



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño de estructura metálica del edificio comercial- multifamiliar  
utilizando aislación sísmica, Olmos, Lambayeque

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Chiscol Patazca Jordan Alexander ([orcid.org/0000-0001-7308-2973](https://orcid.org/0000-0001-7308-2973))

**ASESOR:**

Mg. Lucio Sigifredo Medina Carbajal ([orcid.org/0000-0001-5207-4421](https://orcid.org/0000-0001-5207-4421))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

PIURA- PERÚ  
2022

## **DEDICATORIA**

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

Este trabajo de investigación es dedicado a Dios, a mis padres y a mi docente del área, quien me ha guiado a lo largo de este proyecto, otorgándome la necesidad de superar todas mis pruebas, inculcándome principios y valores mediante el ejemplo, siendo la fuerza necesaria para afrontar caminos difíciles.

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

*Con cariño, el autor.*

## **AGRADECIMIENTO**

Expresó mi sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por darme la fuerza y sabiduría necesaria para culminar este proyecto. A mi amada Staysi y a mis padres, por su apoyo a lo largo de esta etapa académica, a mi asesor, por su valiosa guía y asesoramiento en sus enseñanzas brindadas. Y a nuestros compañeros de clase por motivarnos a conquistar cada vez grandes metas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO .....	14
III. METODOLOGÍA.....	22
3.2. Variables y Operacionalización:.....	23
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	23
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	24
3.5. Método de análisis de datos .....	25
3.6. Procedimientos .....	26
3.1. Método de análisis de datos. ....	29
3.2. Aspectos éticos:.....	29
IV. RESULTADOS .....	30
4.1. Resumen de Ensayos de laboratorios .....	30
4.2. Modelar y diseñar el edificio escogido según el RNE sin aislamiento sísmico .....	41
4.3. Modelar y diseñar el edificio escogido con aislamiento sísmico.....	59
V. DISCUSIÓN.....	62
VI. CONCLUSIONES.....	66
VII. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Instrumentos de recolección de datos .....	25
Tabla 2: Análisis Granulométrico.....	27
Tabla 3: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos .....	31
Tabla 4: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-01, M- 01), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	32
Tabla 5: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-01, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	32
Tabla 6: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-01, M-03), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	33
Tabla 7: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-02, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	33
Tabla 8: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-02, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	34
Tabla 9: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-02, M-03), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	34
Tabla 10: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-03, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	35
Tabla 11: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-03, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	35
Tabla 12: Edificio comercial-multifamiliar resumen de ensayos (C-03, M- 03), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	36
Tabla 13: Edificio comercial-multifamiliar resumen de ensayos (C-04, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	36
Tabla 14: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-04, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	37
Tabla 15: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-05, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	37
Tabla 16: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-05, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	38
Tabla 17: Edificio comercial-multifamiliar resumen de ensayos (C-05, M-03), según resultados de laboratorio, año 2021. ....	38

<i>Tabla 18:</i> Resumen de ensayo corte directo (ASTM D 3080), según resultado de laboratorio, año 2021. ....	39
<i>Tabla 19:</i> Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos, según resultados de laboratorio, 2021 .....	39
<i>Tabla 20:</i> Condición de cimentación para el proyecto.....	40
<i>Tabla 21:</i> Datos de la losa colaborante .....	43
<i>Tabla 22:</i> Deflexión de la losa colaborante actuando como encofrado .....	43
<i>Tabla 23:</i> Esfuerzos de tracción por flexión en el sistema no compuesto .....	44
<i>Tabla 24:</i> Cálculo de esfuerzos admisible en el sistema compuesto .....	44
<i>Tabla 25:</i> Cálculo de esfuerzos admisible en el sistema compuesto .....	44
<i>Tabla 26:</i> Condición de momento ultimo de resistencia a flexión.....	45
<i>Tabla 27:</i> Diseño por corte .....	45
<i>Tabla 28:</i> Esfuerzo admisible a compresión del concreto .....	45
<i>Tabla 29:</i> Rigidez lateral de edificio y verificación de piso blando.....	47
<i>Tabla 30 :</i> Peso de entresijos y análisis de irregularidad en masa.....	47
<i>Tabla 31:</i> Irregularidad Torsional.....	48
<i>Tabla 32:</i> Porcentaje de masa participativa MODAL.....	48
<i>Tabla 33:</i> Determinación de la cortante de diseño en el eje X .....	49
<i>Tabla 34:</i> Determinación de la cortante de diseño en el eje Y .....	50
<i>Tabla 35:</i> Datos de la viga.....	51
<i>Tabla 36:</i> Datos del perfil escogido .....	52
<i>Tabla 37:</i> Verificación de esbelte .....	52
<i>Tabla 38:</i> Calculo de $C_b$ .....	53
<i>Tabla 39:</i> Calculo de capacidad resistente a flexión .....	53
<i>Tabla 40:</i> Calculo de capacidad resistente a corte.....	53
<i>Tabla 41 :</i> Datos de la columna.....	54
<i>Tabla 42:</i> Verificación de esbeltez por compresión de la columna.....	55
<i>Tabla 43:</i> Capacidad resistente a compresión de la columna .....	55
<i>Tabla 44:</i> Verificación de esbeltez por flexión de la columna .....	55
<i>Tabla 45:</i> Capacidad resistente a flexión de la columna .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Diferencia entre un comportamiento esquemático de una estructura aislada con aisladores sísmicos y una estructura tradicional. ....	18
Ilustración 2: Sistema de aislamiento de base .....	19
Ilustración 3: Aisladores de goma con núcleo de plomo .....	20
Ilustración 4: Planta de arquitectura del segundo y tercer nivel .....	42
Ilustración 5:Detalle de la losa colaborante a emplear en este proyecto.....	42
Ilustración 6: Diseño de losa Colaborante .....	45
Ilustración 7: Modelo tridimensional del edificio .....	46
Ilustración 8: Planta de piso típica .....	46
Ilustración 9: Ubicación de la viga a analizar .....	50
Ilustración 10: Diagrama de envolvente de momento flector (ton-m) .....	51
Ilustración 11: Columna en análisis.....	54
<i>Ilustración 12: Análisis de presiones para cargas de gravedad.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 13: Análisis de presiones para cargas de sismo X.....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 14: Análisis de presiones para cargas de sismo Y.....</i>	<i>57</i>
Ilustración 15: Cuantía del acero mínimo en SAFE .....	58
Ilustración 16: Acero necesario a partir de la cuantía mínimo .....	58
Ilustración 17: Requisitos geométricos .....	59
Ilustración 18:Requisitos geométricos.....	59
Ilustración 19: Elementos link en análisis lineal.....	60
Ilustración 20: Elementos link en análisis tiempo historia (FNA) .....	60
Ilustración 21: Desplazamiento en la plataforma de aislamiento (FNA) .....	61
Ilustración 22: Fuerza cortante en la plataforma de aislamiento (FNA).....	61

## RESUMEN

En nuestro país la mayoría de las grandes construcciones en altura son de Hormigón armado, dejando de lado el uso del acero como material estructural, pese a los beneficios de este material, estando el uso de aislamiento sísmico usualmente relacionado con edificios de hormigón armado. Por lo tanto, la información que se tiene sobre el comportamiento estructural de edificios teniendo como edificio base de acero con aislamiento sísmico es escasa. Es en este último punto donde se encuentra enfocada esta tesis, que aparte de proponer un procedimiento general de diseño es en aportar información para futuros proyectos estructurales en acero. Este trabajo consistió en el diseño de estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar utilizando aislación sísmica, Olmos, Lambayeque, 2021 en la condición fija y aislada, con el objetivo de proponer un procedimiento de diseño para edificios aislados sobre la base de los conceptos estudiados.

Se realizó dos análisis: Modal espectral y Tiempo historia, siendo las funciones objetivas: Corte basal, aceleraciones máximas absolutas de pisos y desplazamiento relativo de pisos. Para el análisis Tiempo historia cinco registros sísmicos. Los resultados obtenidos permitieron responder al objetivo principal de esta tesis

**Palabras clave:** Ingeniería, aisladores sísmicos, análisis dinámico, análisis tiempo historia



## **ABSTRACT**

In our country, most of the large high-rise buildings are made of reinforced concrete, leaving aside the use of steel as a structural material, despite the benefits of this material, since the use of seismic isolation is usually related to reinforced concrete buildings. Therefore, the information available on the structural behavior of buildings with seismic-insulated steel base buildings is scarce. This last point is where this thesis is focused, which apart from proposing a general design procedure is to provide information for future structural steel projects. This work consisted of the application of seismic isolators in the design of the metallic structure of the commercial-multifamily building, Olmos, Lambayeque, 2021 in the fixed and isolated condition, with the objective of proposing a design procedure for isolated buildings based on the concepts studied.

I perform two analyses: Spectral Modal and History Time, being the objective functions: Basal cut, absolute maximum floor accelerations and relative floor displacement. For time history analysis five seismic records. The results obtained allowed to respond to the main objective of this thesis

**Keywords:** Engineering, seismic isolators, dynamic analysis, time history analysis

## I. INTRODUCCIÓN

Los sismos son impredecibles como inevitables por ser un fenómeno natural, por lo tanto, el rol que cumple el comportamiento estructural en las estructuras es vital porque cuando estos fenómenos naturales se presenten pueden resguardar miles de vidas. Ahí es donde entra el rol del ingeniero civil como de distintos profesionales relacionados al tema, ayudando con las innovaciones de nuevas tecnologías para progresar en un nivel más la calidad de las construcciones.

En la actualidad las nuevas tecnologías están cobrando más importancia en la metodología del diseño sismorresistente, dando mayor importancia a niveles de desempeño superior, donde en la estructura ya no es tan importante la ductilidad de cada elemento, sino que la importancia se centra en la disipación de energía, esto último por medio de la implementación de sistemas de protección sísmica. El estudio de la utilización del comportamiento de sistemas resistente de estructuras con aislamiento sísmico especialmente se ha incrementado de forma increíble por el buen desempeño que presentaron los escasos edificios aislados ante el sismo de Kelly en 1933, por consiguiente, la ingeniería sismorresistente ya empezaba a proyectar en sus diseños la aislación sísmica como la plastificación de los elementos estructurales; pero no siempre fue así porque aunque el concepto de la implantación de sistemas de aislamiento sísmico siempre estado ahí, incluso hace más de 100 años; recién tuvo una gran relevancia recién en los últimos treinta años y siendo aplicado de forma práctica solo en los últimos quince años. Si bien un evento natural es muy impredecible podemos prevenir que este fenómeno natural se convierta en un desastre con la inclusión de estos sistemas de protección sísmica. El objetivo principal de los sistemas de aislación sísmica es mejorar el desempeño de la estructura a diseñar para minimizar la interrupción del uso de instalaciones como también minimizar las deformaciones que puedes hacer daño en los componentes estructurales como no estructurales; siendo de forma general que en un sistema de aislación sísmica necesitamos colocar aisladores sísmicos en la base por lo general por debajo de la columna.

En el instante que debemos tomar una elección de construir un edificio una de las tantas dificultades que se presenta es el grado de seguridad que se desea contagiar a los habitantes del edificio, debido a lo anteriormente comentado, muchos toman

la decisión de utilizar concreto armado como material principal en el aspecto constructivo dejando de lado el acero, a pesar que el acero ante niveles de esfuerzos grandes mantiene su comportamiento lineal. Debido a lo comentado anteriormente el implementar aislamiento sísmico a un edificio que como material estructural tiene al acero puede aumentar el grado de seguridad de los habitantes. En la actualidad las regiones del Perú casi el total de las enormes construcciones en altura son de concreto armado, de hecho, usualmente solo se correlaciona los aisladores sísmicos con edificios de concreto armado olvidándose del uso de estructuras metálicas, que a pesar de sus innumerables beneficios que proporciona este material, se deja en el olvido; incluso hay poca información de las estructuras de acero con aislamiento sísmico. Actualmente sabemos de manera analítica que el diseño de un edificio tradicional se puede cuantificar o mejor dicho nos dan unos criterios ingenieriles con el cual podemos aproximar el riesgo sísmico o las variables de decisión de las infraestructuras, que en su mayoría de casos no se consideran las condiciones locales del sitio, los procesos adecuados de construcción, los procesos aleatorios de los desastres naturales, la sismología, materiales de construcción, el diseño y la mecánica estructural. Provocando que, en un desastre tras un evento sísmico, provoque daños físicos (estructurales, no estructurales, contenido), disponiendo la seguridad de los ocupantes en peligro y poniendo a la estructura en un tiempo de inactividad. Es en este último punto donde se encuentra enfocada esta tesis, en aportar información para futuros proyectos de estructuras metálicas. Tanto en los últimos terremotos en México, Chile, Ecuador; los edificios de acero no presentaron ningún tipo de falla o bien fueron mínimas. Unos de los ejemplos más recordados, es el evento sísmico del mes de setiembre del año 1985 (de magnitud mayor a 8) en México, más de 600 edificaciones se derrumbaron de manera imprevista de manera parcial o total. Entre todas ellas, solo uno estaba estructurado en acero, y el resto estaban basados en sistemas con concreto armado o mampostería.

Este presente estudio abarca desde definir la tipología del edificio comercial-multifamiliar construido con el material estructural acero, realizar el análisis y diseño sismo-resistente, para también utilizar aisladores sísmicos, donde aprovecharemos la flexibilidad de las gomas que nos ayudan a resolver de mejor manera el sismo, estos aisladores de goma vienen teniendo grandes resultados y han derivado en

un aumento en su demanda, por ende también el aumento de su estudio; en el 2017 se crea un estándar del material del aislador sísmico, corrigiendo algunos errores del ASCE 7-16 no solamente para salvaguardar las vidas humanas y evitar el colapso de la estructura, sino también exigiendo un nivel mínimo de plata en la ingeniería basada en resiliencia es decir que los daños en elementos estructurales sean nulos y los elementos no estructurales sean mínimos.

