



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis y diseño sísmico de un edificio de 07 niveles para
oficinas con aisladores de base – Piura.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Gómez Sales , Henry Jean Pier (ORCID: 0000-0002-9932-9935)

Yarleque Nima, Pedro Luis (ORCID: 0000-0002-9871-7178)

ASESOR:

Mg. Medina Carbajal, Lucio Sigifredo (ORCID: 0000-0001-5207-4421)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

PIURA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios, por darnos el don de la vida.

A nuestros padres, por el esfuerzo y sacrificio ayudan a trazar nuestro camino, por su amor infinito y su apoyo incondicional en cada una de nuestras decisiones y a nuestros hermanos que son motivo de superación.

Agradecimiento

A Dios,

A nuestros padres,

A nuestros hermanos,

A nuestro asesor y

A las personas que fueron participe dentro
de nuestra formación profesional.

Índice de contenidos

Carátula	i
Página del jurado	ii
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Variables y operacionalización	26
3.3. Población y muestra.....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.5. Procedimientos	29
3.6. Método de análisis de la Información	29
3.7. Aspectos éticos	30
IV. RESULTADOS	31
V. DISCUSIÓN.....	78
VI. CONCLUSIONES.....	81
VII. RECOMENDACIONES.....	83
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Ventajas y desventajas de los aisladores LRB.	14
Tabla 2: Factor de amortiguamiento B_M	20
Tabla 3: Factores de suelo.	22
Tabla 4: Técnicas e instrumentos.....	28
Tabla 5: Medidas y colindancias actuales del terreno de estudio.	32
Tabla 6: Área a construir por piso.....	32
Tabla 7: Ambientes diseñados por cada piso.	33
Tabla 8: Peraltes de losa aligerada.	41
Tabla 9: Peso en servicio recomendados para columnas.....	44
Tabla 10: Valores de coeficientes α y n	45
Tabla 11: Cargas muertas aplicadas en losas.	51
Tabla 12: Resumen de los tres primeros modos fundamentales – Base fija.....	59
Tabla 13: Resumen de masas y pesos de la estructura - Base fija.....	60
Tabla 14: Parámetros sísmicos – Estructura aislada.	61
Tabla 15: Características del edificio aislado.....	62
Tabla 16: Combinaciones de carga para el diseño de los aisladores.	65
Tabla 17: Cargas de diseño.	67
Tabla 18: Propiedades de la goma y el plomo.....	69
Tabla 19: Cargas de diseño para aislador LRB1.	69
Tabla 20: Dimensiones de los aisladores LRB1 y LRB2.....	72
Tabla 21: Propiedades de aisladores LRB1 y LRB2 para análisis dinámico.	72
Tabla 22: Derivas de estructura en base fija.	76
Tabla 23: Derivas de estructura en base aislada.....	77

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Sistema de aislamiento sísmico.	8
Figura 2. Partes de un aislador elastomérico.	10
Figura 3: Curvas histeréticas de los aisladores elastoméricos.....	11
Figura 4: Diagrama Histerético de un aislador LDRB.	11
Figura 5: Aislador tipo LDRB.	12
Figura 6: Diagrama Histerético de un aislador HDRB.....	12
Figura 7: Aislador tipo HDRB.	13
Figura 8: Diagrama Histerético de un aislador con núcleo de plomo LDRB.....	13
Figura 9: Aislador con núcleo de plomo LRB.....	14
Figura 10: Diagrama histerético de un aislador de péndulo con doble superficie deslizante.....	15
Figura 11: Aislador de péndulo con doble superficie deslizante.	15
Figura 12: Espectro de aceleraciones con base aislada y base fija.	16
Figura 13: Parámetros que definen un modelo bilineal.....	16
Figura 14: Modelo de tres grados de libertad de una estructura convencional. ...	18
Figura 15: Modelo de estructura con base aislada.	19
Figura 16: Esquemas de espectros de respuesta.....	21
Figura 17: Espectro de respuesta de diseño para diferentes tipos de suelos (5% de amortiguación).	22
Figura 18: Plano de ubicación.	31
Figura 19: Vista en planta de la estructuración propuesta del edificio.	40
Figura 20: Características del concreto.	47
Figura 21: Sección de Viga VP-1.....	47
Figura 22: Sección de Viga VP-2.....	48
Figura 23: Sección de columna C-1.	48
Figura 24: Sección de columna C-2.	49
Figura 25: Sección de losa aligerada.	49
Figura 26: Sección de losa maciza.....	50
Figura 27: Sección de placa.	50
Figura 28: Cargas muertas asignadas en losas del primer hasta el sexto nivel...	51
Figura 29: Carga muerta asignada en losas de último nivel.	52
Figura 30: Cargas vivas asignadas en losas del primer hasta el sexto nivel.....	53

Figura 31: Carga viva asignada en losas de último nivel.	53
Figura 32: Cálculo de factor de amplificación sísmica.	54
Figura 33: Definición de espectro inelástico para ambos sentidos - Base fija.	56
Figura 34: Definición de fuente de masa – Base fija.	56
Figura 35: Caso de carga Modal - Base fija.	57
Figura 36: Caso de carga SPX - Base fija.	57
Figura 37: Caso de carga SPY - Base fija.	58
Figura 38: Definición de diafragma rígido D1.	58
Figura 39: Definición de diafragma rígido DT.	58
Figura 40: Ratios de masas participativas – Base fija.	59
Figura 41: Masas por piso de la estructura - Base fija.	60
Figura 42: Denominación de cada punto en la base.	61
Figura 43: Propiedades de aislador en eje local U1.	64
Figura 44: Propiedades de aislador en eje local U2.	64
Figura 45: Propiedades de aislador en eje local U3.	64
Figura 46: Definición de espectro inelástico para ambos sentidos - Base aislada.	66
Figura 47: Combinaciones de carga - Base aislada.	66
Figura 48: Distribución de los aisladores LRB.	68
Figura 49: Propiedades de LRB1 en eje local U1.	73
Figura 50: Propiedades de LRB1 en eje local U2 y U3.	73
Figura 51: Propiedades de LRB2 en eje local U1.	74
Figura 52: Propiedades de LRB2 en eje local U2 y U3.	74
Figura 53: Espectro de diseño para estructura aislada con 20% de amortiguamiento.	75
Figura 54: Periodos de estructura aislada.	75
Figura 55: Derivas de estructura en base fija.	76
Figura 56: Derivas de estructura en base aislada.	77

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general realizar el análisis y diseño sísmico de un edificio de 07 niveles para oficinas con aisladores de base en una zona ubicada en el centro de la ciudad de Piura. La metodología utilizada tuvo un enfoque cuantitativo, tipo de investigación aplicada-descriptiva y el diseño no experimental-transversal. La población elegida fueron los espacios disponibles en la ciudad de Piura, y la muestra de estudio un lote de 1154.6 m². La técnica utilizada fue el procesamiento de información y los instrumentos fueron los softwares AutoCAD, Microsoft Excel y Etabs. Se obtuvo como resultado general que un edificio aislado es más eficiente que el convencional debido a que las derivas en el primero, para un Sismo Máximo Considerado (SMC), tuvieron un valor máximo de 0.00546 en el sentido X-X, menores al límite de la Norma E.030, mientras que, en el edificio convencional, para la estructura de estudio, se obtuvo un valor de 0.00796 en el sentido X-X, para el sismo de diseño de la Norma E.030, siendo necesario rigidizar la estructura en este sentido. Como conclusión, se logró realizar el análisis y diseño sísmico de la estructura aislada, demostrando la efectividad de los dispositivos.

Palabras claves: Análisis y diseño sísmico, sistema de protección sísmica, aislador de base, oficina.

Abstract

The general objective of this research work was to carry out the seismic analysis and design of a 07-story office building with base isolators in an area located in the center of the city of Piura. The methodology used had a quantitative approach, a type of applied-descriptive research and a non-experimental-cross-sectional design. The chosen population was the spaces available in the city of Piura, and the study sample was a plot of 1154.6 m². The technique used was information processing and the instruments were AutoCAD, Microsoft Excel and Etabs software. It was obtained as a general result that an isolated building is more efficient than the conventional one because the drifts in the first, for a Maximum Considered Earthquake (MCE), had a maximum value of 0.00546 in the XX sense, less than the limit of the Standard E.030, while, in the conventional building, for the study structure, a value of 0.00796 was obtained in the XX sense, for the design earthquake of the E.030 Standard, being necessary to stiffen the structure in this sense. As a conclusion, it was possible to carry out the seismic analysis and design of the isolated structure, demonstrating the effectiveness of the devices.

Keywords: Seismic analysis and design seismic protection system, base isolator, office.

I. INTRODUCCIÓN

Nuestro país se ubica en una de las zonas sísmicas más activas, conocida como el “Cinturón de fuego”, por lo que cada vez se realizan estudios e investigaciones para mejorar el comportamiento de las estructuras convencionales que siguen siendo utilizadas actualmente. Nos hemos percatado que uno de los medios que se sigue empleando para realizar esta mejora es la rigidización de la edificación, es decir, aumentar las secciones de los elementos estructurales que van a resistir las fuerzas sísmicas. Esto no es una solución viable, puesto que económicamente es costoso y arquitectónicamente no es estético. La tecnología ha avanzado y en el sector construcción no ha sido la excepción, porque ahora existen sistemas de protección sísmica, tales como la aislación sísmica de base y los disipadores de energía, que ayudan considerablemente a la estructura a resistir los efectos producidos por los terremotos, durante y después de éste.

La norma E.030 “Diseño Sismorresistente” (2018) en la Nota 1 de su Artículo 15 nos dice: “Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. [...]”, es decir, prioriza el uso de este sistema en ese tipo de edificación esencial. Esto nos da a entender que las oficinas, pertenecientes a la categoría de edificaciones comunes, no son consideradas dentro de este grupo, a pesar de que alojan gran cantidad de personal durante las operaciones que se realizan dentro de ella.

De persistir este problema en esta parte de la región, podría significar un peligro local porque son muchas edificaciones comunes, en este caso oficinas, que no cuentan con estos sistemas y a la fecha ya se hace necesario su uso porque son complementos que brindan la seguridad necesaria tanto para los propietarios como para las personas que albergan dentro de ella, realizando las labores diarias con comodidad y sin tanta preocupación.

Por este motivo, mediante este trabajo de investigación, buscamos difundir el uso de estos dispositivos en oficinas que se ubiquen en la zona 4, la cual es altamente sísmica. Para este caso se utilizaron los aisladores elastoméricos, entre los cuales destacan el aislador con núcleo de plomo (LRB), por ser de mayor demanda en el mercado debido a su efectividad frente a un movimiento telúrico.

Para este trabajo se formuló la siguiente pregunta general: ¿Cómo será el análisis y diseño sísmico de un edificio de siete niveles para oficinas con aisladores de base? Asimismo, las preguntas específicas fueron: ¿Cuál será el diseño arquitectónico del edificio de oficinas propuesto? ¿Cuál será la estructuración del edificio y las dimensiones de los elementos estructurales? ¿Cuáles serán los resultados de los principales parámetros sísmicos de la estructura fija y aislada? ¿Cuál será el diseño de los aisladores de base propuestos?

El presente trabajo fue de suma importancia porque buscó difundir el uso de los aisladores de base en oficinas, las cuales, como toda edificación ubicada en nuestra región, son vulnerables, debido a que Piura posee un silencio sísmico de hace muchos años, por lo que las edificaciones deben estar preparadas ante la ocurrencia de un movimiento telúrico, independientemente de su categoría, ya que después de todo, albergan gran cantidad de personas y existen, en el caso de oficinas, equipos de gran valor para las empresas que puede ser destruido producto del sismo, lo que en conjunto significa pérdida de vidas humanas y daños dentro de la propiedad. Estos dispositivos son poco utilizados en las edificaciones de esta parte del país, a pesar de ser muy eficientes ante un sismo de distintas magnitudes e intensidades, ayudándonos a proteger los bienes materiales y las personas que están dentro y fuera del edificio, brindando un mejor comportamiento que una estructura en base fija, las cuales predominan en la mayor parte de las edificaciones de nuestro distrito y región.

El objetivo general propuesto fue realizar el análisis y diseño sísmico de un edificio de 07 niveles para oficinas ubicado en Piura. Además, para llevar esto a cabo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: Elaborar los planos de arquitectura de la propuesta de diseño, realizar la estructuración de la edificación y el predimensionamiento de los elementos estructurales, realizar el análisis sísmico de las estructuras mediante el software Etabs, y realizar el diseño de los aisladores de base propuestos.

II. MARCO TEÓRICO

Durante el proceso de búsqueda de información documentaria relacionada a trabajos previos a nivel internacional, encontramos los siguientes:

RAMOS PINCAY, Cristhian Alberto (2019), en su tesis titulada “Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura, con base fija empotrada, y con aisladores sísmico elastoméricos”, de la Universidad Estatal del Sur de Manabí de Ecuador, realizó un análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura, con base fija empotrada, y con aisladores sísmicos elastoméricos. El autor no consideró una metodología de investigación. Concluyó que el mejor sistema de protección ante un eventual sismo, es el sistema de aislamiento en la base.

MARIN LAGOS, Edgar Camilo (2019), en su trabajo de investigación “Análisis comparativo de la respuesta dinámica entre una estructura sísmicamente aislada con aisladores LRB (Lead Rubber Bearing) vs una estructura convencional”, de la Universidad de Santander de Colombia, planteó como objetivo general realizar la implementación de un sistema de aislación sísmica de base con aisladores de núcleo de plomo en una estructura hospitalaria estableciendo el comportamiento y la respuesta dinámica de ésta, mediante análisis dinámico no lineal, contrastando los resultados con los obtenidos para la misma estructura sin sistema de aislación sísmica. No consideró metodología. Concluyó que los sistemas de aislamientos sísmico garantizaron la reducción de las sollicitaciones sísmicas para el diseño de los elementos estructurales, lo cual abría la posibilidad de utilizar coeficientes de capacidad de disipación de energía menores a los dispuestos por la (NSR-10, 2010) para estructuras sísmicamente aisladas. Además, al ocurrir esta reducción, permitiría también la disminución de las secciones transversales, con el debido análisis estructural estipulado para ello.

SUNTAXI TIPAN, Jorge (2016), en su trabajo de investigación titulado “Análisis de un edificio con aisladores de base y su influencia en la curva de capacidad”, de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, planteó comparar el comportamiento estructural de un edificio con aisladores de base versus la misma estructura con base fija. El autor no consideró metodología. Entre sus conclusiones destacó que el aislamiento de base de la edificación analizada prometió un mejor comportamiento ante un evento sísmico en sus modelos matemáticos estudiados,

presentando un mejor desempeño estructural que el modelo empotrado. Además, mencionó que la estructura aislada tendrá un nivel de desempeño completamente operacional donde no se presentarán deformaciones permanentes y la estructura mantendrá su resistencia y rigidez original.

A nivel nacional localizamos los siguientes trabajos:

AGUILAR PUMARIMAY, Joel Krismer y AQUINO BENAVENTE, César Paúl (2017), en su tesis “Diseño estructural de un edificio con aislamiento sísmico de base”, Universidad Católica de Santa María de Arequipa, tuvieron como objetivo general diseñar la edificación de 8 niveles y un sótano, con el empleo de aisladores sísmicos (aisladores elastoméricos LRB), bajo el criterio del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) 2016. No consideraron metodología. Los autores lograron ejecutar con éxito el diseño estructural del edificio con aislamiento sísmico de base, empleando cuatro diferentes tipos de aisladores elastoméricos LRB.

LIBERATO VILLAORDUÑA, Jochen Gerson y CANO CASTRO, Luis Armando (2020), en su tesis “Comparación técnica y económica de un edificio para aulas de cinco pisos con y sin aislador sísmico”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, expusieron como objetivo general proveer ratios de costos de estructuras por metro cuadrado, que puedan servir de referencia para futuros proyectos de construcción. Esto con el fin de estimar el costo aproximado de proyectos con características similares, al incorporar aisladores sísmicos en el diseño. Los autores concluyeron en que, si bien se previó que la estructura aislada tuviera un costo mayor que una estructura convencional, se esperaba que esta sea menor o igual al 15%; no obstante, el incremento fue de 21.9 % por metro cuadrado, y 23.35% en total. Sin embargo, debido a la reducción de daños que garantiza este sistema, pudieron concluir que existe un mayor grado de resguardo para las estructuras y un mayor grado de confort para los ocupantes ante un sismo máximo considerado, lo cual asegura la inversión a futuro del propietario frente a los diferentes eventos sísmicos y reduce significativamente los posibles costos de reparación.

RAMOS CHOQUEHUANCA, Alex Deybi (2018), en su tesis “Análisis y diseño de una clínica haciendo uso de aisladores sísmicos en su base”, de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, manifestó como objetivo general realizar el

análisis y diseño sismo resistente haciendo el uso de aisladores sísmicos, aplicado a una edificación destinada a la salud. No consideró metodología de investigación. El autor concluyó en que se logró aislar satisfactoriamente el edificio en estudio, haciendo el uso de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (LRB) y deslizadores planos. Los aisladores LRB tuvieron un diámetro de 65 cm, 17 de estos aisladores poseen un diámetro de plomo de 6.0 cm y 9 poseen un diámetro de plomo de 7.5 cm, los deslizadores planos presentaron un diámetro de 100.0 cm.

En el ámbito local encontramos:

HERRERA MENA, Marco (2018), en su tesis “Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguamiento de fluido viscoso”, de la Universidad de Piura, expresó como objetivo principal evaluar y comparar el desempeño de las edificaciones aporticadas de concreto armado con aisladores y amortiguadores ante solicitaciones sísmicas. Se analizaron diferentes alturas de edificación entre 12 m a 60 m. No se presentó metodología de investigación. El autor concluyó que los aisladores sísmicos funcionaron mejor en edificaciones aporticadas con poca esbeltez y bajo periodo de vibración; mientras que, para edificaciones muy esbeltas y alto periodo de vibración, los amortiguadores tuvieron un mejor desempeño.

MEZA PALACIOS, Zutner (2015), en su trabajo de investigación “Análisis y diseño de un hospital con aisladores elastoméricos en el Perú”, de la Universidad Nacional de Piura, consideró como objetivo principal investigar el uso aplicativo de aisladores sísmicos elastoméricos en edificaciones y diseñar la estructura de un hospital usando este sistema de protección sísmica; además presentar una metodología para su uso en hospitales y clínicas. La metodología de la investigación fue de tipo exploratoria y descriptiva. Se concluyó que el comportamiento de la estructura aislada presentó una gran reducción de desplazamientos, derivas y aceleraciones.

ZURITA CHUNG, Lushing (2014), en su tesis “Análisis comparativo entre una edificación de mediana altura diseñada con un sistema estructural convencional y con aisladores sísmicos”, de la Universidad Nacional de Piura, tuvo como objetivo general desarrollar a nivel teórico el análisis comparativo de una edificación de mediana altura diseñada con un sistema estructural convencional y con aisladores

sísmicos y con ello demostrar cuál de los dos sistemas tiene mejor nivel de desempeño para la protección sísmica. Se utilizó el método predictivo y explicativo. El autor manifestó como conclusión que al implementar un sistema de aislación sísmica en una estructura, se genera un comportamiento estructural muy superior en comparación a su versión convencional con elevados niveles de seguridad y protección sísmica tanto de la estructura como de los contenidos, y que cumplen sin ningún inconveniente con los objetivos de desempeño como los establecidos en las normativas vigentes que exceden ampliamente los tradicionales y además económicamente representa una opción totalmente competitiva, que bajo la mirada de la inversión inmediata el edificio aislado significa un leve aumento, pero al considerar efectos de largo plazo resulta ser mínimo, significando ventajas que respaldan la opción del edificio aislado.

En cuanto a las teorías relacionadas a nuestro proyecto de investigación tenemos:

La vulnerabilidad de las edificaciones depende de los daños que sufran sus elementos estructurales frente a los efectos de un sismo, por lo que un buen diseño sísmico resistente puede garantizar la reducción de los daños en la propiedad, asegurar la continuidad de sus servicios y evitar pérdidas humanas.

Para definir el diseño sismorresistente, Golzar, Rodgers y Chase sostienen:

“El diseño sismorresistente es el análisis de una edificación convencional o con sistemas de protección sísmica, donde se emplean parámetros tales como: Factores de zona, condiciones geotécnicas, parámetros de sitio y factores de amplificación sísmica; con el fin de conocer el comportamiento dinámico de la estructura y crear así un modelo sismorresistente eficiente que muestre un desempeño óptimo frente a un sismo de gran magnitud” (2018, p.3).

El análisis sísmico resistente es el desarrollo del modelo mecánico de una estructura que proporcionará una descripción realista de su comportamiento frente a un sismo partiendo de la relación del modelo matemático de la estructura y su masa, amortiguamiento y rigidez (Kamble y Awchat, 2018, p.4). Para desarrollar el análisis sísmico de una edificación se requiere de datos muy importantes, tales como: registros sísmicos de la zona, características del terreno donde se ejecutará el

proyecto y detalles de la estructura a construir; donde el sujeto del análisis no es la propia estructura sino un modelo mecánico de la misma. El análisis estructural y sísmico es fundamental a la hora de diseñar y predimensionar los elementos estructurales de una edificación; puesto que las cuantías de acero de refuerzo y las longitudes de las secciones transversales de los elementos están relacionados directamente con los resultados de dichos análisis.

El concepto tradicional de diseño sísmico busca integrar plenamente los tres componentes de la estructura: resistencia, rigidez y ductilidad. De esta manera Rajendra y Venkateswarlu (2016) afirman que para el diseño sísmico de los edificios se sigue utilizando el método tradicional, que consiste en el fortalecimiento de la rigidez, resistencia y ductilidad de las estructuras (p. 2). No obstante, este método permite daños en la estructura y no puede garantizar completamente la seguridad de los ocupantes frente a los efectos destructivos de un sismo.

Por su parte, Ismail menciona lo siguiente:

“Una alternativa para mitigar estos daños, garantizar la seguridad de las vidas humanas y disminuir las pérdidas económicas ocasionadas por el colapso de la edificación, es la incorporación de sistemas de protección sísmica tales como, aisladores de base o disipadores de energía cuya función es disipar la energía producto de un sismo. Estos dispositivos han demostrado su gran efectividad a nivel mundial en distintos tipos de edificaciones” (2018, p. 2).

Los aisladores de base según Genatios y Lafuente (2016, p. 51), “son elementos muy flexibles que se coloca entre la estructura y la fundación, a fin de transmitir la menor cantidad de movimiento a la estructura, en el momento de ocurrencia de un terremoto”. Esto nos demuestra que actualmente ya es posible realizar esta actividad, plasmándose como un avance tecnológico que nos puede ayudar considerablemente en cuanto a protección sísmica se refiere. Rezaei y Banazadeh (2018, p. 1) consideran dicha tecnología como un sistema de protección sísmica eficaz en el campo de la ingeniería sísmica, frente a los efectos destructivos de terremotos, ya que preserva la integridad del edificio y sus componentes.

Los sistemas de aislación sísmica según Madera, Losanno, Strano, Marulanda, Thomson (2019) “reducen el movimiento potencialmente dañino que los sismos transmiten a la estructura, para evitar deformaciones y esfuerzos que puedan ocasionar el colapso de ésta” (p. 1). Es decir, su función es filtrar el movimiento que será transmitida a la superestructura, debido a los movimientos sísmicos, con la finalidad de minimizar todo tipo de daños.

La norma de aislamiento sísmico, incluida en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, menciona también que el sistema de aislación sísmica es el “grupo de elementos estructurales donde están incluidos los aisladores y aquellos que transfieren fuerzas entre elementos del sistema, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones” (Norma E.031, 2019, p. 3). No solo está considerando a los aisladores dentro del sistema de aislación sísmica, sino también a los elementos que en su conjunto conforman la superestructura. Esto se observa en la Figura 1.

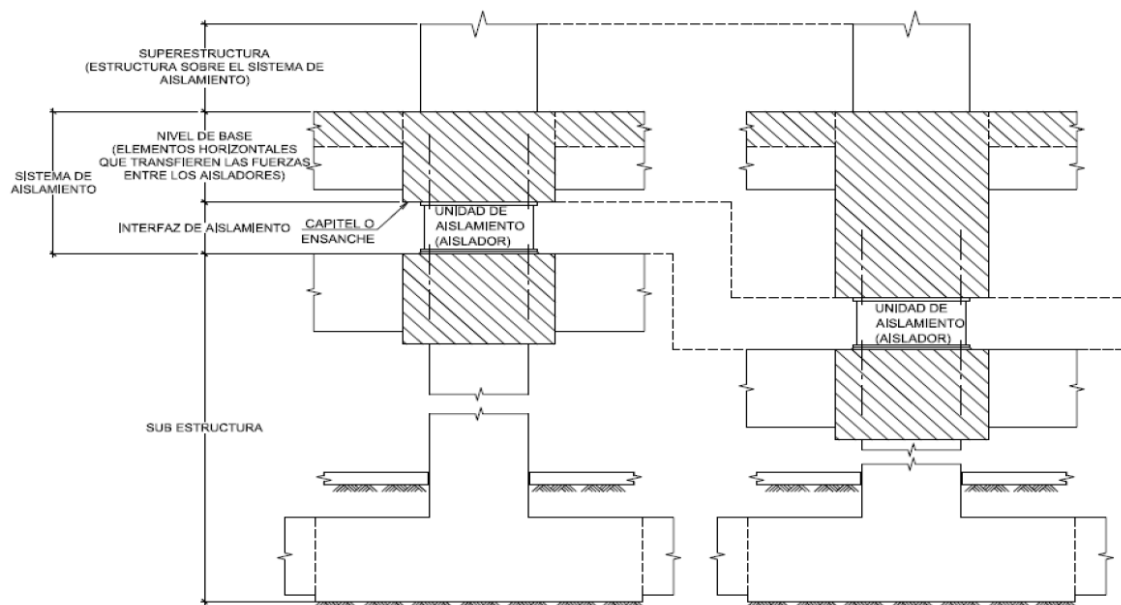


Figura 1. Sistema de aislamiento sísmico.

Fuente: Norma E.031 “Aislamiento sísmico”.

La finalidad de esta estrategia es separar la estructura del terreno de fundación, para que durante un sismo el movimiento del terreno no sea transmitido directamente a la superestructura (Gioacchini G, Tornello M, Frau C, 2015, p. 199). De esta manera, la estructura no se verá afectada directamente por el movimiento sísmico. Frente a estos eventos, dicha estrategia permite que sus dispositivos aumentan el periodo fundamental de vibración de la estructura y sus aceleraciones

de piso, así como las relaciones de deriva entre estos; para conservarlos dentro de los límites deseados (Davas y Cenk, 2019, p. 146). Esto conlleva a una reducción territorial muy considerable de las acciones sísmicas que afecten a la estructura.

Así pues, Saitta et al. (2018, p. 3) manifiestan que los dispositivos de aislación sísmica que integran el sistema deben tener una rigidez horizontal reducida, para permitir desplazamientos relativos en la edificación bajo acciones sísmicas y así garantizar una restricción lateral frente a estos movimientos; una capacidad de re-centrado, para devolver la estructura a su configuración natural después del evento; y aportar cierto grado de amortiguamiento a la estructura.

Respecto a la capacidad de carga que pueden soportar los aisladores sísmicos Mendez (2013, p. 10) sustenta lo siguiente: “Por cada dispositivo, se puede registrar valores de hasta 6,000 ton respecto a cargas verticales, y en cuanto a desplazamiento, valores de hasta 600 mm, e incluso valores más elevados en algunos casos donde las sollicitaciones lo ameriten”. Esto demuestra que estos dispositivos pueden ser muy eficientes soportando cargas verticales en edificaciones de grandes magnitudes de masa y, además, los valores de desplazamiento debido a movimientos sísmicos son muy reducidos, lo que evitará posibles fallos en la estructura.

En el mercado actual existe variedad de sistemas de protección sísmica, los cuales se clasifican en: Sistemas de control pasivo, de control activo e híbridos. Según (Aguar, Vergara, Guaygua, Monge, 2014, p. 36), los sistemas pasivos son aquellos sistemas que no reciben retroalimentación de la estructura y no necesitan de un suministro externo de energía, conformados por: los aisladores de base, los disipadores de energía y osciladores resonante TMD. Los sistemas activos son dispositivos mecánicos cuyas características varían en función del tipo de estructura a construir. Estos sistemas pueden incorporar y procesar información en tiempo real de los movimientos del suelo y además pueden mitigar los efectos del sismo mediante cargas aplicadas por transmisores de fuerza integrados, entre ellos tenemos: arriostres activos, tendones activos y oscilador activo AMD. Por último, los sistemas híbridos están basados en amortiguadores donde se pueden controlar las condiciones de amortiguamiento, ya que funcionan con fluidos de densidad o viscosidad variable, estos sistemas resultan de la combinación de sistemas activos

y pasivos con el fin de complementarlos e incrementar la eficiencia. Éstos son: disipadores de orificio variable, dispositivos de fricción variable y disipadores de fluidos controlables.

Asimismo, dentro de los aisladores de base, pertenecientes a los sistemas pasivos, existen dos tipos básicos que resaltan, los cuales son los aisladores elastoméricos y los aisladores deslizantes. Los primeros son elementos que permiten grandes deformaciones laterales. Tienen forma de cilindros cortos con capas de materiales flexibles o sintéticos de alta resistencia, intercaladas con láminas de acero (Figura 2). Poseen una gran resistencia a las cargas verticales generadas por la estructura, esto se debe a las capas de acero que posee en su interior, además no presenta efectos en los desplazamientos horizontales, aportando una mayor rigidez vertical. Sus propiedades mecánicas son comprobadas en laboratorios antes de su instalación con el fin de verificar que cumpla con las especificaciones establecidas en el proyecto. Estos dispositivos se clasifican en: Aislador elastomérico de bajo amortiguamiento (LDRB), de alto amortiguamiento (HDR) y con núcleo de plomo (LRB).

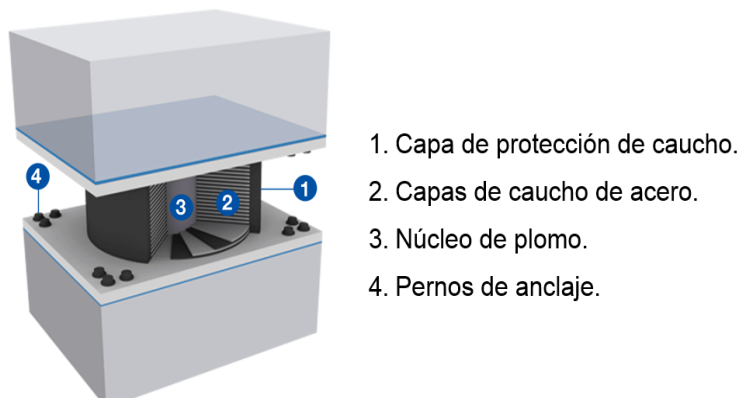


Figura 2. Partes de un aislador elastomérico.

Fuente: CDV: Ingeniería antisísmica.

El comportamiento de los dispositivos elastoméricos así como su capacidad de disipar energía se pueden constatar mediante pruebas experimentales donde son sometidos a una carga lateral y una carga axial constante. En estas pruebas los aisladores de bajo amortiguamiento generan ciclos de histéresis reducidos debido a su limitada capacidad de disipar energía. Sin embargo, los aisladores de alto amortiguamiento y los de núcleo de plomo generan ciclos de histéresis mucho más amplios ya que tienen la capacidad de disipar una mayor cantidad de energía. La

Figura 3 muestra las curvas histeréticas de los aisladores elastoméricos de bajo, medio y alto amortiguamiento respectivamente.

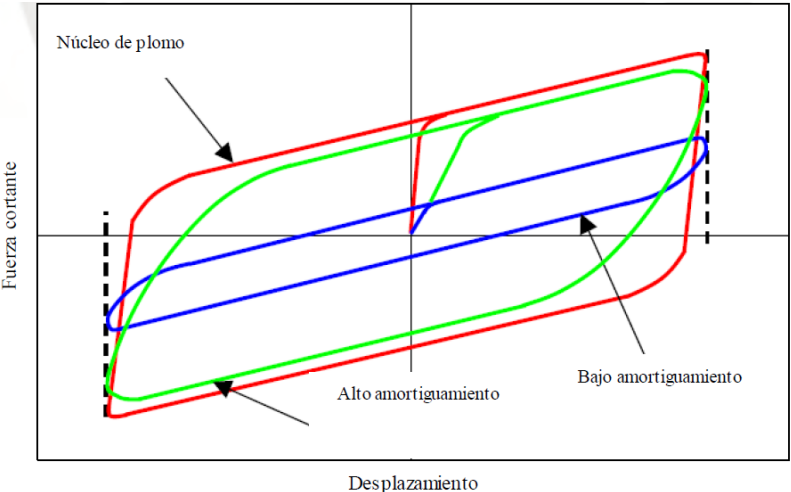


Figura 3: Curvas histeréticas de los aisladores elastoméricos.

Los aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LDR) son los más simples dentro de su grupo debido a la factibilidad y economía de construcción, además, tienen esta denominación por que presentan un bajo porcentaje de amortiguación, cuyos valores oscilan entre 2% y 5% como valor máximo y una deformación angular de hasta 2%. Es por ello que en algunos proyectos estos dispositivos se combinan con disipadores de energía para garantizar un correcto funcionamiento del sistema de aislación. En la figura 4 y 5 respectivamente se muestra el diagrama histerético de un aislador LDRB y el modelo de una aislador LDRB.

