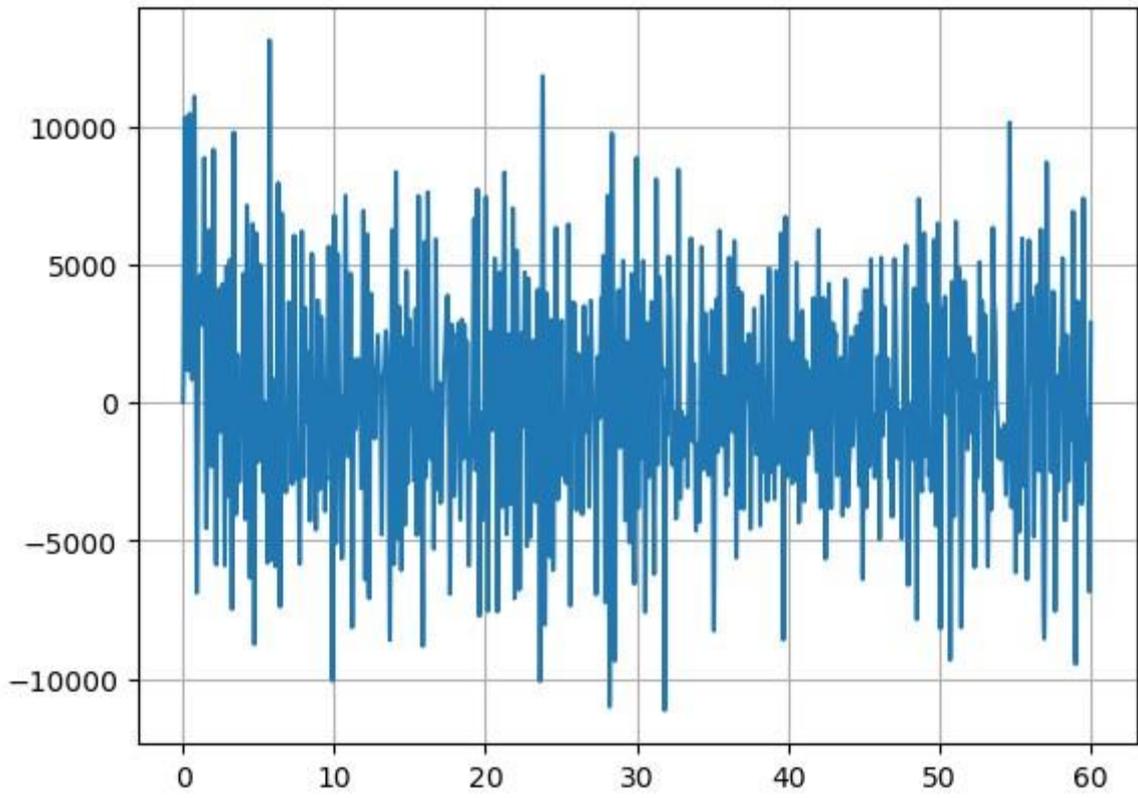
UMxx vs t



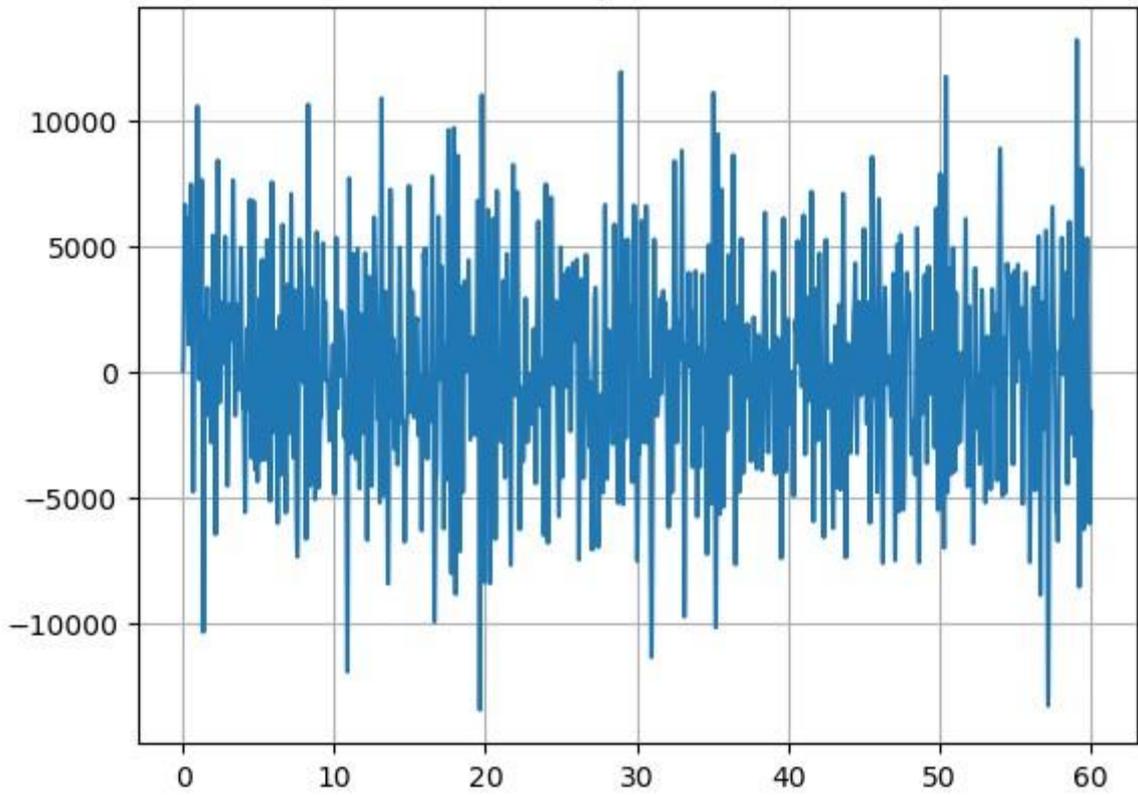
UMyy vs t



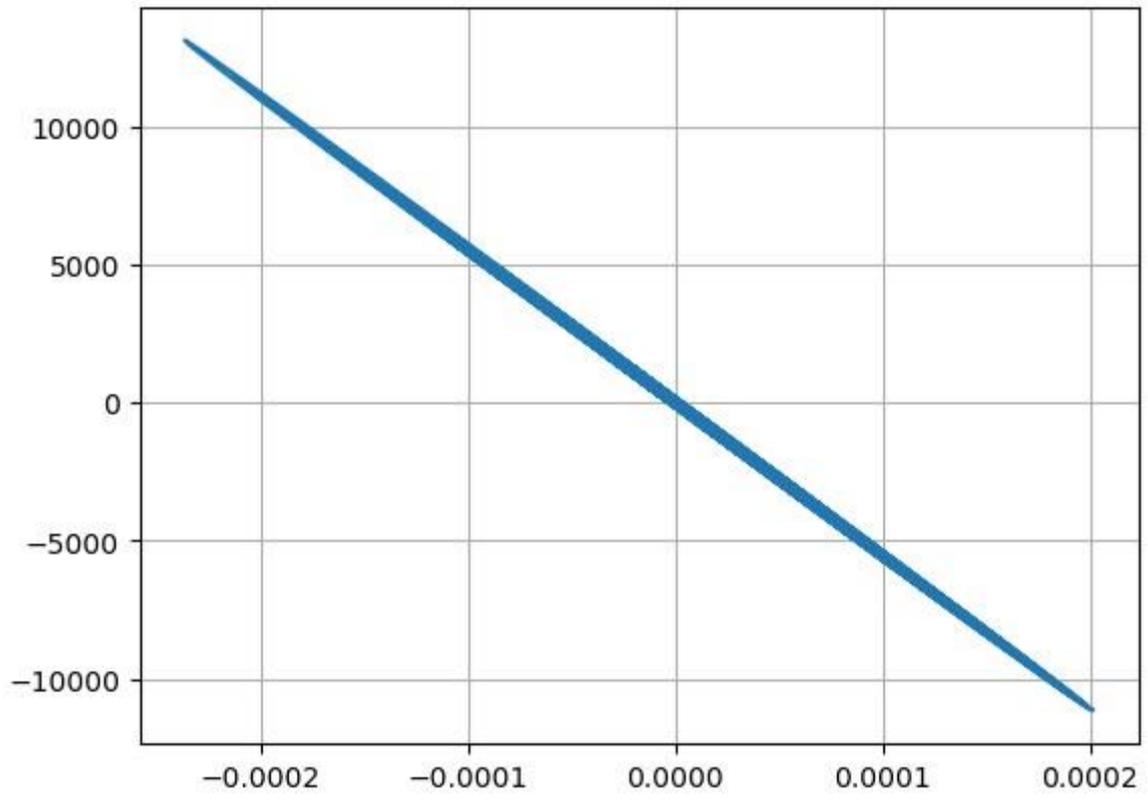
Vx vs t



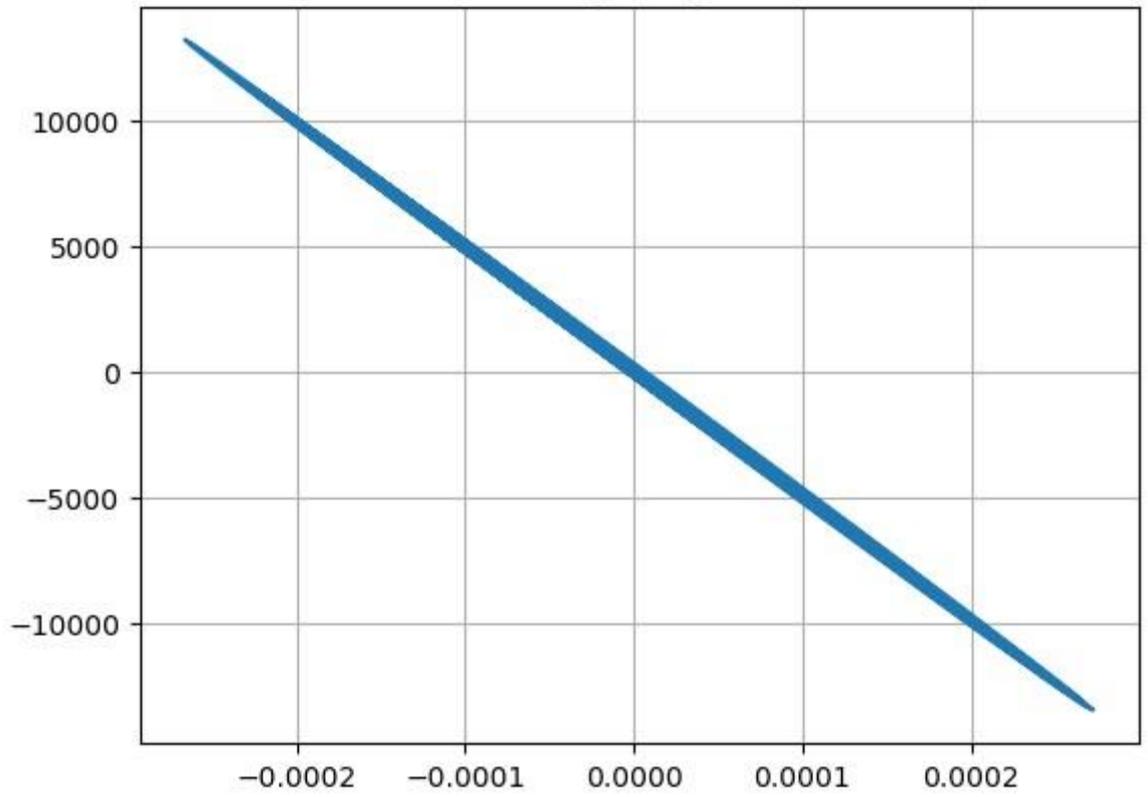
Vy vs t



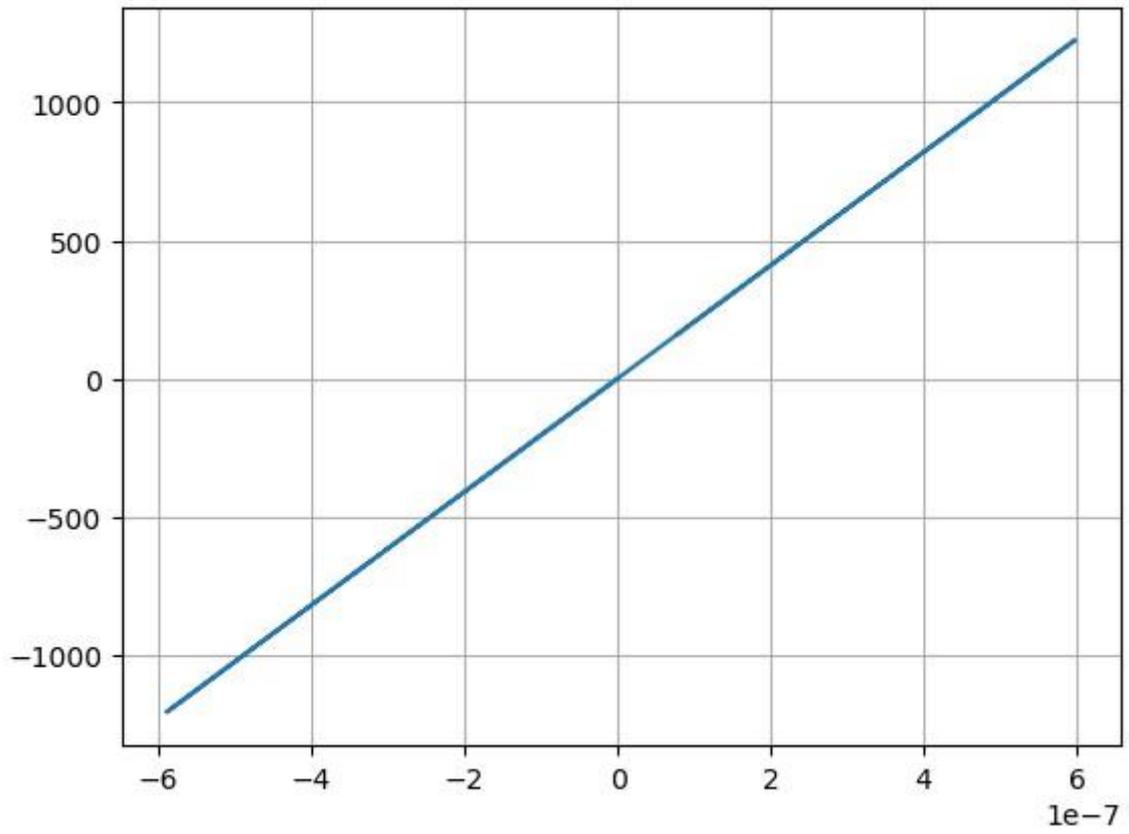
Ux vs Vx



Uy vs Vy



Vbasal vs Ubasal



Anexos 14. Coordenadas del modelo