Ante lo expuesto, el problema de investigación queda enmarcado de esta manera, se genera las siguientes formulaciones de problemas: ¿En qué medida mejora el Diseño de estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar utilizando aislación sísmica, Olmos, Lambayeque 2021?, y como problemas específicos tenemos: ¿Como influye el estudio de mecánica de suelos en el diseño de estructura metálica del del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021?, ¿Como influye Modelar y diseñar el edificio escogido según RNE sin aislamiento sísmico del edificio comercial- multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021?, ¿Como influye Modelar y diseñar el edificio escogido con aislamiento sísmico usando ETAPS del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021?.

Este proyecto está justificado desde el punto de vista social porque es necesario la inclusión de nuevas tecnologías para prevenir que los fenómenos naturales se convierta en un desastre con la inclusión de aisladores sísmicos por ello los beneficios son altamente favorables ya que no solo a los niños y jóvenes sino también las personas que están alrededor del edificio; por ende, la importancia de estos como medidas para un buen desempeño sísmico.

Este proyecto está justificado desde el punto de vista del aporte teórico porque, el uso de aislamiento sísmico en sistemas de estructura de acero no se usa mucho en Perú y que nos puede generar beneficios de los mismos, teniendo la importancia de desacoplar la superestructura con la cimentación, para obtener daño nulo en elementos estructurales, y poco daño en elementos no estructurales, por ende poder tomar criterios y decisiones al momento del diseño estructural y sísmico de las edificaciones especialmente en estructuras metálicas.

En el aspecto técnico, para realizar esta investigación, se tendrá en cuenta tanto los estándares de estados unidos como las normas Técnicas peruanas existentes

y conocimientos técnicos profesionales adquiridos en nuestra formación universitaria de la carrera de ingeniería civil, de esta manera poder desarrollar un proyecto que garantice funcionalidad, seguridad y habitabilidad. Pero lo más importante es la futura inclusión de los análisis tiempo historia como la de tecnologías de protección sísmica.

Para orientar la investigación en base a la problemática observada y el problema formulado; se tomó como objetivo general: Diseño de estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar utilizando aislación sísmica, Olmos, Lambayeque 2021. Y como objetivos específicos: Realizar el estudio de mecánica de suelos del edificio comercial-multifamiliar utilizando aislación sísmica, Olmos, Lambayeque 2021; Modelar y diseñar el edificio escogido según el RNE sin aislamiento sísmico del edificio comercial-multifamiliar utilizando aislación sísmica, Olmos, Lambayeque 2021; Modelar y diseñar el edificio escogido con aislamiento sísmico usando el ETAPS del edificio comercial-multifamiliar utilizando aislación sísmica, Olmos, Lambayeque 2021.

Planteándose la siguiente hipótesis principal: Si diseñamos la estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021 utilizando el aislamiento sísmico entonces lograremos una buena respuesta ante un evento sísmico.

## II. MARCO TEÓRICO

La tesis contempla un conjunto de antecedente con temas de estudio y objetivos afines al diseño de estructural con inclusión de aisladores sísmicos, ya que a través de ellos se considera la experiencia acumulada en trabajos anteriores.

Vera, Juan Pilar, Muñoz, Serrano, Páez (2018), en su revista titulada como “Primera implementación de Aislación Sísmica”, tiene como objetivo principal la utilización de sistemas de protección sísmica del edificio que se encuentra a 12 millas de la falla de San Andrés(p.12).Se uso 98 asientos elastoméricos de amortiguamiento elevado, teniendo un periodo vertical de 1 segundo, utilizando como sistema de la superestructura pórticos de acero arriostrado, teniendo una fosa perimétrica con una separación de 45 cm-50 cm. También las escaleras tuvieron sus juntas y para los ascensores se consultó con los fabricantes para utilizar un tipo especial.

Alexander (2016), desarrolla la investigación titulada diseño de un aislador elastoméricos y disipadores en edificios, tiene como objetivo que las gomas sean flexibles, entonces el desplazamiento que genera el evento sísmico pasaría principalmente a actuar en las gomas o en los aisladores sísmicos (pueden ser elastoméricos o pueden ser deslizables) (p.67). Por lo tanto, el edificio con aislamiento en la base puede ser ocupado o recuperado inmediatamente; esto es bueno para edificios críticos y esenciales, ya que en esos tipos de edificios se exigen niveles de desempeño mayores (Cuando estudiamos la ingeniería basada en desempeño, es la mezcla de elementos estructurales como no estructurales, porque no es dable que tengamos un sistema estructural bien diseñado mientras los componentes no estructurales no están bien anclados). Nos menciona que los objetivos de los sistemas de aislación sísmica es minimizar los daños o la interrupción del uso de instalación, pudiendo nosotros fácilmente alcanzar niveles de desempeño superiores y a nivel de riesgo, los componentes estructurales estarán ligados a las derivas, desplazamiento, distorsiones angulares y los elementos no estructurales estarán ligados a la aceleración.

Así mismo se cuenta con los siguientes antecedentes, lo cuales se evidencia todo lo referencia a estos sistemas de protección sísmica.

Gentíos y Lafuente (2016), en su investigación titulada Fiabilidad de estructuras con

aislamiento en la base, donde lo que hace es verificar (esto no se exige en el diseño) de acuerdo a los requerimientos que indica en el ASCE 7-16( por ejemplo cuales son los requerimientos para la distorsión máxima de piso), es decir verificar que si cumplimos al pie de la letra con el código tendríamos que estar obteniendo para edificios convencionales una probabilidad condicional de falla causada por el sismo considerado máximo del 10%; en valores de riesgo es una probabilidad del 1% en 50 años; llegando a la conclusión que no se cumple. En la actualidad la ingeniería sísmica con protección sísmica ya cuenta con un estándar americano de aislamiento sísmico y ellos concluyen que para que lleguen a obtener el criterio de fiabilidad del ASCE 7-16, los edificios con aislamiento en la base deben estar limitados a un 0,3% de la altura de entrepiso (No un 1.5% o un 2%; sino un límite bastante restrictivo); y también se tendrá un límite de aceleración de espectro de piso de 0,3 g para los elementos no estructurales. Además, el estándar sísmico americano también concluye que el valor del factor de modificación de respuesta tiene que ser igual a uno. Entonces todos los edificios que en su momento se han construido cumpliendo solamente el ASCE 7, sin el estándar de aislamiento sísmico, se necesita un trabajo de Retro.

Bozzo (2014), en su investigación titulada como Estudio de criterios para el análisis como el diseño de edificación, tiene como objetivo aclarar si es recomendable aislar estructuras de periodo largos (p.11). Es muy probable que cuando empecemos a buscar un aislador que te brinde esa capacidad de alcanzar periodos mayores a 5 segundos, no lo encontremos y hay que tener cuidado si estaríamos colocando prácticamente por gusto un sistema con aislamiento en la base; eso sería básicamente, en conclusión, es que no vamos a conseguir un aislador que nos brinde realmente el rango esperado.

Saavedra (2005), en su tesis titulada como Análisis de edificios con aisladores sísmicos mediante procedimientos de integración directa, tiene como objetivo modelar el comportamiento bilineal de los aisladores, mediante un ciclo histérico (p.2). Asimismo, entonces el autor concluye que el modelo de historia de respuesta, se pueden llegar a computar el comportamiento inelástico de los elementos link(aisladores) pero no de los elementos estructurales (p.88).

El modelo estructural es eficiente porque entre un análisis modal (FNA) y un análisis

historia de respuesta dinámica no lineal van hacer prácticamente lo mismo, no va haber mucha diferencia, esto entonces sucede cuando empleamos sistemas de aislación sísmica o cualquier sistema de protección sísmica.

Hernán y Alex (2018), en su investigación titulada como Evaluación del diseño sísmico con aisladores de goma, tiene como objetivo alcanzar un nivel de funcionalidad como se denomina “continua” que se busca en edificios críticos (p.2), Asimismo concluyen los autores que, cuando veamos los casos de aisladores lo que se hace es empezar a redimensionar estos sistemas de aislamiento sísmico, incrementando el periodo, mínimo 3 veces al periodo convencional y ese periodo incrementando es debido a la flexibilidad en las gomas; además que los tres primeros modos siempre van estar ligado a los modos aislados; no significa usar gomas muy rígidas ni muy flexibles( dando un amortiguamiento excesivo) porque estaríamos prácticamente simulando un sistema convencionales, además también la importancia de colocar sistemas de sacrificio que van paralelo a los aisladores sísmicos y que nos ayuda para sismos menores o cargas de vientos menores.

La NTP E.050 (2018 pág.25), define que la realización del estudio de mecánica de suelos es una serie de sondeos, estudios de campo, pruebas de laboratorio y trabajos de gabinete, que nos permiten tener conocimiento en la forma que el suelo va a responder ante sollicitaciones estáticas y dinámicas de una estructura. Según Juan Pardo (2018 pág.1), realizar el estudio es de vital importancia para cualquier diseño, sea del más simple al más complejo.

Un movimiento sísmico, en sí es la mezcla de muchas ondas es por eso es lo que se habla en la ingeniería, que cuando se genera un evento sísmico, cuando se supere la fricción entre las placas, cuando se produce una rotura de placas, se generan ondas sísmicas; pero un movimiento del terreno real no tendrá solamente cinco ondas, tendrá infinitos valores que nosotros podemos obtener. Y como ingenieros sísmicos nuestro reto será obtener estas ondas y esta es la base para encontrar nosotros espectros sísmicos.



El diseño estructural es parte del fin de la ingeniería estructural, pero esta fase no es posible realizarse si no se pasa por la fase de análisis estructural. En esta fase se obtiene la capacidad de las secciones, elementos y de la propia estructura para que resista la respuesta obtenida en el análisis estructural. Según Moscoso (2019) el diseño estructural tiene un comportamiento dinámico que se determina por la resistencia y ductilidad de sus elementos, en elementos como vigas y columnas, la formación de rótulas plásticas será como resultado de ciclos de rotación alternantes.

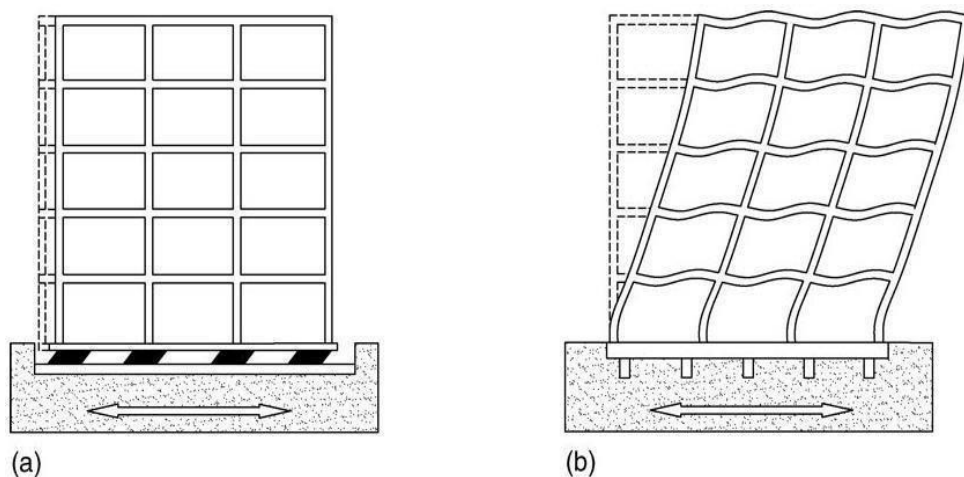
Para la estructuración de una edificación con base aislada no es lo mismo que una base fija, aunque esta situada en una zona de alta sismicidad, como es el caso de Perú, porque la estructuración requiere de ciertos criterios sismo-resistentes para una correcta estructuración, y la importancia de tener una correcta estructuración para no generar grandes momentos que hagan levantar a los aisladores. Lo que nosotros hemos hecho del sistema convencional con base fija, es que hemos incrementado la interface de aislamiento; siendo esta interface de aislamiento; lo que logra es unos modos adicionales; mientras que los periodos estructurales digamos que serían prácticamente los mismos con base fija. Como sabemos anteriormente En esta fase se obtiene la capacidad de las secciones, elementos y de la propia estructura para que resista la respuesta obtenida en el análisis estructural. Vemos están apareciendo entonces nuevos modos aislados porque la interface de aislamiento en la base tiene también propiedades de rigidez lateral propios como relaciones de amortiguamiento.

Lo que queremos es que la superestructura se comporte como un sólido rígido; pero sin buscar la aislación perfecta; en otras palabras, que en todos los niveles tengan un desplazamiento bastante similar; no es que el desplazamiento sea nulo o van hacer iguales; porque no va hacer así ya que siempre va haber una diferencia; pero vamos a buscar que el desplazamiento sea bastante pequeño con respecto a la superestructura.

Los sistemas de protección se pueden dividir entre disipadores sísmicos (amortiguadores, disipadores, arriostres que están restringido al pandeo) y los aisladores sísmicos se dividen en aisladores de goma y péndulo de fricción. Siendo de forma general en un sistema de aislación sísmica, necesitamos colocar

aisladores sísmicos en la base por lo general se coloca un aislador por debajo de cada columna; si tuviéramos un muro podríamos colocar tal vez un aislador en cada extremo o un aislador en la parte central o también si la carga axial que va a soportar nuestro aislador es demasiado grande podríamos colocar un grupo de aisladores. Los aisladores de catalogo nos entrega una serie de características principalmente la rigidez lateral del aislador con la carga sísmica que el aislador tendrá que soportar; mientras los prototipos no nos entregan además de la poca disponibilidad de fábrica. La configuración de una estructura con aisladore sísmicos es diferente a la configuración de una estructura convencional donde el edificio es el que se deforma, el que se desplaza por ende es la propia estructura la que se daña porque está trabajando debido a la ductilidad que tiene cada elemento, pero ante sismo grande y con un desempeño bastante restrictivo ya la configuración de una estructura convencional ya no sería el adecuado porque al dañarse los elementos estructurales gastaríamos tiempo de reparación. Para la configuración de edificios con aisladores sísmicos tenemos que desacoplar la super estructura con la cimentación mediante una interfaz de cimentación.