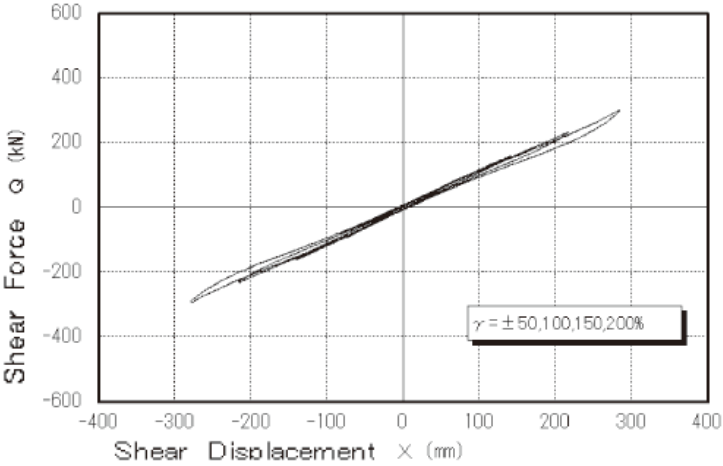


Figura 4: Diagrama Histerético de un aislador LDRB.

Fuente: Seismic Isolation Product Line-Up.



Figura 5: Aislador tipo LDRB.

Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción.

Los aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento (HDRB) poseen láminas de elastómeros de 3 a 10 mm de espesor que son fabricadas adicionándoles elementos como carbono, resinas y aceites; con el objetivo de aumentar su valor de amortiguamiento hasta en 10% y 15%. Dichas láminas se interponen entre placas de acero de 2.5 a 4 mm de espesor. Estos aisladores son mucho más sensibles al cambio de temperatura y frecuencia, a diferencia de los aisladores tipo LDRB y LRB, sin embargo, manifiestan una mayor rigidez dentro de los primeros ciclos de carga llegando a estabilizar por completo la estructura luego del tercer ciclo de carga. Además, aportan flexibilidad y disipación en un solo dispositivo aportando así, mayor beneficio a la estructura. En la figura 6 y 7. Se observa el diagrama histerético de un aislador HDRB y el modelo de un aislador HDRB respectivamente.

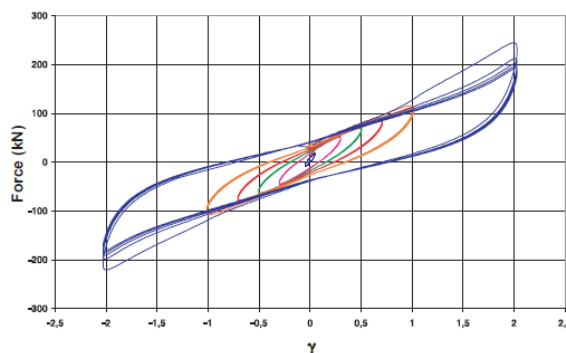


Figura 6: Diagrama Histerético de un aislador HDRB.

Fuente: FIP INDUSTRIALE Elastomeric Isolators

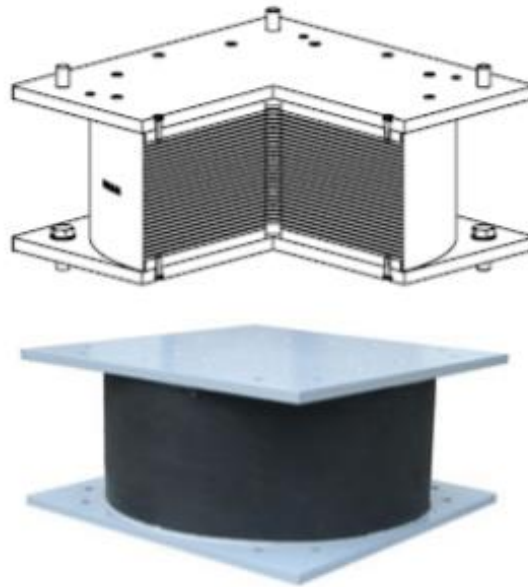


Figura 7: Aislador tipo HDRB.

Fuente: Bîtcă, Ursu, Ioan, 2015

“Los aisladores (LRB), están conformados por láminas de goma natural combinadas con placas de acero, además poseen un núcleo de plomo que aporta una mayor capacidad de amortiguamiento con valores entre 15% y 30% y una deformación angular entre 1.25–2 pulg. (Kutti e Islam, 2019, p. 5). Estos dispositivos admiten grandes deformaciones y disipan considerablemente la energía producida por los sismos. En la figura 8 y 9 se observa el diagrama histerético de un aislador LDRB y el modelo de un aislador LDRB respectivamente.

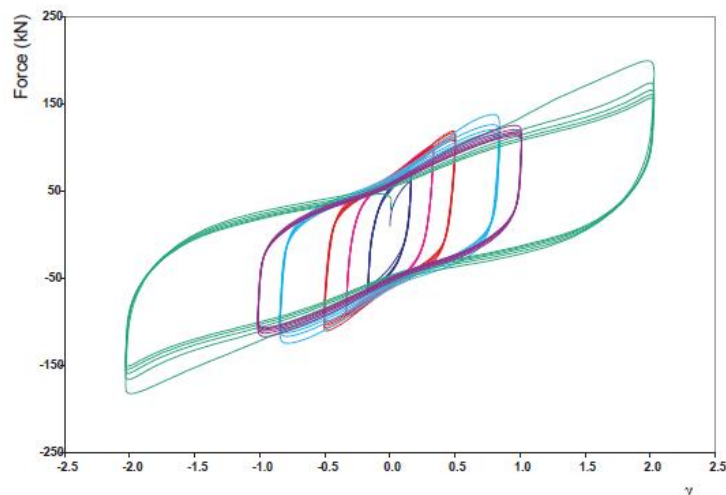


Figura 8: Diagrama Histerético de un aislador con núcleo de plomo LDRB.

Fuente: Aguiar et al, 2014.

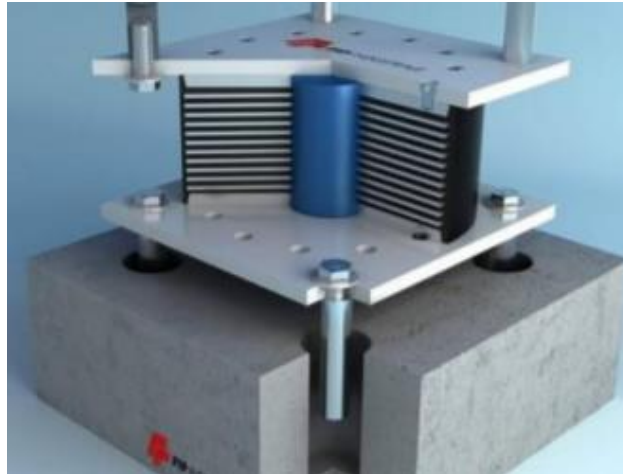


Figura 9: Aislador con núcleo de plomo LRB.

Fuente: Aguiar et al, 2014.

A continuación, se muestra la Tabla N° 1, donde se resumen de las ventajas y desventajas de los dispositivos de aislación sísmica con núcleo de plomo (LRB). Estas características están ligadas a los estándares de fabricación ya que algunos fabricantes pueden tener procedimientos y métodos específicos para paliar una o más de estas desventajas y proporcionarles mayores propiedades físicas y mecánicas a dichos aisladores.

Tabla 1: Ventajas y desventajas de los aisladores LRB.

Dispositivo	Ventajas	Desventajas
LRB	<ul style="list-style-type: none"> - Moderada aceleración en la estructura. - Resistencia a cargas de servicio. - Amplia gama de rigidez. - Amplia gama de amortiguamiento. - Altos niveles de amortiguamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cambio cíclico de propiedades. - Reducción del área de apoyo. - Influencia de $P-\Delta$. - No es recomendable para estructuras de poca masa. - Capacidad de centro limitada.

Fuente: Ismail, 2018.

El segundo tipo de aisladores sísmicos son los de deslizamiento, en los cuales están incluidos los de péndulo friccional (FPS). Poseen apoyos con planchas de metal que permiten desplazamientos relativos horizontales. Una de esta plancha se coloca en la fundación del terreno y la otra se coloca en la estructura. El

desplazamiento relativo de las planchas permite reducir el movimiento del terreno, esto permite que la energía producida por el sismo sea disipada. Estos dispositivos deben producir poca fricción para transmitir una parte de la fuerza de corte, pero, por otro lado, la fricción debe ser suficiente como para que los fuertes vientos o pequeños temblores no generen desplazamientos. En la figura 10 y 11. Se observa el diagrama histerético de un deslizador de péndulo simple y un modelo de este tipo de deslizador respectivamente.

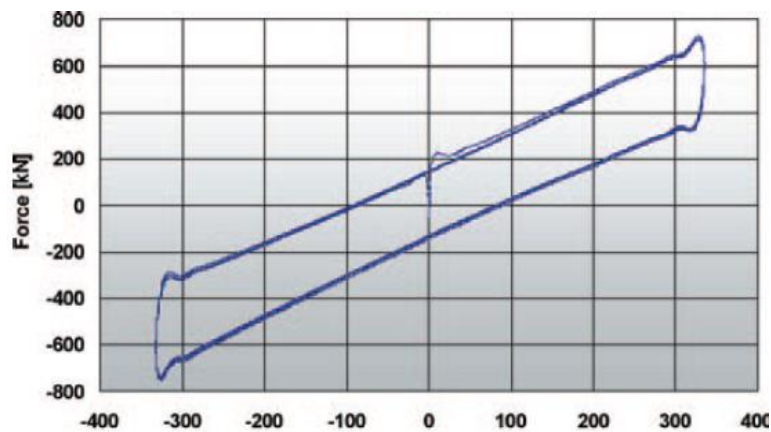


Figura 10: Diagrama histerético de un aislador de péndulo con doble superficie deslizante.

Fuente: FIP INDUSTRIALE, Curved Surface Sliders.



Figura 11: Aislador de péndulo con doble superficie deslizante.

Fuente: Brechi, Bielefeldt, Castellano, 2017.

El aumento del periodo fundamental de un edificio lejos del periodo predominante de un sismo no garantiza la protección de la estructura debido a una posible resonancia con otras frecuencias naturales más altas. Por estos motivos se necesitan elastómeros con alto amortiguamiento los cuales disipen energía. Para Mendez y Moor (2017, p. 55) “el grado de amortiguamiento proporcionado por los

aisladores sísmicos a las estructuras, genera una reducción considerable de su desplazamiento frente a un evento sísmico”. En la figura N°12 se puede observar la gráfica de un espectro de aceleraciones para una estructura convencional y aislada con un periodo T_1 y T_2 respectivamente, al implementar los aisladores en la base la estructura tendrá un amortiguamiento adicional lo que me permitirá reducir las aceleraciones e incrementar el periodo de la estructura, reduciendo considerablemente la demanda sísmica.

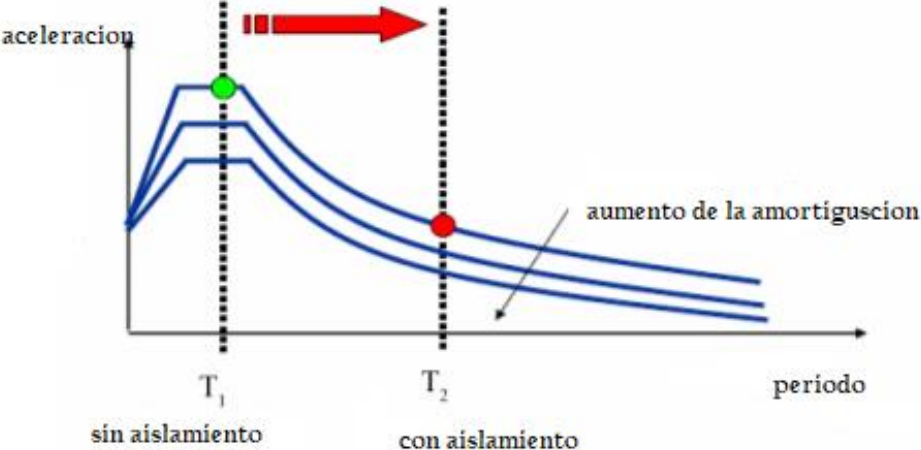


Figura 12: Espectro de aceleraciones con base aislada y base fija.

Fuente: Adaptado de Barmo et al, 2015.

Podemos graficar el comportamiento no lineal de los dispositivos de aislación sísmica a través de un modelo bilineal. Dicho modelo, el cual es similar a los diagramas histeréticos, consta de los siguientes parámetros; la rigidez inicial K_1 , la cual representa la etapa elástica; la rigidez post-fluencia K_2 ; y la fuerza Q que ocurre cuando no hay deformación.

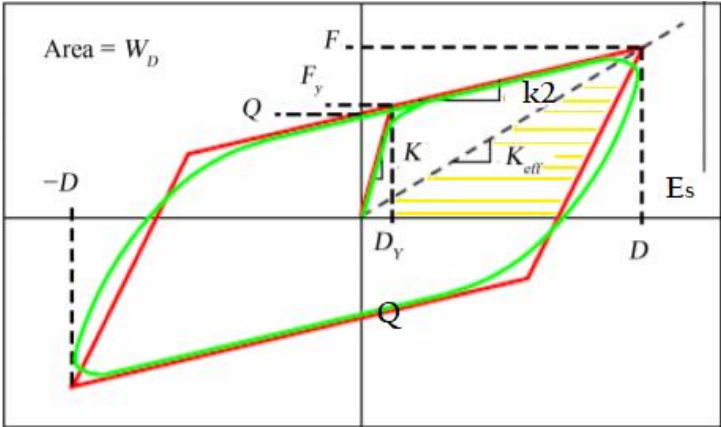


Figura 13: Parámetros que definen un modelo bilineal.

Fuente: Adaptado de Barmo et al, 2015

Los desplazamiento y fuerza de fluencia son valores correspondientes al cambio de pendiente (D_y, F_y). La fuerza que acompaña al desplazamiento nulo se representa por Q_d .

Q_d puede calcularse como:

$$Q_d = F_y - k_2 * D_y$$

La rigidez se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$k_{\text{eff}} = k_2 + \frac{Q_d}{D_{\text{max}}}$$

La energía disipada, w_D se calcula mediante área encerrada por un ciclo del diagrama bilineal:

$$W_D = A_H = 4Q_d(D_{\text{max}} - D_y)$$

EL amortiguamiento crítico efectivo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\xi_{\text{eff}} = \frac{A_H}{2\pi k_{\text{eff}} D^2} = \frac{4Q_d(D_{\text{max}} - D_y)}{2\pi k_{\text{eff}} D^2}$$

Para el análisis y diseño de estructuras sismorresistentes, Federal Emergency Management Agency (Agencia Federal para el Manejo de Emergencias) propone dos métodos de análisis: el método estático y el método dinámico. El primero se basa en el desplazamiento del sistema de un grado de libertad con rigidez efectiva, se utiliza como parte de un diseño preliminar para llegar a uno final; mientras que en el análisis del método dinámico se puede incluir un espectro para estructuras rígidas y de pocos pisos, o un análisis tiempo-historia que se utiliza como un procedimiento complementario al método estático y dinámico.

El análisis estático o de fuerzas equivalentes tiene como principio representar las sollicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en el centro de masas de cada nivel de la edificación. Según la norma E 0.30 “diseño sismo resistente”, pueden analizarse mediante este procedimiento todas las estructuras convencionales regulares o irregulares con factor de zona igual a 0,10 es decir ubicados en la zona 1 del territorio nacional. Se emplea en estructuras de no más de 30 m de altura, y para las estructuras de muros portantes de concreto armado y

albañilería armada o confinada de no más de 15 m de altura, pese a que sean irregulares. en la figura N° 14 se puede apreciar el modelo de una estructura convencional con tres grados de libertad.

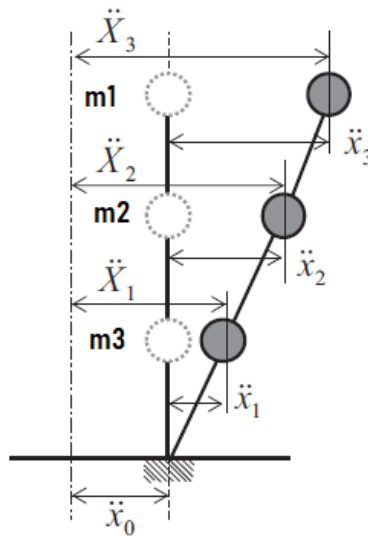


Figura 14: Modelo de tres grados de libertad de una estructura convencional.

Fuente: Kusunoki et al, 2017.

Para el análisis sísmico de las edificaciones convencionales, la fuerza cortante en la base respecto a la dirección considerada se calculará mediante la siguiente expresión:

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

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i respecto a la dirección tomada en cuenta, se calculará a través de la ecuación:

$$F_i = \alpha_i * V$$

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

Donde N toma el valor del número de pisos de la edificación, k esta expresado en relación al periodo fundamental de la estructura (T).

Para el cálculo del periodo fundamental de vibración respecto a cada dirección tomada, se empleará la siguiente ecuación.

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Según la norma E 0.31 "Aislamiento sísmico" para que una estructura sísmicamente aislada sea analizada mediante el método estático o de fuerzas equivalentes debe estar ubicada en las zonas sísmicas 1 o 2, en la zona 3 si el tipo de suelo es S1 o S2, o en la zona 4 si el suelo es tipo S1. La estructura a analizar debe tener cuatro pisos como máximo y no debe poseer más de 20 metros de altura, el amortiguamiento efectivo del sistema debe ser menor o igual al 30%. en la figura N° 15 se puede apreciar el modelo de una estructura aislada en la base con tres grados de libertad.

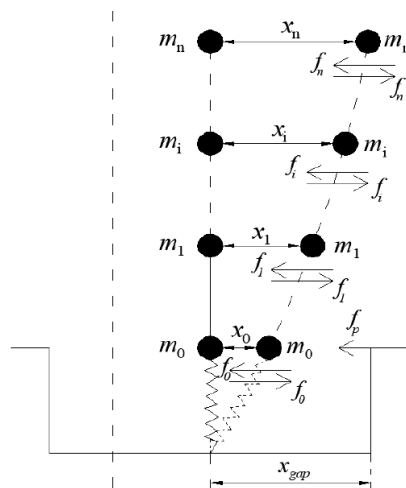


Figura 15: Modelo de estructura con base aislada.

Fuente: Liu et al, 2017

El sistema de aislamiento debe ser diseñado para soportar desplazamientos máximos en la dirección más crítica para la respuesta horizontal, mediante la expresión:

$$D_M = \frac{S_{aM} * T_M^2}{4\pi^2 * B_M}$$

S_{aM} = Ordenada del espectro elástico de pseudo aceleraciones correspondiente al sismo máximo, en mm/s².

T_M^2 = Período efectivo de la estructura sísmicamente aislada en segundos.

B_M = Factor de amortiguamiento, correspondiente a la razón entre la ordenada espectral para 5% de amortiguamiento y la ordenada espectral para el amortiguamiento efectivo B_M .

Tabla 2: Factor de amortiguamiento B_M .

Amortiguamiento efectivo, β_M (En porcentaje del amortiguamiento crítico) a,b	Factor B_M
≤2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.7
≥40	1.9

Fuente: Norma E 0.31 "Aislamiento sísmico".

El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional debe determinarse usando los límites superior e inferior de las características de deformación del sistema de aislamiento.

$$T_M = 2\pi * \sqrt{\frac{P}{K_M * g}}$$

$$D_{TM} = D_M * \left[1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \left(\frac{12 * e}{b^2 + d^2} \right) \right] \geq 1.15 * D_M$$

Con el análisis dinámico, se permite calcular mediante un modelo elástico lineal de la estructura el desplazamiento de cada nivel y las fuerzas de diseño que actúan en los elementos del sistema sismo resistente. Además, se puede evaluar los efectos del momento de volteo y posible levantamiento de las unidades de aislamiento.

El análisis tiempo-historia permite determinar las propiedades lineales equivalentes del sistema de aislamiento y de los aisladores sísmicos, para compararlas con las propiedades empleadas en el método modal espectral y comprobar si el diseño es el correcto. De los diagramas histeréticos obtenidos con este método, podemos obtener las propiedades lineales equivalentes.

Los espectros de respuesta y de diseño dentro del campo del análisis sísmico, están definidos como representaciones graficas de valores máximos de una serie cronológica en función de frecuencias o periodos que ayudaran con el análisis sísmico de las edificaciones. Los espectros de respuesta son gráficos que brinda información de las máximas respuestas de aceleraciones, velocidades y desplazamientos, que pueden suceder en una edificación, para un determinado sismo, con factores de amortiguamientos definidos.

Para detallar en forma conceptual el procedimiento de construcción de un espectro de respuesta se toma en consideración una serie de estructuras de un grado de libertad u osciladores simples con periodos de vibración T diferentes, y con igual factor de amortiguamiento. Si todos estos osciladores son sometidos a la acción de un sismo, cada uno de ellos generará una respuesta diferente, la cual puede ser representada a través de una historia de desplazamiento. En la figura 16 se muestra el esquema de los espectros de respuesta en el tiempo y de desplazamiento para dos osciladores con un grado de libertad que serán sometidos a fuerzas sísmicas, con periodos $T= 1s$ y $T= 2s$, además poseen un coeficiente de amortiguamiento $\xi = 0.05$.

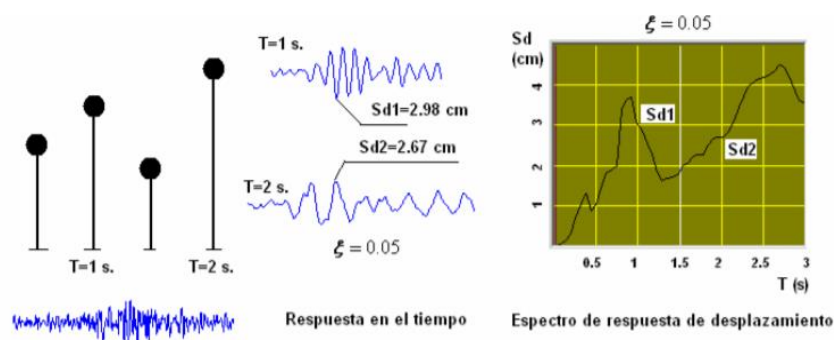


Figura 16: Esquemas de espectros de respuesta.

Fuente: Análisis sísmico de edificaciones.

El espectro de diseño es un gráfico del nivel de fuerza o deformación como una función natural del periodo de vibración y el amortiguamiento. Para obtener un espectro de diseño se realiza un estudio de sitio mediante los registros sísmicos de una determinada región producidos en un mismo tipo de suelo o empleando indicaciones de la norma E0.30 “Diseño sismo resistente”. Según lo establecido en esta norma, para periodos T_s mayores que 0,6 segundos es obligatorio llevar a cabo un estudio de sitio.

Tabla 3: Factores de suelo.

Suelo tipo		Ts (s)
S0	Roca dura	< 0.15
S1	Roca o suelos muy rígidos	< 0.30
S2	Suelos intermedios	< 0.40
S3	Suelos blandos	< 0.60

Fuente: Norma E 0.30 "Diseño sismorresistente".

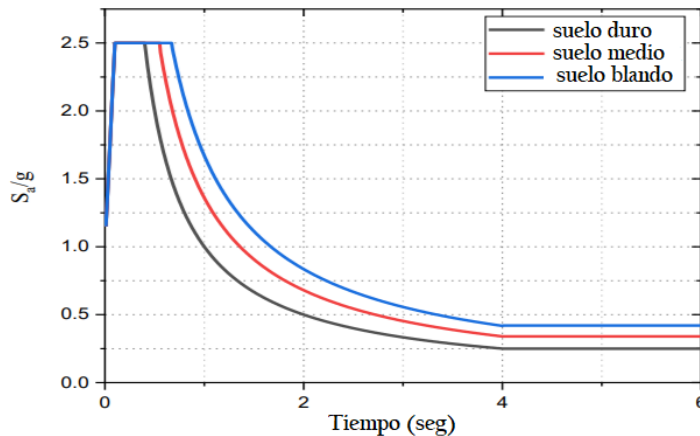


Figura 17: Espectro de respuesta de diseño para diferentes tipos de suelos (5% de amortiguación).

Fuente: Firoj y Singh, 2018.

De igual manera es importante el estudio de los espectros elásticos e inelásticos en el campo del análisis sísmico de la estructura, pues los valores muy reducidos del factor de reducción sísmica en los espectros elásticos pueden conducir a un diseño con fuerzas sísmicas muy bajas, siendo la estructura vulnerable ante la acción de los sismos o puede conducir a sobredimensionar la acción sísmica con lo que se obtiene un diseño muy costoso. Existe diferencia entre ambos factores en los espectros elásticos no se espera daño en las estructuras mientras que en los espectros inelásticos si se espera daño en las estructuras.

El aislamiento sísmico, tanto en edificios como en cualquier otra estructura, representa una gran responsabilidad ya que un sistema de protección eficiente garantizará en primer lugar la seguridad de la población, así como el buen estado de los componentes de la estructura, pues las pérdidas por daños en las infraestructuras de los edificios a causa de los sismos son muy grandes en términos económicos.

El aporte que se quiere brindar a la comunidad mediante este trabajo de investigación, es la comparación interna de un edificio convencional, que predominan actualmente en la región, versus este mismo edificio adicionándole aisladores sísmicos en su base. Esto se realiza principalmente para generar difusión de las ventajas que tiene el edificio aislado frente al de base fija en cuanto a reducción de daños, que es una de las principales características que se tienen, debido a que la mayor parte de la demanda sísmica se concentra en el sistema de aislamiento, y solo una fracción de esta llega a la superestructura, protegiendo así la vida de los ocupantes y los contenidos, que en cierto modo son costosos e importantes para este tipo de edificación. Se propuso el uso de aisladores con núcleo de plomo (LRB), puesto que, de acuerdo a los antecedentes utilizados en este capítulo, son muy eficientes durante y después de un evento sísmico y actualmente constituyen la mejor opción de sistemas de protección sísmica, porque son los más ideales para este tipo de caso y se tiene mayor accesibilidad en el mercado. Es evidente que habrá un aumento en el presupuesto del sistema aislado respecto al convencional, pero después de tiempo esta diferencia será en beneficio del primero, evitando gastos de reparaciones y rehabilitaciones a futuro, aunque esto también depende de un buen diseño.

A continuación, se presentan las definiciones de los términos más rescatables que se han tomado en cuenta a lo largo de esta investigación:

1. Aislador de base: Elemento estructural perteneciente al sistema de aislamiento sísmico, que se caracteriza por su rigidez vertical y su flexibilidad horizontal, lo que le permite deformaciones laterales grandes bajo cargas sísmicas.
2. Amortiguamiento efectivo: Valor del amortiguamiento viscoso equivalente que corresponde a la energía disipada en la respuesta periódica del sistema de aislamiento sísmico y se representa como parte del amortiguamiento crítico.
3. Carga muerta: Peso propio de los materiales, equipos, dispositivos de servicio, tabiques y otros elementos resistidos por la estructura, ya sean permanentes o con una variación pequeña en su magnitud a lo largo del tiempo.

4. Carga viva: Peso de todos los ocupantes, equipos, materiales, muebles y otros elementos movibles resistidos por la estructura.
5. Centro de masa: Centro de gravedad del piso.
6. Centro de rigidez: Lugar geométrico donde la estructura es capaz de resistir cargas y deformarse menos.
7. Cortante basal: Acumulación sucesiva de las fuerzas cortantes existentes en cada piso, reflejada en la base de la estructura. Estas resultan de la aplicación de la fuerza sísmica en un nivel determinado y que se acumula a medida que se va acercando a la base.
8. Desplazamiento relativo: Diferencia de los desplazamientos de entrepiso.
9. Desplazamiento total: Desplazamiento lateral máximo, el cual incluye el desplazamiento adicional debido a la torsión accidental y natural. Se utiliza para verificar la estabilidad de los dispositivos y del sistema de aislamiento, establecer las separaciones entre edificios, y para los ensayos de los aisladores prototipo. El desplazamiento total se calcula por separado con los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico.
10. Desplazamiento traslacional: Es el desplazamiento lateral máximo que ocurre en el centro de rigidez del sistema de aislamiento sísmico, en la dirección analizada. Se excluyen los desplazamientos adicionales debidos a la torsión natural y accidental. El desplazamiento de traslación se calcula por separado con los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico.
11. Distorsión de entrepisos (Deriva): Es la diferencia de desplazamientos de dos pisos consecutivos entre la altura de entrepiso.
12. Edificaciones sísmicamente aisladas: Son estructuras que contienen un sistema de aislamiento sísmico, el cual permite separar las vibraciones horizontales del suelo con las vibraciones de la estructura, disipando pasivamente la energía sísmica.
13. Edificio convencional: Estructura que no cuenta con elementos de protección sísmica y se caracteriza por tener su base fija, es decir, empotrada al terreno.
14. Interfaz de aislamiento: Espacio producido por el sistema de aislamiento sísmico, limitado en la parte superior por la superestructura, la cual está

aislada, y en la parte inferior por la cimentación, que se mueve de manera rígida con el terreno.

15. Nivel de base: Es el primer nivel de la estructura aislada y se encuentra por encima de la interfaz de aislamiento. Incluye capiteles, vigas, losas y todos los elementos de conexión.
16. Oficina: Edificación diseñada para proporcionar servicios de carácter público y privado, ya sean técnicos, administrativos, financieros, de gestión, de consultoría y afines.
17. Periodo: Tiempo en el que una estructura realiza una oscilación completa.
18. Rigidez efectiva: Valor de la fuerza lateral en el sistema de aislamiento sísmico, o en cierta manera de él, dividido entre el desplazamiento lateral correspondiente.
19. Sismo máximo considerado (SMC): Sismo para el cual su efecto está definido como 1,5 veces el del sismo de diseño descrito en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.
20. Sistema de aislamiento sísmico: Grupo de elementos estructurales compuesto por los aisladores y todos los elementos de transferencia de fuerzas entre elementos del sistema de aislamiento sísmico, como vigas, losas, capiteles y sus conexiones.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Este trabajo se caracterizó por tener un enfoque cuantitativo dado que los resultados fueron datos numéricos. Para fortalecer lo dicho anteriormente, Hernández, Fernández y Baptista (2014) sostienen que “debido a que los datos son producto de mediciones, se representan mediante números (cantidades) y se deben analizar con métodos estadísticos” (p. 5). Asimismo, Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) mencionan que este enfoque “se caracteriza por utilizar métodos y técnicas cuantitativas y por ende tiene que ver con la medición, el uso de magnitudes, la observación y medición de las unidades de análisis, el muestreo, el tratamiento estadístico” (p. 140).

El tipo de investigación es aplicada-descriptiva porque se interesa en la ejecución de los conocimientos teóricos a una situación específica. “La investigación aplicada busca generar conocimiento mediante el estudio directo a los problemas que afectan a una sociedad o al sector público” (Lozada, 2014, p. 34). Por su parte, Cauas (2015) expresa que “en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente, de forma tal de describir los que se investiga” (p. 17).

Además, el diseño de investigación es no experimental-transversal puesto que solo nos limitaremos a realizar el modelado de las estructuras sin alterar la concepción estructural. Para Hernández et al. (2014), las investigaciones no experimentales son los “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p. 152). Por otro lado, los estudios transversales tienen como característica que todas las mediciones se hacen en un solo momento, por lo que no existen períodos de seguimiento (Manterola, Quiroz, Salazar, García, 2019, p. 5).

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1 (VI): Análisis y diseño sismorresistente.

Definición conceptual: El análisis sismorresistente es el desarrollo del modelo mecánico de una estructura que proporcionará una descripción realista de su

comportamiento frente a un sismo partiendo de la relación del modelo matemático de la estructura y su masa, amortiguamiento y rigidez. (Kamble y Awchat, 2018, p.4). Asimismo, el diseño sismorresistente es el análisis de una edificación convencional o con sistemas de protección sísmica, donde se emplean parámetros tales como: factores de zona, condiciones geotécnicas, parámetros de sitio y factores de amplificación sísmica; con el fin de conocer el comportamiento dinámico de la estructura y crear así un modelo sismorresistente eficiente que muestre un desempeño óptimo frente a un sismo. (Golzar, Rodgers y Chase, 2018, p.3).

Definición operacional: Se realizará el modelo estructural en Etabs donde, mediante los métodos de análisis de las normas E.030 “Diseño Sismorresistente” y E.031 “Aislamiento sísmico”, se encontrarán los principales parámetros sísmicos de la estructura necesarios para diseñar los dispositivos LRB propuestos y con eso hallar las derivas de entrepiso, que es uno de los resultados principales.

Dimensiones: Diseño arquitectónico, estructuración y predimensionamiento de elementos estructurales, análisis sísmico, diseño de aisladores.

Indicadores: Estructura convencional, estructura aislada, análisis estático, análisis dinámico modal espectral, pseudo-aceleración espectral, periodo, desplazamiento traslacional, desplazamiento total, rigidez efectiva, amortiguamiento efectivo.

Escala de medición: Nominal, ordinal y razón.

3.3. Población y muestra

Población:

De acuerdo con Hernández et al. (2014), la población es el “conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p. 174). Para la presente investigación, la población fue los espacios disponibles que hasta la fecha se encontraban disponibles en el distrito de Piura.

Muestra:

Hernández et al. (2014) manifiestan que la muestra “es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población” (p. 175). De esta manera, la muestra escogida para este

trabajo fue uno de los terrenos libres ubicados en el distrito en mención, el cual tuvo un área de 1154.6 m².

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas en la presente investigación fueron el análisis documental y el procesamiento de información.

Por su parte, el instrumento es el apoyo que se tiene para que la técnica cumpla su propósito (Baena, 2017, p. 68). Para este caso, se hizo uso de softwares tales como AutoCAD y Etabs. Además, se elaboraron hojas de cálculo en Microsoft Excel para registrar los datos obtenidos de los dos modelos estructurales estudiados.