| Nodo | X | Y | Z |
|-------------|----------|----------|----------|
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 4.7 | 0 | 0 |
| 3 | 9.4 | 0 | 0 |
| 4 | 14.1 | 0 | 0 |
| 5 | 18.8 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 4.7 | 0 |
| 7 | 4.7 | 4.7 | 0 |
| 8 | 9.4 | 4.7 | 0 |
| 9 | 14.1 | 4.7 | 0 |
| 10 | 18.8 | 4.7 | 0 |
| 11 | 0 | 9.4 | 0 |
| 12 | 4.7 | 9.4 | 0 |
| 13 | 9.4 | 9.4 | 0 |
| 14 | 14.1 | 9.4 | 0 |
| 15 | 18.8 | 9.4 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 3 |
| 17 | 4.7 | 0 | 3 |
| 18 | 9.4 | 0 | 3 |
| 19 | 14.1 | 0 | 3 |
| 20 | 18.8 | 0 | 3 |
| 21 | 0 | 4.7 | 3 |
| 22 | 4.7 | 4.7 | 3 |
| 23 | 9.4 | 4.7 | 3 |
| 24 | 14.1 | 4.7 | 3 |
| 25 | 18.8 | 4.7 | 3 |
| 26 | 0 | 9.4 | 3 |
| 27 | 4.7 | 9.4 | 3 |
| 28 | 9.4 | 9.4 | 3 |
| 29 | 14.1 | 9.4 | 3 |
| 30 | 18.8 | 9.4 | 3 |
| 31 | 0 | 0 | 6 |
| 32 | 4.7 | 0 | 6 |
| 33 | 9.4 | 0 | 6 |
| 34 | 14.1 | 0 | 6 |
| 35 | 18.8 | 0 | 6 |
| 36 | 0 | 4.7 | 6 |
| 37 | 4.7 | 4.7 | 6 |