Como se muestra en la figura 1 donde vemos que el desplazamiento que genera el evento sísmico pasaría principalmente por los aisladores sismamos mientras la superestructura se mantenga casi en su rango elástico.

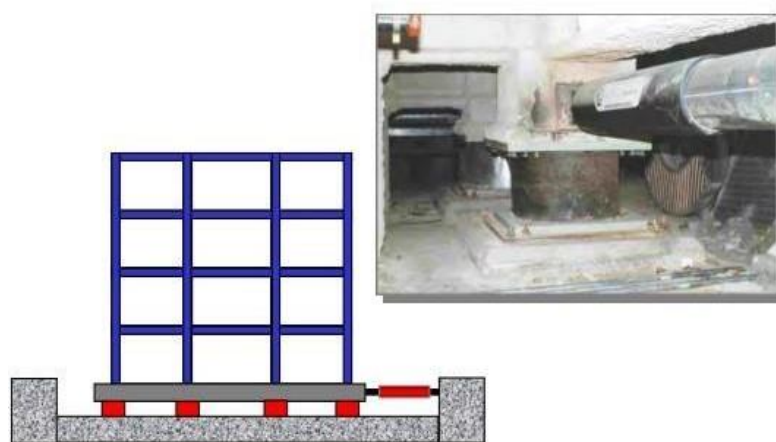


*Ilustración 1:* Diferencia entre un comportamiento esquemático de una estructura aislada con aisladores sísmicos y una estructura tradicional.

Las características de los sistemas de aislación sísmica bien diseñado tienen la flexibilidad para incrementar el periodo de vibración, esto debido a como empezaremos a predimensionar estos sistemas es incrementando el periodo tres veces del convencional y ese periodo incrementado es debido a la flexibilidad en las gomas, también el diseño de sistemas de sacrificio antes pequeñas vibraciones. Lo que podemos hacer nosotros como ingenieros de cálculo; ingenieros de diseño es plantear un diseño; pero que al final tiene que revisarlo el fabricante; el fabricante es quien nos dará la recomendación final.

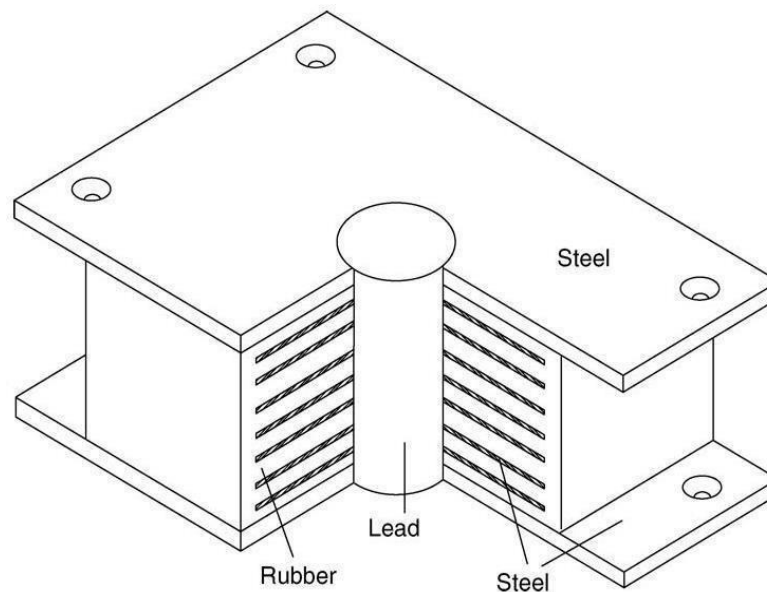
Las demandas sísmicas están reflejadas mediante desplazamientos o deformaciones (la fuerza sísmica es ficticia) del suelo, estaremos controlando solamente a nivel de interface del sistema de aislamiento, en otras palabras, en los asientos de apoyo. Lo que hacemos con un sistema de aislamiento sísmico en la base es amplificar los desplazamientos, para esta amplificación tiene que estar soportada entonces por las gomas; estos aisladores tienen que soportar desplazamientos considerables, esta deformación no tiene que estar limitado de ninguna manera, es la razón que nosotros vamos a colocar una fosa en la cual construiremos nuestro sistema( tiene que hacer una distancia apropiada que soporte los desplazamientos máximos que se dan en los aisladores sísmicos).

En la figura 2 vemos la configuración de una estructura de edificio con asiento de apoyo (sistema de aislamiento en la base) donde lo que se busca es desacoplar el comportamiento de la superestructura de la cimentación



*Ilustración 2:* Sistema de aislamiento de base

Este aislador con núcleo central de plomo usa una goma natural de bajo amortiguamiento, pero el núcleo central de plomo nos está dando la rigidez inicial que ocasiona disipación de energía.



*Ilustración 3: Aisladores de goma con núcleo de plomo*

Como vemos en la figura 3, se muestran las partes del aislador de goma con núcleo de plomo:

- Capas de goma: Nos proporciona flexibilidad lateral
- Placas de acero que están encauchadas en la goma: Nos proporciona rigidez vertical para soportar el peso del edificio y las cargas sísmicas que estarán generando deformaciones laterales del aislamiento.
- Tapón de plomo: Nos proporciona la fuente de disipación de energía.

El efecto que tiene la aislación sísmica es el incremento de desplazamiento tiene que estar controlado por este mismo; es decir no se va a dar en la super estructura sino lo debemos controlar en la base (en las gomas).

Como vemos en la figura 3 se tiene agujero para tener un buen anclaje, a la parte superior y a la parte inferior; entonces estos sistemas si van a tener una fuerza de recentrado, una vez que sucede un evento sísmico la goma de los aisladores elastoméricos hace que debido a las deformaciones internas tenga esa fuerza que

permite al sistema que vuelva a su posición inicial. Según el catálogo de Bridgestone se han hecho ensayos en los que han llegado a alcanzar entre un 400-500% de deformación de corte, eso no significa que nosotros vamos a diseñar para tener deformaciones de corte tan elevadas, sino que nosotros como diseñadores vamos a darnos estos límites porque no le vamos encontrar en ningún código.

Por lo general en la parte interior podemos nosotros colocar aisladores deslizables o aisladores que no tengan núcleo central de plomo, incluso hay aisladores como del catálogo BRIGESTONES que son deslizables de goma; deslizables de acero; hay una variedad de componentes que nosotros podemos usar. Por eso es necesario revisar los catálogos de los fabricantes; en todos los países ya tenemos quien los venden; pero la mayoría tiene falencias al no cumplir el estándar americano; por eso siempre buscar marcas reconocidas y no empresas de china porque tendremos problemas posteriormente. Y de preferencia nosotros vamos a colocar aisladores elastoméricos con núcleo central de plomo en el perímetro; no nos dice la norma o los estándares de estados unidos; no se nos indica si es lo correcto o no; pero se recomienda eso porque soporta más la rigidez en las esquinas.

Entonces una opción para tener buen desempeño, es utilizar sistemas de protección sísmica; como el que estamos viendo el caso de aislación sísmica; donde la mayor deformación se da en los asientos de goma; y toda la superestructura queda prácticamente sin daño; pueden incursionar en el rango plástico, pero de una forma más restrictiva; no tan considerable como el caso del edificio convencional; donde su factor de modificación de respuesta es grande.

### III. METODOLOGÍA

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

Este proyecto de investigación es de tipo aplicada, porque toda la investigación se enfoca al estudio de las posibilidades precisas de trasladar a la práctica las teorías generales, y dedican sus esfuerzos a solucionar las necesidades que se hacen los hombres y la sociedad (Rosangela, 2015, p. 11).

Por lo tanto, el presente estudio de esta tesis es de tipo aplicada, porque la teoría de este estudio nos sirve de mucho para fundamentar esta investigación y para implementar a problemas específicos tales como mejorar la respuesta sísmica en una edificación con material de acero con aislamiento sísmico y también analizar los resultados al cambiar el uso de la edificación.

Por consiguiente, esta investigación es cuantitativo porque ya tiene una secuencia de pasos que no se pueden evitar en la realización de la investigación y además es probatorio porque los resultados que se obtengan mostrarán si las hipótesis planteadas son las correctas (Lucas y Clara, 2015, p.18).

#### **Diseño de investigación:**Diseño:

La presente investigación tuvo un diseño no experimental, debido que en esta investigación se aprecian los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos, por esta razón utilizaremos la siguiente representación (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 151).

#### **Nivel:**

El nivel de la investigación fue descriptivo, porque la investigación describió el proceso de trabajo con las variables de estudio y la metodología empleada para tal diseño. Así lo manifiesta Hernández, Fernández y Baptista (2014) que “el estudio describe propiedades o características más resaltantes del objeto o fenómeno en que se encuentran las variables de estudio al ser analizadas” (p. 92).

## **Tipo**

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

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

Variable independiente: Utilización de los aisladores sísmicos  
Variable dependiente:  
Edificio comercial-multifamiliar

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

#### **3.3.1. Población:**

Amable (2015), caracteriza a la población como el total de que se desea estudiar, analizar, entender o caracterizar en un proyecto. Para esta investigación se está considerando como universo a los edificios del distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque

#### **3.3.2. Muestra:**

Si bien sabemos que la muestra por convivencia es la representación de una cantidad pequeña de un conjunto total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos para someterla a estudio, análisis o experimentación. Según Ramírez (2019), indica que es el conjunto de elementos o individuos que fueran seleccionados de la población para ser estudiados. Para el desarrollo de este proyecto se va a considerar como muestra por convivencia a la edificación comercial-multifamiliar, distrito de Olmos debido a que será nuestra población estudiada para esta investigación.

#### **3.3.3. Muestreo:**

Se utilizó para la obtención de la muestra un muestreo de tipo no probabilístico por juicio o intencional, a través de planos estructurales, documentos de la norma peruana, memoria descriptiva de los diferentes proyectos en la zona de Olmos y mediante un análisis de observación.

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

La ingeniería sísmica aun así tengamos los métodos más avanzados hasta los más simples, todos se resuelven en sistemas de un grado de libertad concluyendo el desarrollo de esta investigación la importancia del análisis documental como el campo de la observación.

El análisis documental también se le puede conocer como normas prescriptivas, teniendo estándares de cargas mínimas como estándares para el diseño del material, que es lo mínimo que debemos cumplir por ende podemos considerar mayores cargas (estaríamos cumpliendo lo mínimo) y podríamos considerar también otros estándares (un tanto más avanzado) como la ingeniería basada en desempeño.

El análisis de documentos es bastante sencillo porque hay que diferenciar de lo prescriptivo de los requerimientos que nos indica los códigos (Vlacev y McDonald, 2019, p. 148). Es así que, el análisis documental fue muy fundamental para la interpretación del estudio de mecánica de suelos puesto que cada ensayo de laboratorio siguió estrictamente las indicaciones, procedimientos y estándares impuestos en el RNE y las normas ASTM. Además, la aplicación de estos análisis de documentos también es de vital importancia para las cargas mínimas como para el diseño del material.

Por otra parte, la observación se basa de manera en bases científicas, pero sin dejar como principales componentes la curiosidad como el interés sin dejar el rango del método científico (Arturo; 2018, p.34). En este punto de investigación la técnica de observación, forma parte de la presente investigación, fue empleada principalmente en la determinación del tipo de intervención a realizar y la realización de los estudios de ingeniería.

Para esta investigación se utilizarán las siguientes técnicas e instrumentos: La observación y el análisis de documentos, las que están planteadas en la tabla 1.



Tabla 1: Instrumentos de recolección de datos

INDICADORES		TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Realizar el estudio de mecánica de suelos	Análisis granulométrico	Observación y Análisis de documentos	-Formato de ensayos de laboratorio -NTP.339.127
	Límites (LI, LP)		-NTP.339.127
	% de humedad		-NTP.339.127
	Peso Volumétrico		-NTP.339.139
	Corte Directo		-ASTM D-3080
	Contenido de sales		-NTP.339.152
Diseño Estructural	elementos estructurales	Análisis de documentos	-Diseño sismorresistente (NTP E.0.30) -Cargas mínimas (NTP E.0.20) -Estructuras Metálicas (NTP E.0.90) -Suelos y Cimentaciones (NTP E.0.50)
	elementos no estructurales		
	fundaciones		
Modelamiento	Análisis por la fuerza lateral	Análisis de documentos	-ASCE 7(Ingeniería prescriptiva) -ASCE 41(Ingeniería basado en desempeño) -Estándar Americano
	Análisis historia de respuesta lineal		
	Análisis historia de respuesta no lineal		

### 3.5. Método de análisis de datos

Los ensayos de laboratorio estarán validados por un experto en mecánica de suelos, y los procedimientos están alineamientos a la norma técnica peruana y el reglamento nacional de edificaciones E.0.80. La confiabilidad está validada por estándares internacionales como normas nacionales.

## **3.6. Procedimientos**

### **3.6.1. Revisión Literaria**

Hemos revisado una serie de literaturas tanto nacionales como internacionales.

### **3.6.2. Trabajo de campo**

Los trabajos de campo realizados, previa consulta y alineadas a los parámetros normativos.

En la realización de este proyecto se busca cumplir con todos los objetivos planteados, respetando sus dimensiones trazadas en el cuadro de Operacionalización de variables. Para elaborar los estudios de mecánica de suelos, es importante hacer el reconocimiento del terreno para luego extraer la muestra, que servirá para realizar los diferentes ensayos. En la realización de este proyecto se busca cumplir con todos los objetivos planteados, respetando sus dimensiones trazadas en el cuadro de Operacionalización de variables. Para elaborar los estudios de mecánica de suelos, es importante hacer el reconocimiento del terreno para luego extraer la muestra, que servirá para realizar los diferentes ensayos.