Tabla 4: Técnicas e instrumentos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS	POBLACIÓN	MUESTRA	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Elaborar los planos de arquitectura de la propuesta de diseño.	Espacios disponibles que hasta la fecha se encontraban disponibles en el distrito de Piura.	Uno de los terrenos libres ubicados en el distrito en mención.	Análisis documental	Normas de diseño arquitectónico del Reglamento Nacional de Edificaciones.
			Procesamiento de información	Autodesk AutoCAD 2019.
Realizar la estructuración de la edificación y el predimensionamiento de los elementos estructurales.	Espacios disponibles que hasta la fecha se encontraban disponibles en el distrito de Piura.	Uno de los terrenos libres ubicados en el distrito en mención.	Procesamiento de información	Fórmulas de predimensionamiento.
				Autodesk AutoCAD 2019.
Realizar el análisis sísmico de las estructuras mediante el software Etabs.	Espacios disponibles que hasta la fecha se encontraban disponibles en el distrito de Piura.	Uno de los terrenos libres ubicados en el distrito en mención.	Análisis documental	Guía de modelamiento estructural.
			Procesamiento de información	Software Etabs 19.0.0.
Realizar el diseño de los aisladores de base propuestos.	Espacios disponibles que hasta la fecha se encontraban disponibles en el distrito de Piura.	Uno de los terrenos libres ubicados en el distrito en mención.	Procesamiento de información	Hojas de cálculo de Microsoft Excel.
				Autodesk AutoCAD 2019.

Fuente: Elaborado por los autores.

3.5. Procedimientos

Este proyecto dio inicio identificando las áreas libres disponibles en el centro histórico de Piura para el desarrollo de nuestra investigación. Se eligió esta zona ya que es muy concurrida y comercialmente estratégica, pues se encuentra en el centro de la ciudad, eligiendo así el lote 414 de la calle Lima. Posteriormente a ello, se procedió a tomar las medidas del área del terreno para diseñar el plano de las plantas arquitectónicas del proyecto, utilizando parámetros y criterios de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones para obtener un diseño arquitectónico funcional.

Terminado el proceso arquitectónico, se realizó la estructuración de la edificación, de donde se obtuvo un sistema dual de pórticos de concreto armado y placas en los muros de ascensor y escalera. Luego, se asignaron las dimensiones a cada uno de los elementos que conforman la estructura, tales como losas, vigas, columnas y placas, las cuales resultaron de un predimensionamiento basado en fórmulas de fuentes confiables.

Luego, se modeló la edificación convencional en el programa Etabs y se realizó el análisis sísmico de la estructura, con la finalidad de hallar su periodo en base fija y multiplicarlo por un determinado factor que dé como resultado un periodo objetivo de más de tres veces el de base fija. Asimismo, con estos datos, se realizó el análisis de la estructura aislada, aplicando los procedimientos explicados en la normativa competente y hallando los principales parámetros que nos servirán para el diseño de los dispositivos.

Para terminar, se realizó el diseño de los dispositivos haciendo uso de hojas de cálculo elaboradas por los autores donde se introdujeron los datos de los resultados anteriores y fijar así las dimensiones óptimas que cumplan con las verificaciones que estipula la norma, tanto a carga axial como a las deformaciones.

3.6. Método de análisis de la Información

La información obtenida de los análisis realizados a los dos modelos estructurales en cuestión se analizó mediante tablas, los cuales se realizaron con la herramienta computacional Microsoft Excel para facilitar la comprensión de la misma.

3.7. Aspectos éticos

Durante el proceso de investigación, se asumió el compromiso de evidenciar los siguientes aspectos éticos:

Honestidad, en relación a la veracidad de las afirmaciones recogidas y a la información citada en el contenido del presente trabajo.

Reserva, respecto a evitar dar a conocer la identidad de las personas que brindaron información.

Respeto a la autoría, cumpliéndose con citar y registrar a los autores que fueron consultados, cuyas ideas textuales fueron referenciadas, tarea que implicó el respeto a las reglas internacionales para la redacción de trabajos de investigación (ISO 690).

Tabla 5: Medidas y colindancias actuales del terreno de estudio.

Linderos	Medida (ml)	Colindancia
Frente	28.3	Calle Lima
Derecha	40.8	Locales comerciales
Izquierda	40.8	Terreno sin construir
Fondo	28.3	Malecón Francisco Eguiguren

Fuente: Elaborado por los autores.

Tabla 6: Área a construir por piso

Nivel	Área techada (m ²)	Área libre (m ²)
1	634	520.6
2	620.5	-
3	620.5	-
4	620.5	-
5	620.5	-
6	620.5	-
7	620.5	-

Fuente: Elaborado por los autores.

Los planos de arquitectura se desarrollaron tomando en cuenta criterios y parámetros de la norma de arquitectura del Reglamento Nacional de Edificaciones A.80 Oficinas. Las plantas arquitectónicas cuentan con ambientes correctamente distribuidos que facilita la transitabilidad de sus ocupantes por las instalaciones. El acceso desde el exterior se realiza mediante la entrada principal que está ubicada en la parte central del edificio, atravesando el estacionamiento. El proyecto fue diseñado con dos ascensores ubicados en la zona central izquierda del edificio y cuenta con una escalera principal ubicada frente a los ascensores que facilitan el acceso a los 7 niveles, Además, cuenta con un piso de inspección donde irán distribuidos los aisladores sísmicos. La norma ASCE 7-10 indica que los edificios aislados deben tener una zona de inspección para el sistema de aislamiento donde se verificará periódicamente el estado de los aisladores.

De esta manera se diseñaron los siguientes ambientes.

Tabla 7: Ambientes diseñados por cada piso.

N° de piso	Área total (m²)	Ambientes (m²)	Cantidad	Área (m²)
Piso de inspección	707.6	-	-	-
Primer piso	1154.6	Estacionamiento	1	143.3
		Plaza de acceso	1	165.6
		Cuarto de control	1	5
		Módulo de información	1	23.5
		Sala estar	2	23.5
		Área de cajeros	1	24.5
		Café express	1	27
		Área de secretarias	2	22.5
		Servicios higiénicos (Damas-Caballeros)	2	13.5
		Servicios higiénicos (discapacitados)	2	3
		Salón de usos múltiples	1	114.1
		Cuarto de control	1	8
		Cuarto de residuos solidos	1	8.5
		Área libre	1	154.6
Segundo, tercer y cuarto piso		Sala de juntas	1	32.5
		Privado del director	1	32.5

	620.5	Área de secretarías	4	22.5
		Secretaría del director	1	13.5
		Poll de trabajo	1	125.2
		Sala estar	3	23.5
		Servicios higiénicos (Damas-Caballeros)	2	13.5
		Servicios higiénicos (discapacitados)	1	3
Quinto, sexto y séptimo piso	620.5	Privado del director	1	32.5
		Sala estar	3	23.5
		Área de secretarías	4	22.5
		Servicios higiénicos (Damas-Caballeros)	2	13.5
		Servicios higiénicos (discapacitados)	1	3
		Sala de juntas	1	32.5
		Oficinas de entrenamientos	4	16.5

Fuente: Elaborado por los autores.

A continuación, se muestran los planos arquitectónicos de los 07 pisos de la edificación destinada a oficinas.



PROYECTO DE TESIS:
**ANÁLISIS Y DISEÑO
SÍSMICO DE UN EDIFICIO
DE 07 NIVELES PARA
OFICINAS CON
AISLADORES DE BASE -
PIURA**

UBICACION:
**CALLE LIMA
CENTRO HISTÓRICO DE
PIURA
PIURA - PIURA - PIURA**

ASESOR :
**LUCIO SIGIFREDO
MEDINA CARBAJAL**

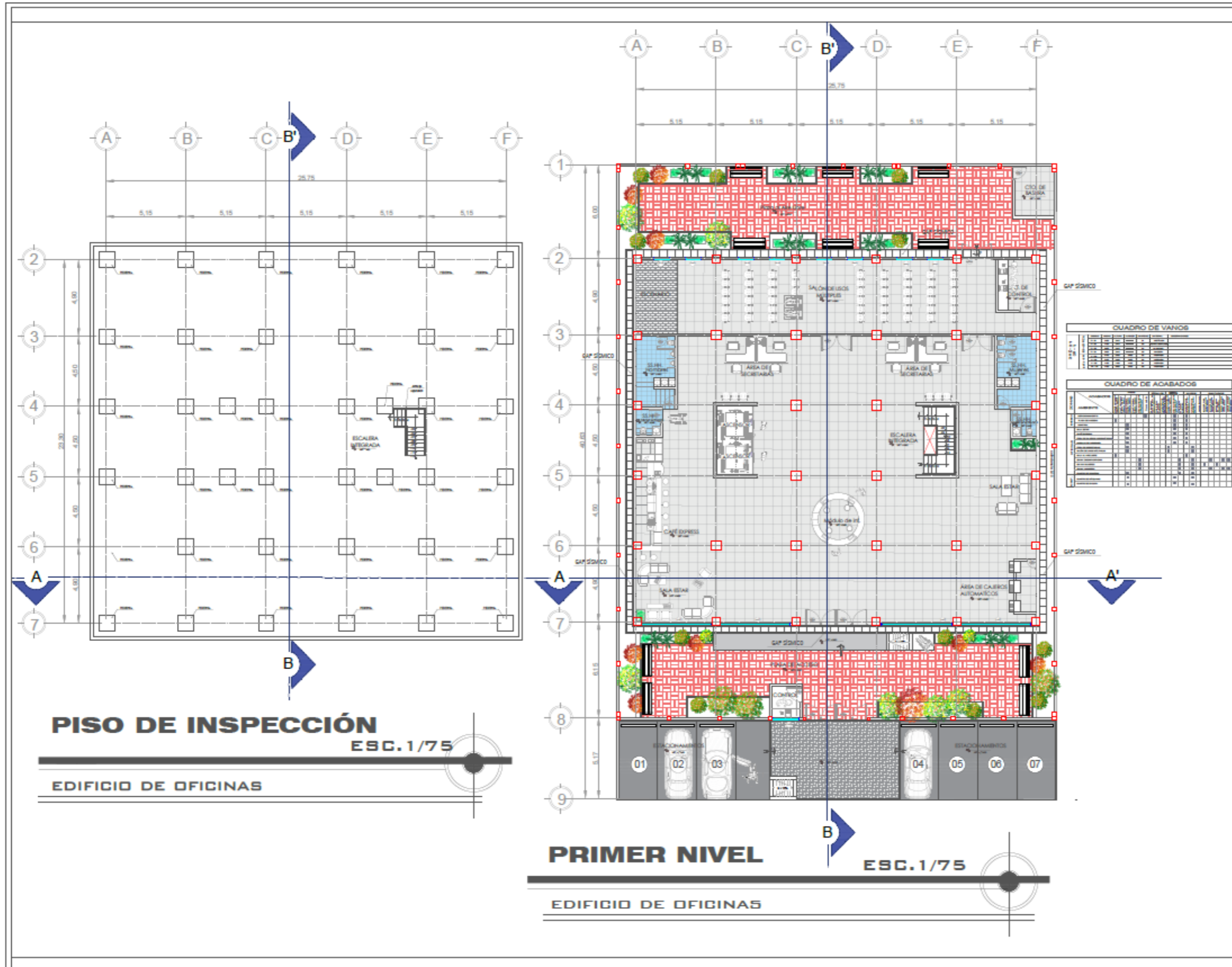
ESTUDIANTES:
**GÓMEZ SALÉS, HENRY
YARLEQUE NIMA, PEDRO**

CURSO:
**DESARROLLO DE
PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**

PLANO:
**ARQUITECTURA
PISO DE INSPECCIÓN
PRIMER PISO**

ESCALA:
1:75
FECHA:
JULIO/2021
LÁMINA N°:
01 DE 08

A-01





PROYECTO DE TESIS:
ANÁLISIS Y DISEÑO
SÍSMICO DE UN EDIFICIO
DE 07 NIVELES PARA
OFICINAS CON
AISLADORES DE BASE -
PIURA

UBICACION:
CALLE LIMA
CENTRO HISTÓRICO DE
PIURA
PIURA - PIURA - PIURA

ASESOR :
LUCIO SIGIFREDO
MEDINA CARBAJAL

ESTUDIANTES:
GÓMEZ SALÉS, HENRY
YARLEQUE NIMA, PEDRO

CURSO:
DESARROLLO DE
PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN

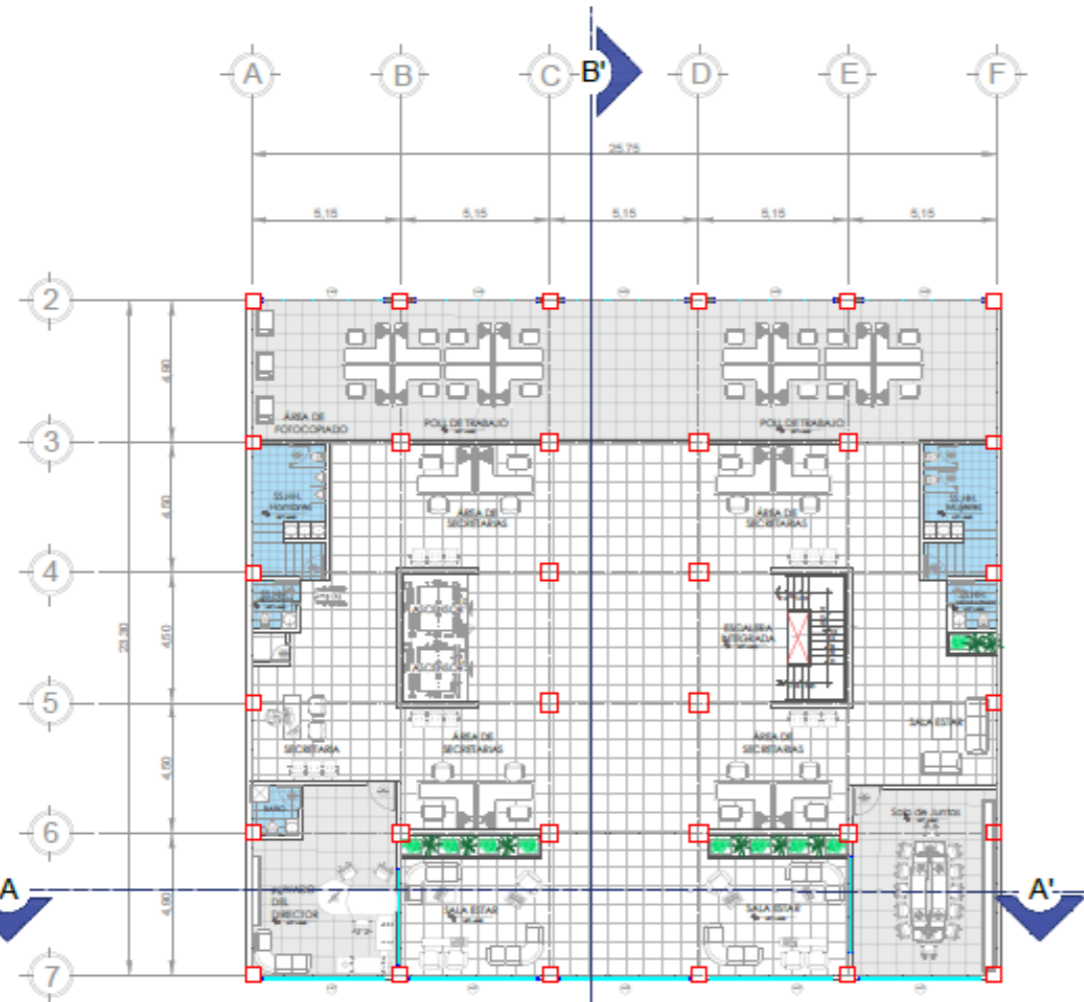
PLANO:
ARQUITECTURA
SEGUNDO Y TERCER PISO

ESCALA:
1:75

FECHA:
JULIO/2021

LÁMINA N°:
02 DE 08

LÁMINA:
A-02



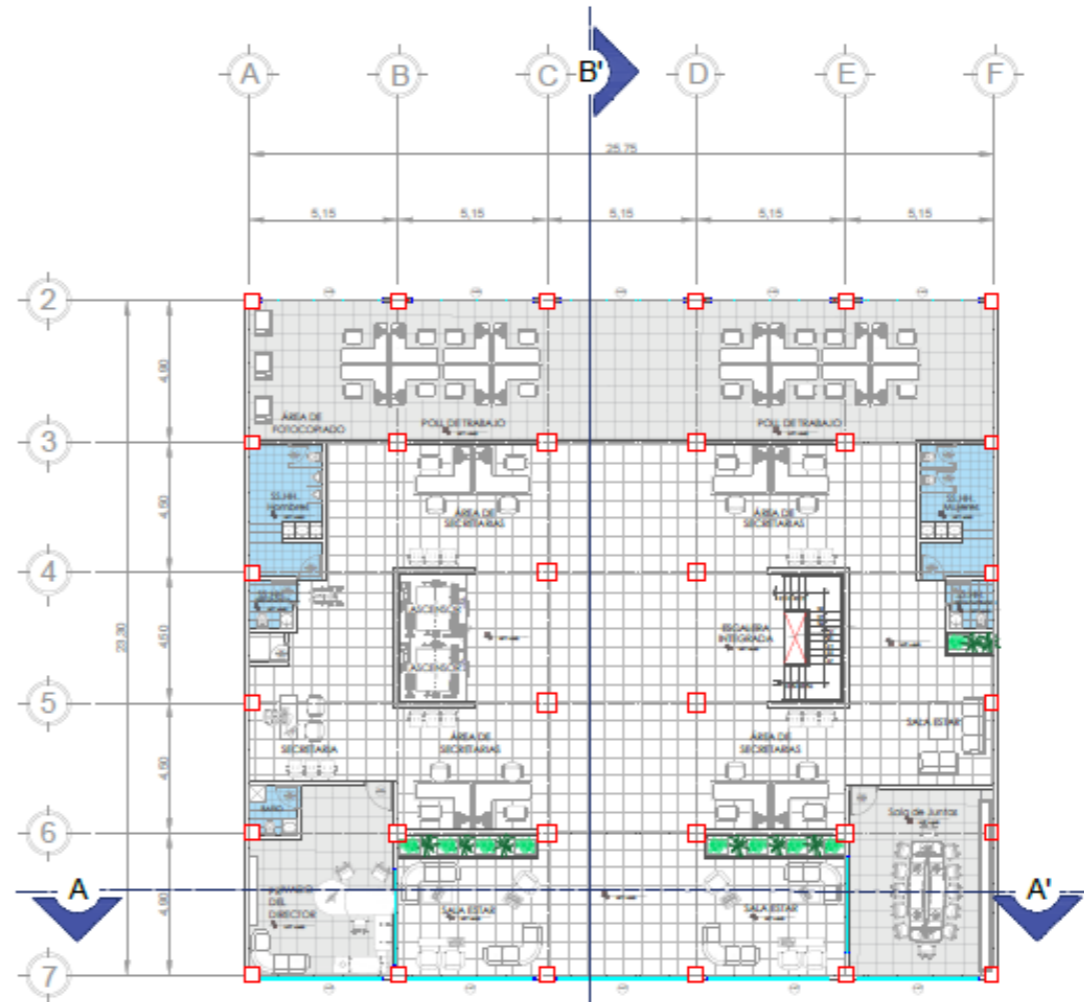
SEGUNDO NIVEL

ESC. 1/75

EDIFICIO DE OFICINAS

TIPO	CANTIDAD	ÁREA (m²)
PUERTA	12	12.00
VENTANA	48	48.00
OTRO	0	0.00
TOTAL	60	60.00

TIPO	CANTIDAD	ÁREA (m²)
PUERTA	12	12.00
VENTANA	48	48.00
OTRO	0	0.00
TOTAL	60	60.00



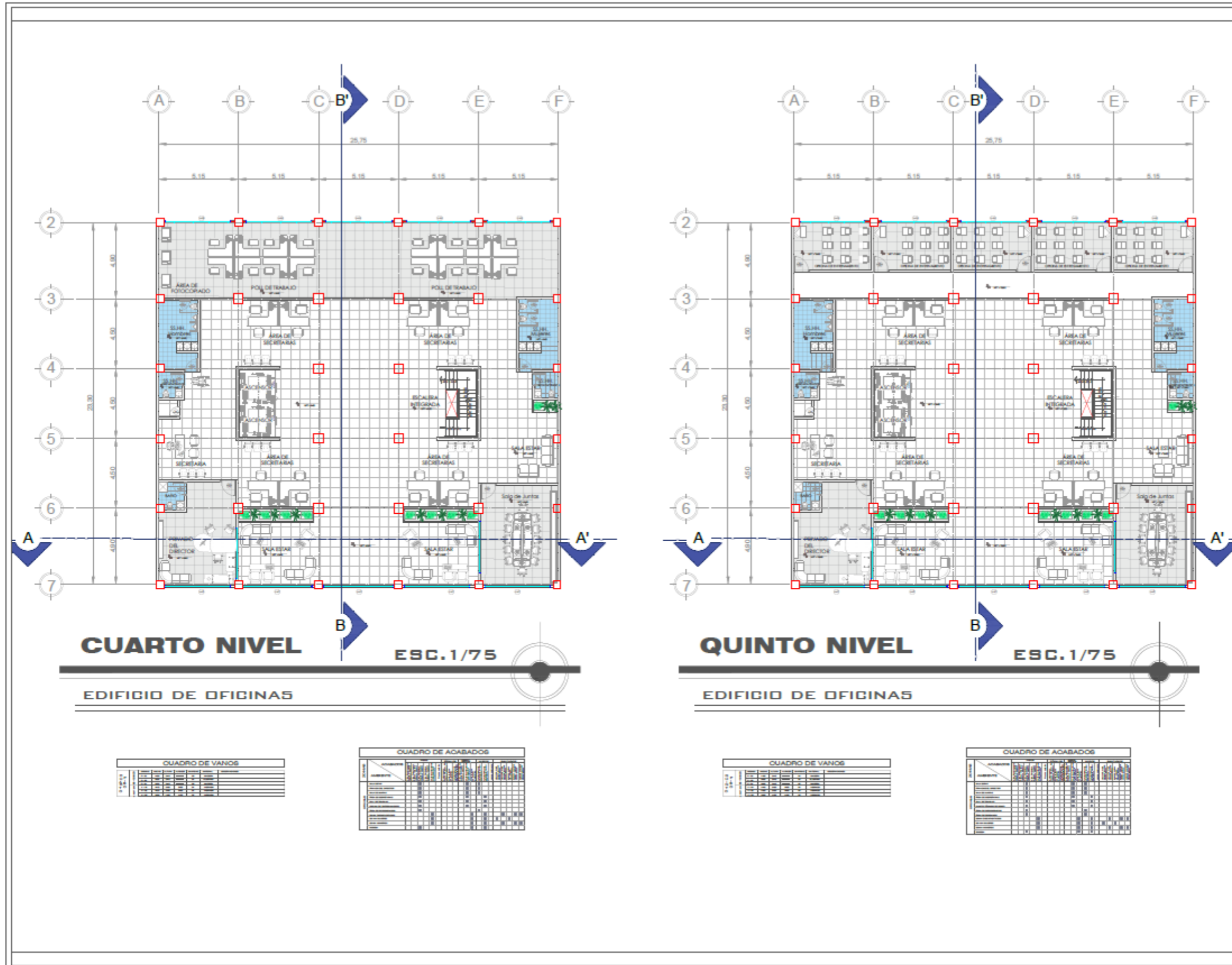
TERCER NIVEL

ESC. 1/75

EDIFICIO DE OFICINAS

TIPO	CANTIDAD	ÁREA (m²)
PUERTA	12	12.00
VENTANA	48	48.00
OTRO	0	0.00
TOTAL	60	60.00

TIPO	CANTIDAD	ÁREA (m²)
PUERTA	12	12.00
VENTANA	48	48.00
OTRO	0	0.00
TOTAL	60	60.00



FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL PIURA



PROYECTO DE TESIS:
ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA

UBICACION:
CALLE LIMA
CENTRO HISTÓRICO DE PIURA
PIURA - PIURA - PIURA

ASESOR :
LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

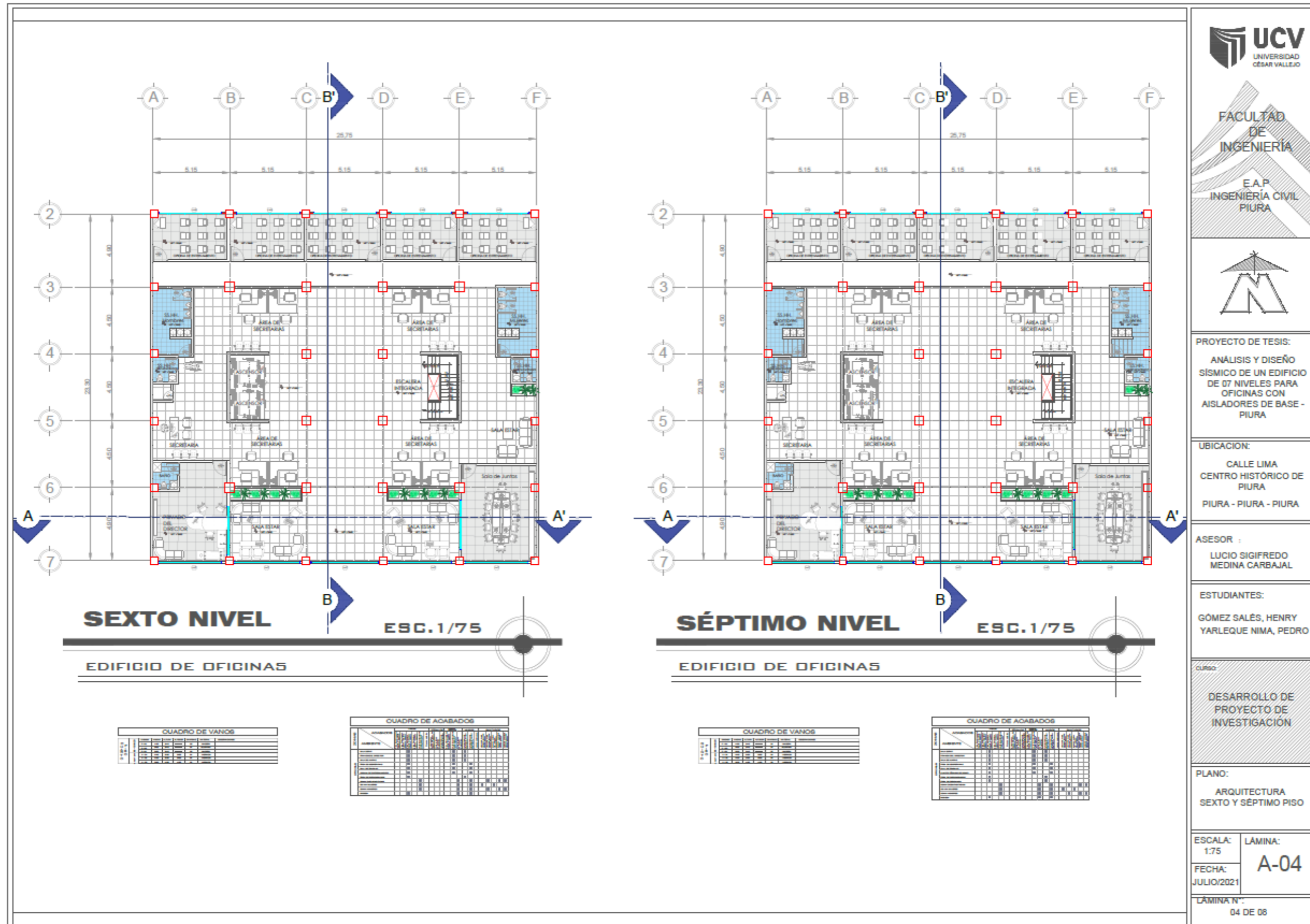
ESTUDIANTES:
GÓMEZ SALÉS, HENRY
YARLEQUE NIMA, PEDRO

CURSO:
DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PLANO:
ARQUITECTURA CUARTO Y QUINTO PISO

ESCALA: 1:75
LÁMINA: A-03

FECHA: JULIO/2021
LÁMINA N°: 03 DE 08



FACULTAD DE INGENIERÍA
E.A.P. INGENIERÍA CIVIL PIURA



PROYECTO DE TESIS:
ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA

UBICACION:
CALLE LIMA
CENTRO HISTÓRICO DE PIURA
PIURA - PIURA - PIURA

ASESOR :
LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

ESTUDIANTES:
GÓMEZ SALÉS, HENRY
YARLEQUE NIMA, PEDRO

CURSO:
DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PLANO:
ARQUITECTURA
SEXTO Y SÉPTIMO PISO

ESCALA:
1:75
FECHA:
JULIO/2021

LÁMINA:
A-04

LÁMINA N°:
04 DE 08

En cuanto a nuestro segundo objetivo, realizar la estructuración de la edificación y el predimensionamiento de los elementos estructurales, se llevó a cabo como sigue:

a) Estructuración de la edificación.

Este apartado consistió en decidir acerca de las características y ubicación de los elementos estructurales para que el edificio funcione bien a lo largo de su vida útil. Esto da a entender que tanto la carga muerta, lo cual viene a ser el peso propio de los elementos, acabados, equipos, tabiques, entre otros; y la carga viva, que es la sobrecarga, se transfieran uniformemente a la cimentación.

La norma E.030 “Diseño Sismorresistente” (2018), en su Artículo 5, nos menciona algunos aspectos importantes a tomar en cuenta para que la concepción estructural sea la más correcta posible, de los cuales destacan:

- Simetría, ya sea en la distribución de masas como de rigideces, con la finalidad de evitar irregularidades debido a la torsión.
- Peso mínimo, principalmente en los pisos superiores.
- Resistencia adecuada en ambas direcciones principales, frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, la cual se define como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.

Descripción de la estructura

La estructura planteada para la presente investigación fue un edificio destinado a oficinas, el cual consta de siete pisos, ubicado en la ciudad de Piura, cuyo perfil de suelo considerado ha sido de tipo intermedio (S_2). El sistema estructural se caracteriza por ser de tipo dual en ambas direcciones, debido a la presencia de muros estructurales en la caja de ascensor y en la parte de la escalera, con la finalidad de disminuir los efectos de torsión. La altura total de la edificación fue de 21 m. La dimensión en planta en la dirección X-X fue de 25.75 m, y en la dirección Y-Y fue de 23.30 m. A continuación, se detallan los principales elementos estructurales:

- Losas: Se ha considerado losas aligeradas en una dirección orientadas en el sentido vertical, que es el más corto, en la mayor parte de la edificación, salvo en los paños donde se encuentran las placas del ascensor y escalera, en los cuales se ha considerado losas macizas en una dirección, con la finalidad de rigidizar dichos paños debido a las aberturas que se presentan en ambos casos.
- Vigas: Se cuenta con vigas peraltadas en toda la estructura, las cuales tienen la misma dimensión en ambos sentidos.
- Columnas: Se optó por considerar columnas interiores de mayor dimensión que las laterales y esquineras, debido a que el área tributaria en las primeras es mayor.
- Placas: Se tiene placas en forma de C, entre el tramo de los ejes B y C, para la caja del ascensor y entre los ejes D y E, para la escalera, con la finalidad de evitar la irregularidad torsional.

Las dimensiones de los elementos estructurales mencionados anteriormente, se presentarán en la parte del proceso de predimensionamiento. Además de la figura presentada a continuación, se puede apreciar el plano de estructuración del proyecto en el Anexo 22.

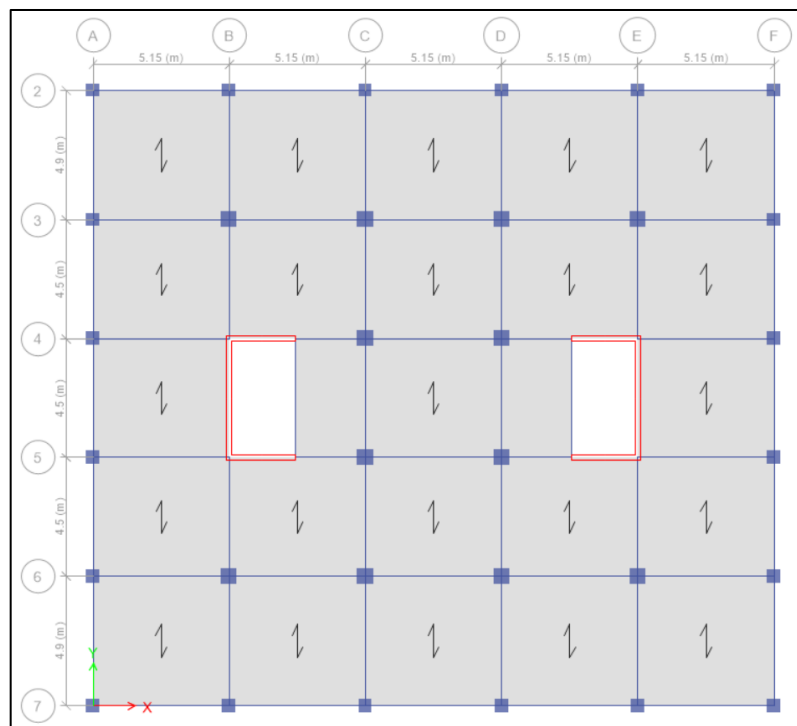


Figura 19: Vista en planta de la estructuración propuesta del edificio.

b) **Predimensionamiento de los elementos estructurales.**

Terminado el proceso de estructuración, se empezó con la propuesta de las posibles dimensiones de los elementos estructurales, las cuales servirán como punto de inicio para realizar los análisis sísmicos. Es necesario mencionar que estas dimensiones están sujetas a verificaciones durante los procesos posteriores.

- **Losas aligeradas:**

El ingeniero Antonio Blanco Blasco, en su libro “Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado” (1997), nos recomienda distintas medidas del peralte de la losa de acuerdo a la luz libre (L_n) en la menor dirección que cubre el elemento. Estas recomendaciones se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8: Peraltes de losa aligerada.

Luz libre (L_n)	Peralte recomendado (h)
< 4.00 m	0.17 m
≥ 4.00 m – ≤ 5.50 m	0.20 m
≥ 5.00 m – ≤ 6.50 m	0.25 m
≥ 6.00 m – ≤ 7.50 m	0.30 m

Fuente: Elaborado por los autores.

De acuerdo con nuestro proyecto, se tiene una luz libre mayor de 4.60 m en el sentido más corto, por lo que se selecciona un peralte igual a **0.20 m**.