| Nodo | X | Y | Z |
|-------------|----------|----------|----------|
| 38 | 9.4 | 4.7 | 6 |
| 39 | 14.1 | 4.7 | 6 |
| 40 | 18.8 | 4.7 | 6 |
| 41 | 0 | 9.4 | 6 |
| 42 | 4.7 | 9.4 | 6 |
| 43 | 9.4 | 9.4 | 6 |
| 44 | 14.1 | 9.4 | 6 |
| 45 | 18.8 | 9.4 | 6 |
| 46 | 0 | 0 | 9 |
| 47 | 4.7 | 0 | 9 |
| 48 | 9.4 | 0 | 9 |
| 49 | 14.1 | 0 | 9 |
| 50 | 18.8 | 0 | 9 |
| 51 | 0 | 4.7 | 9 |
| 52 | 4.7 | 4.7 | 9 |
| 53 | 9.4 | 4.7 | 9 |
| 54 | 14.1 | 4.7 | 9 |
| 55 | 18.8 | 4.7 | 9 |
| 56 | 0 | 9.4 | 9 |
| 57 | 4.7 | 9.4 | 9 |
| 58 | 9.4 | 9.4 | 9 |
| 59 | 14.1 | 9.4 | 9 |
| 60 | 18.8 | 9.4 | 9 |
| 61 | 0 | 0 | 12 |
| 62 | 4.7 | 0 | 12 |
| 63 | 9.4 | 0 | 12 |
| 64 | 14.1 | 0 | 12 |
| 65 | 18.8 | 0 | 12 |
| 66 | 0 | 4.7 | 12 |
| 67 | 4.7 | 4.7 | 12 |
| 68 | 9.4 | 4.7 | 12 |
| 69 | 14.1 | 4.7 | 12 |
| 70 | 18.8 | 4.7 | 12 |
| 71 | 0 | 9.4 | 12 |
| 72 | 4.7 | 9.4 | 12 |
| 73 | 9.4 | 9.4 | 12 |
| 74 | 14.1 | 9.4 | 12 |
| 75 | 18.8 | 9.4 | 12 |

Anexos 15. Coordenadas de nodos para Vigas

| Viga | N. inicial | N. final |
|------|------------|----------|
| 1 | 16 | 17 |
| 2 | 17 | 18 |
| 3 | 18 | 19 |
| 4 | 19 | 20 |
| 5 | 21 | 22 |
| 6 | 22 | 23 |
| 7 | 24 | 25 |
| 8 | 26 | 27 |
| 9 | 27 | 28 |
| 10 | 28 | 29 |
| 11 | 29 | 30 |
| 12 | 31 | 32 |
| 13 | 32 | 33 |
| 14 | 33 | 34 |
| 15 | 34 | 35 |
| 16 | 36 | 37 |
| 17 | 37 | 38 |
| 18 | 38 | 39 |
| 19 | 39 | 40 |
| 20 | 41 | 42 |
| 21 | 42 | 43 |
| 22 | 43 | 44 |
| 23 | 44 | 45 |
| 24 | 46 | 47 |
| 25 | 47 | 48 |
| 26 | 48 | 49 |
| 27 | 49 | 50 |
| 28 | 51 | 52 |
| 29 | 52 | 53 |