Para realizar el análisis granulométrico es necesario conocer el procedimiento a realizar, el mismo se realiza haciendo uso de una muestra seca. Para hacer este análisis se utiliza tamices que son acoplados en orden descendente de malla N ° 200 hasta la malla N ° 4, también se coloca al final un fondo, luego se procede a tamizar el material colocando en los agitadores mecánicos durante unos 5 minutos, en caso de no contar estos se hace el procedimiento manualmente durante 10 minutos, una vez ya depositó el material en sus respectivas opciones. Se procede a pesar el material retenido en cada uno de los tamices.

Como una medida simple de la uniformidad del suelo, Allen Hazen propuso el Coeficiente de Uniformidad (Cu). D60 Tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo, sea igual o menor. El siguiente paso, es calcular el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura.

Tabla 2: Análisis Granulométrico

#MALL	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA (gr)	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4	4.75	a	a/T%	a/T%	(100- a/T) %
10	2.00	b	b/T%	(a + b) /T%	100%-(a + b) /T%
20	0.84	c	c/T%	(a + b+ c) /T%	100%-(a +b +c) /T%
40	0.420	d	d/T%	(a + b+ c +d) /T%	100%-(a +b +c +d) /T%
60	0.250	e	e/T%	(a + b +...+ e) /T%	100%-(a +b +...+e) /T%
80	0.177	f	f/T%	(a + b +...+ f) /T%	100%-(a +b +...+f) /T%
100	0.149	g	g/T%	(a + b +...+ g) /T%	100%-(a +b +...+g) /T%
200	0.074	h	h/T%	(a + b +...+ h) /T%	100%-(a +b +...+h) /T%
Base		i	i/T%	100%	
TOTAL		T	100%		

Interpretación de datos:

- Si  $C_u \geq 4$ ;  $1 \leq C_c \leq 3$ : La muestra está bien graduada
- Si  $C_u \geq 6$ ;  $1 \leq C_c \leq 3$ : La muestra es una Arena bien graduada

Una vez obtenido ya los cálculos se procede a graficar la curva granulométrica, teniendo en cuenta la columna de abertura y la columna de % que pasa.

Siguiendo con los ensayos, tenemos los límites de líquido y plástico, para realizarlos se tendrá en cuenta el siguiente procedimiento.

### **3.1.1. Trabajo de gabinete**

La propuesta arquitectónica de la estructura metálica, se tomó en cuenta las bases de las distintas normas técnicas de construcción de nuestro país, que establecen las metas cuantificables de arquitectura en función a la tipología del terreno.

El análisis es un modelo continuo o real que puede sincretizarse formando un modelo matemático simple. Esta desratización se hará formando nudos, elementos, barras, fuerzas, etc. Luego en un proceso de ensamblaje se vuelve a reconstruir la estructura con la contribución de cada elemento. La resolución de ecuaciones lineales simultáneas en los nudos nos dará el comportamiento del modelo. Para un análisis sísmico estático o dinámico es requisito conocer previamente la rigidez lateral que aportarán estos elementos; hay muchos métodos como el de Muto, Voladizo, Osawa, que nos permiten evaluar la rigidez de una estructura ante cargas laterales. Sin embargo, estos métodos difieren en resultados si se le compara con métodos de rigidez o elementos finitos, siendo su aplicación sólo cuando se usa un cálculo manual, debido a su facilidad de aplicación. En este proyecto al tener que comprobar los resultados obtenidos con programas de cómputo por elementos finitos, se optará por usar métodos matriciales para la resolución de las cargas de sismo. Nos servirá de ayuda hojas de cálculo que nos permita el ensamblaje de las matrices, las condensaciones estáticas y dinámicas, la diagonalización de las matrices para calcular los valores y vectores propios. Para realizar el diseño estructural, se tendrá en cuenta las diferentes normas técnicas peruanas vigentes:

- Diseño sismorresistente (NTP E.0.30) y Cargas mínimas (NTP E.0.20)
- Concreto Armado (NTP E.0.60)
- Estructuras Metálicas (NTP E.0.90)
- Suelos y Cimentaciones (NTP E.0.50)
- Aislamiento Sísmico” y la incorpora al Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones (NTP E.031)

Pero también se tendrá en cuenta las normas internacionales como el ACI 318, ASCE 7, AISC 360, AISC 358. Importante tener en cuenta el estándar del aislamiento sísmico; porque ellos han realizado correcciones al ASCE 7-16; donde están limitados a un 0,3% de la altura de entrepiso (No un 1.5% o un 2%; sino un límite bastante restrictivo); y también se tendrá un límite de aceleración de espectro de piso de 0,3 g para los elementos no estructurales

### **3.1. Método de análisis de datos.**

para desarrollar este proyecto se utilizará el método analítico, debido a que se va a realizar el análisis, diseño, programación y cálculo del proyecto, desarrollando las dimensiones que tenemos planteadas, las cuales se procesan en diversos programas especializados como:

Microsoft Excel AutoCAD, Etabs, Safe, SAP 2000. Los resultados obtenidos nos servirán para analizar la información y los datos disponibles que nos permiten la materialización futura del proyecto.

### **3.2. Aspectos éticos:**

Con la finalidad de representar dignamente la escuela profesional de ingeniería civil, estoy comprometido a realizar un proyecto que cumpla con las normativas vigentes, también asegurando que toda la información que se requiere para desarrollar esta investigación sea legítima y confiables.

## **IV. RESULTADOS**

Análisis E En todo el camino de cumplir con nuestro objetivo general de esta investigación, el cual fue “Aplicar la aislación sísmica en el diseño de una estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar, Olmos, Lambayeque 2021”, se desarrolló como objetivos específicos: Realizar el estudio de mecánica de suelos, Identificar y utilizar las variables de diseño sismo-resistente según el RNE ,Modelar el edificio escogido para el análisis con y sin aislamiento basal en el programa computacional de cálculo estructural Etabs en el diseño de una estructura metálica del del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021. Este desarrollo produjo una serie de resultados que permitieron contrarrestar la hipótesis la hipótesis de que “Si aplicamos el aislamiento sísmico entonces lograremos una mejora en el diseño estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021”. Los resultados obtenidos en esta investigación se muestran a continuación, de acuerdo al orden que se propuso los objetivos.

En caso de nuestro primer objetivo específico “Realizar el estudio de mecánica de suelos en el diseño estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021”. Los resultados obtenidos de las observaciones de campo, así como de los ensayos de laboratorio efectuados en los suelos analizados serán presentados en el anexo respectivo, que corresponden a los certificados de los resultados de laboratorio emitido por laboratorios de nuestro medio.

En la tabla 2, se presentarán los resultados de los ensayos de laboratorio

### **4.1. Resumen de Ensayos de laboratorios**

#### **4.1.1.1. Resumen de Ensayos de laboratorios**

Los resultados obtenidos de las observaciones de campo, así como de los ensayos de laboratorio efectuados en los suelos analizados serán presentados en el anexo respectivo, que corresponden a los certificados de los resultados de laboratorio emitido por laboratorios de nuestro medio. En la tabla 3, se presentarán los resultados de los ensayos de laboratorio.

Tabla 3: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos

N° Muestras	CALICATA	MUESTRA	PROF. (M)	SUCS	HUMEDAD (%)	LIMITES DE CONSISTENCIA (%)			GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
						L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)			
1	C - 01	M-01	0.10 m – 0.90 m	SM	6.88	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	75.00	25.00
2	C - 01	M-02	0.90 m – 1.50 m	SM	7.18	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	85.50	14.50
3	C - 01	M-03	1.50 m - 2.80m	SM	20.92	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	70.20	29.80
4	C - 02	M-01	0.10 m – 1.00 m	SM	7.01	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	56.20	43.80
5	C - 02	M-02	1.00 m - 1.90 m	SM	5.98	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	65.30	34.70
6	C - 02	M-03	1.90 m – 2.90 m	SM	21.60	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	51.50	48.50
7	C - 03	M-01	0.10m – 1.00 m	SM	6.33	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	59.40	40.60
8	C - 03	M-02	1.00 m – 1.90 m	SM	6.03	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	69.50	30.50
9	C - 03	M-03	1.90 m – 3.00 m	SM	20.88	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	61.80	38.20
10	C - 04	M-01	0.10 m - 0.90 m	SM	6.23	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	60.50	39.50
11	C - 04	M-02	0.90 m - 1.80 m	SM	6.38	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	65.20	34.90
12	C - 04	M-03	1.80 m - 2.80 m	SM	21.00	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	68.40	31.60
13	C - 05	M-01	0.10 m - 0.90 m	SM	6.26	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	61.50	38.50
14	C - 05	M-02	0.90 m - 1.90 m	SM	6.75	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	82.30	17.70
15	C - 05	M-03	1.90 m – 3.00 m	SM	21.22	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	56.80	43.20

**Interpretación:**

Tal como se muestra en la tabla 3, se analizó un total de 15 muestras, correspondiente a 5 calicata, de profundidad de 3.00 m. La clasificación de suelo predominante registrada fue de SM, es decir Arena limosa.

#### 4.1.1.1. Análisis de los ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio realizados han sido analizados y evaluados detectándose la presencia de suelos Tipo predominantes de acuerdo a las siguientes características:

Tabla 4: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-01, M- 01), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 01</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-01 / M-01)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	0.30	75.00
% Arena	S.M %	40.90	
	S.C %	33.80	
% Arcilla y Limo		25.00	25.00
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			6.88

Tabla 5: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-01, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 01</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-01 / M-02)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	9.90	85.50
% Arena	S.M %	57.40	
	S.C %	18.20	
% Arcilla y Limo		14.50	14.50
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			7.18



Tabla 6: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-01, M-03), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 01</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-01 / M-03)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	0.30	70.20
% Arena	S.M %	10.20	
	S.C %	59.70	
% Arcilla y Limo		29.80	29.80
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			20.92

Tabla 7: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-02, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 02</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-02 / M-01)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	14.10	56.20
% Arena	S.M %	23.90	
	S.C %	18.20	
% Arcilla y Limo		43.80	43.80
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			7.01

Tabla 8: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-02, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 02</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-02 / M-02)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	3.30	65.30
% Arena	S.M %	17.80	
	S.C %	44.20	
% Arcilla y Limo		34.70	34.70
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			5.98

Tabla 9: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-02, M-03), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 02</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-02 / M-03)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	12.90	51.50
% Arena	S.M %	21.90	
	S.C %	16.70	
% Arcilla y Limo		48.50	48.50
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			21.60

Tabla 10: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-03, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 03</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-03 / M-01)</b>			
<b><i>Distribución granulométrica</i></b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	14.90	59.40
% Arena	S.M %	25.20	
	S.C %	19.30	
% Arcilla y Limo		40.60	40.60
<b>Total</b>			100.00
<b><i>Contenido de Humedad</i></b>			6.33

Tabla 11: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-03, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 03</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-03 / M-02)</b>			
<b><i>Distribución granulométrica</i></b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	3.60	69.50
% Arena	S.M %	19.50	
	S.C %	46.40	
% Arcilla y Limo		30.50	30.50
<b>Total</b>			100.00
<b><i>Contenido de Humedad</i></b>			6.03

Tabla 12: Edificio comercial-multifamiliar resumen de ensayos (C-03, M- 03), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 03</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-03 / M-03)</b>			
<b><i>Distribución granulométrica</i></b>			
<i>% Grava</i>	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	3.20	61.80
<i>% Arena</i>	S.M %	17.30	
	S.C %	41.30	
<i>% Arcilla y Limo</i>		38.20	38.20
<b>Total</b>			100.00
<b><i>Contenido de Humedad</i></b>			20.88

Tabla 13: Edificio comercial-multifamiliar resumen de ensayos (C-04, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 04</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-04 / M-01)</b>			
<b><i>Distribución granulométrica</i></b>			
<i>% Grava</i>	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	15.20	60.50
<i>% Arena</i>	S.M %	25.70	
	S.C %	19.60	
<i>% Arcilla y Limo</i>		39.50	39.50
<b>Total</b>			100.00
<b><i>Contenido de Humedad</i></b>			6.23

Tabla 14: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-04, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 04</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-04 / M-02)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	0.20	65.10
% Arena	S.M %	9.40	
	S.C %	55.50	
% Arcilla y Limo		34.90	34.90
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			6.38

Tabla 15: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-05, M-01), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 05</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-05 / M-01)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	15.50	61.50
% Arena	S.M %	26.10	
	S.C %	19.90	
% Arcilla y Limo		38.50	38.50
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			6.26

Tabla 16: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos (C-05, M-02), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 05</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-05 / M-02)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	9.60	82.30
% Arena	S.M %	55.20	
	S.C %	17.50	
% Arcilla y Limo		17.70	17.70
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			6.75

Tabla 17: Edificio comercial-multifamiliar resumen de ensayos (C-05, M-03), según resultados de laboratorio, año 2021.

<b>CALICATA C - 05</b>			
<b>ARENA LIMOSA</b>			
<b>SM (C-05 / M-03)</b>			
<b>Distribución granulométrica</b>			
% Grava	G.M. %	0.00	0.00
	G.C %	0.00	
	A.G %	3.00	56.80
% Arena	S.M %	15.90	
	S.C %	37.90	
% Arcilla y Limo		43.20	43.20
<b>Total</b>			100.00
<b>Contenido de Humedad</b>			21.22

#### 4.1.1.1. Características mecánicas de los tipos de suelos con fines de cimentación

Tabla 18: Resumen de ensayo corte directo (ASTM D 3080), según resultado de laboratorio, año 2021.