- **Losas macizas:**

Se recomienda que el peralte de estas losas sean 5 cm menor que los indicados para las losas aligeradas, mostradas en la tabla, de acuerdo a la luz libre que cubren.

Además, a modo de contrastación, es común utilizar la siguiente fórmula:

$$e = \frac{L_n}{30}$$

En este caso, la luz libre es igual a 4.20 m, entonces:

$$e = \frac{4.20 \text{ m}}{30} = \mathbf{0.15 \text{ m}}$$

Como se observa, en ambos casos nos sugieren utilizar una losa maciza de 0.15 m, pero para mantener la uniformidad y dotarle de rigidez a estas aberturas, se ha considerado un espesor de **0.20 m**.

- **Vigas:**

Para el caso de las vigas, se utilizaron las fórmulas que se recomiendan en el libro anterior (Primer criterio). Asimismo, el ingeniero Roberto Morales Morales, en su libro “Diseño de concreto armado” (2000), también nos muestra el proceso de predimensionamiento de estos elementos, teniendo en cuenta cargas promedio que soportará el elemento en cuestión (Segundo criterio). Cabe resaltar que la Norma E.060 “Concreto armado”, nos indica que su ancho mínimo debe ser 0.25 m. Ambos criterios nos sirvieron para contrastar resultados y elegir las dimensiones idóneas.

Primer criterio: Consiste en considerar un peralte comprendido entre:

$$\frac{L_n}{12} < h < \frac{L_n}{10}$$

Además, para el ancho se considera:

$$b \geq \frac{h}{2}$$

Donde:

h: Peralte de viga.

b: Ancho de viga.

Segundo criterio: Es un método menos empírico que el anterior, ya que además de tener en cuenta la luz libre, considera otros factores como: Carga muerta, sobrecarga, resistencia a la compresión del concreto, ubicación del elemento, restricciones en los apoyos, ancho tributario, entre otros. Se muestran las fórmulas resumidas para realizar el predimensionamiento.

$$h = L_n * \psi$$

$$\psi = 1.1 * \sqrt{\frac{20 * W_u}{\alpha * \emptyset * f'c * 100^2 * w * (1 - 0.59 * w)}}$$

Donde:

W_u : Carga última en kg/m².

α : Coeficiente de momento.

\emptyset : Factor de reducción de resistencia para flexión.

$f'c$: Resistencia a la compresión del concreto en kg/cm².

w: Cuantía mecánica.

Sentido X-X:

Viga seleccionada: Eje 3, entre los ejes C y D.

- Primer criterio:

$$\frac{4.55 \text{ m}}{12} < h < \frac{4.55 \text{ m}}{10}$$

El peralte está comprendido entre los valores de 0.38 m y 0.46 m, por lo tanto, se selecciona un peralte de 0.45 m. En cuanto al ancho, se ha considerado un valor de 0.30 m.

- Segundo criterio:

$$\psi = 1.1 * \sqrt{\frac{20 * 1450}{16 * 0.9 * 210 * 100^2 * 0.1396 * (1 - 0.59 * 0.1396)}} = 0.095$$

$$h = 4.55 * 0.095 = \mathbf{0.43 \text{ m}}$$

Como se observa, el peralte que resultó del cálculo es igual a 0.43 m, adoptándose un valor de 0.45 m. Para el ancho, se ha considerado 0.30 m. Se puede visualizar el proceso detallado en el Anexo 13.

Por lo tanto, para todas las vigas en este sentido, denominadas VP-1, se tiene una sección de **0.30 m x 0.45 m**.

Sentido Y-Y:

Viga seleccionada: Eje C, entre los ejes 2 y 3.

- Primer criterio:

$$\frac{4.35 \text{ m}}{12} < h < \frac{4.35 \text{ m}}{10}$$

El peralte está comprendido entre los valores de 0.36 m y 0.44 m, por lo tanto, se selecciona un peralte de 0.45 m y un ancho de 0.30 m.

- Segundo criterio:

$$\psi = 1.1 * \sqrt{\frac{20 * 1450}{14 * 0.9 * 210 * 100^2 * 0.1396 * (1 - 0.59 * 0.1396)}} = 0.102$$

$$h = 4.35 * 0.102 = \mathbf{0.44 \text{ m}}$$

El peralte que resultó del cálculo es igual a 0.44 m, para lo cual se adopta un valor de 0.45 m. Para el ancho, se ha considerado 0.30 m. Se puede visualizar el proceso detallado en el Anexo 14.

Por lo tanto, para todas las vigas en este sentido, denominadas VP-2, se tiene una sección de **0.30 m x 0.45 m**.

Como se puede visualizar, en ambas direcciones se tienen vigas de iguales dimensiones. Cabe recalcar que para el segundo criterio se consideró una sobrecarga máxima correspondiente a corredores.

- **Columnas:**

Al igual que en las vigas, se hizo uso de dos criterios, uno perteneciente a cada autor, citados anteriormente.

- Primer criterio:

$$A_c = \frac{P(\text{servicio}) * A * \#\text{pisos}}{n * f'_c}$$

A_c : Área de la columna.

A: Área tributaria.

#pisos: Número de pisos.

n: Factor que depende de la ubicación de la columna, siendo 0.45 para columnas interiores y 0.35 para laterales y de esquina.

P(servicio): Peso en servicio, cuyos valores promedios se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Peso en servicio recomendados para columnas.

Categoría	P(servicio)
A	1500 kg/m ²
B	1250 kg/m ²
C	1000 kg/m ²

Fuente: Elaborado por los autores.

- Segundo criterio:

$$A_c = \frac{\alpha * PG * A * \#\text{pisos}}{n * f'_c}$$

PG: Peso total de cargas en gravedad, que resulta de un metrado de cargas sin amplificación.

α , n: Coeficientes que dependen de la ubicación del elemento, detallados en la Tabla 10:

Tabla 10: Valores de coeficientes α y n .

Ubicación	α	n
Interior	1.10	0.30
Lateral	1.25	0.25
Esquina	1.50	0.20

Fuente: Morales, R (2000). Diseño de concreto armado (Adaptación).

Interior:

Columna seleccionada: Eje 3 con eje C.

- Primer criterio:

$$A_c = \frac{1000 * 24.21 * 7}{0.45 * 210} = 1793.33\text{cm}^2$$

Para una columna cuadrada, se tienen dimensiones de 0.45 m x 0.45 m.

- Segundo criterio:

$$A_c = \frac{1.10 * 1110 * 24.21 * 7}{0.30 * 210} = 3284.49\text{cm}^2$$

Para una columna cuadrada, se tienen dimensiones de 0.60 m x 0.60 m. Es importante mencionar que para este proceso se ha utilizado una sobrecarga correspondiente a corredores. Se puede visualizar el proceso detallado en el Anexo 15.

Por lo tanto, para todas las columnas interiores, denominadas C-1, se tiene una sección de **0.60 m x 0.60 m**.

Lateral:

Columna seleccionada: Eje 2 con eje D.

- Primer criterio:

$$A_c = \frac{1000 * 12.62 * 7}{0.35 * 210} = 1201.90\text{cm}^2$$

Para una columna cuadrada, se tienen dimensiones de 0.35 m x 0.35 m.

- Segundo criterio:

$$A_c = \frac{1.25 * 1110 * 12.62 * 7}{0.25 * 210} = 2334.70 \text{cm}^2$$

Para una columna cuadrada, se tienen dimensiones de 0.50 m x 0.50 m. Es importante mencionar que para este proceso se ha utilizado una sobrecarga correspondiente a corredores. Se puede visualizar el proceso detallado en el Anexo 16.

Por lo tanto, para todas las columnas laterales, denominadas C-2, se tiene una sección de **0.50 m x 0.50 m**. Estas mismas dimensiones se han asumido también para las esquineras.

- **Placas:**

Estos elementos pueden tener un espesor mínimo de 0.10 m. Para edificios de pocos pisos, mayormente se consideran de 0.15 m, y conforme se aumenta el número de pisos, este aumenta a 0.20 m, 0.25 m ó 0.30 m.

Para este caso, se ha considerado un espesor de **0.20 m** en todas las placas proyectadas.

En tanto para el tercer objetivo, se realizó el análisis sísmico de la edificación mediante el software Etabs. Para este proceso, se ha trabajado la estructura convencional y la estructura aislada por separado, debido a que de la primera nos interesa más que todo el periodo, para así poder extenderlo en el análisis de la estructura aislada y diseñar sísmicamente tanto el sistema de aislamiento como los dispositivos.

A continuación, se muestra el proceso que se ha seguido para la primera estructura:

Estructura en base fija:

a) Materiales:

- Concreto: Se definieron las propiedades del concreto de la superestructura.

Resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Peso específico $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$

Módulo de elasticidad $E_C = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Poisson $\nu = 0.20$

Material Property Data

General Data

Material Name: CONCRETO 210
 Material Type: Concrete
 Directional Symmetry Type: Isotropic
 Material Display Color: [Color Selection] Change...
 Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density
 Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³
 Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2173707 tonf/m²
 Poisson's Ratio, U: 0.2
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 Shear Modulus, G: 905711.25 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)
 User Specified [Text Field]

OK Cancel

Figura 20: Características del concreto.

b) Secciones:

Elementos tipo Frame:

- Vigas: Se definieron las secciones de las vigas peraltadas VP-1 y VP-2.

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: VP1-30x45
 Material: CONCRETO 210
 Notional Size Data: [Text Field] Modify/Show Notional Size...
 Display Color: [Color Selection] Change...
 Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 0.45 m
 Width: 0.3 m

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
 Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK Cancel

Figura 21: Sección de Viga VP-1.

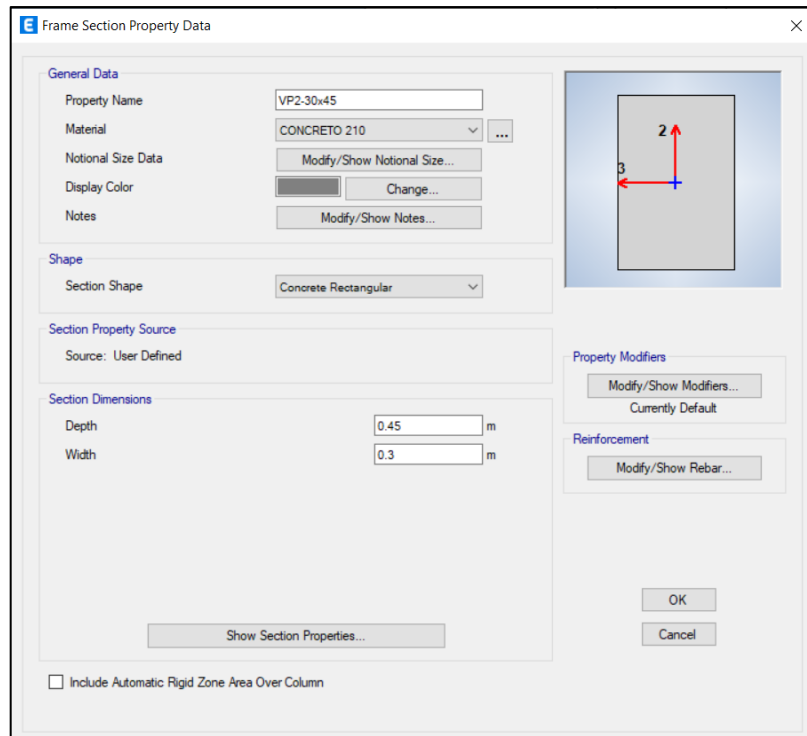


Figura 22: Sección de Viga VP-2.

- Columnas: Se definieron las secciones de las columnas C-1 y C-2.

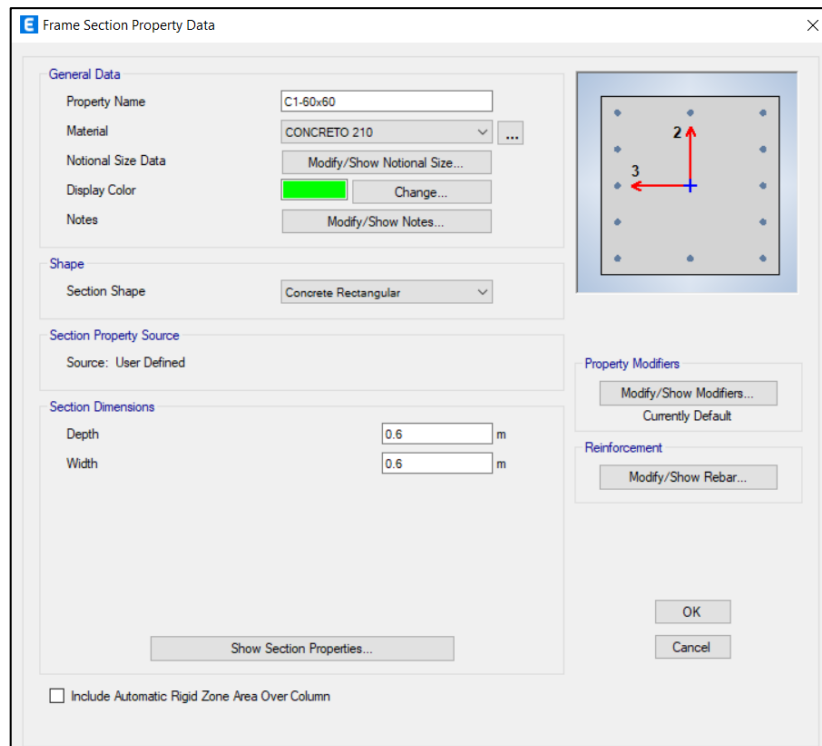


Figura 23: Sección de columna C-1.

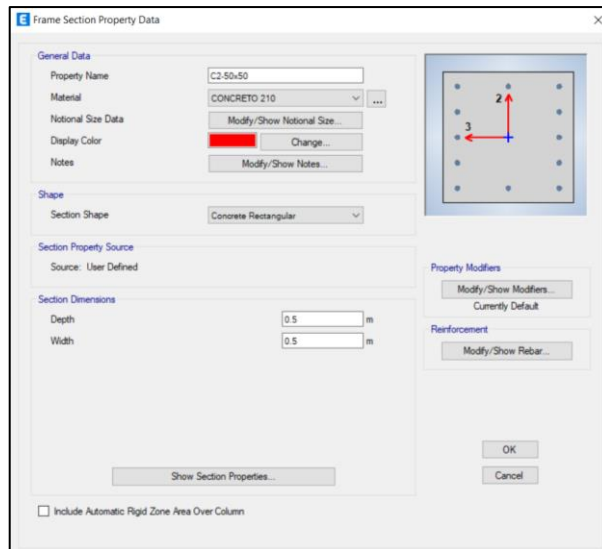


Figura 24: Sección de columna C-2.

Elementos tipo Shell:

- Losa aligerada: Se trabajó como un modelo de tipo membrana, con la finalidad de que solo transmita las cargas a las vigas, asignándole su peso propio dentro de las cargas muertas. Asimismo, se trabajó con un espesor equivalente, para que la propiedad sea de tipo slab, descrito a continuación:

$$e_{\text{equiv}} = \frac{PP_{\text{aligerado}}}{\gamma_{\text{concreto}}} = \frac{300 \text{ kg/m}^2}{2400 \text{ kg/m}^3} = \mathbf{0.125 \text{ m}}$$

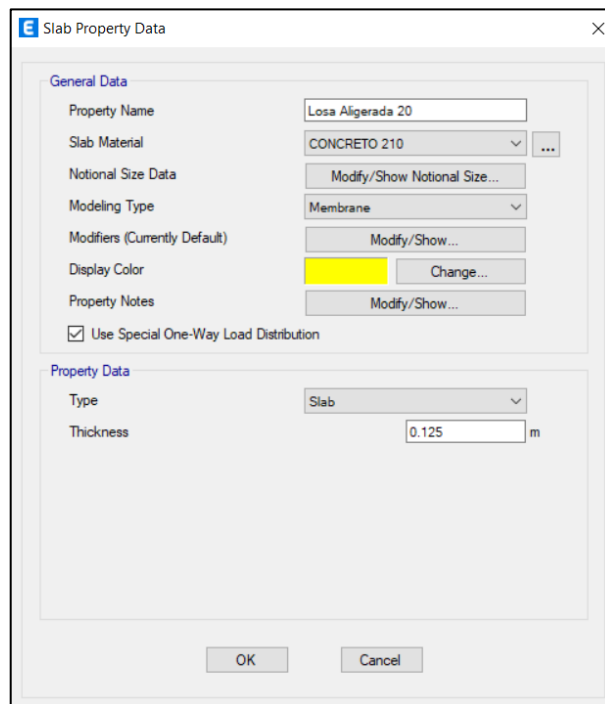


Figura 25: Sección de losa aligerada.

- Losa maciza: Se definió como un modelo tipo Shell-thin, y con la propiedad tipo slab.

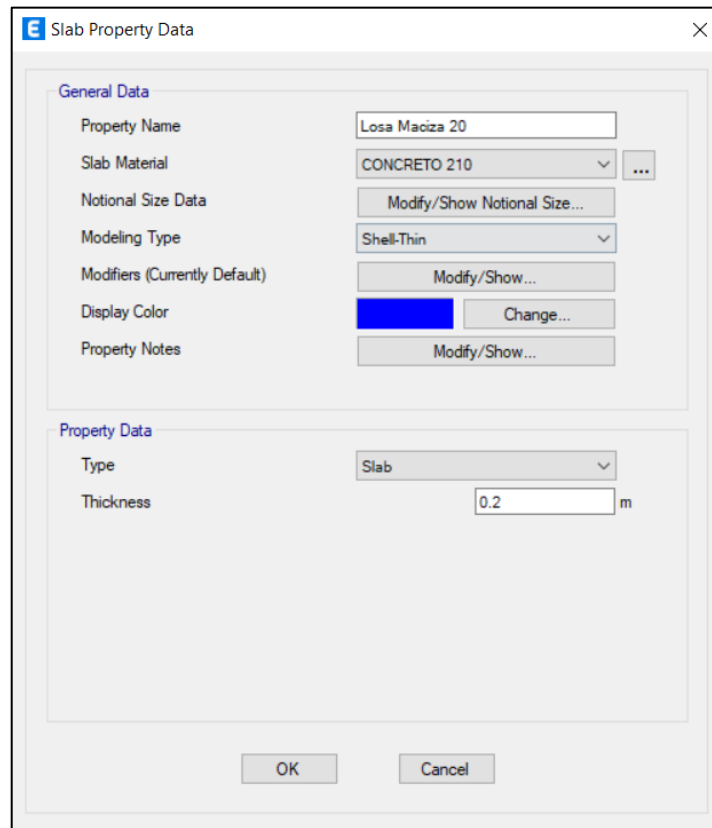


Figura 26: Sección de losa maciza.

- Placas: Se definió como un modelo tipo Shell-thin.

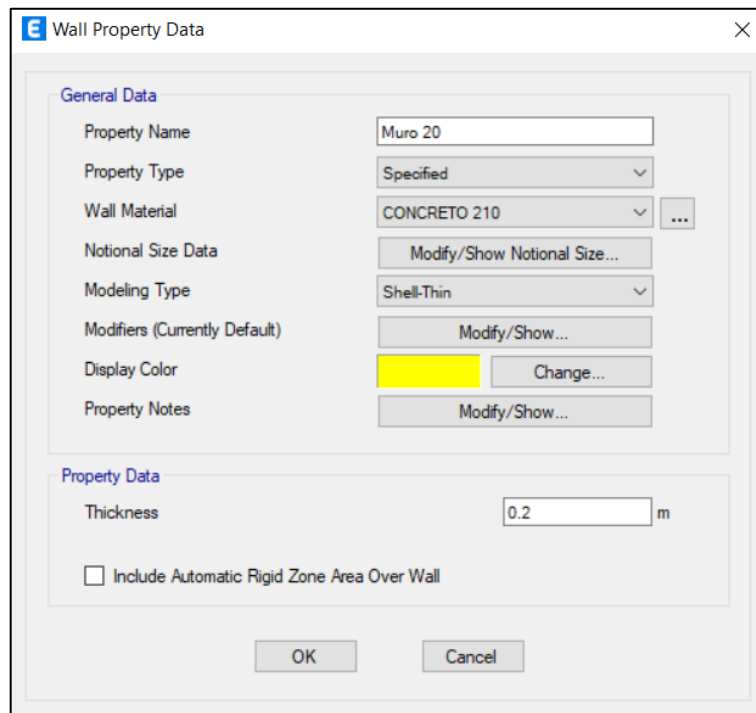


Figura 27: Sección de placa.

c) Cargas:

Cargas muertas:

Peso propio de losa aligerada	300 kg/m ²
Peso propio de tabiquería	150 kg/m ²
Peso propio de acabados	100 kg/m ²

La Tabla 11 muestra el resumen de cargas que han sido aplicadas a las losas:

Tabla 11: Cargas muertas aplicadas en losas.

Carga muerta	Primer al sexto nivel	Séptimo nivel
Peso propio de tabiquería	150 kg/m ²	150 kg/m ²
Peso propio de acabados	100 kg/m ²	-
Total	250 kg/m²	150 kg/m²

Fuente: Elaborado por los autores.

Nota: Las cargas muertas correspondientes al peso propio de las losas no se consideran en este metrado, debido a que el patrón de cargas las considera de forma automática.

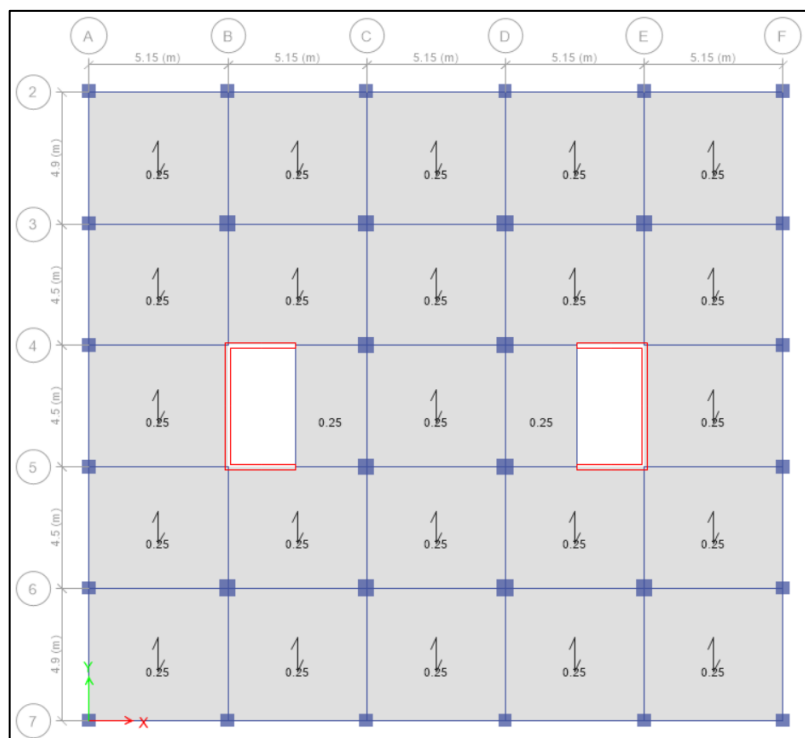


Figura 28: Cargas muertas asignadas en losas del primer hasta el sexto nivel.

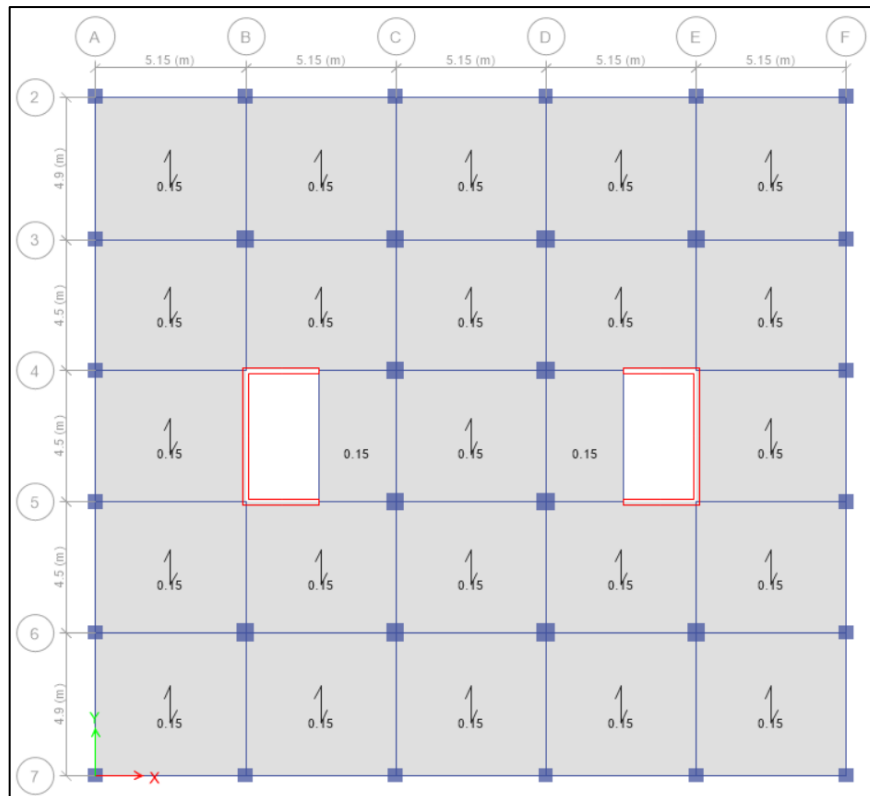


Figura 29: Carga muerta asignada en losas de último nivel.

Cargas vivas mínimas repartidas:

Oficinas	250 kg/m ²
Lugares de asamblea con asientos móviles	400 kg/m ²
Corredores y escaleras	400 kg/m ²
Azotea	100 kg/m ²

Para el caso de la carga viva, su valor varía dependiendo de la ocupación.

En el presente proyecto, se han utilizado valores iguales a 400 kg/m² en: Zona central, ya que sirve como un corredor; en las losas macizas que existen al lado de las placas del ascensor y escalera; y en la parte posterior, que pertenece a áreas de afluencia de personal.

Para el resto de las áreas, se ha utilizado un valor de carga viva correspondiente a oficinas, igual a 250 kg/m².

En el último piso, se ha considerado un valor de 100 kg/m² en todas las losas.

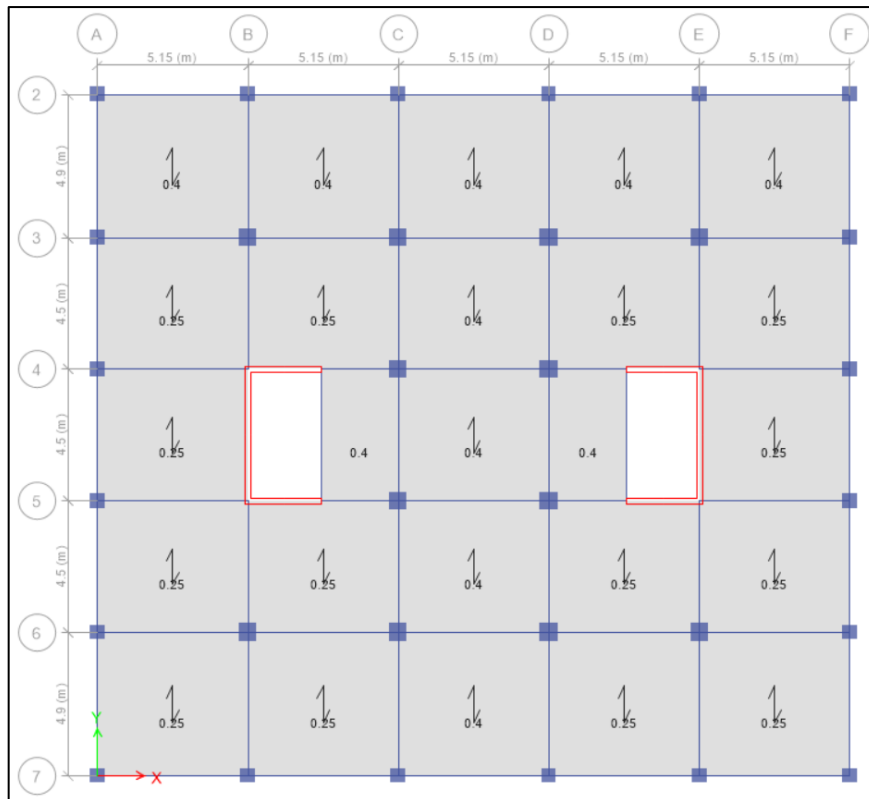


Figura 30: Cargas vivas asignadas en losas del primer hasta el sexto nivel.

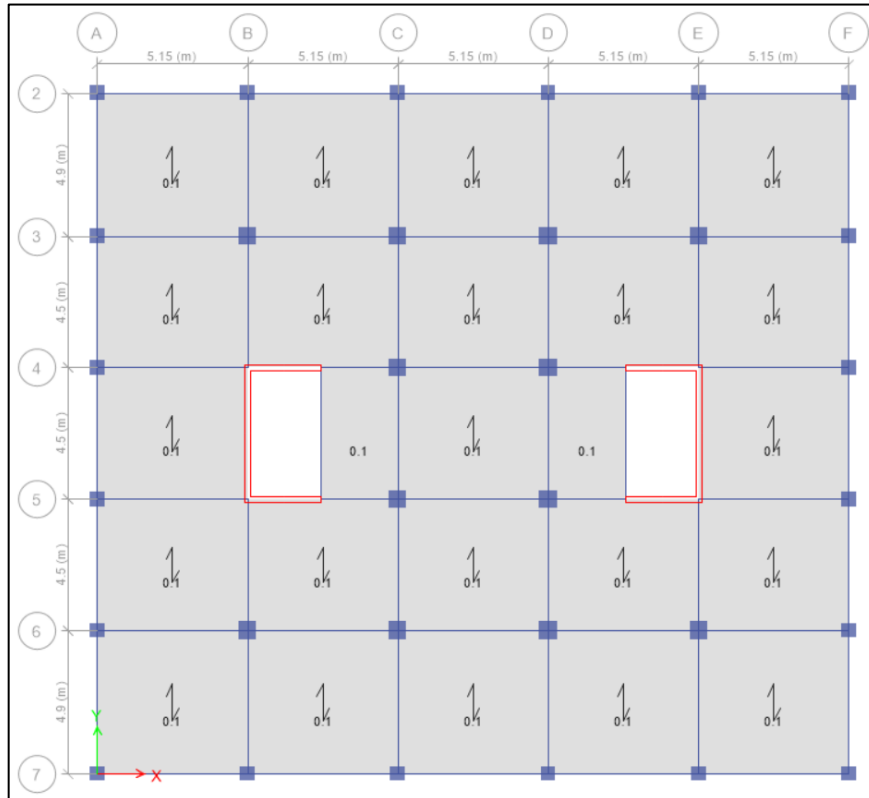


Figura 31: Carga viva asignada en losas de último nivel.

d) Análisis sísmico

Como se mencionó anteriormente, uno de los parámetros necesarios para el desarrollo de esta investigación, es el periodo de la estructura en base fija, por lo tanto, se creyó conveniente iniciar por el análisis dinámico modal-espectral.

Parámetros sísmicos: Estos valores se encuentran en la Norma E.030 “Diseño sismorresistente” y se detallan a continuación:

- Zonificación:

Departamento	Piura
Provincia	Piura
Distrito	Piura
Zona sísmica	4
Factor de zona (Z)	0.45 g
- Condiciones geotécnicas:

Perfil de suelo	S ₂
Descripción de perfil	Suelos intermedios
Factor de suelo S	1.05
Periodo T _P	0.60
Periodo T _L	2.00

Cabe mencionar que, para el tipo de suelo, recurrimos a la investigación de Carrasco Nizama (2019), el cual menciona que el suelo típico de Piura es intermedio, correspondiente al perfil S₂.

- Factor de amplificación sísmica: La norma en su artículo 14 “Factor de amplificación sísmica”, detalla las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} T < T_P & \qquad C = 2,5 \\ T_P < T < T_L & \qquad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right) \\ T > T_L & \qquad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right) \end{aligned}$$

Figura 32: Cálculo de factor de amplificación sísmica.

El periodo T resulta de una aproximación recomendada por la norma, la cual se calcula como sigue:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

h_n : Altura total de la edificación (m).

C_T : Coeficiente para estimar el período fundamental, 60 en este caso.

$$T = \frac{21}{60} = 0.35 \text{ s}$$

Como el periodo T resulta menor que el periodo T_P , se utiliza un valor $C=2.5$.

Es importante mencionar que este periodo resulta de un cálculo rápido, es decir, no es el definitivo, ya que éste resultará del análisis dinámico.

- Categoría de la edificación:

Categoría	Común
Factor de uso (U)	1.00

- Sistema estructural:

Categoría	Concreto armado
Sistema estructural	Dual
Coeficiente básico de reducción (R_0)	7
Irregularidad en planta (I_p)	1
Irregularidad en altura (I_a)	1
Coeficiente de reducción (R)	7

- Peso sísmico (P)

La Norma E.030 (2018), en su artículo 26 “Estimación del peso (P)”, nos menciona que éste se calcula adicionando a la carga muerta un porcentaje de la carga viva. Para las edificaciones de la categoría C, se toma el 25% de la carga viva.

Análisis sísmico modal-espectral.

Se define el espectro que va a ser aplicado en ambos sentidos de la estructura. Esta gráfica se construye con los valores de los parámetros sísmicos anteriormente mencionados.

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

Cabe resaltar que los valores quedan en función de la gravedad (g) y se colocará el valor de la misma en el apartado de casos de carga de cada espectro.