| Viga | N. inicial | N. final |
|------|------------|----------|
| 30 | 53 | 54 |
| 31 | 54 | 55 |
| 32 | 56 | 57 |
| 33 | 57 | 58 |
| 34 | 58 | 59 |
| 35 | 59 | 60 |
| 36 | 61 | 62 |
| 37 | 62 | 63 |
| 38 | 63 | 64 |
| 39 | 64 | 65 |
| 40 | 66 | 67 |
| 41 | 67 | 68 |
| 42 | 68 | 69 |
| 43 | 69 | 70 |
| 44 | 71 | 72 |
| 45 | 72 | 73 |
| 46 | 73 | 74 |
| 47 | 74 | 75 |
| 48 | 16 | 21 |
| 49 | 17 | 22 |
| 50 | 18 | 23 |
| 51 | 19 | 24 |
| 52 | 20 | 25 |
| 53 | 21 | 26 |
| 54 | 22 | 27 |
| 55 | 23 | 28 |
| 56 | 24 | 29 |
| 57 | 25 | 30 |
| 58 | 31 | 36 |

| Viga | N. inicial | N. final |
|------|------------|----------|
| 59 | 32 | 37 |
| 60 | 33 | 38 |
| 61 | 34 | 39 |
| 62 | 35 | 40 |
| 63 | 36 | 41 |
| 64 | 37 | 42 |
| 65 | 38 | 43 |
| 66 | 39 | 44 |
| 67 | 40 | 45 |
| 68 | 46 | 51 |
| 69 | 47 | 52 |
| 70 | 48 | 53 |
| 71 | 49 | 54 |
| 72 | 50 | 55 |
| 73 | 51 | 56 |
| 74 | 52 | 57 |
| 75 | 53 | 58 |
| 76 | 54 | 59 |
| 77 | 55 | 60 |
| 78 | 61 | 66 |
| 79 | 62 | 67 |
| 80 | 63 | 68 |
| 81 | 64 | 69 |
| 82 | 65 | 70 |
| 83 | 66 | 71 |
| 84 | 67 | 72 |
| 85 | 68 | 73 |
| 86 | 69 | 74 |
| 87 | 70 | 75 |

Anexos 16. Reporte Turnitin

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?ro=103&o=2417871757&u=1088032488&s=1&lang=es

feedback studio LEONARDO ANTONIO MENDEZ MERINO | Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del soft... /100 1 de 26

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERA CIVIL

Análisis dinámico de una estructura de concreto armado de 4 niveles de sistema aporticado con la aplicación del software OpenSees

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

AUTORES:
Méndez Merino, Leonardo Antonio (orcid.org/0000-0003-1497-0668)
Olivares Crisólogo, Edinson Adrián (orcid.org/0000-0002-5370-3661)

ASESOR:
Mg. Noriega Vidal, Eduardo Manuel (orcid.org/0000-0001-7874-7126)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
Diseño sísmico y estructural

LÍNEA DE ACCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:
Innovación tecnológica y desarrollo sostenible

TRUJILLO-PERÚ
2024

Resumen de coincidencias

16 %

Se están viendo fuentes estándar
Ver fuentes en inglés

Coincidencias

| | | |
|----|----------------------------|------|
| 1 | hdl.handle.net | 5 % |
| 2 | repositorio.ucv.edu.pe | 2 % |
| 3 | Entregado a Universi... | 2 % |
| 4 | repositorio.upao.edu.pe | 1 % |
| 5 | mkg.itu.edu | <1 % |
| 6 | tesis.pucp.edu.pe | <1 % |
| 7 | dSPACE.ucuenca.edu.ec | <1 % |
| 8 | www.pri.sld.cu | <1 % |
| 9 | doku.pub | <1 % |
| 10 | repositorio.continental... | <1 % |
| 11 | documentos.arq.com... | <1 % |

Página: 1 de 39 Número de palabras: 8927 Versión solo texto del informe Alta resolución Activado 14:34 16/07/2024