CALICATA/ MUESTRA	TIPO DE OBRA	SUCS	GRAVA	ARENA	$\gamma_t$ (gr/cc)	Df (m)	$\phi$ (°)	C (kg/cm <sup>2</sup> )
C-1/M-2	Edificio	SM	0.00	85.50	1.66	1.50	28.12	0.02
Prof. 0.90 - 1.80	Edificio comercial-multifamiliar							
MUESTRA								
ALTERADA								
REMODELADA								

Tabla 19: Edificio comercial-multifamiliar, resumen de ensayos, según resultados de laboratorio, 2021

N° Muestras	CALICATA	MUESTRA	PROF. (M)	SUCS	POTENCIAL DE EXPANSIÓN
1	C - 01	M-01	0.10 m - 0.90 m	SM	Bajo
2	C - 01	M-02	0.90 m - 1.50 m	SM	Bajo
3	C - 01	M-03	1.50 m - 2.80m	SM	Bajo
4	C - 02	M-01	0.10 m - 1.00 m	SM	Bajo
5	C - 02	M-02	1.00 m - 1.90 m	SM	Bajo
6	C - 02	M-03	1.90 m - 2.90 m	SM	Bajo
7	C - 03	M-01	0.10m - 1.00 m	SM	Bajo
8	C - 03	M-02	1.00 m - 1.90 m	SM	Bajo
9	C - 03	M-03	1.90 m - 3.00 m	SM	Bajo
10	C - 04	M-01	0.10 m - 0.90 m	SM	Bajo
11	C - 04	M-02	0.90 m - 1.80 m	SM	Bajo
12	C - 04	M-03	1.80 m - 2.80 m	SM	Medio
13	C - 05	M-01	0.10 m - 0.90 m	SM	Bajo
14	C - 05	M-02	0.90 m - 1.90 m	SM	Bajo
15	C - 05	M-03	1.90 m - 3.00 m	SM	Bajo

**Interpretación:**

Tal como se muestra en la tabla 19, se determinó que tiene un potencial de expansión que predomina BAJO, lo que hace concordancia con los índices de plasticidad menores que 16 y suelos considerados poco expansible.

Tabla 20: Condición de cimentación para el proyecto.

CONDICIÓN DE CIMENTACIÓN	
Capacidad portante de diseño	1.02 Kg/cm <sup>2</sup>
Coeficiente de balasto	2.23 Kg/cm <sup>3</sup> .
Profundidad de cimentación	1.50 m
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	999.358 p.p.m
Cloruros (CL)	309.090 p.p.m
Sales Solubles Totales	8000 p.p.m
Factor de Zona	0.45(Zona 4)
Factor de Suelo	1.05
Factor de uso	1.00
Facto de amplificación sísmica	2.5 (T<TP)
Cemento a Utilizar	Cemento Portland Tipo MS para fines de Cimentación y Tipo I para las Estructuras.

**Interpretación:**

Tal como se muestra en la tabla 20, se puede observar que tiene un coeficiente de balasto de 2.23 kg/cm<sup>3</sup> como también los factores para el diseño.



## 4.2. Modelar y diseñar el edificio escogido según el RNE sin aislamiento sísmico

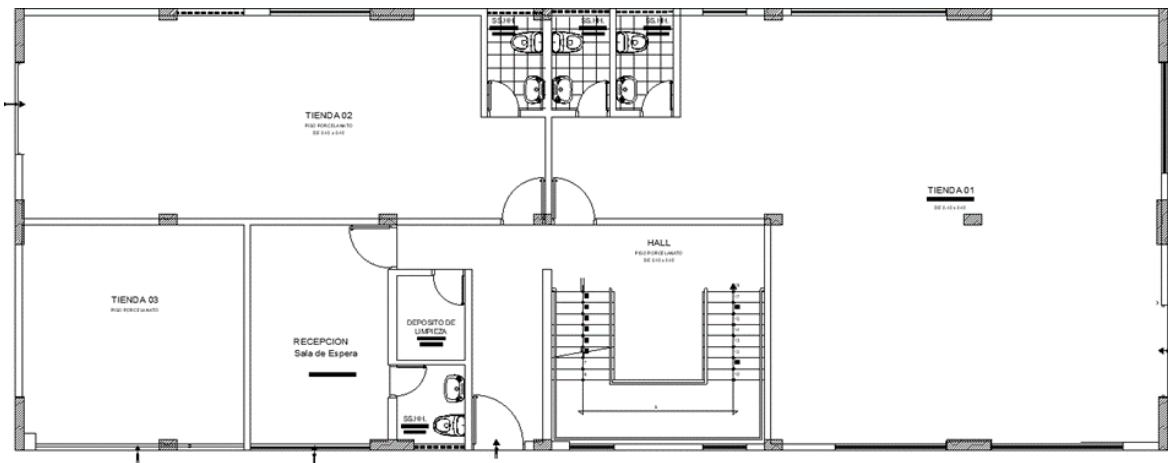


Ilustración 4: Planta de arquitectura del primer piso

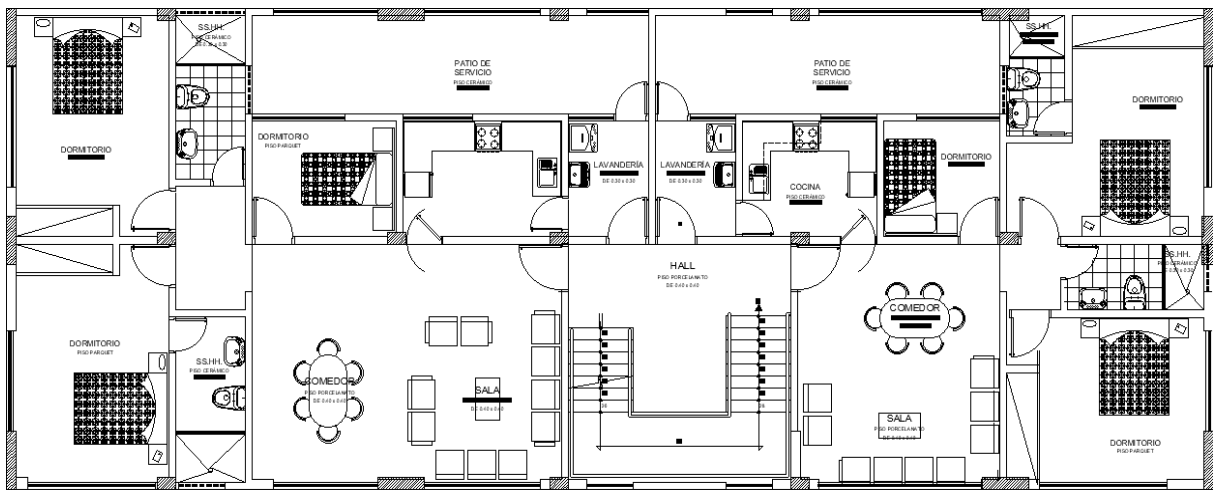
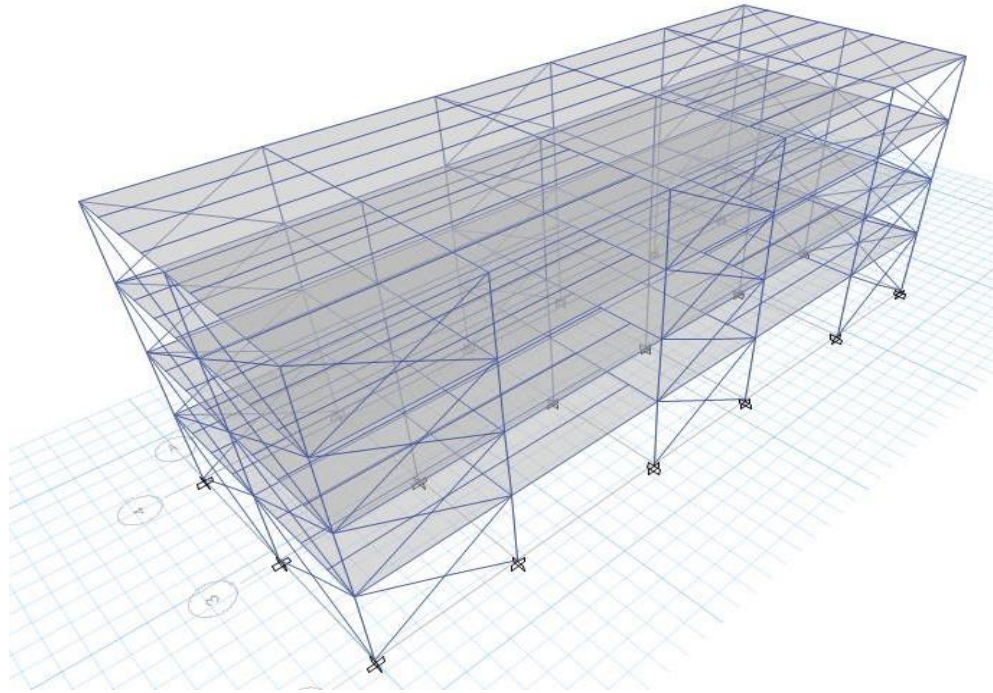


Ilustración 5: Planta de arquitectura del segundo y tercer nivel

### Interpretación:

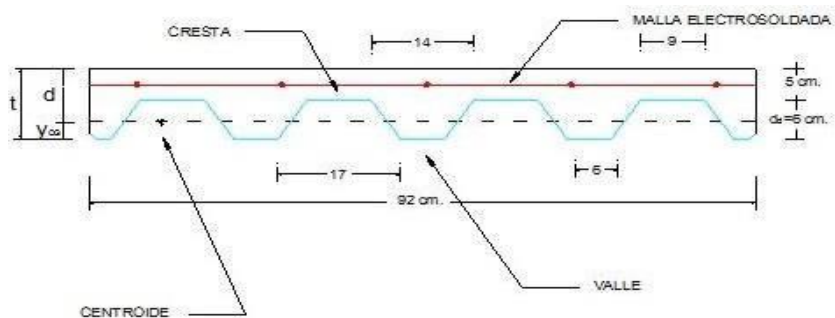
Esta planta cuenta está destinado a comercio. Mientras que en las demás plantas está destinado a departamentos tipo flat con un área de aproximadamente 270 m<sup>2</sup>.



*Ilustración 4:* Planta de arquitectura del segundo y tercer nivel

**Interpretación:**

Según la figura 6, el edificio cuenta con un sistema estructural de pórticos de acero concéntricamente arriostrados en ambas direcciones. La ubicación de las vigas y columnas se realizó en conjunto con las especialidades de arquitectura e ingeniería civil para cumplir con los requerimientos arquitectónicos y diseño sismo-resistente. El proyecto cuenta, además, con losas colaborantes de la empresa Steel Deck. La losa empleada es un acero deck tipo AD-600 grado 22.



*Ilustración 5:*Detalle de la losa colaborante a emplear en este proyecto.

### Interpretación:

Según la figura 7, se muestra una losa colaborante se tiene luces de 5 y 6 metros. Debido a que en estos paños habrá correas espaciadas cada 1.25 metros, entonces la luz de la losa colaborante será de 1.25 metros. Se empezará con un previo diseño con una losa colaborante AD-600 grado 22 con un espesor de 12 cm.

Para el Predimensionamiento de vigas se utilizará vigas de W16x40 y viguetas de W16x26. Para el Predimensionamiento de columnas de columnas se tomó distintas recomendaciones de varios autores. A partir de este análisis se consideró una columnade W18x60.

Tabla 21: Datos de la losa colaborante

Tipo	AD-600	Es(kg/cm <sup>2</sup> )	2000000
Gage	Nº22	t(cm)	12
Ancho(cm)	90	Vcon(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,085
Espesor(cm)	0,0749	f'c(kg/cm <sup>2</sup> )	210
Itsd(cm)	117,71	fy(kg/cm <sup>2</sup> )	3025
Assd(cm <sup>2</sup> )	8,82	yc(kg/m <sup>3</sup> )	2400
Isd(cm <sup>4</sup> /m)	59,04	Ec(kg/cm <sup>2</sup> )	217370,651
Ssup(cm <sup>3</sup> /m)	22,73	β1	0,85
Sinf(cm <sup>3</sup> /m)	17,36	Wconsd(kg/m)	183,6
Wssd(kg/m)	9,12	φc	0,9

Tabla 22: Deflexión de la losa colaborante actuando como encofrado

Lsd(cm)	125
δadmisible(cm)	0,694
δacalc(cm)	0,004
¿Cumple?	Si

Tabla 23: Esfuerzos de tracción por flexión en el sistema no compuesto

Msd+(kg-m)	116,85
Msd-(kg-m)	122,93
f+(kg/cm <sup>2</sup> /m)	673,1
f-(kg/cm <sup>2</sup> /m)	540,83
0.60 fy	1815
¿Cumple?	Si

Tabla 24: Cálculo de esfuerzos admisible en el sistema compuesto

ycg(cm)	3,2238
d(cm)	8,7762
tc(cm)	6
n	9,2
$\rho$	0,01116656

Tabla 25: Cálculo de esfuerzos admisible en el sistema compuesto

Ycc1(cm)	3,18
Ycs(cm)	5,5962
Ic(cm <sup>4</sup> )	4049,114
Wr(cm)	9,46
Cs(cm)	22,93
hr(cm)	6
Ycc2(cm)	5,14
Ycs(cm)	3,6362
Iu(cm <sup>4</sup> )	9696,749
Wr(cm)	9,46
Cs(cm)	22,93
hr(cm)	6
Ycc2(cm)	5,14
Ycs(cm)	3,6362
Iu(cm <sup>4</sup> )	9696,749

Tabla 26: Condición de momento ultimo de resistencia a flexión

$\rho_b$	0,02279715
a(cm)	1,66
$\phi$	0,9
$\phi M_n$ (ton-m)	1,91

Tabla 27: Diseño por corte

$\phi$	0,85
$A_c$ (cm <sup>2</sup> )	542,67
$\phi V_c$	3,54

Tabla 28: Esfuerzo admisible a compresión del concreto

$M_{dsd}$ (kg-m)	96,05
$M_{lsd}$ (kg-m)	26,89
$S_{cc}$ (cm <sup>3</sup> )	1652,15