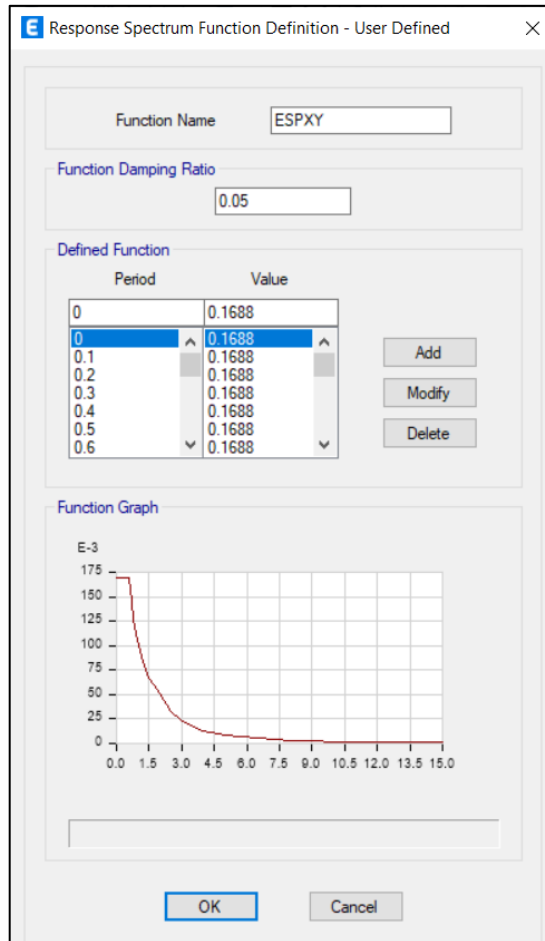


Figura 33: Definición de espectro inelástico para ambos sentidos - Base fija.

Se define la fuente de masa, lo cual vendría a ser el peso sísmico, calculado como:

$$\text{Peso sísmico} = CM + 0.25 * CV$$

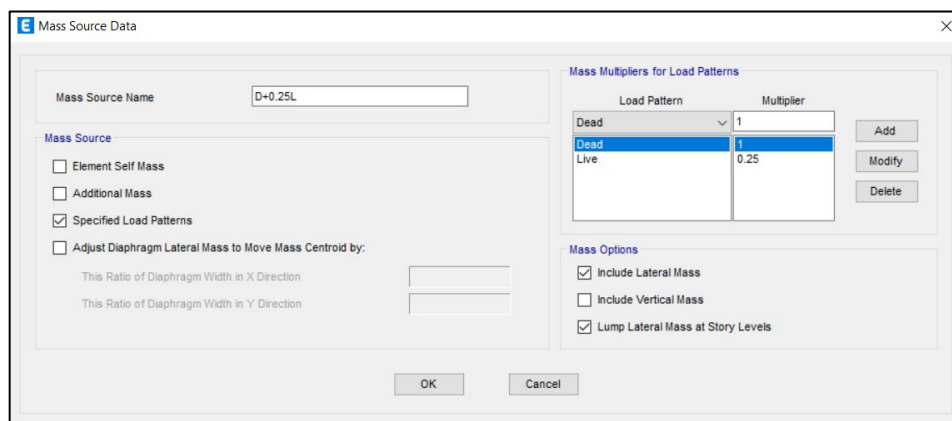


Figura 34: Definición de fuente de masa – Base fija.

Se edita el caso de carga Modal, modificando el máximo y el mínimo número de modos. Para el primer caso, se recomienda que sean tres modos por piso, y como se tiene 7 pisos, se colocan 21 modos. El mínimo número de modos fueron 3.

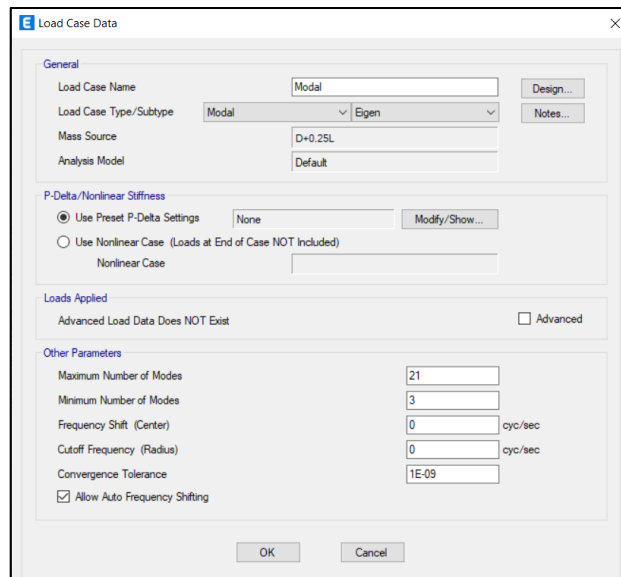


Figura 35: Caso de carga Modal - Base fija.

Se definen los casos de carga para el sismo dinámico en X e Y, denominado SPX y SPY respectivamente, asignándole la misma función espectral construida anteriormente, en ambos casos, escalándose por el valor de la gravedad, debido a que la función espectral se dejó en función de ella.

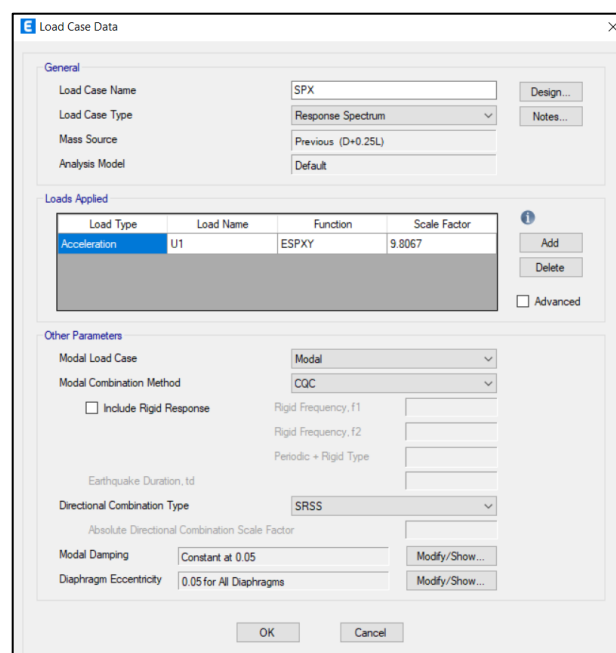


Figura 36: Caso de carga SPX - Base fija.

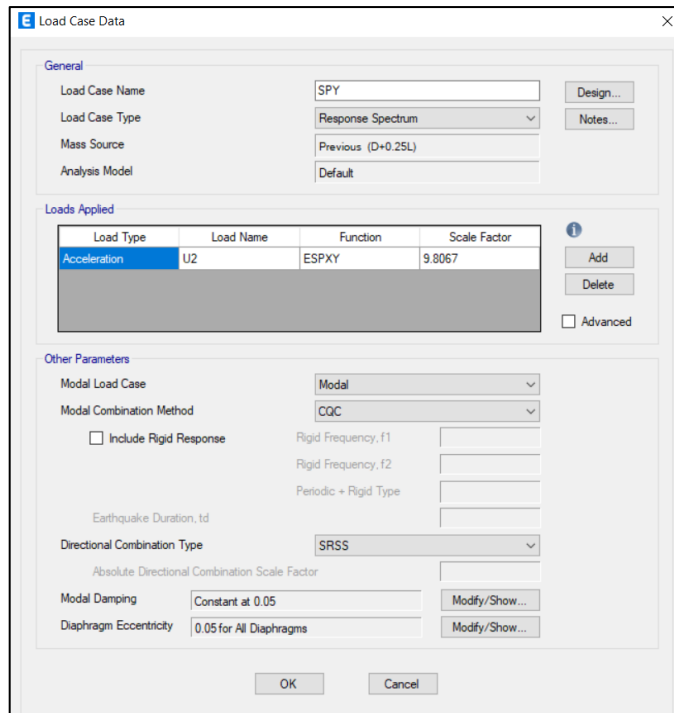


Figura 37: Caso de carga SPY - Base fija.

A continuación, se asignan diafragmas rígidos en cada nivel de la edificación. Como es una estructura continua y uniforme desde el primer al séptimo nivel, se asignó un solo diafragma rígido denominado D-1. Para el caso del techo, donde se ubica la parte que sobresale del ascensor, se asignó un diafragma rígido DT.

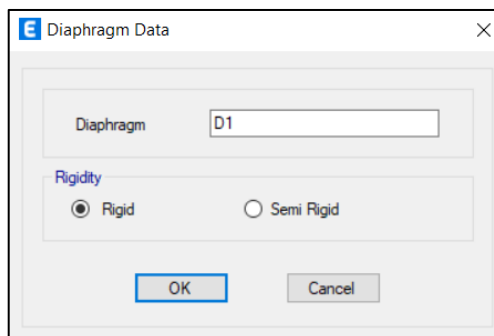


Figura 38: Definición de diafragma rígido D1.

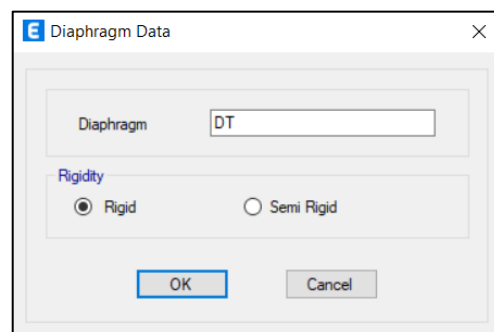


Figura 39: Definición de diafragma rígido DT.

Terminado esto, se procede a ejecutar el análisis del modelo con la finalidad de obtener los periodos, los cuales son necesarios para el análisis del edificio en base aislada.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRX	SumRY
Modal	1	0.697	0.7752	0	0.7752	0	0.0001	0	0.2543
Modal	2	0.606	0.0001	0.0036	0.7753	0.0036	0.7746	0.0018	0.2543
Modal	3	0.57	0	0.7533	0.7753	0.7569	0.0038	0.2743	0.2543

Figura 40: Ratios de masas participativas – Base fija.

Tabla 12: Resumen de los tres primeros modos fundamentales – Base fija.

Modo	Periodo	UX	UY	RZ
1	0.697	0.7752	0	0.0001
2	0.606	0.0001	0.0036	0.7746
3	0.57	0	0.7533	0.0038

Fuente: Elaborado por los autores.

Como se observa en la Tabla N° 12, el segundo periodo es rotacional, lo cual se controlará al momento de realizar el análisis de la estructura aislada.

Además, otro dato que nos interesa es el peso total de la estructura, el cual lo obtenemos del software.

Story	Diaphragm	Mass X tonf-s ² /m	Mass Y tonf-s ² /m	XCM m	YCM m	Cum Mass X tonf-s ² /m	Cum Mass Y tonf-s ² /m	XCCM m	YCCM m
Techo	DT	0.68608	0.68608	6.2696	11.65	0.68608	0.68608	6.2696	11.65
Piso 7	D1	40.68436	40.68436	12.7942	11.65	40.68436	40.68436	12.7942	11.65
Piso 6	D1	53.67843	53.67843	12.875	11.7162	94.36279	94.36279	12.8402	11.6876
Piso 5	D1	53.67843	53.67843	12.875	11.7162	148.04122	148.04122	12.8528	11.698
Piso 4	D1	53.67843	53.67843	12.875	11.7162	201.71965	201.71965	12.8587	11.7028
Piso 3	D1	53.67843	53.67843	12.875	11.7162	255.39809	255.39809	12.8621	11.7056
Piso 2	D1	53.67843	53.67843	12.875	11.7162	309.07652	309.07652	12.8644	11.7074
Piso 1	D1	55.28387	55.28387	12.875	11.7142	364.36039	364.36039	12.866	11.7085

Figura 41: Masas por piso de la estructura - Base fija.

Tabla 13: Resumen de masas y pesos de la estructura - Base fija.

Piso	Masas (tonf-s ² /m)	Peso (tonf)
Techo	0.686	6.730
Piso 7	40.684	399.114
Piso 6	53.678	526.585
Piso 5	53.678	526.585
Piso 4	53.678	526.585
Piso 3	53.678	526.585
Piso 2	53.678	526.585
Piso 1	55.283	542.335

Fuente: Elaborado por los autores.

La segunda parte de este tercer objetivo, que fue desarrollar el análisis sísmico de la estructura aislada, y el cuarto objetivo, realizar el diseño de los aisladores de base propuestos, se llevaron a cabo en paralelo, debido a que son procedimientos dependientes. Estos se describirán a continuación:

Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

Para poder realizar este análisis, es recomendable mantener un orden en cuanto a los puntos donde irá cada aislador, por lo que se creyó conveniente asignarle una denominación a cada uno para saber a qué elemento se refiere el programa en cuanto a resultados de las tablas.

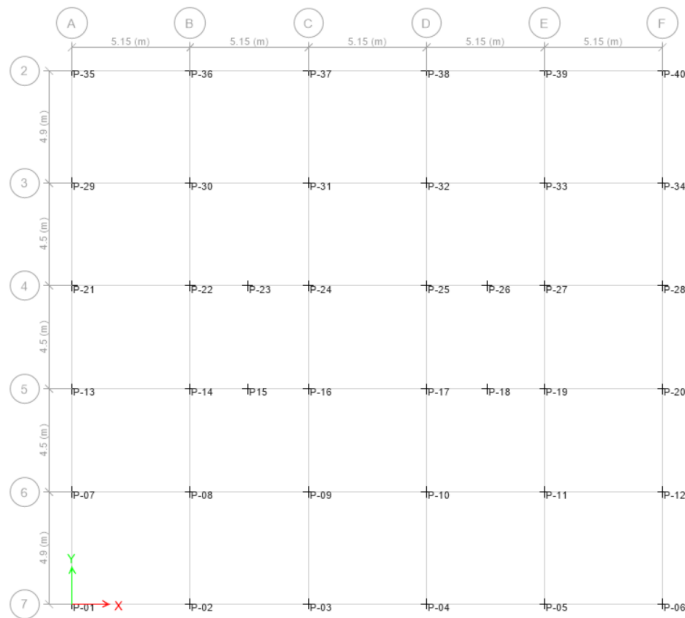


Figura 42: Denominación de cada punto en la base.

Fuente: Etabs 19.0.0.

Para dar inicio al análisis de la estructura aislada, se realizó un análisis preliminar basándonos en el Análisis estático, o de fuerzas estáticas equivalentes, dispuesto en el Artículo 19 de la Norma E.031. Cabe mencionar que este análisis se utilizó como un punto de partida, ya que nuestra edificación de estudio no cumple con todos los requisitos establecidos en el Artículo 17 de dicha norma. Es decir, se han usado los parámetros de este análisis para tener una referencia aproximada para cuando se ejecute el análisis dinámico modal – espectral.

Se resumen los parámetros a utilizar encontrados en el apartado anterior. Es importante mencionar que el factor de uso para el caso de estructuras aisladas será $U = 1.00$ en todos los casos, al igual que el factor R .

Tabla 14: Parámetros sísmicos – Estructura aislada.

Parámetros sísmicos	Valor
Zona sísmica	4
Factor de suelo	0.45
Perfil de suelo	S ₂
S	1.05
T _P	0.60
T _L	2.00

Fuente: Norma E.030. Reglamento Nacional de Edificaciones. 2018.

Datos del edificio aislado:

Tabla 15: Características del edificio aislado.

Características	Valores
Masa de la superestructura (M_s)	365.05 tf-s ² /m
Masa del sistema de aislamiento (M_b)	133.31 tf-s ² /m
Masa total (M)	498.35 tf-s ² /m
Peso de la superestructura (P_s)	3577.82 tf
Peso del sistema de aislamiento (P_b)	1306.52 tf
Peso total (P)	4884.34 tf
Número de dispositivos (N)	40

Fuente: Elaborado por los autores.

Es importante mencionar que, para iniciar este proceso iterativo, es recomendable trabajar, en el caso de la masa de aislamiento, con la masa del primer piso. Sin embargo, la masa inicial no satisfacía la combinación de carga de la norma para evaluar la carga vertical mínima, por lo que se optó por rigidizar esta parte de la estructura para que no existan tracciones en el sistema. Esto se consiguió aumentando las dimensiones de los elementos estructurales considerados, tales como vigas y losas macizas. Con todos estos datos, se inició el proceso de prediseño.

a) De la Tabla 12, perteneciente al apartado del análisis del edificio en base fija, se tomó el mayor periodo, que fue el primero, y se extendió como sigue:

$$T_{obj} = 3.2 * 0.697 \text{ s} = 2.23 \text{ s}$$

b) Teniendo el periodo objetivo, se procedió a calcular el factor de amplificación sísmica (C) y su correspondiente ordenada espectral (S_{aM}):

$$C = 2.5 * \frac{0.60 * 2.00}{2.23^2} = 0.60$$

Con el valor de C, se calcula S_{aM} correspondiente al Sismo Máximo Considerado (SMC):

$$S_{aM} = 1.5 * Z * C * S * g$$

$$S_{aM} = 1.5 * 0.45 * 0.60 * 1.05 * g = 0.43 * g$$

c) Luego, se asignó un amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento y se calculó el factor de amortiguamiento, dato obtenido de la Tabla 2:

$$\beta_{obj} = 20\%$$

$$B_M = 1.50$$

d) Dada la masa total, se calcula la rigidez del sistema de aislamiento y la rigidez promedio en cada aislador:

$$K_{ais} = \frac{4 * \pi^2 * P}{T_{obj}^2 * g} = \frac{4 * \pi^2 * 4884.34}{2.23^2 * 9.81} = 3954.85 \text{ tnf/m}$$

$$\bar{K}_{eff} = \frac{3954.85}{40} = 98.87 \text{ tnf/m}$$

Esto quiere decir, que, según este análisis preliminar, cada unidad de aislamiento debe tener una rigidez efectiva de 98.87 tnf/m.

e) A partir de todos estos datos, se calculan los desplazamientos traslacional y total:

$$D_M = \frac{S_{aM} * T_{obj}^2}{4 * \pi^2 * B_M} = \frac{0.43 * 9.81 * 2.23^2}{4 * \pi^2 * 1.50} = 35.22 \text{ cm}$$

$$D_{TM} = D_M * \left[1 + \left(\frac{y}{P_T^2} \right) \left(\frac{12 * e}{b^2 + d^2} \right) \right] \geq 1.15 * D_M$$

$$D_{TM} = 1.15 * D_M = 1.15 * 35.22 = \mathbf{40.51 \text{ cm}}$$

Debido a que el coeficiente que acompaña a D_M en la primera fórmula presentada resultó menor que 1.15, se optó por utilizar este factor mínimo que es recomendado por la Norma, dando un resultado de desplazamiento total de 40.51 cm.

De este prediseño, se crea un aislador como elemento Link en el software, elementos por defecto para este caso, denominado LRB, de tipo Rubber Isolator, dando a entender que el dispositivo es elastomérico. Luego, se asigna la rigidez del prediseño en cada ventana de los ejes locales del elemento.

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: LRB

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 9887 tonf/m

Effective Damping: 0 tonf-s/m

OK Cancel

Figura 43: Propiedades de aislador en eje local U1.

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: LRB

Direction: U2

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 98.87 tonf/m

Effective Damping: 0 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

OK Cancel

Figura 44: Propiedades de aislador en eje local U2.

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: LRB

Direction: U3

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 98.87 tonf/m

Effective Damping: 0 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

OK Cancel

Figura 45: Propiedades de aislador en eje local U3.

Cabe mencionar que el eje local U1 viene a ser el eje axial del dispositivo, es decir, en la dirección vertical del elemento, por lo que, para casos de prediseño, se opta utilizar cien veces el valor de la rigidez promedio, asumiendo que tiene una gran rigidez vertical. Para las direcciones laterales, se utiliza el valor de la rigidez promedio. Como es un proceso preliminar, en este paso no fue necesario rellenar los demás parámetros porque los hallaremos durante el proceso. Luego, se asignaron los links en el sistema de aislamiento con la herramienta Draw Links.

Para el diseño de los aisladores elastoméricos, en este caso LRB, se recurrió a la Norma Técnica E.031 “Aislamiento sísmico” (2019), la cual contiene las disposiciones que se deben cumplir para este fin. Ésta, en su inciso 2 de su artículo 12, indica que los promedios mínimo y máximo de la carga vertical aplicada a cada aislador, se deben calcular aplicando cargas sísmicas horizontales, debido al SMC, y a las siguientes combinaciones de cargas:

Tabla 16: Combinaciones de carga para el diseño de los aisladores.

Tipo de carga	Combinación
Vertical promedio	1.0CM+0.5CV
Vertical máxima	1.25(CM+CV)+1.0(CSH+CSV)
Vertical mínima	0,9CM-1,0(CSH+CSV)

Fuente: Norma E.031 Aislamiento sísmico. Reglamento Nacional de Edificaciones. 2019.

Donde:

CM: Carga muerta.

CV: Carga viva.

CSH: Carga sísmica horizontal.

CSV: Carga sísmica vertical = 0,5 (1,5 ZS) CM.

Esta última carga (CSV), dados los parámetros previamente mencionados, se calcula como sigue:

$$CSV = 0.5 * 1.5 * 0.45 * 1.05 * CM$$

$$CSV = 0.35 * CM$$

Como podemos notar, CSV resulta en función de CM, la cual se suma algebraicamente a la carga vertical máxima y vertical mínima.

$$C_{\text{máx}} = 1.6 * CM + 1.25 * CV + 1.0 * CSH$$

$$C_{\text{mín}} = 0.55 * CM - 1.0 * CSH$$

Como en las combinaciones de carga se utiliza una carga sísmica, se definió el espectro correspondiente para este estudio, el cual se caracteriza por tener un factor de reducción de las fuerzas sísmicas igual a $R = 1$, y se amplifica por un factor 1.5 para el SMC dispuesto en la Norma.

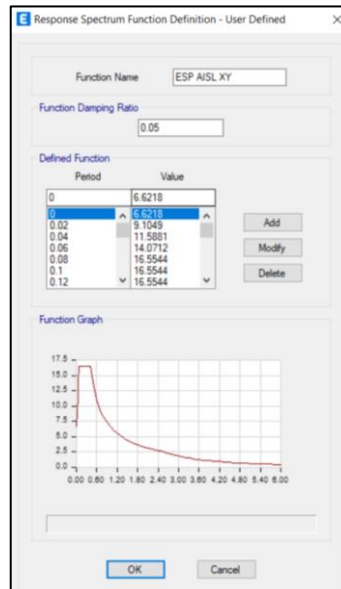


Figura 46: Definición de espectro inelástico para ambos sentidos - Base aislada.

Se definieron las combinaciones de carga dispuestas en el software para poder hallar las cargas que soporta cada aislador y proceder a diseñarlos. Estas combinaciones de carga corresponden al Peso en servicio, peso máximo y peso mínimo, estipuladas en el artículo 12 de dicha norma.

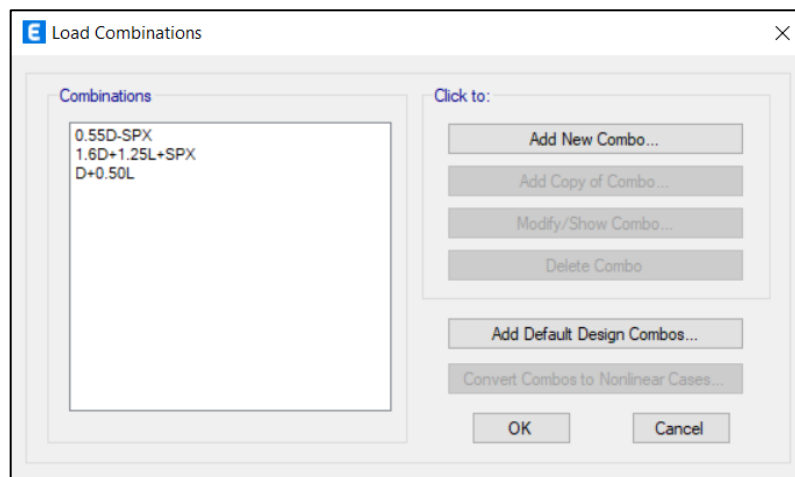


Figura 47: Combinaciones de carga - Base aislada.

Se ejecutó esta parte del diseño y se obtuvieron los siguientes valores, necesarios para el diseño de los dispositivos.

Tabla 17: Cargas de diseño.

Aislador	C_{prom} (tnf)	C_{máx} (tnf)	C_{mín} (tnf)
P-01	142.6159	290.3255	19.6771
P-02	164.025	302.2774	20.1398
P-03	175.4099	301.5347	55.001
P-04	175.1415	301.2827	80.4999
P-05	163.2631	301.0303	80.2122
P-06	141.4388	288.1699	54.6492
P-07	158.2622	329.5688	19.7978
P-08	176.3833	332.3021	15.031
P-09	185.2367	319.9175	52.0167
P-10	184.7824	319.4661	83.6642
P-11	175.1312	330.3586	83.1724
P-12	156.4491	326.4536	51.3105
P-13	165.8456	351.4224	14.2783
P-14	181.0339	347.4917	9.6843
P-15	184.2075	332.1595	46.9972
P-16	187.1092	321.5204	86.2494
P-17	186.477	320.6548	85.7807
P-18	183.0097	330.014	45.5602
P-19	179.5306	345.7491	8.5295
P-20	163.5766	347.7195	9.5205
P-21	166.6818	353.3492	46.7502
P-22	181.8966	349.4013	86.1305
P-23	185.0661	334.0801	85.6524
P-24	187.9616	323.5324	45.2938
P-25	187.3294	322.6575	8.3571
P-26	183.8676	331.9181	14.6598
P-27	180.3931	347.6391	51.6142
P-28	164.413	349.6381	83.4841
P-29	160.765	335.4544	82.968
P-30	178.9739	338.3763	50.8825
P-31	187.785	326.1083	13.8863
P-32	187.3307	325.6324	54.5751
P-33	177.7221	336.4079	80.3283
P-34	158.9522	332.3195	80.007
P-35	146.8165	300.3644	54.1911
P-36	168.386	312.754	19.3064

P-37	179.6969	312.0806	69.0858
P-38	179.4286	311.7952	69.3116
P-39	167.6243	311.4753	68.6828
P-40	145.6398	298.181	68.9236

Fuente: Etabs 19.0.0.

Es importante mencionar que las cargas verticales mínimas para cada aislador deben resultar positivas dado que, en caso contrario, habrá tracciones en el sistema de aislamiento, es decir, existiría el riesgo de que los aisladores se levanten, algo perjudicial durante la ocurrencia de un sismo. Como se puede observar, en este proceso preliminar, no existe ese riesgo.

Para el diseño de los dispositivos, se optó por agruparlos de acuerdo a cargas promedios que reciben. En este caso se utilizaron aisladores con núcleo de plomo LRB de dos tipos, denominados LRB1 y LRB2. Los primeros, los cuales son 36, se ubicaron tanto en la parte lateral del edificio como interior, y los segundos, que fueron 4, se ubicaron en las esquinas.

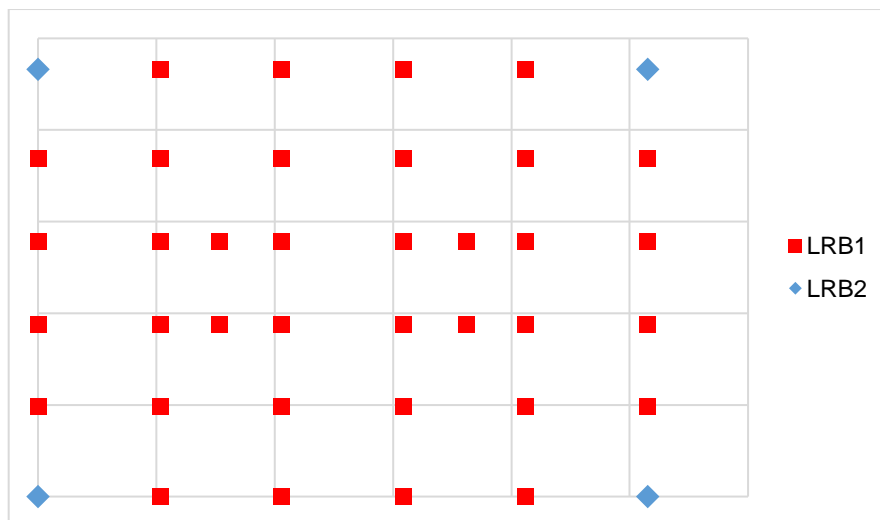


Figura 48: Distribución de los aisladores LRB.

A continuación, se muestra el proceso seguido para el diseño del aislador LRB1.

Diseño de aislador LRB1

Por carga axial:

Teniendo estos parámetros, procedimos a diseñar el aislador LRB1 a modo de ejemplo. Partimos teniendo en cuenta las propiedades de los principales elementos del aislador, en este caso la goma y el plomo.

Tabla 18: Propiedades de la goma y el plomo.

Propiedad	Valor
Módulo volumétrico de la goma (K)	200000 tf/m ²
Módulo de corte de la goma (G)	50 tf/m ²
Esfuerzo de fluencia del plomo (T _{py})	1000 tf/m ²
Esfuerzo axial admisible del aislador (σ _{máx})	1000 tf/m ²
Constante empírica en función G (k)	0.75

Fuente: Constantinou, Michael, et al (2011). LRFD-Based Analysis and Design Procedures for Bridge Bearings and Seismic Isolators.

El aislador escogido para este diseño fue el que se encuentra ubicado entre el Eje C y 4, denominado en este caso P-24, cuyas cargas de diseño son las siguientes:

Tabla 19: Cargas de diseño para aislador LRB1.

Aislador	C _{prom} (tnf)	C _{máx} (tnf)	C _{mín} (tnf)
P-24	187.9616	323.5324	45.2938

Fuente: Etabs 19.0.0.

a) Cálculo del diámetro del aislador (D_o):

$$D_o = \sqrt{\frac{4 * C_{prom}}{\pi * \sigma_{max}}} = \sqrt{\frac{4 * 187.96}{\pi * 1000}} = 0.49 \text{ m}$$

Dado que esto es un proceso iterativo donde se tuvieron que cumplir varios parámetros, se optó por elegir un diámetro de **D_o = 75 cm**. Con esto, se calculó su área:

$$A_o = \frac{\pi * D_o^2}{4} = 0.44 \text{ m}^2$$

b) Número de capas de caucho (N) y espesor de cada capa (t_r):

Para este diseño, se asumió un N = 20 y un espesor t_r = 1.00 cm. Asimismo, la multiplicación de estos dos factores resulta una altura H_r = 20 cm.

c) Cálculo del diámetro del plomo (D_p):

Para este caso, se asumió un diámetro igual a D_p = 15.00 cm. Con esto, se calculó su área:

$$A_p = \frac{\pi * D_p^2}{4} = 0.0177 \text{ m}^2$$

d) Cálculo del diámetro neto (D_e) y área neta (A_n):

Debido a que la unidad por defecto trae un recubrimiento, que en este caso se asumió de 2.50 cm, el diámetro neto vendría a ser $D_e = 70$ cm. Por lo tanto, el área neta vendría a ser la diferencia entre:

$$A_n = \frac{\pi * D_n^2}{4} - A_p = 0.37 \text{ m}^2$$

e) Cálculo del factor de forma (S): Es la relación entre el área efectiva de una capa de goma entre su área de la superficie de borde.

$$S = \frac{0.43}{\pi * 0.70 * 0.01} = 16.70$$

f) Cálculo del área reducida (A_R):

$$A_R = A_A * 2 * \frac{\left[D_e^2 * \text{sen}^{-1} \left(\frac{\sqrt{D_e^2 - D_{TM}^2}}{D_e} \right) - D_{TM} * \sqrt{D_e^2 - D_{TM}^2} \right]}{\pi * D_e^2}$$

Reemplazando datos, se obtiene un valor de $A_R = 0.14 \text{ m}^2$.

g) Cálculo de la capacidad de pandeo:

$$P_{\text{crítico}} = \frac{\pi}{\sqrt{8}} * G * S * \frac{D_e}{N * t_r} * A_R$$

$$P_{\text{crítico}} = \frac{\pi}{\sqrt{8}} * 50 * 22.72 * \frac{75}{25 * 0.80} * 0.14 = 439.73 \text{ tnf}$$

Asimismo, en este apartado, la Norma sugiere Factores de seguridad mayores a la unidad, por eso para este diseño se ha usado un $FS = 1.10$.

Por lo tanto, la capacidad máxima axial que resiste el aislador, resulta ser $P_{\text{max}} = 399.75 \text{ tnf}$. De esta manera, concluimos que las dimensiones propuestas para este aislador cumplen en este diseño por carga axial.

Por deformaciones por corte:

Para realizar las verificaciones de este apartado, se hallan primero el módulo elástico y el módulo de compresión:

Módulo elástico

$$E_0 = f * G$$

La norma recomienda utilizar un factor $f = 4.0$, por lo cual se obtiene:

$$E_0 = 4 * 50 = 200 \text{ tnf/m}^2$$

Módulo de compresión

$$E_C = E_0 * (1 + 2 * k * S^2)$$

$$E_C = 200 * (1 + 2 * 0.75 * 16.70^2) = 83831 \text{ tnf/m}^2$$

Con esto, se procede a realizar las verificaciones:

- Debido a deformación:

$$\gamma_D = \frac{D_{TM}}{H_r} \leq 2.5$$

$$\gamma_D = \frac{40.51}{20} = \mathbf{2.03} \leq 2.5$$

- Debido a compresión:

$$\gamma_C = \frac{6 * P * S}{E_C * A_R}$$

$$\gamma_C = \frac{6 * 323.53 * 16.70}{83831 * 0.14} = 2.85$$

- Debido a deformación angular:

$$\gamma_\theta = \frac{0.375 * D_e^2 * \theta}{t_r * H_r}$$

$\theta \geq 0.003$ (rad)

$$\gamma_\theta = \frac{0.375 * 70^2 * 0.005}{1.00 * 20} = 0.46$$

- Deformación total por corte:

$$\gamma_D + \gamma_C + 0.5 * \gamma_\theta \leq 6$$

$$2.03 + 2.85 + 0.5 * 0.46 \leq 4.59$$

En resumen, la propuesta de dimensiones cumple ambas verificaciones. A continuación, se muestra el resumen de los resultados del diseño de los aisladores LRB1 y LRB2, cuyo proceso detallado aparecen en los Anexos 20 y 21 de esta investigación.