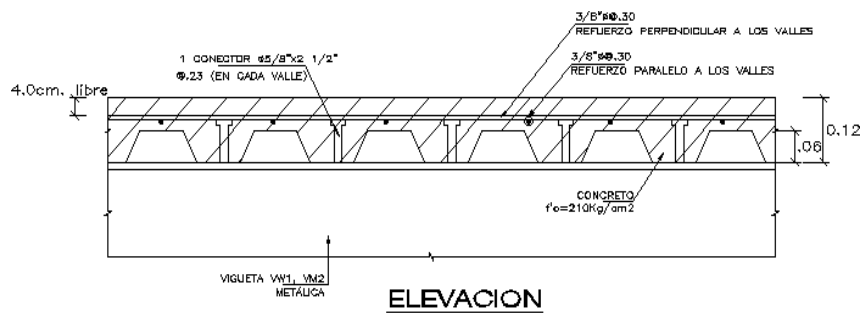
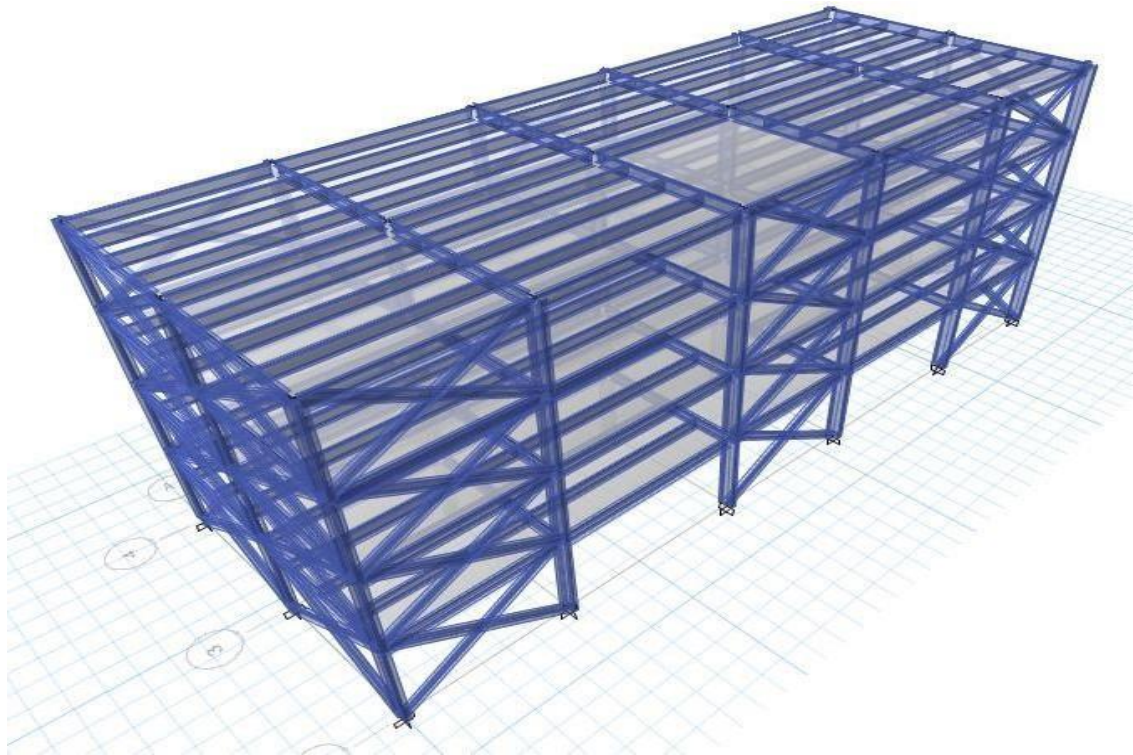


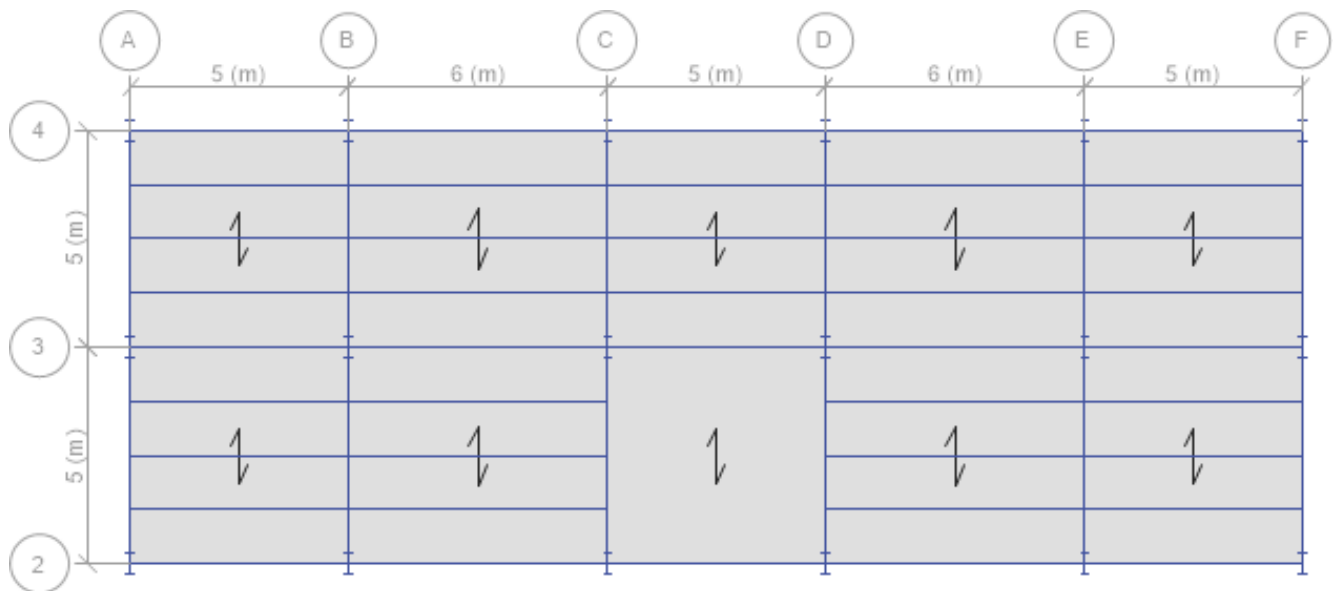
Ilustración 6: Diseño de losa Colaborante

### Análisis tridimensional del edificio

En la Figura 7 se muestra el modelo tridimensional y en la Figura 13 se muestra el modelo en planta del piso típico.



*Ilustración 7: Modelo tridimensional del edificio*



*Ilustración 8: Planta de piso típica*

Tabla 29: Rigidez lateral de edificio y verificación de piso blando.

	DIRECCION X			DIRECCION Y		
	K(Tn/m)	Primera condición	Segunda condición	K(Tn/m)	Primera condición	Segunda condición
Story04	43882,64	-	-	53566,03	-	-
Story03	73254,41	1,67	-	79450,64	1,48	-
Story02	98120,53	1,34	-	97109,26	1,22	-
Story01	125126,99	1,28	1,74	109370,82	1,13	1,43

### Interpretación

En la Tabla 29 se muestra la relación entre rigidez entre el piso inferior con el superior superiores, según sea el caso. Como se muestra en la tabla todos los valores presentan una relación mayor a 1, por lo que no se presenta irregularidad.

### Irregularidad de masa

Existe irregularidad de masa cuando el peso de un piso determinado es mayor que 1.5 veces el peso del piso adyacente. Este criterio no se aplica ni en azoteas ni ensótanos.

Tabla 30 : Peso de entrepisos y análisis de irregularidad en masa

Nivel	Mass X	Mass Y	Peso X	Peso Y	Relación entre pesos X	Relación entre pesos Y
	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf-s <sup>2</sup> /m	tonf	tonf		
Story04	14,0947	14,0947	138,27	138,27	0,00	0,00
Story03	17,22966	17,22966	169,02	169,02	1,22	1,22
Story02	17,22966	17,22966	169,02	169,02	1,00	1,00
Story01	17,31276	17,31276	169,84	169,84	1,00	1,00

## Interpretación

En la Tabla 30, se observa que la relación entre pesos es menor a 1.5, por lo que no se presenta irregularidad en masa.

Tabla 31: Irregularidad Torsional

	DIRECCIÓN X			DIRECCIÓN Y		
	Deriva	Primera condición(ratio)	Segunda condición(ratio)	Deriva	Primera condición(ratio)	Segunda condición(ratio)
Story04	0,001457	1	0,20814286	0,00112	1	0,16
Story03	0,001679	1	0,23985714	0,001538	1	0,21971429
Story02	0,001649	1	0,23557143	0,001756	1	0,25085714
Story01	0,001255	1,007	0,17928571	0,001528	1,034	0,21828571

## Interpretación

En la Tabla 31, se observa que no presenta irregularidad torsional.

## Análisis Dinámico del Edificio

Tabla 32: Porcentaje de masa participativa MODAL

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Modal	1	0,233	0,8212	0	0	0,8212	0
Modal	2	0,228	0	0,8581	0	0,8212	0,8581
Modal	3	0,138	0	0	0	0,8212	0,8581
Modal	4	0,074	0	0,1174	0	0,8212	0,9755
Modal	5	0,071	0,1547	0	0	0,9759	0,9755
Modal	6	0,047	0	0	0	0,9759	0,9755
Modal	7	0,044	0	0,0203	0	0,9759	0,9958
Modal	8	0,04	0,0205	0	0	0,9965	0,9958
Modal	9	0,034	0	0,0015	0	0,9965	0,9974
Modal	10	0,034	0	0	0	0,9965	0,9974
Modal	11	0,034	0	0	0	0,9965	0,9974
Modal	12	0,034	0	0	0	0,9965	0,9974



## Interpretación

En la Tabla 32, se observa que la suma de los principales modos tiene un porcentaje de masa participativa mayor al 90 %. Además, se tiene que los principales periodos en la dirección x, y son 0.233 y 0.28 segundos respectivamente.

Tabla 33: Determinación de la cortante de diseño en el eje X

Periodo (s)	0,228
Z	0,45
U	1
C	2,5
S	1,05
Tp	0,6
TL	2
Ro	7
la	1
lp	1
R	7
C/R	0,36
PESO(TON)	646,15
V(TON)	109,04
V Diseño(ton)	87,23
VDINAMICO(TON)	91,77
Factor de escala	1,00

Tabla 34: Determinación de la cortante de diseño en el eje Y

Periodo (s)	0,228
Z	0,45
U	1
C	2,5
S	1,05
Tp	0,6
TL	2
Ro	7
la	1
lp	1
R	7
C/R	0,36
PESO(TON)	646,15
V(TON)	109,04
V diseño(ton)	87,23
V DINAMICO (TON)	95,10
Factor de escala	1,00

## Diseño de Vigas

### Diseño de la Viga principal Diseño por flexión

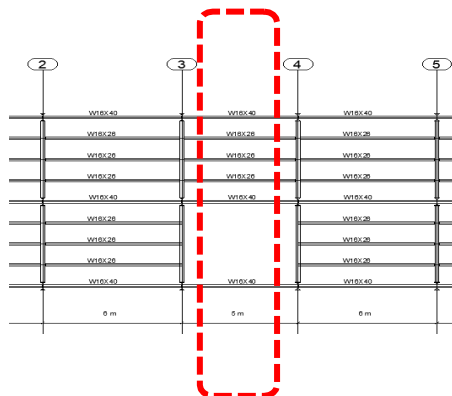


Ilustración 9: Ubicación de la viga a analizar

Tabla 35: Datos de la viga

Tipo de acero	A36
Fy(kg/cm <sup>2</sup> )	2520
Fu(kg/cm <sup>2</sup> )	4000
E(kg/cm <sup>2</sup> )	2030000
G(Mpa)	780000
φc	0,9
Mu(ton-m)	4,82

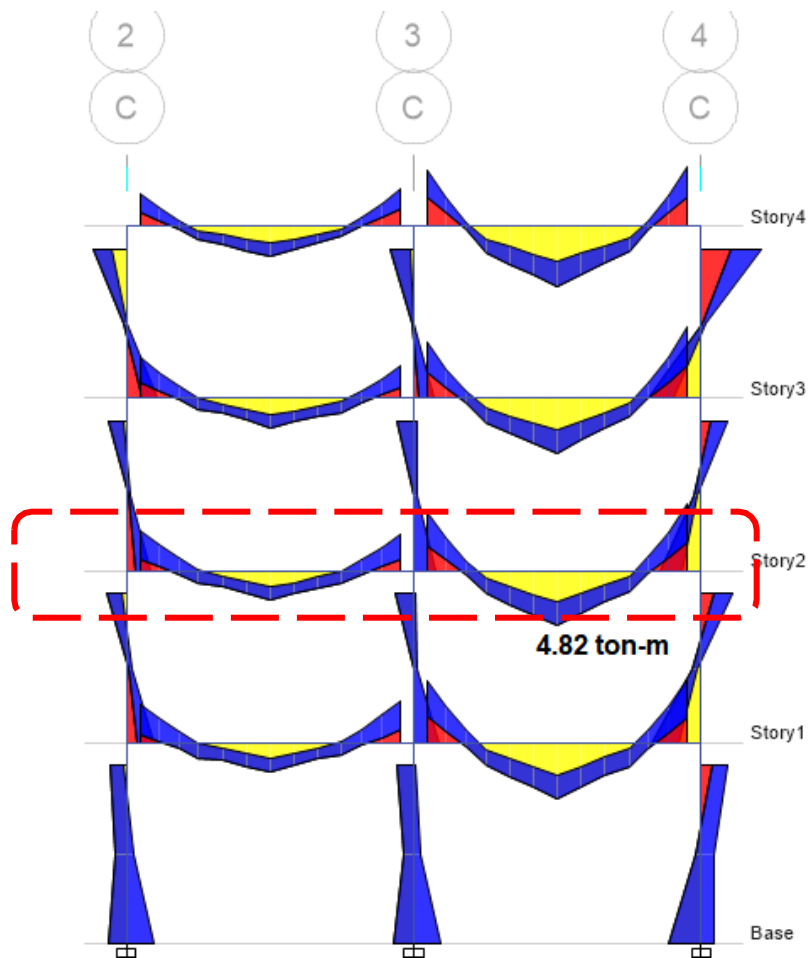


Ilustración 10: Diagrama de envolvente de momento flector (ton-m)

Tabla 36: Datos del perfil escogido

d(cm)	40,6
bf(cm)	17,8
tf(cm)	1,28
tw(cm)	0,775
bf/2tf	6,93
h/tw	46,5
ho(cm)	39,4
Sx(cm <sup>3</sup> )	1060
Sy(cm <sup>3</sup> )	135
Zx(cm <sup>3</sup> )	1200
Zy(cm <sup>3</sup> )	208
Ix(cm <sup>4</sup> )	21600
Iy(cm <sup>4</sup> )	1200
Cw(cm <sup>6</sup> )	465000
rx(cm)	16,8
ry(cm)	3,99
rts(cm)	4,72
J(cm <sup>4</sup> )	33
C	1

Tabla 37: Verificación de esbelte

Ala	
Caso	10
$\lambda_p$	10,79
$\lambda_r$	28,38
Seccion	Compacta
Alma	
Caso	15
$\lambda_p$	106,72
$\lambda_r$	161,78
Sección	Compacta

Tabla 38: Calculo de Cb

M Max (ton- m)	4,8
Ma(ton-m)	1,62
Mb(ton-m)	4,8
Mc(ton-m)	1,62
Cb	1,466

Tabla 39: Calculo de capacidad resistente a flexión

Lp(cm)	199,31
Lr(cm)	597,64
Lb(cm)	125
$\lambda_f$	6,93
$\lambda_{pf}$	10,785278
$\lambda_{rf}$	28,3823106
$\lambda_w$	46,5
$\lambda_{pw}$	106,717488
$\lambda_{rw}$	161,77917
My(ton-m)	26,712
Mp(ton-m)	30,24
Fcr(ton/m <sup>2</sup> )	0,42782339
$\phi M_n$ (ton-m)	27,216

### Diseño por corte

Tabla 40: Calculo de capacidad resistente a corte

Resistencia al corte	
k <sub>v</sub>	5,34
C <sub>v1</sub>	0,16
$\phi V_n$	60,81

## Diseño de Columnas

Como ejemplo de diseño se toma la columna que se encuentra entre los ejes 3y B, como se muestra en la Figura 11.

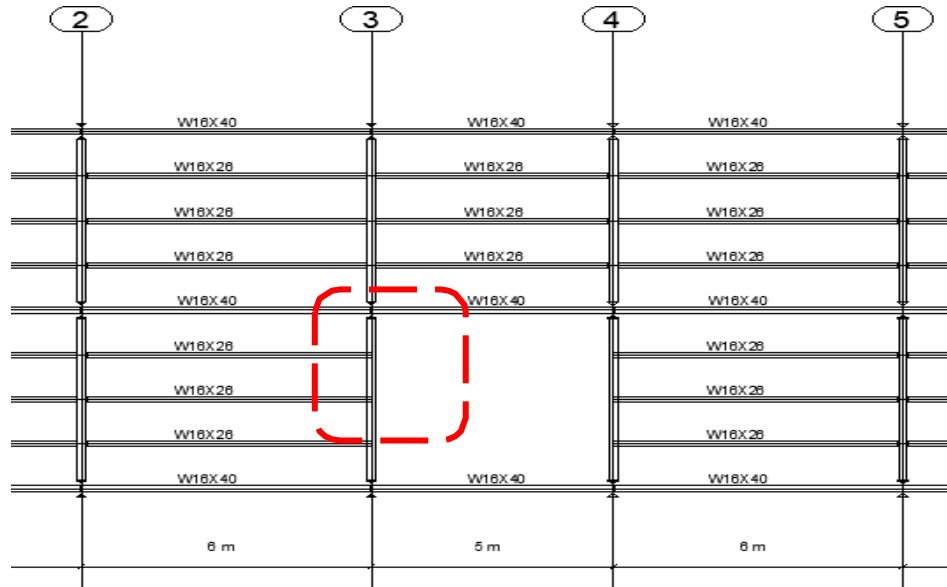


Ilustración 11: Columna en análisis

## Diseño por compresión

Tabla 41 :Datos de la columna

Tipo de acero	A36
Fy(kg/cm <sup>2</sup> )	2520
Fu(kg/cm <sup>2</sup> )	4000
E(kg/cm <sup>2</sup> )	2030000
G(Mpa)	780000
$\phi_c$	0,9
Pu(ton)	80,37
Tipo de Perfil	W
Sección	W18X60

Tabla 42: Verificación de esbeltez por compresión de la columna

Verificación de esbeltez		Caso	$\lambda_p$	Condición
bf/tf	5,44	1	15,89	Sección no esbelta
h/tw	38,7	5	42,29	Sección no esbelta

Tabla 43: Capacidad resistente a compresión de la columna

Ag(cm <sup>2</sup> )	114
kx	0,877
ky	0,877
lx(cm)	350
ly(cm)	350
rx(cm)	19
ry(cm)	4,27
Klx/r	16,16
Kly/r	71,9
Fe(kg/cm <sup>2</sup> )	3877,18
$\phi P_n$ (ton)	196,97

### Diseño por Flexión

Tabla 44: Verificación de esbeltez por flexión de la columna

Verificación de esbeltez	
Ala	
Caso	10
$\lambda_p$	10,785
$\lambda_r$	28,382
Sección	Compacta
Alma	
Caso	15
$\lambda_p$	106,72
$\lambda_r$	161,78
Sección	Compacta

Tabla 45: Capacidad resistente a flexión de la columna

$L_p(\text{cm})$	276,74
$L_r(\text{cm})$	876,72
$L_b(\text{cm})$	350
$\lambda_f$	5,41
$\lambda_{pf}$	10,79
$\lambda_{rf}$	28,38
$\lambda_w$	42,5
$\lambda_{pw}$	106,72
$\lambda_{rw}$	161,78
$M_y(\text{ton-m})$	123,48
$M_p(\text{ton-m})$	141,624
$F_{cr}(\text{ton/m}^2)$	0,081
$\phi M_n(\text{ton-m})$	121,40

### Diseño de cimentaciones

En las siguientes figuras se muestra el análisis de presiones que se realizó en el software SAFE.

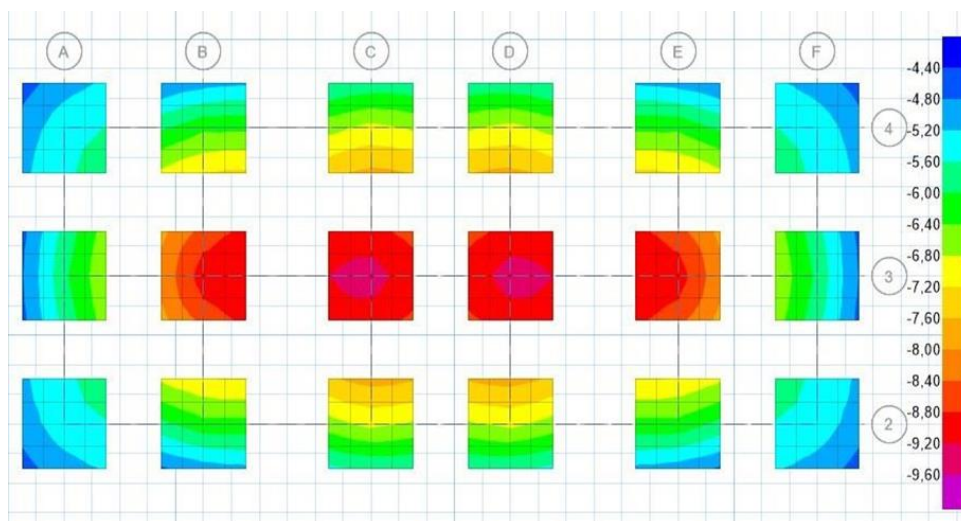


Ilustración 12: Análisis de presiones para cargas de gravedad



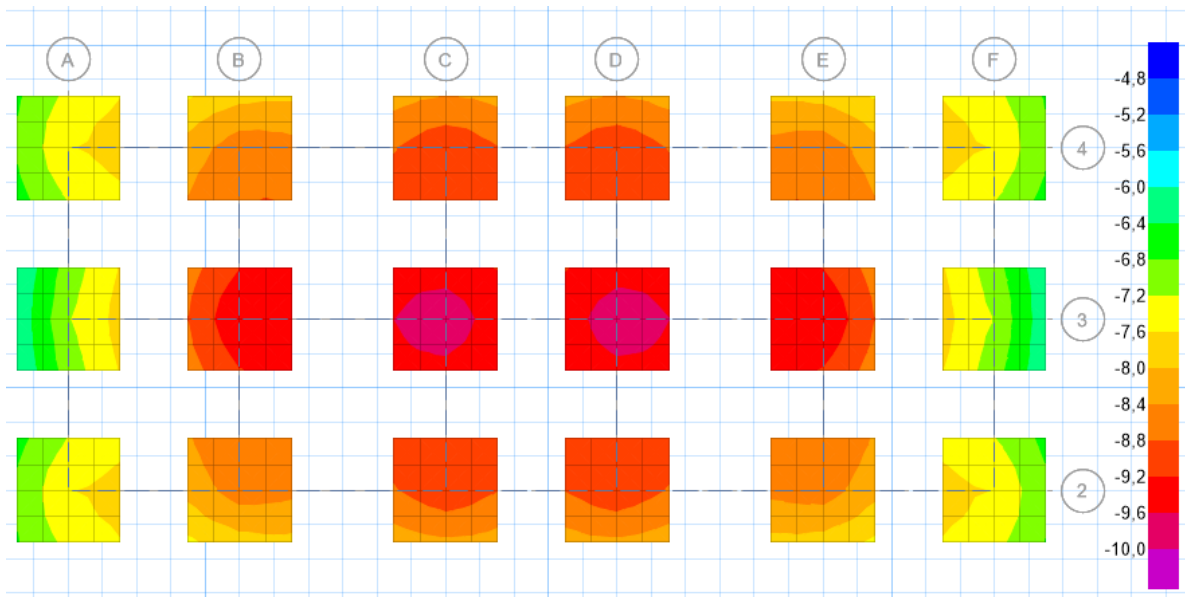


Ilustración 13: Análisis de presiones para cargas de sismo X

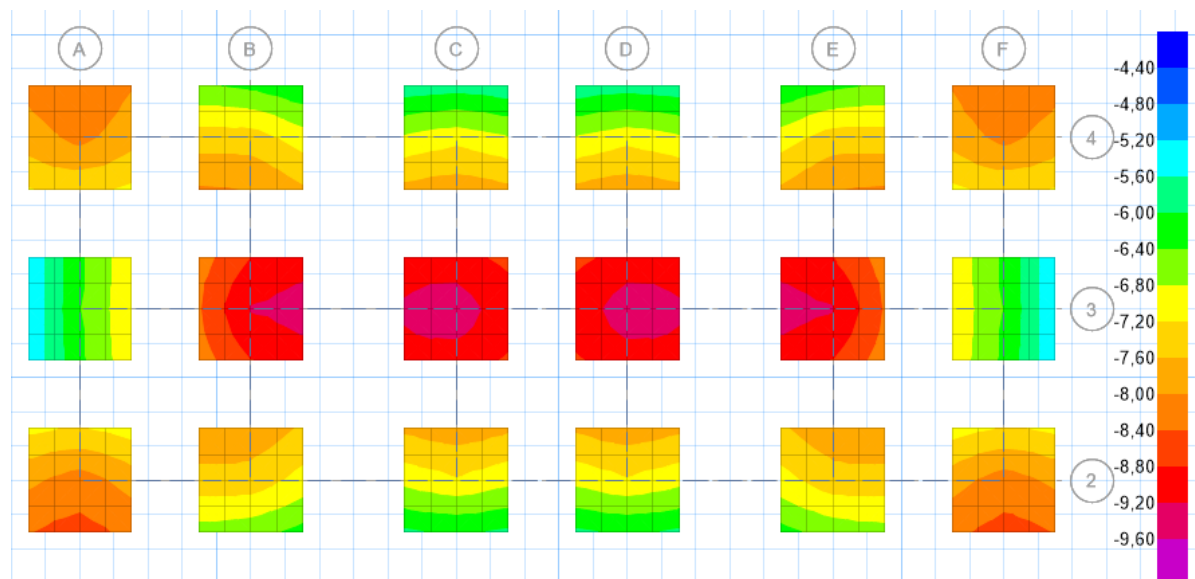


Ilustración 14: Análisis de presiones para cargas de sismo Y

## Interpretación

Como se observa en las imágenes anteriores, se cumple con los requisitos para que la cimentación tenga un buen comportamiento. Para el caso del análisis de presiones para cargas de gravedad todas las presiones están por debajo de  $0.9 \text{ kg/cm}^2$  y para el caso de cargas de sismo todas las presiones están por debajo de  $1.00 \text{ kg/cm}^2$