Tabla 20: Dimensiones de los aisladores LRB1 y LRB2.

DIMENSIONES DE LOS AISLADORES TIPO LRB-1 Y LRB-2						
Tipo	Cantidad	Diámetro del aislador D_0 (cm)	Diámetro de plomo D_P (cm)	Espesor de láminas t_r (cm)	Numero de láminas (N)	Altura total H_r (cm)
LRB-1	36	75	15	1.00	20	20
LRB-2	4	70	12	0.80	25	20

Fuente: Elaborado por los autores.

Análisis dinámico modal-espectral

Para este procedimiento, se resumieron las propiedades de los aisladores LRB1 y LRB2 a ingresar en el software, las cuales quedaron como sigue:

Tabla 21: Propiedades de aisladores LRB1 y LRB2 para análisis dinámico.

Parámetro	LRB1	LRB2
K_{eff}	156.20 tf/m	125.49 tf/m
β_{eff}	19.37%	15.67%
E_{ciclo}	23.59 tf-m	15.33 tf-m
C_h	21.48 tf-s/m	13.96 tf-s/m
E_c	83831.22 tf/m ²	115685.58 tf/m ²
E_v	53694.38 tf/m ²	65249.64 tf/m ²
K_v	98575.80 tf/m	104569.39 tf/m
C_v	137.43 tf-s/m	125.10 tf-s/m

Fuente: Elaborado por los autores.

Definimos los dos tipos de aisladores LRB, asignándole las propiedades de la tabla mostrada.

The dialog box is titled 'Link/Support Directional Properties' and contains the following fields:

Identification	
Property Name	LRB1
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No

Linear Properties	
Effective Stiffness	98575.8 tonf/m
Effective Damping	137.43 tonf-s/m

Buttons: OK, Cancel

Figura 49: Propiedades de LRB1 en eje local U1.

The dialog box is titled 'Link/Support Directional Properties' and contains the following fields:

Identification	
Property Name	LRB1
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	156.20 tonf/m
Effective Damping	21.48 tonf-s/m

Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 m

Nonlinear Properties	
Stiffness	1060.29 tonf/m
Yield Strength	19.63 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0.1

Buttons: OK, Cancel

Figura 50: Propiedades de LRB1 en eje local U2 y U3.

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: LRB2

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 104569.39 tonf/m

Effective Damping: 125.1 tonf-s/m

OK Cancel

Figura 51: Propiedades de LRB2 en eje local U1.

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: LRB2

Direction: U2

Type: Rubber Isolator

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 125.49 tonf/m

Effective Damping: 13.96 tonf-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

Nonlinear Properties

Stiffness: 933.84 tonf/m

Yield Strength: 12.57 tonf

Post Yield Stiffness Ratio: 0.1

OK Cancel

Figura 52: Propiedades de LRB2 en eje local U2 y U3.

Se define el espectro de diseño en este caso, reducido por amortiguamiento igual a 20% a partir de un periodo determinado, en este caso $T = 1.20$ s. Es decir, antes de él, el amortiguamiento es de 5%, y después de él, 20%.

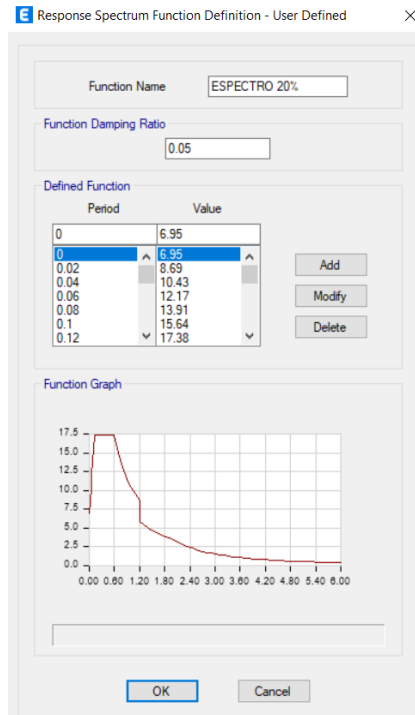


Figura 53: Espectro de diseño para estructura aislada con 20% de amortiguamiento.

Ejecutado el análisis dinámico, se hallaron primero los periodos finales de la estructura aislada, en el cual, el primero es parecido a los de nuestro diseño preliminar, concluyendo que el proceso iterativo realizado fue adecuado. También se observa que las masas participativas de este análisis en los dos primeros periodos, resultan con un porcentaje mayor de 99%, concluyendo así que el sistema de aislamiento concentra toda la masa y es el que predomina en el momento de ocurrencia de un sismo.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	2.144	0.9959	2.269E-05	0	0.9959	2.269E-05	0	0
Modal	2	2.127	2.929E-05	0.9974	0	0.9959	0.9974	0	0.0019
Modal	3	2.014	0.0006	0.0007	0	0.9965	0.9981	0	1.207E-06
Modal	4	0.529	0.0035	0	0	1	0.9981	0	0
Modal	5	0.468	0	4.847E-05	0	1	0.9982	0	0.0253
Modal	6	0.457	0	0.0018	0	1	1	0	0.9627
Modal	7	0.18	1.716E-05	0	0	1	1	0	0
Modal	8	0.158	0	0	0	1	1	0	1.916E-05
Modal	9	0.141	0	7.567E-06	0	1	1	0	0.0077
Modal	10	0.089	0	0	0	1	1	0	0
Modal	11	0.076	0	0	0	1	1	0	9.773E-06
Modal	12	0.073	0	0	0	1	1	0	0.0021
Modal	13	0.054	0	0	0	1	1	0	0
Modal	14	0.048	0	0	0	1	1	0	0.0001
Modal	15	0.038	0	0	0	1	1	0	1.809E-06

Figura 54: Periodos de estructura aislada.

En cuanto a las derivas para el edificio en base fija tuvimos las siguientes:

Tabla 22: Derivas de estructura en base fija.

Nivel	x	y
7	0.00531	0.00541
6	0.00636	0.00609
5	0.00731	0.00646
4	0.00795	0.00653
3	0.00796	0.00616
2	0.00701	0.00527
1	0.00380	0.00314

Fuente: Etabs 19.0.0.

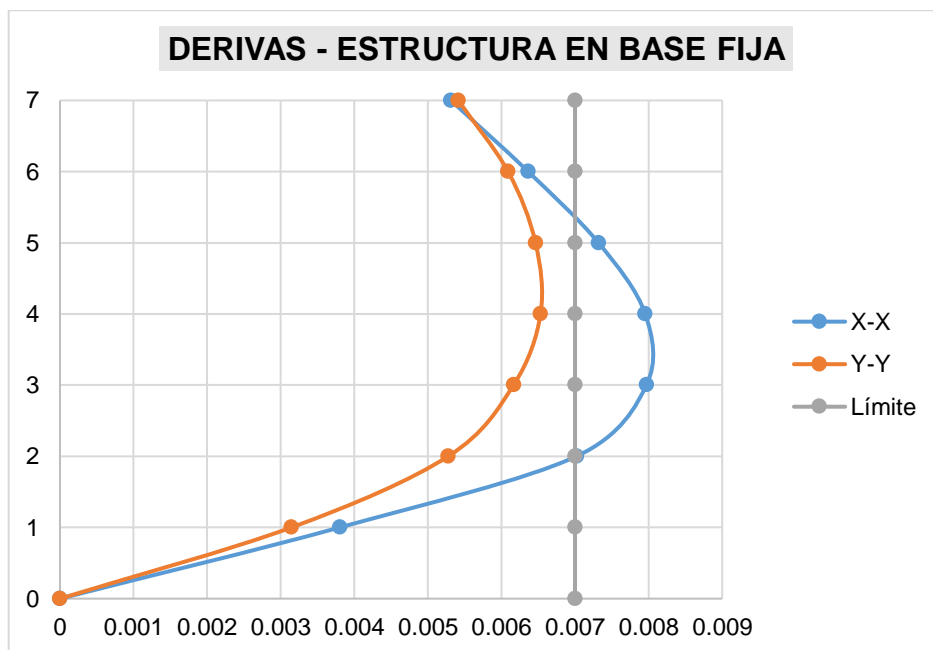


Figura 55: Derivas de estructura en base fija.

Podemos observar que el edificio en la dirección “X” no cumple con el límite de deriva de 0.007 estipulado en la Norma E.030, para lo cual se interpreta que en dicha dirección se necesita dotar de rigidez en los principales elementos estructurales. Eso se puede tratar aumentando las dimensiones de dichos elementos, para que el diseño en base fija en esa dirección sea satisfactorio. No obstante, en la dirección “Y”, el edificio sí cumple con el límite.

En cuanto a las derivas para el edificio en base aislada tuvimos las siguientes:

Tabla 23: Derivas de estructura en base aislada.

Nivel	x	y
7	0.00323	0.00282
6	0.00390	0.00312
5	0.00462	0.00335
4	0.00521	0.00348
3	0.00546	0.00344
2	0.0051	0.00318
1	0.00308	0.00221

Fuente: Etabs 19.0.0.

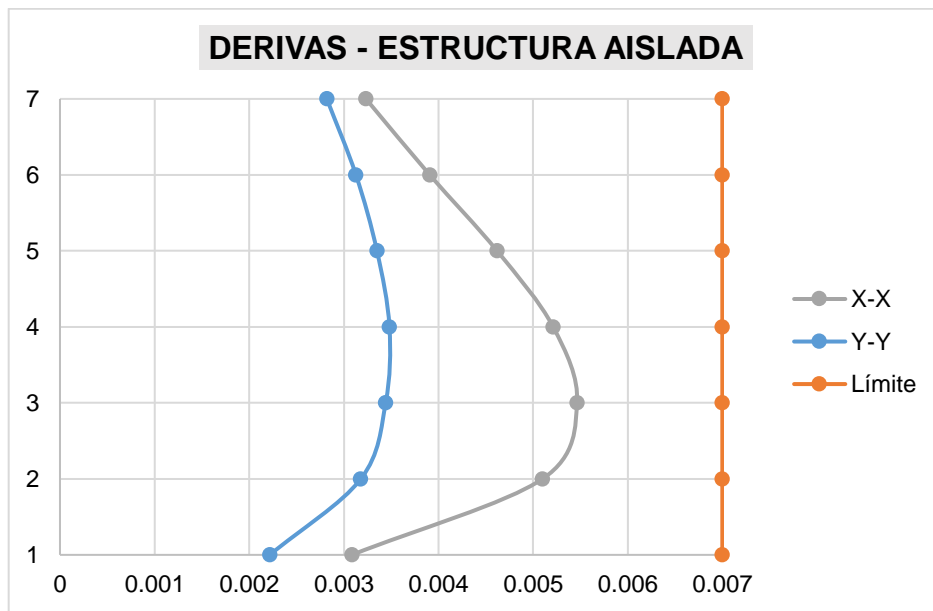


Figura 56: Derivas de estructura en base aislada.

Como es notorio, las derivas de entrepiso se redujeron para el caso del edificio aislado, lo que resalta la propiedad que tiene este sistema, la cual es la reducción de daños en los componentes estructurales y no estructurales del edificio, lo que lo convierte en una buena opción para el control de daños, ya que con esto se cumple la filosofía sismorresistente, la cual es evitar pérdidas humanas y reducir daños materiales. Al mismo tiempo, estaríamos asegurando la continuidad funcional del edificio para que las actividades dentro de él no se detengan por un largo tiempo.

V. DISCUSIÓN

Luego de realizar el primer objetivo específico, que fue el diseño arquitectónico de un edificio destinado a oficinas, se obtuvo como resultado de la presente investigación, que el área total del terreno es 1154.6 m², que permitió el diseño de un edificio de oficinas de 07 niveles en la ciudad de Piura. En el primer nivel, se deberá tomar en cuenta la construcción de ambientes como ingreso principal, sala estar, cafetería, salón de usos múltiples, dos áreas verdes (plazas internas), área de cajeros automáticos, secretarías y los SS.HH. En el segundo, tercer y cuarto piso; contará con salas estar, áreas de secretarías, poll de trabajo, privado del director, sala de juntas y los SS.HH. En el quinto, sexto y séptimo piso deberá tener salas estar, áreas de secretarías, oficinas de entrenamiento, privado del director, sala de juntas y los SS. HH, y un piso de inspección donde se ubicarán los aisladores sísmicos, para su control y monitoreo. La investigación de AGUILAR y AQUINO (2017), propuso el “Diseño estructural de un edificio con aislamiento sísmico de base”, que tenía como parte de ello, el diseño arquitectónico de la infraestructura de un edificio de 08 niveles más azotea, con ambientes como: ingreso principal, sala estar, secretarías, oficinas y los SS.HH. y piso de inspección, tomando como referencia la norma técnica A0.80 de diseño de edificios destinados a oficinas, perteneciente al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). En conformidad a los resultados, se logra entender que el edificio de oficinas en Piura, estuvo relacionada a los criterios que se tomaron en consideración de diseño del RNE, norma A0.80, la A.130 “Requisitos de seguridad”, la A.120 “Accesibilidad para personas con discapacidad” y los parámetros urbanísticos del lugar del proyecto. Se ha considerado principalmente la seguridad y el bienestar en el confort para los usuarios del edificio, el cual permite que el diseño arquitectónico propuesto en la presente investigación sea correcto.

Respecto al predimensionamiento de los elementos estructurales, se consideró losas aligeradas y macizas de 0.20 m de espesor. Para las columnas, se emplearon dos denominaciones: C-1, pertenecientes a las columnas internas con medidas de 0.60mx0.60m; y C-2, con dimensiones de 0.50mx0.50m para las columnas laterales. De igual forma, se consideraron una misma dimensión de vigas, denominadas VP-1 y VP-2, con dimensiones de 0.30x0.45m. Además, se

consideraron placas de 0.20m de espesor. Al comparar estos resultados con la investigación de Meza Zutner (2015), quien también realizó un predimensionamiento de elementos estructurales en su estudio, se obtuvo coincidencia en el espesor de losas macizas con dimensiones de 0.20m, y en los criterios empleados para dimensionar los demás elementos estructurales, ya que dicho autor tomó como referencia las recomendaciones dadas por el ingeniero Blanco Blasco en su libro “Estructuración y diseño de concreto armado” (1997), con la finalidad de que las dimensiones satisfagan los requerimientos de las normas de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En discusión con Flores y Roveló (2019) se coincidió que para el diseño sismorresistente es necesario emplear un sistema dual de pórticos reforzados con muro de cargas para obtener un mejor comportamiento de la estructura. Las masas participativas del primer y segundo modo obtenidas del análisis modal espectral son de 99%. Al hacer una comparación de este resultado con el estudio de Ramos Alex (2018), quien obtuvo masas participativas de 97.1% y 98.7% para el primer y segundo modo, se obtuvo que ambas investigaciones tienen correlarios similares, ya que en los edificios aislados se requiere que los dos primeros modos sean traslacionales, es decir, que tengan un mayor porcentaje de masa participativa respecto a los demás modos, para evitar problemas de torsión en la estructura, coincidiendo también en los valores de derivas de entrepiso, que fueron menores a lo establecido como límite por la norma E.030 “Diseño sismorresistente”. Asimismo, se coincidió en el caso de los periodos de la estructura aislada, el cual es recomendable que su valor sea superior a tres veces el de base fija, para que así el sistema de aislamiento cumpla con su objetivo de reducir los daños en la estructura.

Por último, los dispositivos deben diseñarse teniendo en cuenta catálogos de proveedores reconocidos a nivel mundial con la finalidad de obtener valores confiables y el diseño se realice de la mejor manera posible. Además, se debe tener en cuenta la relación de esbeltez, dado que debe existir un balance entre el diámetro del aislador y su altura. En discusión con Ramos Alex (2018), se coincide que para los proyectos de edificaciones no se debe emplear más de tres tipos de aisladores, ya que estos deberán ser fabricados y ensayados en los laboratorios

para su verificación, lo que generará un aumento en el presupuesto. De esta manera, para nuestra investigación, se diseñaron dos tipos de aisladores denominados LRB-1 y LRB-2, con características y dimensiones que cumplen con las solicitaciones del sismo de diseño establecido en el análisis modal-espectral.

VI. CONCLUSIONES

1. Se elaboraron los planos de arquitectura del edificio destinado a oficinas de 07 niveles, respetando las diferentes normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Se diseñó teniendo en cuenta la iluminación y ventilación natural para el eficiente desempeño de las diversas actividades que se realizarán en él; además se ha respetado el mínimo porcentaje de área libre, en el que se proyectaron áreas verdes para los ocupantes. También se ha tenido en cuenta una distribución correcta de ambientes; los ascensores y escaleras presentan una ubicación central con la finalidad de facilitar el acceso a los siete niveles. Asimismo, se ha incluido en el diseño, la implementación de rampas para personas discapacitadas y se ha minimizado los cambios de niveles de piso, para que las personas con discapacidad puedan desplazarse fácilmente y con el menor esfuerzo en el edificio. Finalmente se ha proyectado un piso de inspección que servirá para el control y supervisión de los aisladores sísmicos.
2. Se realizó una correcta estructuración de la superestructura, teniendo presente las disposiciones que menciona la Norma E.030 en cuanto a los criterios de estructuración y diseño. Se optó por un sistema dual para obtener una mejor respuesta al momento de realizar los análisis sísmicos. En cuanto al predimensionamiento, se utilizaron medidas adecuadas para cada uno de los elementos que conforman la estructura.
3. Los análisis sísmicos aplicados en esta investigación, tanto para la estructura en base fija como en base aislada, se realizaron siguiendo una forma ordenada para no tener problemas con los resultados del software. Esto se refleja en el periodo que se tuvo para la estructura en base fija, igual a $T_f = 0.697$ s. Luego este valor, se amplificó para llegar a un periodo objetivo en base aislada mayor a 2.00 s, en este caso fue 2.23 s, con la finalidad de cumplir con la filosofía del sistema de aislamiento. Además, otro parámetro que fue importante durante el proceso del análisis sísmico en base aislada, fue el peso total de la estructura, incluyendo la plataforma de aislamiento, con el propósito de hallar la rigidez de todo el sistema y distribuirlo en cada punto, siendo este resultado una rigidez promedio.

4. Se realizó el diseño de los dispositivos LRB, denominados LRB1 y LRB2, cuyos valores de entrada fueron los desplazamientos máximos, tanto traslacional y total, además de las cargas de diseño. En este punto, se tuvieron en cuenta también los valores de propiedades proporcionados por los proveedores, los cuales fueron de suma importancia para realizar este procedimiento. Además, se realizó la verificación de los dispositivos tanto a carga axial como a los distintos tipos de deformaciones a los que están expuestos, para llegar a las dimensiones óptimas que permitan controlar estos casos desfavorables. Para el primero, se obtuvo un diámetro de dispositivo de 75.00 cm, diámetro de plomo de 15.00 cm y altura total del mismo de 20.00 cm. Para el segundo, ubicado en las esquinas de la edificación, se obtuvo un diámetro de 70.00 cm, diámetro de plomo de 12.00 cm y una altura total de 20.00 cm.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para la elaboración de los planos arquitectónicos del proyecto, se debe tener presente dos puntos importantes: la norma A.080 Oficinas, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y como punto de vital importancia, al usuario, porque en el diseño de estos edificios, no es importante el número de oficinas, si no cómo estas oficinas deben de adaptarse al usuario, proporcionando el confort necesario, una adecuada iluminación, ventilación natural, grandes áreas libres, áreas verdes y además de la inclusión a las personas con discapacidad; para que los usuarios desarrollen sus actividades eficientemente. Además, se recomienda mantener un orden de los espacios por cada nivel, con ambientes que faciliten la circulación de los ocupantes, emplear divisiones bajas en ambientes que lo ameriten para una mejor iluminación natural y disponer de mueblería adecuada especial para oficinas, con el fin de minimizar espacios.
2. Para el caso de la estructuración de una edificación, se recomienda que se tenga en cuenta los aspectos de concepción estructural descritos en la Norma E.030, para no tener inconvenientes con las irregularidades que puedan presentarse. Asimismo, para el caso de predimensionamiento de los elementos, es aconsejable utilizar dos a más criterios de fuentes confiables, con la finalidad de obtener distintas opciones al momento de elegir sus dimensiones.
3. Es importante tener un orden al momento de modelar una edificación en un software en general, para que el mismo nos arroje resultados confiables y no lejanos a la realidad. Esto nos garantizará diseños más adecuados, razonables y en ciertos casos, más económicos. Además, es recomendable tener conocimiento de los parámetros sísmicos y los procedimientos que se deben seguir al momento de realizar un análisis sísmico.
4. Cuando se realice el diseño de un aislador, es necesario tener disponibles las propiedades de los elementos que lo conforman, por ejemplo, el de la goma y el plomo, los cuales son brindados por los fabricantes de estos dispositivos, y

se pueden visualizar en sus catálogos. Igualmente, como el diseño de un aislador es un proceso iterativo, se pide tener los criterios necesarios para optar por las mejores dimensiones del mismo. Asimismo, para un mejor comportamiento del sistema de aislamiento sísmico, se recomienda considerar como fundación una platea de cimentación, con la finalidad de que los esfuerzos se distribuyan de manera uniforme.

REFERENCIAS

AGUILAR PUMARIMAY, Joel Krismer y AQUINO BENAVENTE, César Paúl. Diseño estructural de un edificio con aislamiento sísmico de base. Tesis de pregrado. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Perú, 2017. Disponible en <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6685>

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE Standard ASCE/SEI 7-10. Reston, 2010.

ANÁLISIS sísmico de una estructura con aisladores FPS de primera y segunda generación y elastoméricos con núcleo de plomo por Roberto Aguiar [et al.]. Revista internacional de ingeniería de estructuras [en línea]. Febrero 2014, n.º19. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2020]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/277813054_ANALISIS_SISMICO_DE_UNA_ESTRUCTURA_CON_AISLADORES_FPS_DE_PRIMERA_Y_SEGUNDA_GENERACION_Y_ELASTOMERICOS_CON_NUCLEO_DE_PLOMO

ISSN: 1390-0315

A new method for evaluating the real-time residual seismic capacity of existing structures using accelerometers: Structures with multiple degrees of freedom por Koichi Kusunoki [et al]. Journal of Structural Construction Engineering [en línea]. Octubre 2017 nº79. [Fecha de consulta: 7 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3130/aijs.79.61>

BASE isolation of buildings with curved surface sliders: Basic design criteria and critical issues por Fernando Saitta [et al]. Hindawi - Advances in Civil Engineering [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 3 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/1569683>

ISSN: 1687-8094

Base Pounding Model and Response Analysis of Base-Isolated Structures under Earthquake Excitation por LIU Chengqing [et al]. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. [en línea]. Noviembre 2017, n° 12. [Fecha de consulta 17 de octubre]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app7121238>

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación. 3.a ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2017. 157 pp.

ISBN: 9786077447481

BÎTCĂ Daniel, URSU Emilian e IOAN Paul. Seismic base isolators for a silo supporting structure. Mathematical Modelling in Civil Engineering [en línea]. Julio 2015. Vol. 11, n°. 2. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1515/mmce-2015-0006>

ISSN: 2066-6934

BRESCHI, Leopoldo, BIELEFELDT, Javier y CASTELLANO, María. Potential design of seismic vulnerable buildings incorporating lead rubber bearing [en línea]. Santiago de Chile, 2019. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2020]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/318403356_Use_of_pendulum_isolators_in_Santiago_Chile_two_practic_examples

Blanco Blasco, A. (1997). Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. Lima: 2da ed. Colegio de Ingenieros del Perú.

BARMO, Alaa, MUALLA, Imad y HASAN, Hala. The behavior of multi-story buildings seismically isolated system hybrid isolation (friction, rubber and with the addition of rotational friction dampers) [en línea]. Febrero-2015, n.º 4. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2020]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4236/ojer.2015.41001>

Ingeniería Antisísmica.CDV. 2018. Disponible en: <https://www.cdvperu.com/>

BRIDGESTONE, “Seismic isolation product line-up”, Tokio-Japon, 2013, Catalogos HDR, LRB, NRB.

CANO CASTRO, Luis Armando y LIBERATO VILLAORDUÑA, Jochen Gerson. Comparación técnica y económica de un edificio para aulas de cinco pisos con y sin aislador sísmico. Tesis de pregrado. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 2020. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18516>

CARRASCO NIZAMA, Kenyi. Análisis comparativo entre el diseño estructural con el modelo sísmico normativo y los modelos dinámicos de interacción suelo-

estructura para un edificio con pórticos y placas cimentado sobre zapatas aisladas. Tesis Pregrado. Piura: Universidad Nacional de Piura, Perú, 2019. Disponible en <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/2204>

CAUAS, Daniel. Elementos para la elaboración y ejecución de un proyecto de investigación. Biblioteca electrónica de la universidad de Bogotá [en línea] 2015. [Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2020]. Disponible en:

http://webjam-upload.s3.amazonaws.com/apuntesinvest_cauas__1539__.pdf

Corporación de Desarrollo Tecnológico - Cámara Chilena de la Construcción. Protección sísmica de estructuras - sistemas de aislación sísmica y disipación de energía [en línea]. n.º 29. Santiago de Chile: Área de Comunicaciones CDT, 2011. [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2020].

Disponible en: http://descargas.coreduc.cl/Proteccion_Sismica_de_Estructuras_-_Febrero_2012_CLR_v4.1.pdf

ISBN: 978-956-7911-19-6

CONSTANTINO, Michael, et al. LRFD-Based Analysis and Design Procedures for Bridge Bearings and Seismic Isolators. Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research [en línea]. Septiembre 2011. [Fecha de consulta: 08 de junio de 2021].

Disponible en: <https://www.eng.buffalo.edu/mceer-reports/11/11-0004.pdf>

ISSN: 1520-295X

DEVELOPMENT and experimental behavior of HDR seismic isolators for lowrise residential buildings por Ingrid E. Madera Sierra [et al]. Elsevier [en línea]. Junio 2019. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029617322757?via%3Dihub>

ISSN: 0888-3270

Farzin, Golzar, Geoffrey, William y James Geoffrey. Nonlinear spectral analysis for structures with re-centring D3 viscous dissipaters. Journal of Earthquake

Engineering [en línea]. Octubre 2020[Fecha de consulta 12 de noviembre].
Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13632469.2018.1466742>

FIP INDUSTRIALE, “Elastomeric isolators series SI”, Selvazzano-Italia, 2012,
Catálogos SI-S, SI-N, SI-H.

FIP INDUSTRIALE, “Lead Rubber Bearings series LRB”, Selvazzano-Italia, 2012,
Catálogos LRB-S, LRB-SN.

FIROJ, M, SINGH, S. Response spectrum analysis for irregular multi-storey
structure in seismic zone V. 16th Symposium on Earthquake Engineering. [en línea].
India 2018. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. Disponible en:
[https://www.ijert.org/response-spectrum-analysis-for-regular-multistory-structure-
in-seismic-zone-iii](https://www.ijert.org/response-spectrum-analysis-for-regular-multistory-structure-in-seismic-zone-iii)

GENATIOS, Carlos y LAFUENTE, Marianela. Introducción al uso de aisladores y
disipadores en estructuras [en línea]. Caracas: CAF-Banco de Desarrollo de
América Latina, 2016. [Fecha de consulta:23 de octubre de 2020]. Disponible en:

[https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1213/Uso%20de%20aislador
es%20y%20disipadores%20en%20estructuras.pdf](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1213/Uso%20de%20aisladores%20y%20disipadores%20en%20estructuras.pdf)

ISBN: 978-980-422-056-2

GIOACCHINI, Gustavo; TORNELLO, Miguel y FRAU, Carlos. Cuantificación de los
parámetros elásticos y mecánicos de un nuevo dispositivo de aislamiento sísmico.
Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras [en línea]. 2015, vol. 20, n°. 2.
[Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020] Disponible en:

[http://ugi.espe.edu.ec/ugi/wp-content/uploads/2014/07/Internacional-
Ingenier%C3%ADa-de-Estructuras-Vol.-20-No.-2.pdf#page=84](http://ugi.espe.edu.ec/ugi/wp-content/uploads/2014/07/Internacional-
Ingenier%C3%ADa-de-Estructuras-Vol.-20-No.-2.pdf#page=84)

ISSN: 1390-0315

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de
la investigación. 4.a ed. México D.F: McGraw-Hill Interamericana, 2014. 634 pp.

ISBN: 9781456223960

HERRERA MENA, Marco. Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguamiento de fluido viscoso. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). Piura: Universidad de Piura, Perú, 2018. Disponible en:

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3246>

ISMAIL, Mohammed. Seismic isolation of structures. Part I: Concept, review and a recent development. Hormigón y Acero [en línea]. May–August 2018, vol. 69, pp. 147-161. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.10.002>

ISSN: 0439-5689

KAMBLE Taruna, AWCHAT G. Seismic Analysis and Design of Multi-Storied RC Building Using STAAD Pro and ETABS. International Journal of Innovations in Engineering and Science [en línea]. Vol. 3, No.8, 2018. [Fecha de consulta 16 de octubre 2020]. Disponible en:

<http://www.ijies.net/finial-docs/finial-pdf/010618382.pdf>

ISSN: 2456-3463

KUTTI, Waild y ISLAM, Saiful. Potential design of seismic vulnerable buildings incorporating lead rubber bearing. Buildings [en línea]. December 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-5309/9/2/37>

LOZADA, José. Investigación aplicada: Definición, propiedad Intelectual e Industria [en línea]. Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica, 2014 [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6163749.pdf>

MARIN LAGOS, Edgar Camilo. Análisis comparativo de la respuesta dinámica entre una estructura sísmicamente aislada con aisladores lrb (lead rubber bearing) vs una estructura convencional. Tesis Pregrado. Bucaramanga: Universidad de Santander, Colombia, 2019. Disponible en <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/3812>

MENDEZ, Carlos y MOOR, Samy. Lead rubber bearings for seismic isolation of structures in cold climates - New Developments [en línea]. Canadá, 2017. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2020]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Mendez_Galindo/publication/321135179_Lead_Rubber_Bearings_for_Seismic_Isolation_of_Structures_in_Cold_Climates_-_New_Developments/links/5a0f0f21a6fdccd95db80d76/Lead-Rubber-Bearings-for-Seismic-Isolation-of-Structures-in-Cold-Climates-New-Developments.pdf

MENDEZ, Carlos. Beneficios y ventajas de los sistemas de protección sísmica [en línea]. Costa Rica, agosto 2013. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]. Disponible en:

http://www.especificar.cl/static/fichas_todas/9a2add9dc6e8e0d5f193f4b43366df9e.pdf

METODOLOGÍA de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis por Humberto Ñaupas [et al.]. 5.a ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. 560 pp.

ISBN: 9789587628760

MEZA PALACIOS, Zutner. Análisis y diseño de un hospital con aisladores elastoméricos en el Perú. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, Perú, 2015. Disponible en:

<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/564>

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma E.020: Cargas. Lima, 2018. 29 pp.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma E.030: Diseño Sismorresistente. Lima, 2018. 32 pp.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma E.031: Aislamiento sísmico. Lima, 2019. 21 pp.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma E.060: concreto armado. Lima, 2018. 201 pp.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma A.080: oficinas. Lima, 2018. 5 pp.

MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma A.120: Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores. Lima, 2018. 8 pp.

MORALES, Roberto. Diseño en Concreto Armado. Lima: II Congreso Nacional de Estructuras y Construcción, 2000. 331 pp.

RAJENDRA, Alla y VENKASTESWARLU, Dumpa. Comparative behavior of structure with and without base isolation devices and detailed study on retrofitting of structures using software. International Journal of Research Sciences and Advanced Engineering [en línea]. Agosto 2016. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://www.wcee.nicee.org/wcee/article/16WCEE/WCEE2017-3815.pdf>

RAMOS CHOQUEHUANCA, Alex Deybi. Análisis y diseño de una clínica haciendo uso de aisladores sísmicos en su base. Tesis de pregrado. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, 2018. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7184>

RAMOS PINCAY, Cristhian Alberto. Análisis sísmico comparativo de un edificio de mediana altura, con base fija empotrada, y con aisladores sísmico elastoméricos. Tesis Pregrado. Jipijapa: Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador, 2019.

REZAEI, Aryan y BANAZADEH, Mehdi. Probabilistic risk-based performance evaluation of seismically base-isolated steel structures subjected to far-field earthquakes. Buildings [en línea]. Agosto 2018. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/buildings8090128>

ISSN: 2075-5309

ROCHEL, Roberto. Análisis y diseño sísmico de edificios. 2.^a ed. Medellín: Fondo editorial Universidad EAFIT, 2012. 288 pp.

ISBN: 9789587201178

Seda Öncü-Davas, Cenk Alhan. Reliability of semi-active seismic isolation under near-fault earthquakes. Elsevier [en línea]. Abril 2018. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S088832701830253X?via%3Dihub>

ISSN: 0888-3270

SUNTAXI TIPAN, Jorge Luis. Análisis de un edificio con aisladores de base y su influencia en la curva de capacidad. Tesis Pregrado. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2016. Disponible en:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16828>

ZANELLI FLORES, Criss Talita y PAREDES SALAS, Patricia Mercedes. Diseño estructural de un pabellón de hospital con aisladores sísmicos. Tesis Pregrado. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, 2019. Disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15267>

ZURITA CHUNG, Lushing. Análisis comparativo entre una edificación de mediana altura diseñada con un sistema estructural convencional y con aisladores sísmicos. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, Perú, 2014. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/569/CIV-ZUR-CHU-14.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1:



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, Henry Jean Pier Gómez Salés y Pedro Luis Yarleque Nima, alumnos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo - Piura, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Proyecto de Investigación titulado: “Análisis y diseño sísmico de un edificio de 07 niveles para oficinas con aisladores de base – Piura”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que el Proyecto de Investigación:

1. No ha sido plagiado 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 publicado ni presentado 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 información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Piura, 12 de julio de 2021.

Apellidos y Nombres del Autor: Gómez Salés, Henry Jean Pier	
DNI: 75021091	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9932-9935	
Apellidos y Nombres del Autor: Yarleque Nima, Pedro Luis	
DNI: 79217460	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9871-7178	

Anexo 2:

Declaratoria de Autenticidad del Asesor


Yo, Lucio Sigifredo Medina Carbajal, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo - filial Piura, asesor (a) del Proyecto de Investigación titulado:

“Análisis y diseño sísmico de un edificio de 07 niveles para oficinas con aisladores de base – Piura”, de los autores Henry Jean Pier Gómez Salés y Pedro Luis Yarleque Nima. Constato que la investigación tiene un índice de similitud de 24% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

Piura, 12 de julio de 2021.

Apellidos y Nombres del Asesor: Medina Carbajal, Lucio Sigifredo	
DNI: 40534510	Firma 
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5207-4421	

Anexo 3:

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL, con DNI N° 40534510, Magíster en INGENIERÍA CIVIL: Estructuras y gestión de obras, con N° CIP 76695, de profesión INGENIERO CIVIL desempeñándome actualmente como DOCENTE EN INGENIERÍA CIVIL en UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO – PIURA.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:

Guía de Pautas y Cuestionario.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

Guía de pautas para jóvenes universitarios de la UCV - Piura	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
Claridad				X	
Objetividad				X	
Actualidad				X	
Organización				X	
Suficiencia				X	
Intencionalidad				X	
Consistencia				X	
Coherencia				X	
Metodología				X	

En señal de conformidad, firmo la presente en la ciudad de Piura a los 12 días del mes de julio de 2021.



Magíster: Lucio Sigifredo Medina Carbajal
DNI: 40534510
CIP: 76695
Especialidad: Ingeniero civil – Estructuras y gestión de obras
E-mail: Lmedinac@ucvvirtual.edu.pe


Matriz de operacionalización de variables.

Título: “Análisis y Diseño Sísmico de un Edificio de 07 Niveles para Oficinas con Aisladores de Base – Piura”.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	
V1: Análisis y diseño sísmico.	<p>“El análisis sismo resistente es el desarrollo del modelo mecánico de una estructura que proporcionará una descripción realista de su comportamiento frente a un sismo partiendo de la relación del modelo matemático de la estructura y su masa, amortiguamiento y rigidez” (Kamble y Awchat, 2018, p.4)</p> <p>“El diseño sismorresistente es el análisis de una edificación convencional o con sistemas de protección sísmica, donde se emplean parámetros tales como: factores de zona, condiciones geotécnicas, parámetros de sitio y factores de amplificación sísmica; con el fin de conocer el comportamiento dinámico de la estructura y crear así un modelo sismorresistente eficiente que muestre un desempeño óptimo frente a un sismo de gran magnitud” (Golzar, Rodgers y Chase, 2018, p.3)</p>	<p>Se realizará el modelo estructural en Etabs donde, mediante los métodos de análisis de las normas E.030 “Diseño Sismorresistente” y E.031 “Aislamiento sísmico”, se encontrarán los principales parámetros sísmicos de la estructura necesarios para diseñar los dispositivos LRB propuestos y con eso hallar las derivas de entepiso, que es uno de los resultados principales.</p>	Diseño arquitectónico	Salón multiusos Sala de juntas Cuartos técnicos de comunicación Oficinas de entrenamiento Pool de trabajo Sala de director Café Área de cajeros Cuarto de control Área de residuos sólidos	Nominal	
			Predimensionamiento de elementos estructurales	Vigas	$\frac{L_n}{10} < h < \frac{L_n}{12}$ $\frac{h}{3} < b < \frac{h}{2}$	Intervalo
				Losas macizas unidireccionales	$h > \frac{L_n}{30}$	
				Losas aligeradas unidireccionales	$h > \frac{L_n}{25}$	
			Columnas	$A = \frac{P_{servicio}}{0.45 * f'c}$		
			Modelamiento estructural	Análisis estático Análisis dinámico modal – espectral	Ordinal	
Diseño de aisladores	Desplazamiento traslacional Desplazamiento total Rigidez efectiva Amortiguamiento efectivo	Nominal				

Anexo 5: Instrumento.

INSTRUMENTO

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-DDA		
		Fecha	Junio 2021	
	Diseño de aislador LRB		Versión	01
			Hoja	01

Parámetros sísmicos

Zona sísmica =
Z = Factor de zona
Perfil de suelo =
S = Factor de suelo
T_p =
T_L =

ESTRUCTURA EN BASE FIJA

Datos del edificio

Nº pisos =
Nº disp =
M_s =
M_b =
M =
P_s =
P_b =
P =

Número de pisos
Número de dispositivos
Masa de la superestructura
Masa del sistema de aislamiento
Masa total
Peso de la superestructura
Peso del sistema de aislamiento
Peso total

Periodos fundamentales

T_X =
T_Y =
T_Z =

Periodo traslacional en la dirección X
Periodo traslacional en la dirección Y
Periodo rotacional

ESTRUCTURA EN BASE AISLADA

T_f =
T_{obj} =
β_{obj} =
B_M =
M =
K_{AIS} =
K_{prom} =
C =
S_{aM} =
D_M =
D_{TM} =

Periodo en base fija
Periodo objetivo
Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico
Factor de amortiguamiento
Masa total
Rigidez del sistema de aislamiento
Rigidez promedio
Factor de amplificación sísmica
Ordenada de pseudo aceleración
Desplazamiento traslacional
Desplazamiento total

Pesos de diseño

P_{serv} =
P_{max} =
P_{min} =

Carga en servicio
Carga máxima
Carga mínima



Parámetros del material (Fabricante)

$t_r =$		Espesor de láminas
$N =$		Número de láminas
$T_r =$		Altura total
$K =$		Módulo volumétrico de la goma
$G =$		Módulo de corte de la goma
$k =$		Constante en función de G
$T_{py} =$		Esfuerzo de fluencia del plomo
$\sigma_{m\acute{a}x} =$		Esfuerzo axial admisible del aislador
$Rec =$		Recubrimiento

Diseño por carga axial para el D_{TM}

$D_o \approx$		Diámetro aproximado
$D_o =$		Diámetro propuesto
$A_o =$		Área del aislador
$D_p =$		Diámetro del plomo propuesto
$A_p =$		Área del plomo
$D_e =$		Diámetro neto del aislador
$A_n =$		Área neta
$S =$		Factor de forma del aislador
$A_R =$		Área reducida
$P_{cr} =$		Capacidad de pandeo
$FS =$		Factor de seguridad
$P_{max} =$		Carga admisible final

Verificación de estabilidad para el D_{TM}

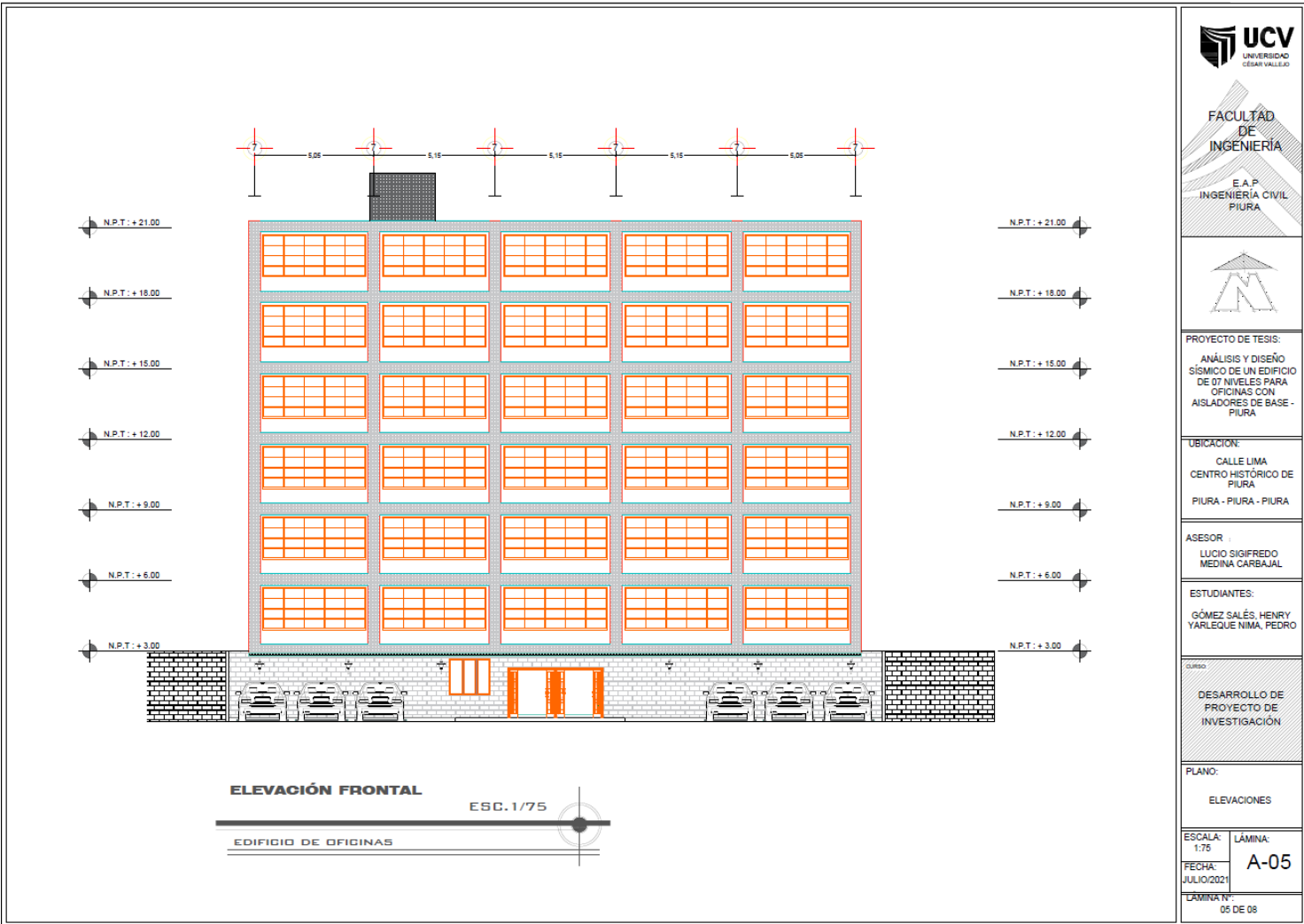
$f =$		Módulo Elástico
$E_o =$		Módulo de Compresión
$E_c =$		Deformación por corte debido a deformación
$\gamma_D =$		Deformación por corte debido a compresión
$\gamma_C =$		
$\theta =$		
$\gamma_\theta =$		Deformación por corte debido a deformación angular
		Deformación total por corte

Anexo 6: Matriz de consistencia.

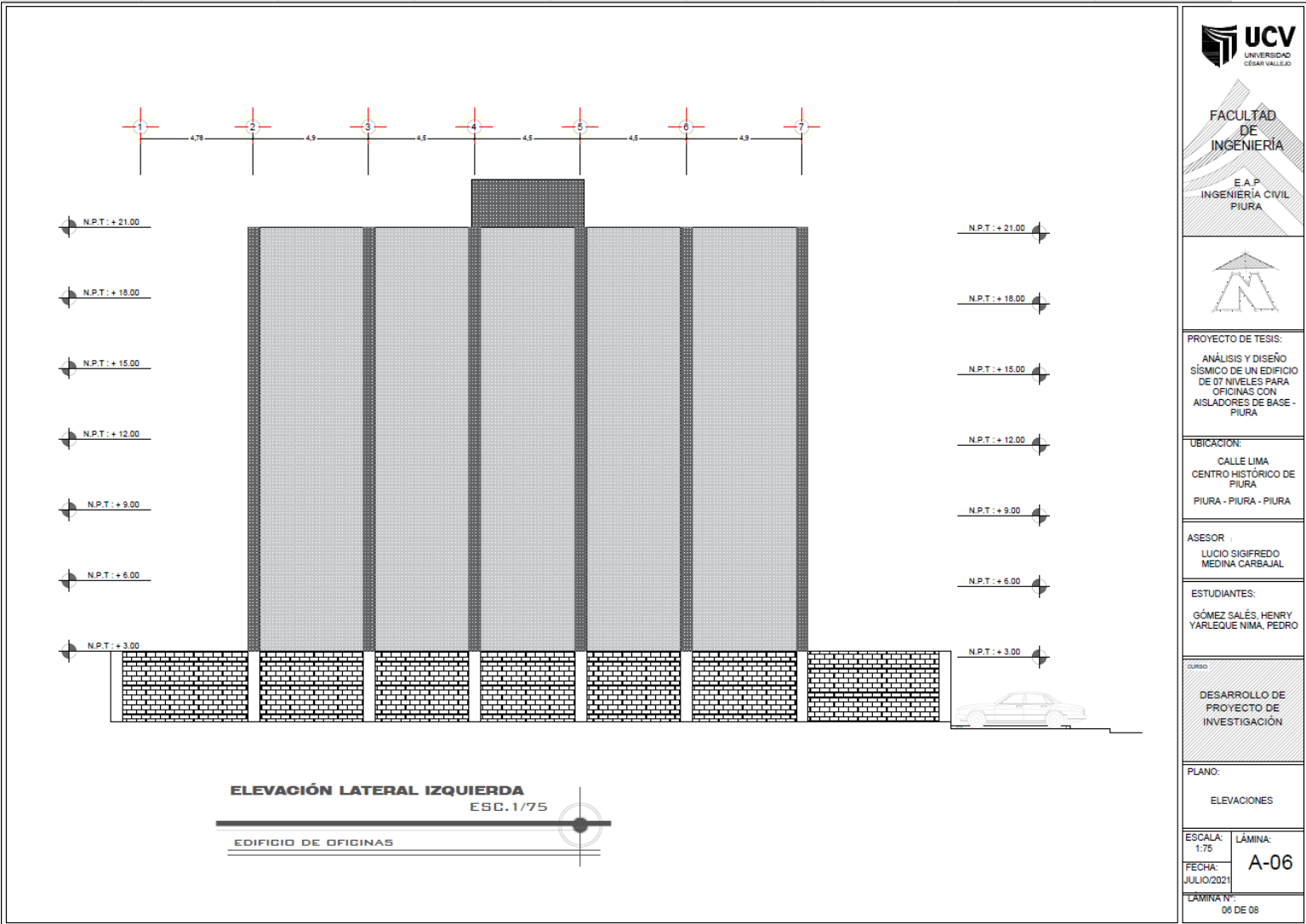
Título: “Análisis y Diseño Sísmico de un Edificio de 07 Niveles para Oficinas con Aisladores de Base – Piura”.



PROBLEMA CENTRAL Y ESPECÍFICOS	OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>GENERAL</p> <p>¿Cómo será el análisis y diseño sísmico de un edificio de 07 niveles para oficinas con aisladores de base – Piura?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál será el diseño arquitectónico del edificio de oficinas propuesto?</p> <p>¿Cuál será la estructuración del edificio y las dimensiones de los elementos estructurales?</p> <p>¿Cuáles serán los resultados de los principales parámetros sísmicos de la estructura fija y aislada?</p> <p>¿Cuál será el diseño de los aisladores de base propuestos?</p>	<p>GENERAL</p> <p>Realizar el análisis y diseño sísmico de un edificio de 07 niveles para oficinas con aisladores de base ubicado en Piura.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>Elaborar los planos de arquitectura de la propuesta de diseño</p> <p>Realizar la estructuración de la edificación y el predimensionamiento de los elementos estructurales</p> <p>Realizar el análisis sísmico de la estructura fija y aislada mediante el software Etabs.</p> <p>Realizar el diseño de los aisladores de base propuestos.</p>	<p>V1: Análisis y diseño sísmico</p> <p>Diseño arquitectónico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salón multiusos - Sala de juntas - Oficinas de entrenamiento - Poll de trabajo - Sala de director - Café - Área de cajas - Cuarto de control - Área de residuos sólidos <p>Predimensionamiento de elementos estructurales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Losas macizas unidireccionales - Losas aligeradas unidireccionales - Vigas - Columnas - Placas <p>Modelamiento estructural</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis estático - Análisis dinámico modal – espectral <p>Diseño de aisladores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desplazamiento traslacional - Desplazamiento total - Rigidez efectiva - Amortiguamiento efectivo 	<p>Tipo de investigación: Aplicada-descriptiva.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental-transversal.</p> <p>Enfoque: Cuantitativo.</p> <p>Población: Espacios disponibles que hasta la fecha se encontraban disponibles en el distrito de Piura.</p> <p>Muestra: Uno de los terrenos libres ubicados en el distrito en mención.</p>	<p>Técnica: Análisis documental. Procesamiento de información.</p> <p>Instrumentos: Normas de Diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones. Autodesk AutoCAD 2019. Fórmulas de predimensionamiento. Guía de modelamiento estructural. Software Etabs 19.0.0. Hojas de cálculo.</p>

Anexo 7: Elevación frontal.

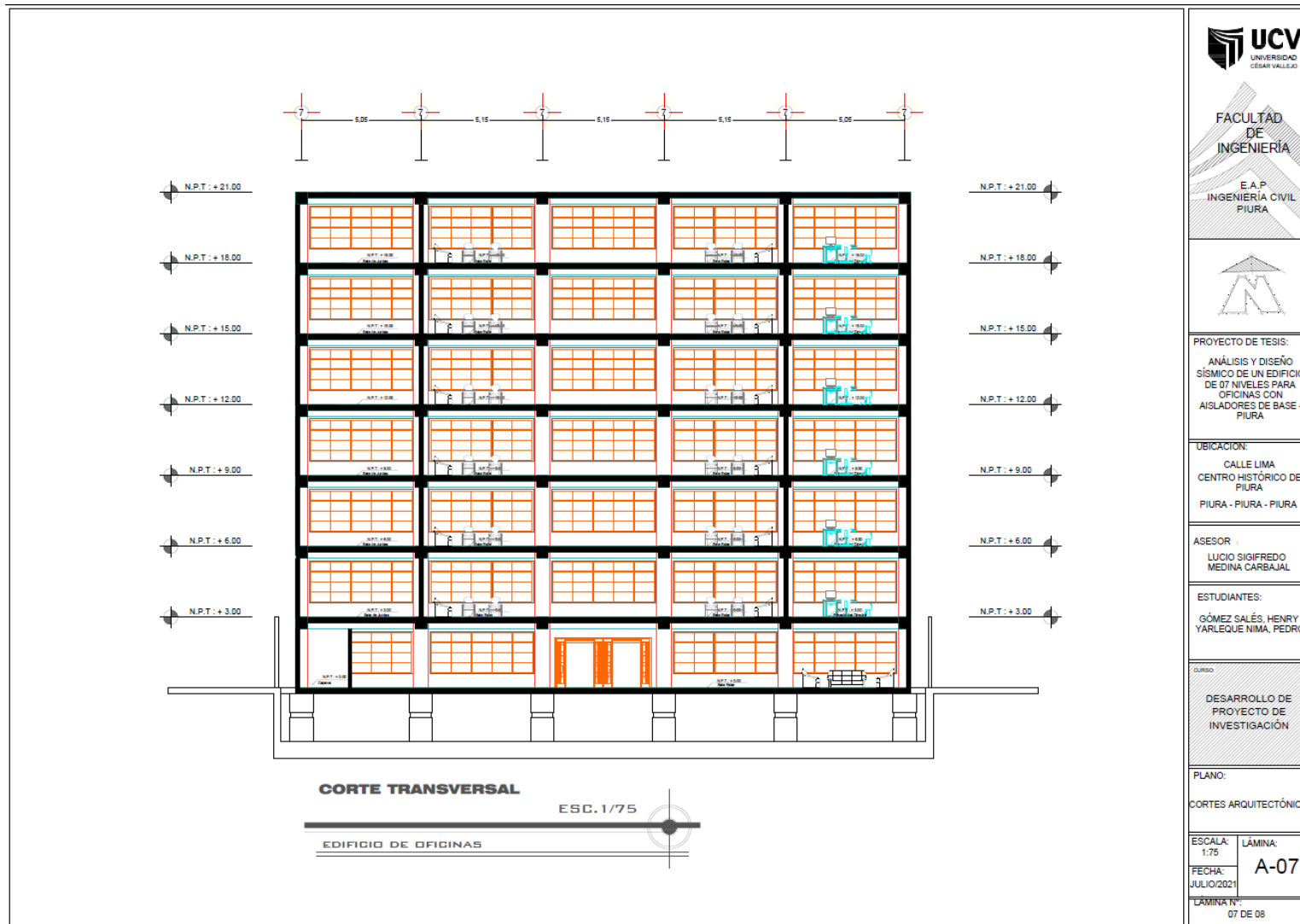


Anexo 8: Elevación lateral izquierda.



 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
FACULTAD DE INGENIERÍA E.A.P. INGENIERÍA CIVIL PIURA	
	
PROYECTO DE TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA	
UBICACION: CALLE LIMA CENTRO HISTÓRICO DE PIURA PIURA - PIURA - PIURA	
ASESOR: LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL	
ESTUDIANTES: GÓMEZ SALÉS, HENRY YARLEQUE NIMA, PEDRO	
CURSO: DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	
PLANO: ELEVACIONES	
ESCALA: 1:75	LÁMINA: A-06
FECHA: JULIO/2021	
LÁMINA N.º: 00 DE 08	

Anexo 9: Corte transversal.



FACULTAD DE INGENIERIA
E.A.P. INGENIERIA CIVIL PIURA



PROYECTO DE TESIS:
ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA

UBICACION:
CALLE LIMA
CENTRO HISTÓRICO DE PIURA
PIURA - PIURA - PIURA

ASESOR:
LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

ESTUDIANTES:
GÓMEZ SALÉS, HENRY
YARLEQUE NIMA, PEDRO

CURSO:
DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PLANO:
CORTE ARQUITECTÓNICOS

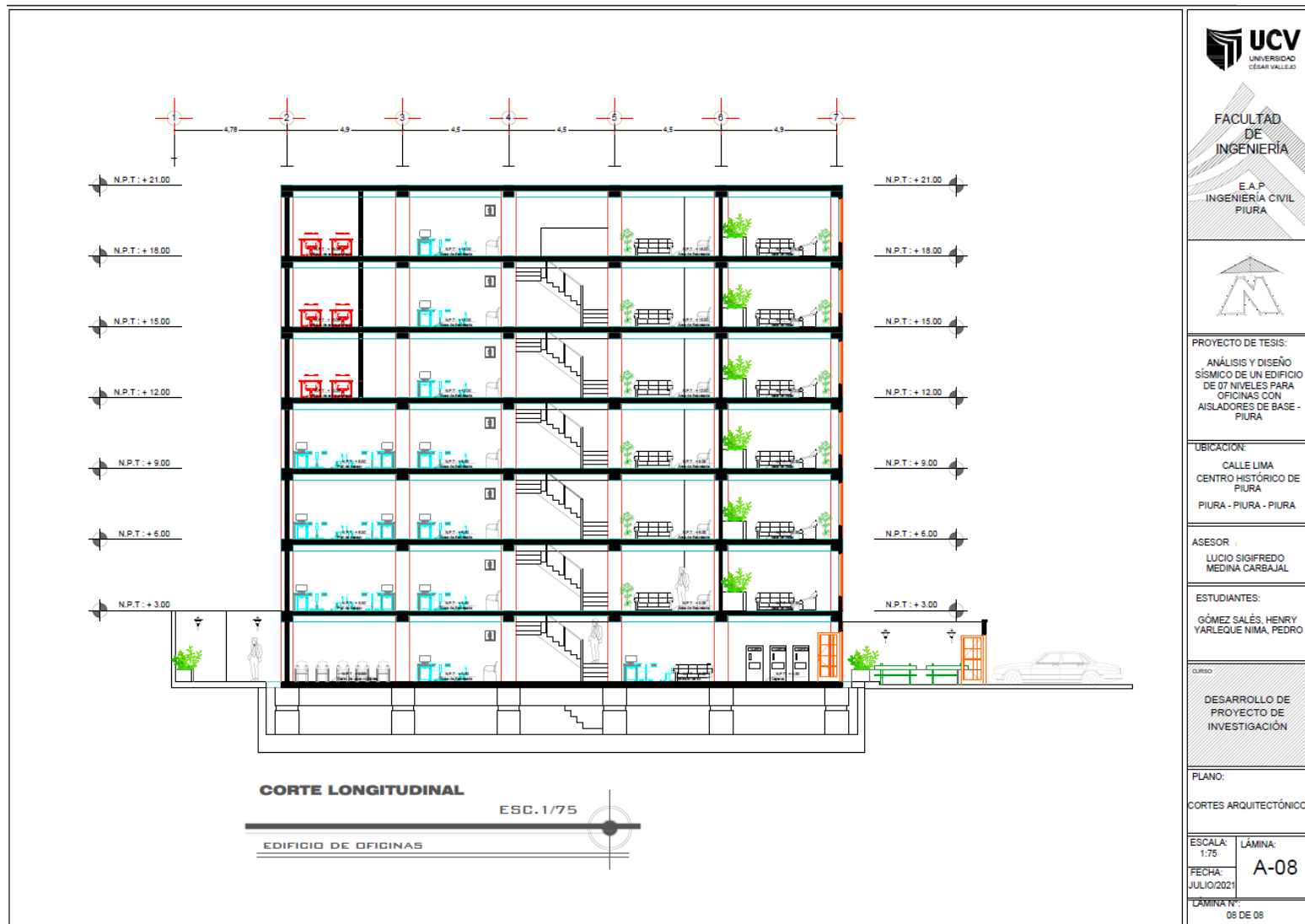
ESCALA: 1:75

FECHA: JULIO/2021

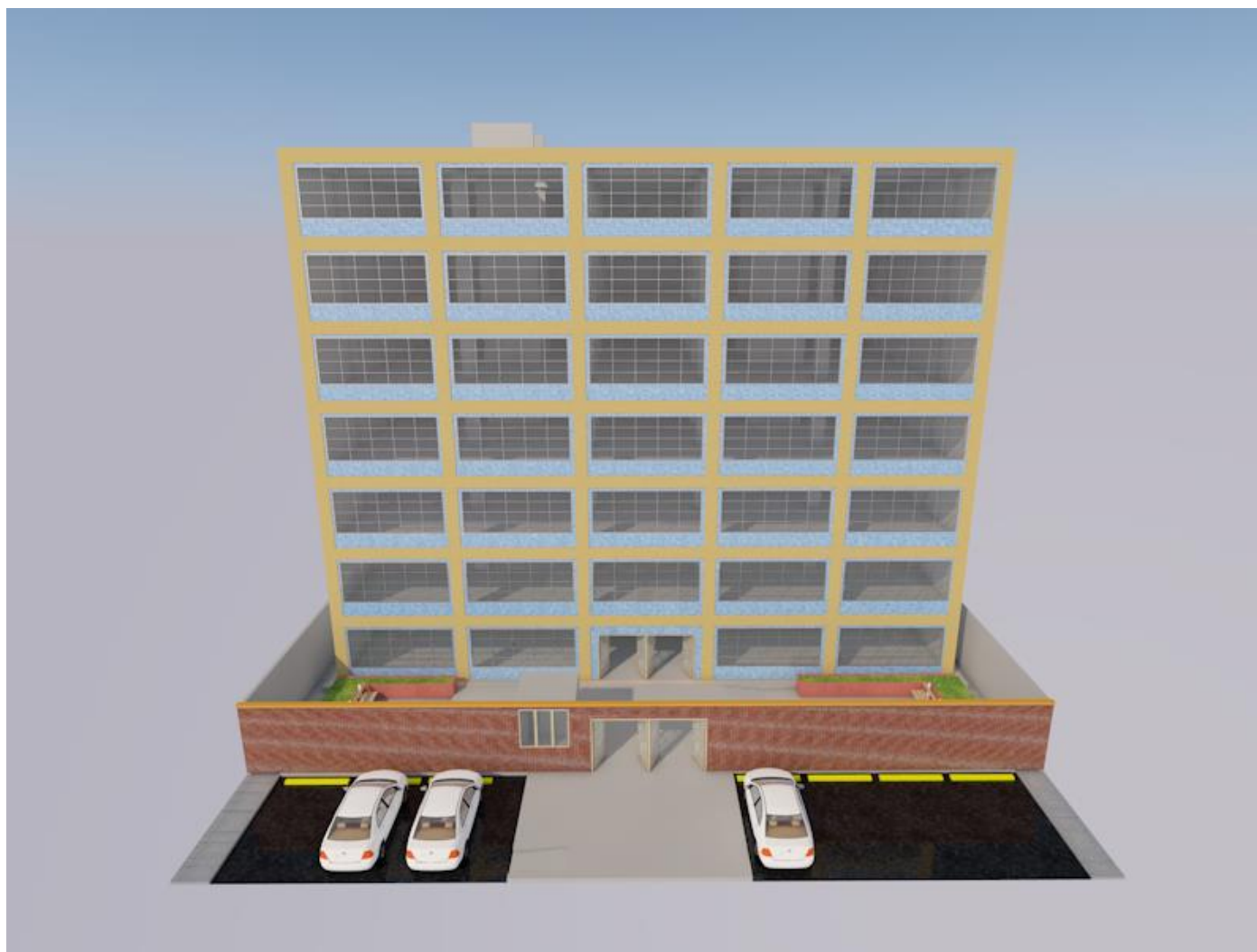
LÁMINA N°:
07 DE 08

LÁMINA:
A-07

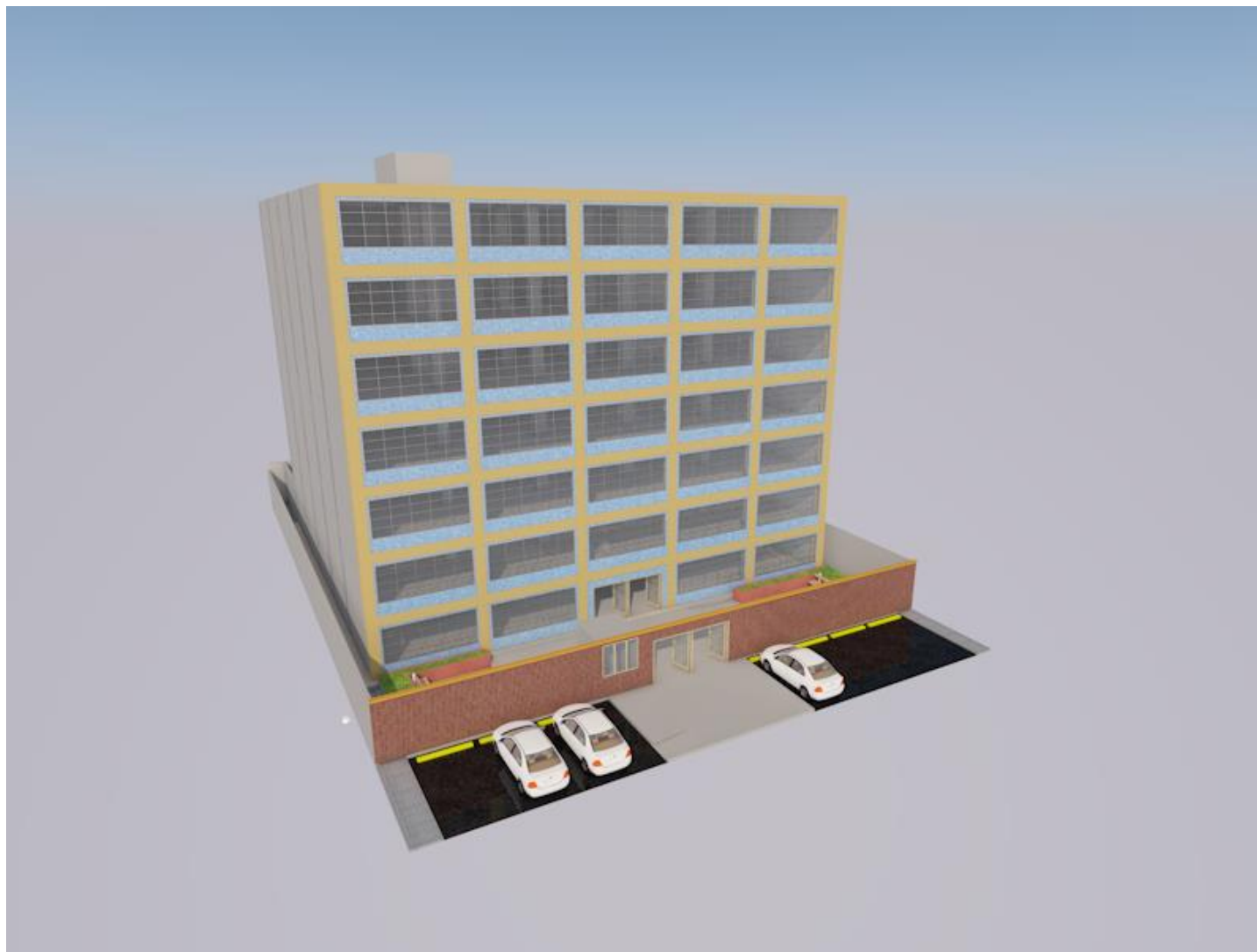
Anexo 10: Corte longitudinal.




Anexo 11: Vista tridimensional de la edificación de 07 niveles destinada a oficina.



Anexo 12: Vista tridimensional de la edificación de 07 niveles destinada a oficina.



Anexo 13: Hoja de cálculo para el predimensionamiento de viga VP-1.

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-PDV	
		Fecha	Junio 2021
	Predimensionamiento de vigas	Versión	01
		Hoja	01

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

$f_c =$	210 kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
$\beta_1 =$	0.85	Factor de bloque de Whitney
$\epsilon_{cu} =$	0.003	Deformación unitaria última del concreto
$f_y =$	4200 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero
$E_s =$	2000000 kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero
$\epsilon_y =$	0.0021	Deformación unitaria del acero
$\phi =$	0.90	Factor de reducción de resistencia para flexión

CÁLCULO DE CUANTÍAS

$\rho_b =$	0.0213	Cuantía balanceada
$\rho_{m\acute{a}x} =$	0.0106	Cuantía máxima para zona de alto riesgo sísmico
$\rho_{m\acute{i}n} =$	0.0033	Cuantía mínima - ACI 318-19
$\rho =$	0.0070	Cuantía de diseño
$w =$	0.1396	Cuantía mecánica

METRADO DE CARGAS

$PP_{losa} =$	300 kg/m ²	Peso propio de losa aligerada
$PP_{acab} =$	100 kg/m ²	Peso propio de acabados
$PP_{tab} =$	150 kg/m ²	Peso propio de tabiquería
$W_D =$	550 kg/m ²	Carga muerta
$W_L =$	400 kg/m ²	Carga viva
$W_u =$	1450 kg/m ²	Carga última
$B =$	4.70 m	Ancho tributario


PREDIMENSIONAMIENTO

$$h = L_n + \psi$$

$$\psi = 1.1 * \sqrt{\frac{20 * W_u}{\alpha * \phi * f'c * w * (1 - 0.59 * w)}}$$

Tipo:	Un extremo continuo	
$\alpha =$	14	Coefficiente de momento.
$\psi =$	0.1018	
$L_n =$	4.35 m	Luz libre
$h =$	0.45 m	Peralte de viga
$b =$	0.30 m	Ancho de viga

Anexo 14: Hoja de cálculo para el predimensionamiento de viga VP-2.

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-PDV	
		Fecha	Junio 2021
	Predimensionamiento de vigas		Versión
		Hoja	01

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

$f'_c =$	210 kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
$\beta_1 =$	0.85	Factor de bloque de Whitney
$\epsilon_{cu} =$	0.003	Deformación unitaria última del concreto
$f_y =$	4200 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero
$E_s =$	2000000 kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero
$\epsilon_y =$	0.0021	Deformación unitaria del acero
$\phi =$	0.90	Factor de reducción de resistencia para flexión

CÁLCULO DE CUANTÍAS

$\rho_b =$	0.0213	Cuantía balanceada
$\rho_{max} =$	0.0106	Cuantía máxima para zona de alto riesgo sísmico
$\rho_{min} =$	0.0033	Cuantía mínima - ACI 318-19
$\rho =$	0.0070	Cuantía de diseño
$w =$	0.1396	Cuantía mecánica

METRADO DE CARGAS

$PP_{losa} =$	300 kg/m ²	Peso propio de losa aligerada
$PP_{acab} =$	100 kg/m ²	Peso propio de acabados
$PP_{tab} =$	150 kg/m ²	Peso propio de tabiquería
$W_D =$	550 kg/m ²	Carga muerta
$W_L =$	400 kg/m ²	Carga viva
$W_u =$	1450 kg/m ²	Carga última
$B =$	4.73 m	Ancho tributario


PREDIMENSIONAMIENTO

$$h = L_n + \psi$$

$$\psi = 1.1 * \sqrt{\frac{20 * W_u}{\alpha + \phi + f'_c + w + (1 - 0.59 * w)}}$$

Tipo:	Ambos extremos continuos	
$\alpha =$	16	Coefficiente de momento.
$\psi =$	0.0952	
$L_n =$	4.55 m	Luz libre
$h =$	0.45 m	Peralte de viga
$b =$	0.30 m	Ancho de viga

Anexo 15: Hoja de cálculo para el predimensionamiento de columna C-1.

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-PDC	
		Fecha	Junio 2021
	Predimensionamiento de columnas	Versión	01
		Hoja	01

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

$f_c =$	210 kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y =$	4200 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero

METRADO DE CARGAS

$PP_{losa} =$	300 kg/m ²	Peso propio de losa aligerada
$PP_{acab} =$	100 kg/m ²	Peso propio de acabados
$PP_{tab} =$	150 kg/m ²	Peso propio de tabiquería
$PP_{vigas} =$	100 kg/m ²	
$PP_{column} =$	60 kg/m ²	
$W_D =$	710 kg/m ²	Carga muerta
$W_L =$	400 kg/m ²	Carga viva
$PG =$	1110 kg/m ²	Carga última


PREDIMENSIONAMIENTO

$$b * D = \frac{\alpha * P}{n * f'c}$$

$$P = PG * A_{trib} * \#pisos$$

Ubicación:	Interior
$\alpha =$	1.10
$n =$	0.30
#pisos =	7 pisos
$A_{trib} =$	24.21 m ²
$P =$	188072.85 kg
$b =$	60 cm
$D =$	60 cm

Anexo 16: Hoja de cálculo para el predimensionamiento de columna C-2.

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-PDC	
		Fecha	Junio 2021
	Predimensionamiento de columnas	Versión	01
		Hoja	01

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

$f_c =$	210 kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y =$	4200 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero

METRADO DE CARGAS

$PP_{losa} =$	300 kg/m ²	Peso propio de losa aligerada
$PP_{acab} =$	100 kg/m ²	Peso propio de acabados
$PP_{tab} =$	150 kg/m ²	Peso propio de tabiquería
$PP_{vigas} =$	100 kg/m ²	
$PP_{columna} =$	60 kg/m ²	
$W_D =$	710 kg/m ²	Carga muerta
$W_L =$	400 kg/m ²	Carga viva
$PG =$	1110 kg/m ²	Carga última


PREDIMENSIONAMIENTO

$$b \cdot D = \frac{\alpha \cdot P}{n \cdot f'c}$$

$$P = PG \cdot A_{trib} \cdot \#pisos$$

Ubicación:	Lateral
$\alpha =$	1.25
$n =$	0.25
#pisos =	7 pisos
$A_{trib} =$	12.62 m ²
$P =$	98037.98 kg
$b =$	50 cm
$D =$	50 cm

Anexo 17: Hoja de cálculo para graficar el espectro de diseño de la edificación con base fija según la Norma E.030.

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.		UCV-TESIS-EDD	
	Espectro de Diseño según Norma E.030		Fecha	Junio 2021
			Versión	01
			Hoja	01

ZONIFICACIÓN

Departamento	Piura
Provincia	Piura
Distrito	Piura
Zona sísmica	4
Factor de zona Z	0.45



CONDICIONES GEOTÉCNICAS

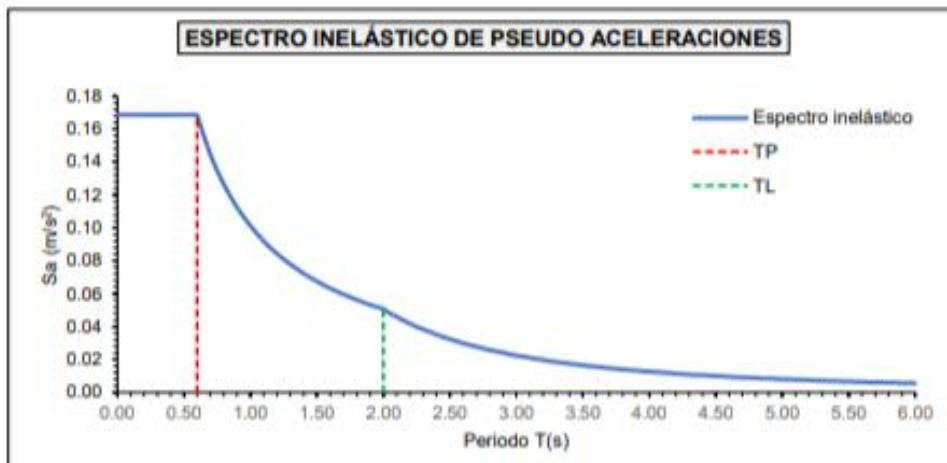
Perfil de suelo	S2
Descripción de perfil	Suelos intermedios
Vel. prom. ondas corte V_s	180 m/s a 500 m/s
Prom. pond. N_{60} de SPT	15 a 50
Prom. pond. resist. corte S_u	50 kPa a 100 kPa
Factor de suelo S	1.05
Periodo T_p	0.60
Periodo T_L	2.00

CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN


Categoría	C: Común
Factor de uso U	1.00

SISTEMA ESTRUCTURAL

Categoría	Concreto_armado
Sistema estructural	Dual
Coef. Básico Reducción R_0	7



Anexo 18: Hoja de cálculo para graficar el espectro de diseño de la edificación con base aislada según la Norma E.031 ($\beta=5\%$).

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-EDD	
		Fecha	Junio 2021
	Espectro de Diseño según Norma E.031		Versión
		Hoja	01

ZONIFICACIÓN

Departamento	Piura
Provincia	Piura
Distrito	Piura
Zona sísmica	4
Factor de zona Z	0.45



CONDICIONES GEOTÉCNICAS

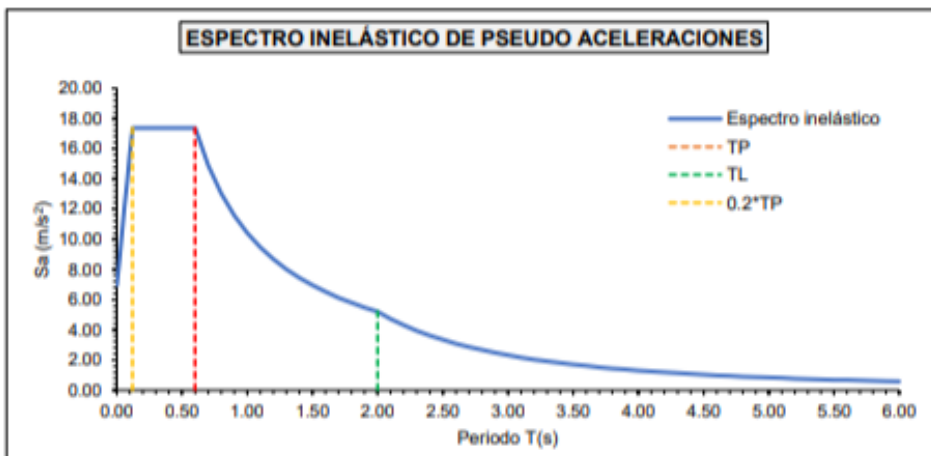
Perfil de suelo	S2
Descripción de perfil	Suelos intermedios
Vel. prom. ondas corte V_s	180 m/s a 500 m/s
Prom. pond. N_{60} de SPT	15 a 50
Prom. pond. resist. corte S_u	50 kPa a 100 kPa
Factor de suelo S	1.05
Periodo T_p	0.60
Periodo T_L	2.00

CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN


Categoría	A: Esencial	
Factor de uso U	1.00	Artículo 14 - Norma E.031

SISTEMA ESTRUCTURAL

Categoría	Concreto_armado
Sistema estructural	Dual



Anexo 19: Hoja de cálculo para graficar el espectro de diseño de la edificación con base aislada según la Norma E.031. ($\beta=20\%$).

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-EDD	
		Fecha	Junio 2021
	Espectro de Diseño según Norma E.031	Versión	01
		Hoja	01

ZONIFICACIÓN

Departamento Piura
 Provincia Piura
 Distrito Piura
 Zona sísmica 4
 Factor de zona Z **0.45**



CONDICIONES GEOTÉCNICAS

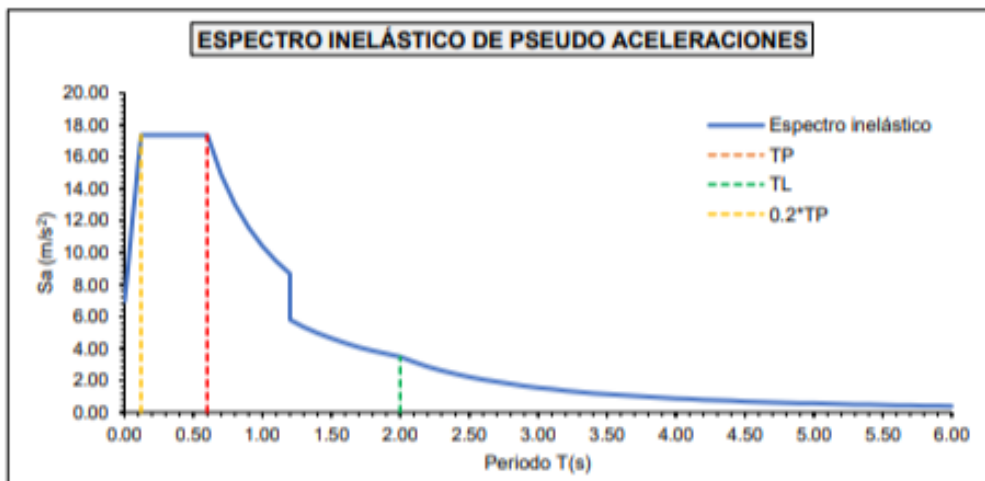
Perfil de suelo S2
 Descripción de perfil Suelos intermedios
 Vel. prom. ondas corte V_s 180 m/s a 500 m/s
 Prom. pond. N_{60} de SPT 15 a 50
 Prom. pond. resist. corte S_u 50 kPa a 100 kPa
 Factor de suelo S **1.05**
 Periodo T_p 0.60
 Periodo T_L 2.00

CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN


Categoría C: Común
 Factor de uso U **1.00** Artículo 14 - Norma E.031

SISTEMA ESTRUCTURAL

Categoría Concreto_armado
 Sistema estructural Dual



Anexo 20: Hoja de cálculo para el diseño del aislador tipo LRB1.

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-DDA		
		Fecha	Junio 2021	
	Diseño de aislador LRB1		Versión	01
			Hoja	01

Parámetros sísmicos

Zona sísmica =	4	
Z =	0.45 g	Factor de zona
Perfil de suelo =	S2	
S =	1.05	Factor de suelo
T _p =	0.60	
T _L =	2.00	

ESTRUCTURA EN BASE FIJA

Datos del edificio

Nº pisos =	7 pisos	Número de pisos
Nº disp =	40	Número de dispositivos
M _s =	365.05 tf-s ² /m	Masa de la superestructura
M _b =	133.31 tf-s ² /m	Masa del sistema de aislamiento
M =	498.35 tf-s ² /m	Masa total
P _s =	3577.82 tf	Peso de la superestructura
P _b =	1306.52 tf	Peso del sistema de aislamiento
P =	4884.34 tf	Peso total

Periodos fundamentales

T _X =	0.697 s	Periodo traslacional en la dirección X
T _Y =	0.570 s	Periodo traslacional en la dirección Y
T _Z =	0.606 s	Periodo rotacional

ESTRUCTURA EN BASE AISLADA

T _f =	0.697 s	Periodo en base fija
T _{obj} =	2.23 s	Periodo objetivo
β _{obj} =	20%	Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico
B _M =	1.50	Factor de amortiguamiento
M =	498.35 tf-s ² /m	Masa total
K _{AIS} =	3954.85 tf/m	Rigidez del sistema de aislamiento
K _{prom} =	98.87 tf/m	Rigidez promedio
C =	0.60	Factor de amplificación sísmica
S _{aM} =	0.43 g	Ordenada de pseudo aceleración
D _M =	35.22 cm	Desplazamiento traslacional
D _{TM} =	40.51 cm	Desplazamiento total

Pesos de diseño

P _{serv} =	187.96 tf	Carga en servicio
P _{max} =	323.53 tf	Carga máxima
P _{min} =	45.29 tf	Carga mínima

Parámetros del material (Fabricante)

$t_r =$	1.00 cm	Espesor de láminas
$N =$	20	Número de láminas
$T_r =$	20.00 cm	Altura total
$K =$	200000 tf/m ²	Módulo volumétrico de la goma
$G =$	50 tf/m ²	Módulo de corte de la goma
$k =$	0.75	Constante en función de G
$T_{py} =$	1000 tf/m ²	Esfuerzo de fluencia del plomo
$\sigma_{m\acute{a}x} =$	1000 tf/m ²	Esfuerzo axial admisible del aislador
$Rec =$	2.50 cm	Recubrimiento

Diseño por carga axial para el D_{TM}

$D_o \approx$	50.00 cm	Diámetro aproximado
$D_o =$	75.00 cm	Diámetro propuesto
$A_o =$	0.44 m ²	Área del aislador
$D_p =$	15.00 cm	Diámetro del plomo propuesto
$A_p =$	0.0177 m ²	Área del plomo
$D_e =$	70.00 cm	Diámetro neto del aislador
$A_n =$	0.37 m ²	Área neta
$S =$	16.70	Factor de forma del aislador
$A_R =$	0.14 m ²	Área reducida
$P_{cr} =$	439.73 tf	Capacidad de pandeo
$FS =$	1.10	Factor de seguridad
$P_{max} =$	399.75	Carga admisible final


OK

Verificación de estabilidad para el D_{TM}

$f =$	4	
$E_o =$	200 tf/m ²	Módulo Elástico
$E_c =$	83831 tf/m ²	Módulo de Compresión
$\gamma_D =$	2.03	Deformación por corte debido a deformación
$\gamma_C =$	2.85	Deformación por corte debido a compresión
$\theta =$	0.005	
$\gamma_\theta =$	0.46	Deformación por corte debido a deformación angular
	5.11	Deformación total por corte

OK

Anexo 21: Hoja de cálculo para el diseño del aislador tipo LRB2.

	TESIS: ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA.	UCV-TESIS-DDA	
		Fecha	Junio 2021
	Diseño de aislador LRB2	Versión	01
		Hoja	01

Parámetros sísmicos

Zona sísmica =	4	
Z =	0.45 g	Factor de zona
Perfil de suelo =	S2	
S =	1.05	Factor de suelo
T _p =	0.60	
T _L =	2.00	

ESTRUCTURA EN BASE FIJA

Datos del edificio

N° pisos =	7 pisos	Número de pisos
N° disp =	40	Número de dispositivos
M _s =	365.05 tf-s ² /m	Masa de la superestructura
M _b =	133.31 tf-s ² /m	Masa del sistema de aislamiento
M =	498.35 tf-s ² /m	Masa total
P _s =	3577.82 tf	Peso de la superestructura
P _b =	1306.52 tf	Peso del sistema de aislamiento
P =	4884.34 tf	Peso total

Periodos fundamentales

T _X =	0.697 s	Periodo traslacional en la dirección X
T _Y =	0.570 s	Periodo traslacional en la dirección Y
T _Z =	0.606 s	Periodo rotacional

ESTRUCTURA EN BASE AISLADA

T _f =	0.697 s	Periodo en base fija
T _{obj} =	2.23 s	Periodo objetivo
β _{obj} =	20%	Amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico
B _M =	1.50	Factor de amortiguamiento
M =	498.35 tf-s ² /m	Masa total
K _{AIS} =	3954.85 tf/m	Rigidez del sistema de aislamiento
K _{prom} =	98.87 tf/m	Rigidez promedio
C =	0.60	Factor de amplificación sísmica
S _{aM} =	0.43 g	Ordenada de pseudo aceleración
D _M =	35.22 cm	Desplazamiento traslacional
D _{TM} =	40.51 cm	Desplazamiento total

Pesos de diseño

P _{serv} =	146.82 tf	Carga en servicio
P _{max} =	300.36 tf	Carga máxima
P _{min} =	54.19 tf	Carga mínima

Parámetros del material (Fabricante)

$t_r =$	0.80 cm	Espesor de láminas
$N =$	25	Número de láminas
$T_r =$	20.00 cm	Altura total
$K =$	200000 tf/m ²	Módulo volumétrico de la goma
$G =$	50 tf/m ²	Módulo de corte de la goma
$k =$	0.75	Constante en función de G
$T_{py} =$	1000 tf/m ²	Esfuerzo de fluencia del plomo
$\sigma_{m\acute{a}x} =$	1000 tf/m ²	Esfuerzo axial admisible del aislador
$Rec =$	2.50 cm	Recubrimiento

Diseño por carga axial para el D_{TM}

$D_o \approx$	45.00 cm	Diámetro aproximado
$D_o =$	70.00 cm	Diámetro propuesto
$A_o =$	0.38 m ²	Área del aislador
$D_p =$	12.00 cm	Diámetro del plomo propuesto
$A_p =$	0.0113 m ²	Área del plomo
$D_e =$	65.00 cm	Diámetro neto del aislador
$A_n =$	0.32 m ²	Área neta
$S =$	19.62	Factor de forma del aislador
$A_R =$	0.10 m ²	Área reducida
$P_{cr} =$	356.25 tf	Capacidad de pandeo
$FS =$	1.10	Factor de seguridad
$P_{max} =$	323.87	Carga admisible final

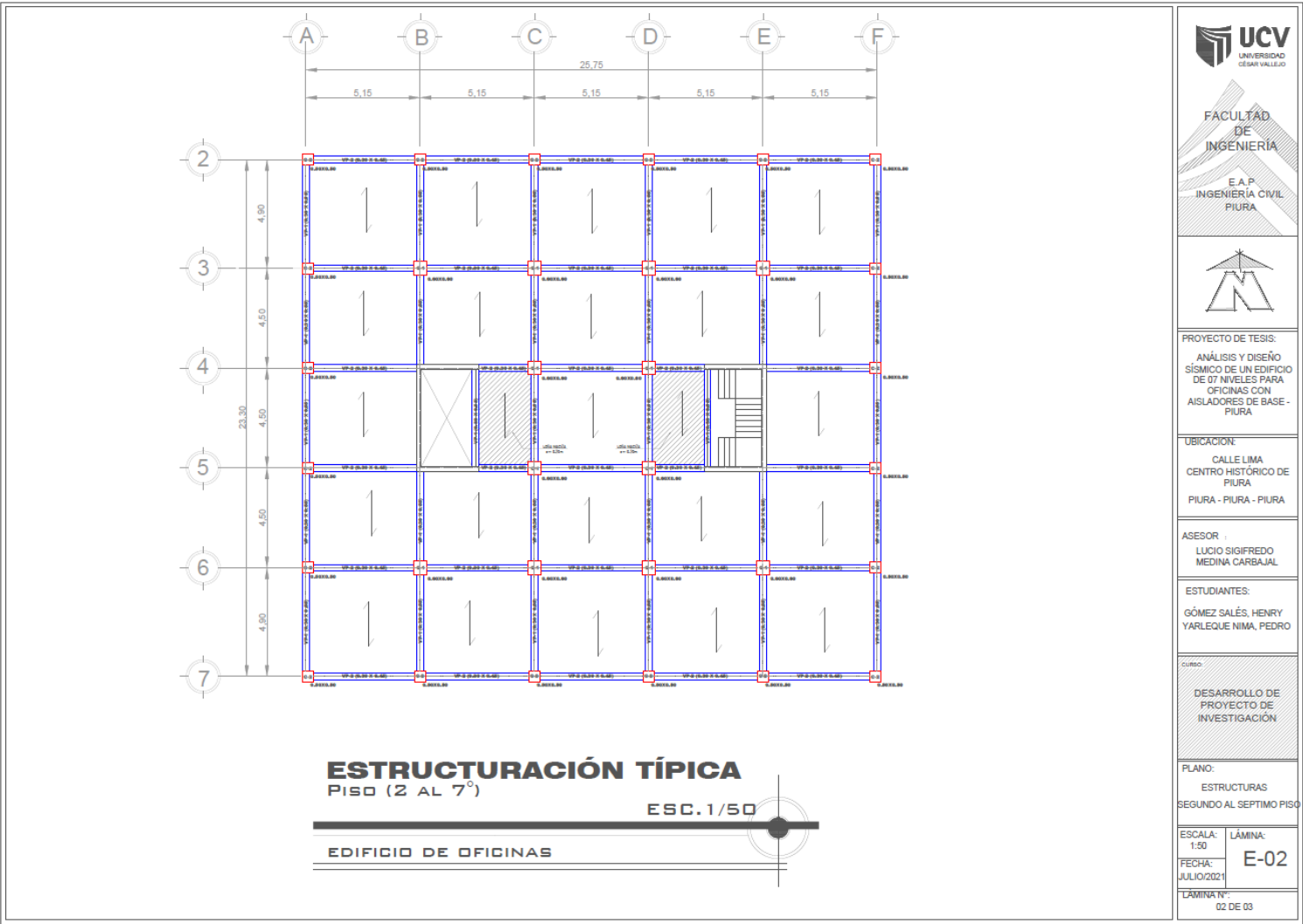
OK

Verificación de estabilidad para el D_{TM}

$f =$	4	
$E_o =$	200 tf/m ²	Módulo Elástico
$E_c =$	115686 tf/m ²	Módulo de Compresión
$\gamma_D =$	2.03	Deformación por corte debido a deformación
$\gamma_C =$	3.04	Deformación por corte debido a compresión
$\theta =$	0.005	
$\gamma_\theta =$	0.50	Deformación por corte debido a deformación angular
	5.31	Deformación total por corte

OK

Anexo 22: Estructuración típica de la edificación de 07 niveles destinada a oficina.



FACULTAD DE INGENIERÍA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL PIURA



PROYECTO DE TESIS:
ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA

UBICACION:
CALLE LIMA
CENTRO HISTÓRICO DE PIURA
PIURA - PIURA - PIURA

ASESOR :
LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

ESTUDIANTES:
GÓMEZ SALÉS, HENRY
YARLEQUE NIMA, PEDRO

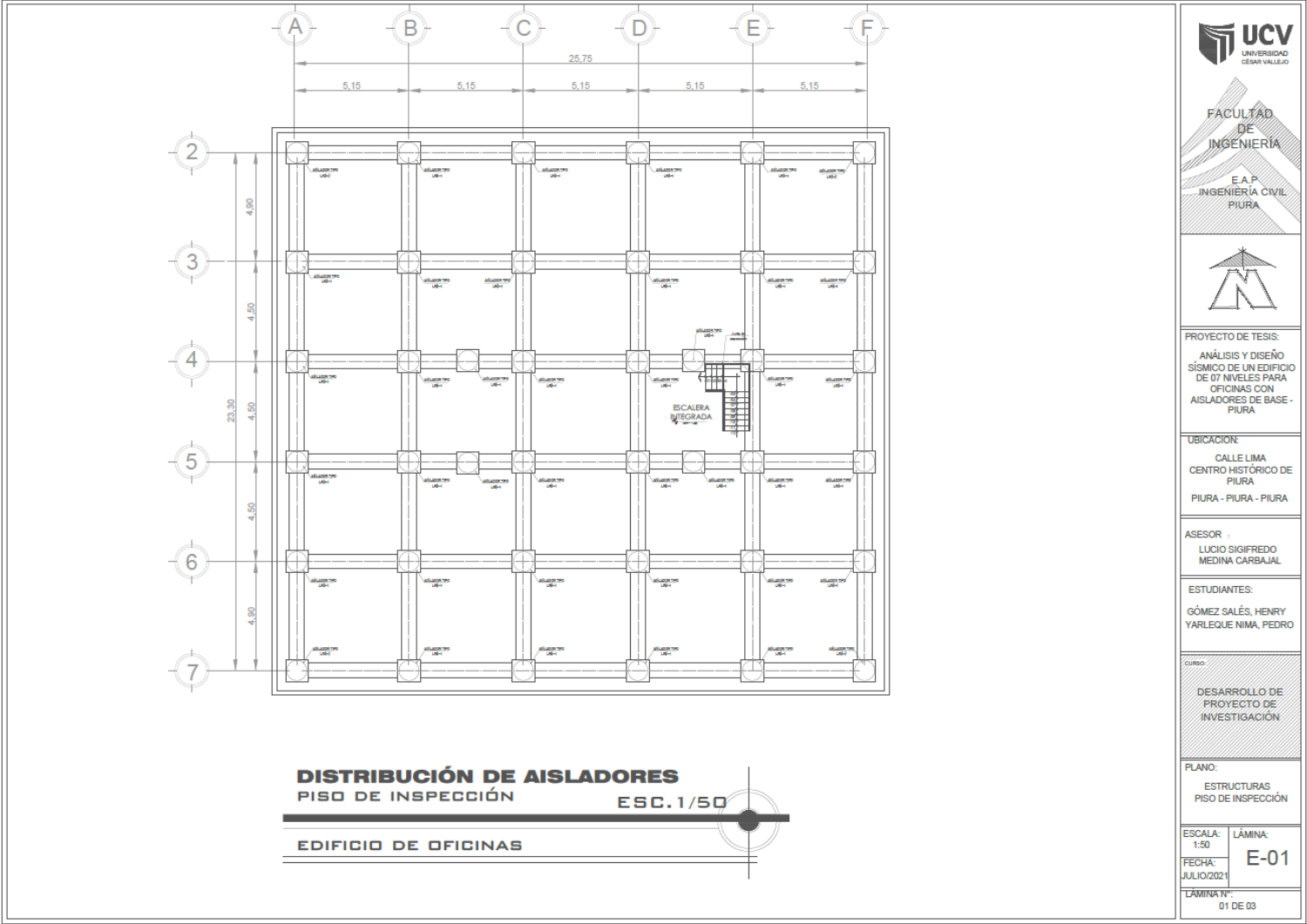
Curso:
DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PLANO:
ESTRUCTURAS
SEGUNDO AL SEPTIMO PISO

ESCALA: 1:50 LÁMINA: E-02

FECHA: JULIO/2021
LÁMINA N°: 02 DE 03

Anexo 23: Distribución de los aisladores en la base de la edificación de 07 niveles destinada a oficina.



FACULTAD DE INGENIERÍA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL PIURA



PROYECTO DE TESIS:
 ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE-PIURA

UBICACIÓN:
 CALLE LIMA
 CENTRO HISTÓRICO DE PIURA
 PIURA - PIURA - PIURA

ASESOR
 LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

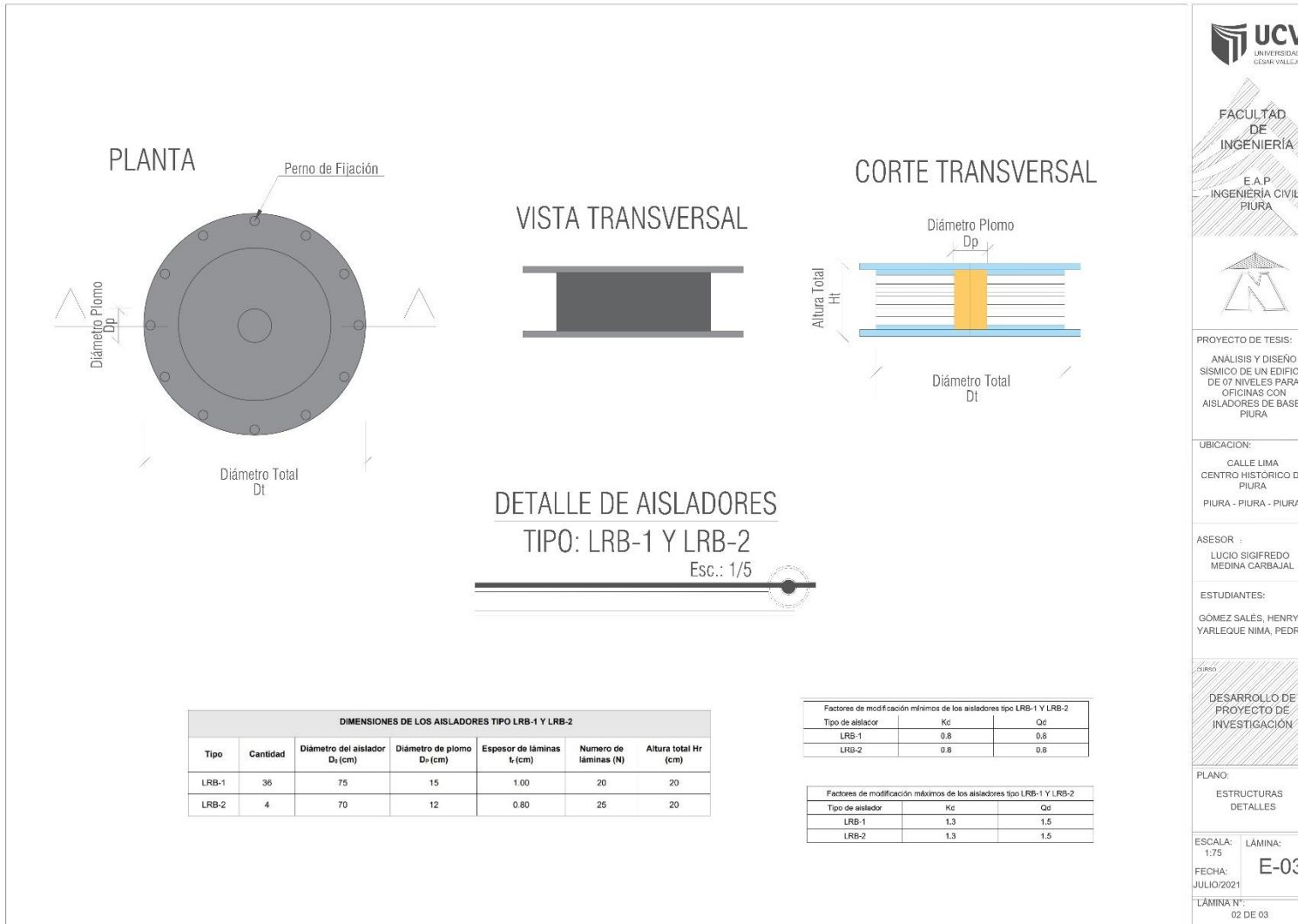
ESTUDIANTES:
 GÓMEZ SALÉS, HENRY
 YARLEQUE NIMA, PEDRO

DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PLANO:
 ESTRUCTURAS
 PISO DE INSPECCIÓN

ESCALA: 1:50	LÁMINA: E-01
FECHA: JULIO/2021	
LÁMINA N°: 01 DE 03	

Anexo 24: Detalle de los aisladores LRB-1 y LRB-2.



FACULTAD DE INGENIERÍA

E.A.P. INGENIERÍA CIVIL PIURA



PROYECTO DE TESIS:
ANÁLISIS Y DISEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE 07 NIVELES PARA OFICINAS CON AISLADORES DE BASE - PIURA

UBICACIÓN:
CALLE LIMA
CENTRO HISTÓRICO DE PIURA
PIURA - PIURA - PIURA

ASESOR :
LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL

ESTUDIANTES:
GÓMEZ SALES, HENRY
YARLEQUE NIMA, PEDRO

DESARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PLANO:
ESTRUCTURAS
DETALLES

ESCALA: 1:75
FECHA: JULIO/2021
LÁMINA N°: E-03

LÁMINA N°:
02 DE 03