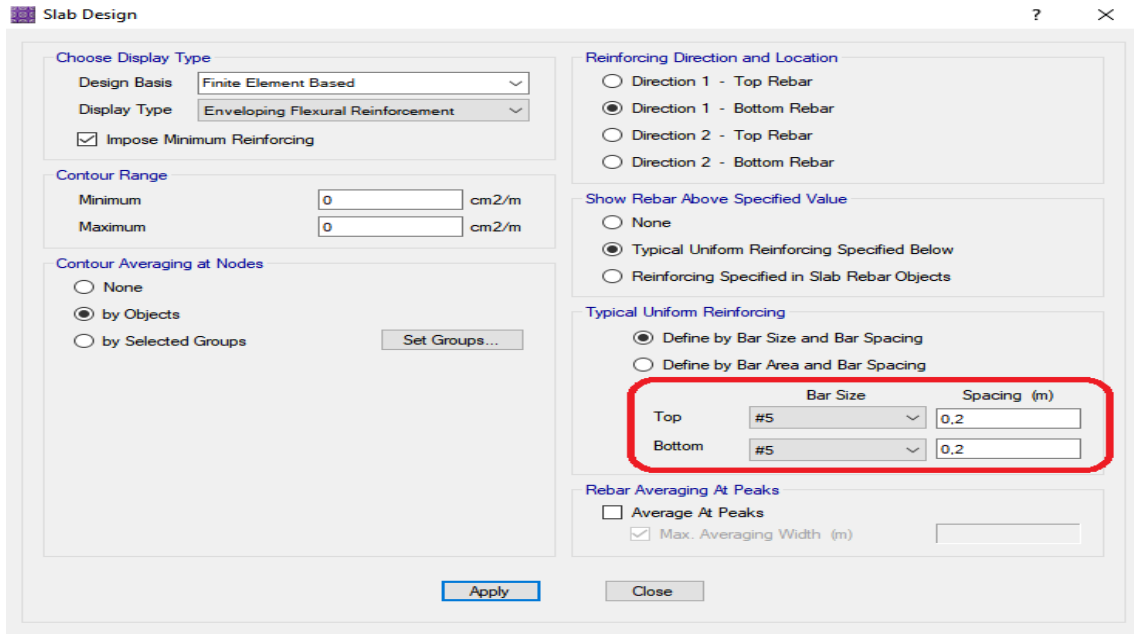


Ilustración 15: Cuantía del acero mínimo en SAFE

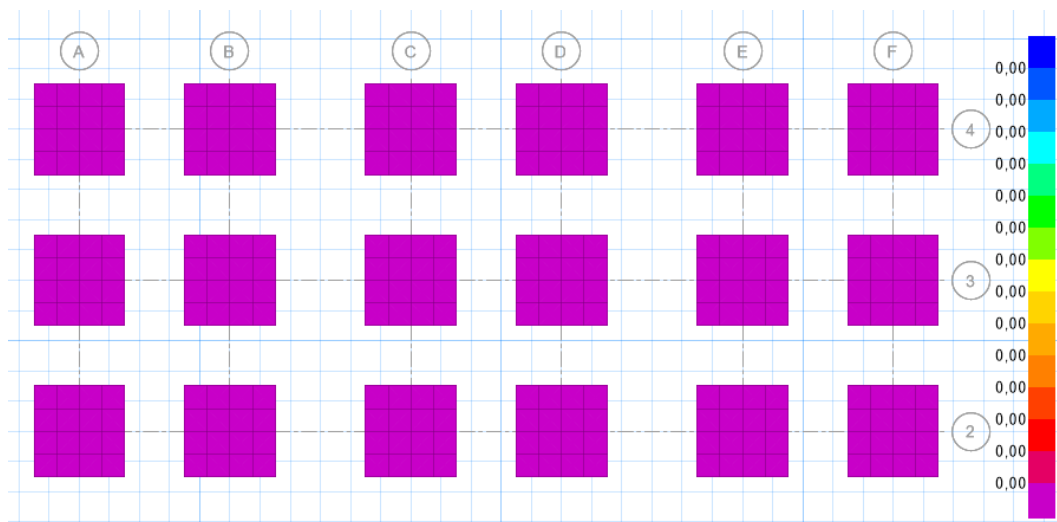


Ilustración 16: Acero necesario a partir de la cuantía mínimo

### 4.3. Modelar y diseñar el edificio escogido con aislamiento sísmico

Como se observa en las dos figuras anteriores, se tiene que con el acero mínimo yase cumple con los requisitos de resistencia en toda la cimentación.

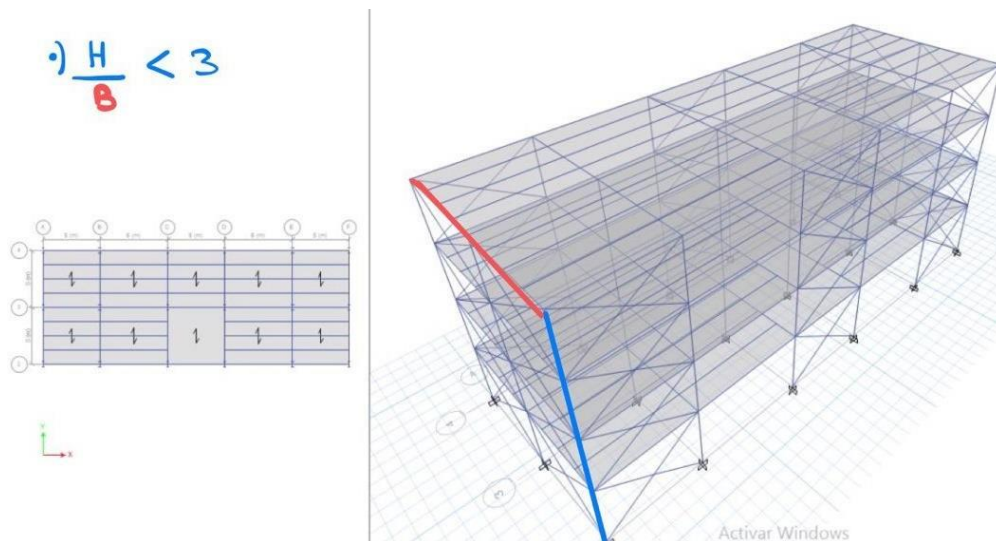


Ilustración 17: Requisitos geométricos

#### Interpretación

En la Figura 17, se observa que requisitos geométricos para evitar la tracción, porquelos sistemas de aislamiento no resisten la tracción

<b>CÁLCULO PERIODO DE BASE FIJA</b>			
DATOS ETABS			
<b>PISO 1</b>	D1	14.0	tonf/s2m
<b>PISO 2</b>	D2	18.5	tonf/s2m
<b>PISO 3</b>	D3	18.5	tonf/s2m
<b>PISO 4</b>	D4	18.6	tonf/s2m
<b>BASE AISLAMIENTO</b>	DBA	138.4	tonf/s2m
	MS =	69.8	tonf/s2m
	MB =	138.4	tonf/s2m
	Mtotal =	208.1	tonf/s2m
	T <sub>BASEFIJA</sub> =	0.15	seg
			T <sub>OBJETIVO</sub>
	T <sub>AISLADO</sub> =	0.45	seg
	k <sub>b</sub> =	823	tonf/m

Ilustración 18: Requisitos geométricos

## Interpretación

En la Figura 18, se observa que un Predimensionamiento de un sistema con aislación sísmica, con una masa sísmica la base aislada con 138.5 tnf/s2m, con un periodo de super estructura de 0.15 segundos; y como requisito el periodo con base aislada un multiplicando de 3. Teniendo un Kb de 823 ton/m; con una masa de la superestructura de 69.8 tnf/s2m y la masa de base de 138.4 tnf/s2m y una masa total de 208.1 tnf/s2.

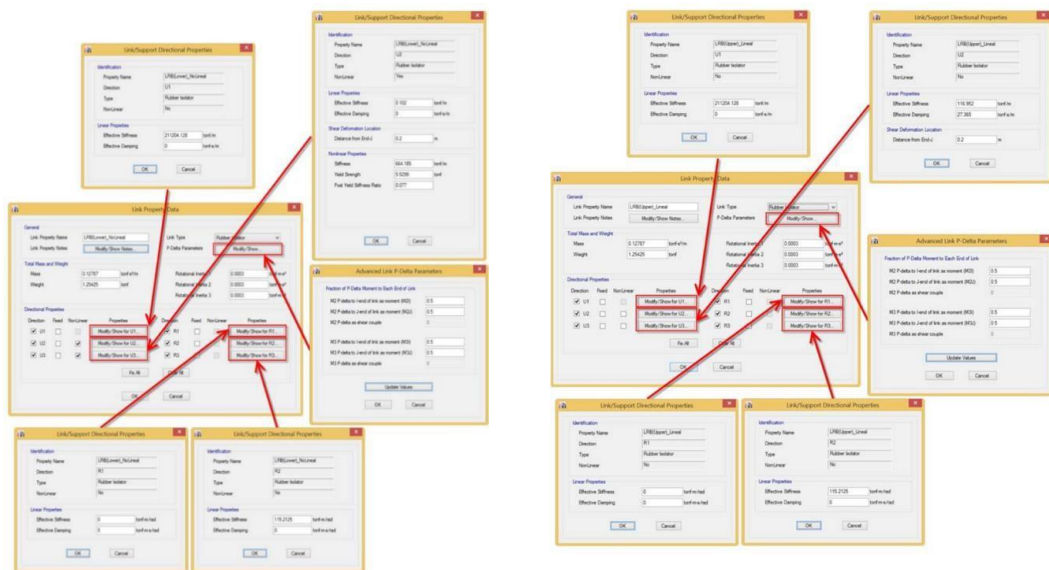


Ilustración 19: Elementos link en análisis lineal

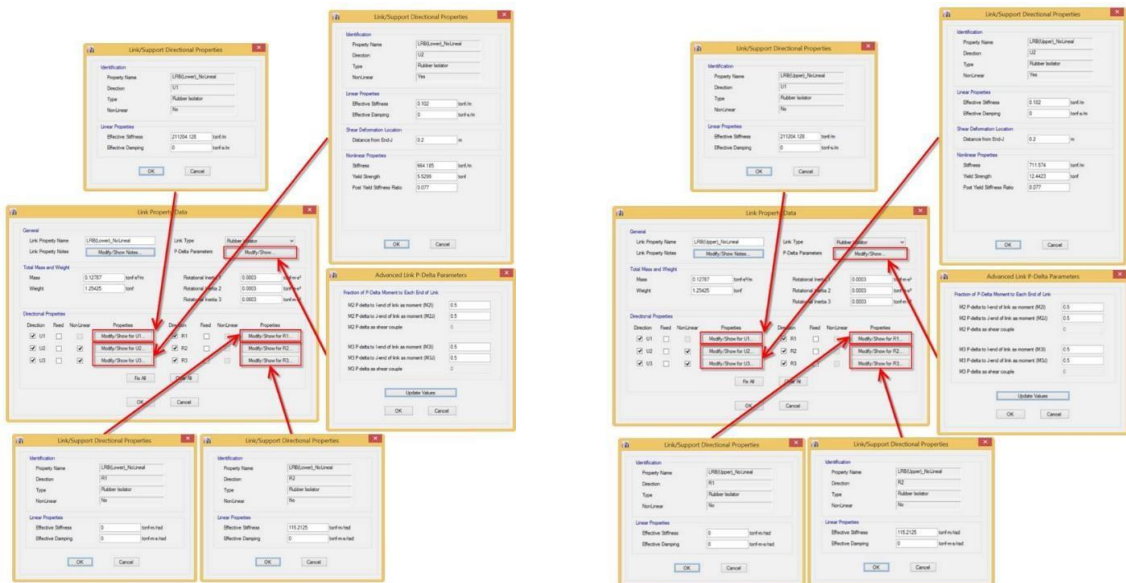


Ilustración 20: Elementos link en análisis tiempo historia (FNA)

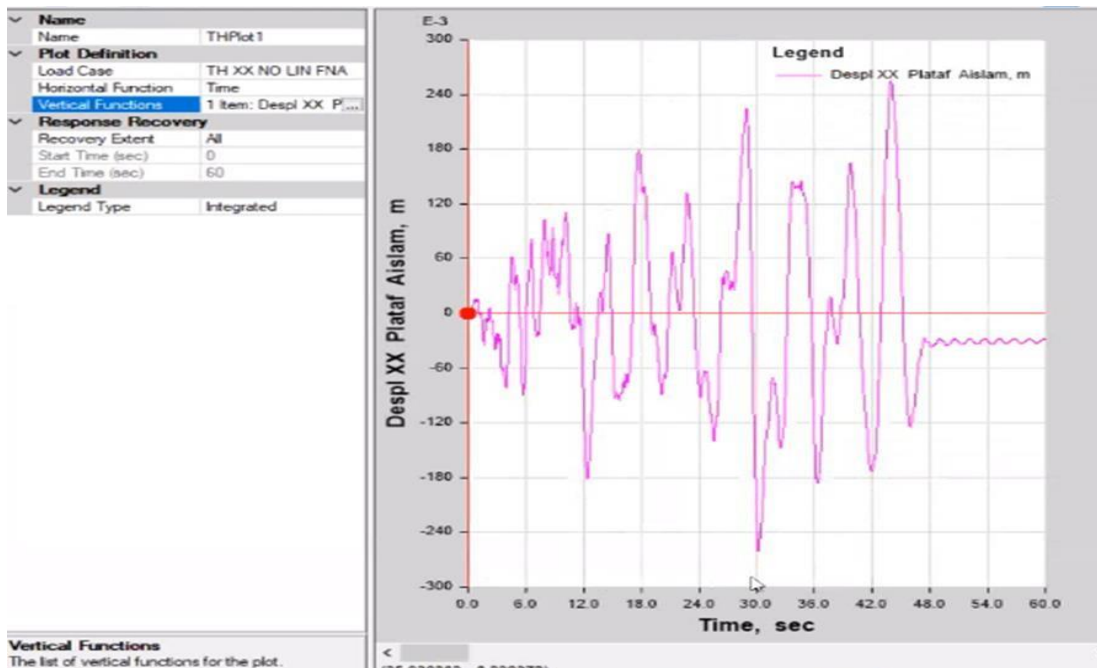


Ilustración 21: Desplazamiento en la plataforma de aislamiento (FNA)

## Interpretación

En la Figura 21, se observa que un desplazamiento en la base de 25cm.

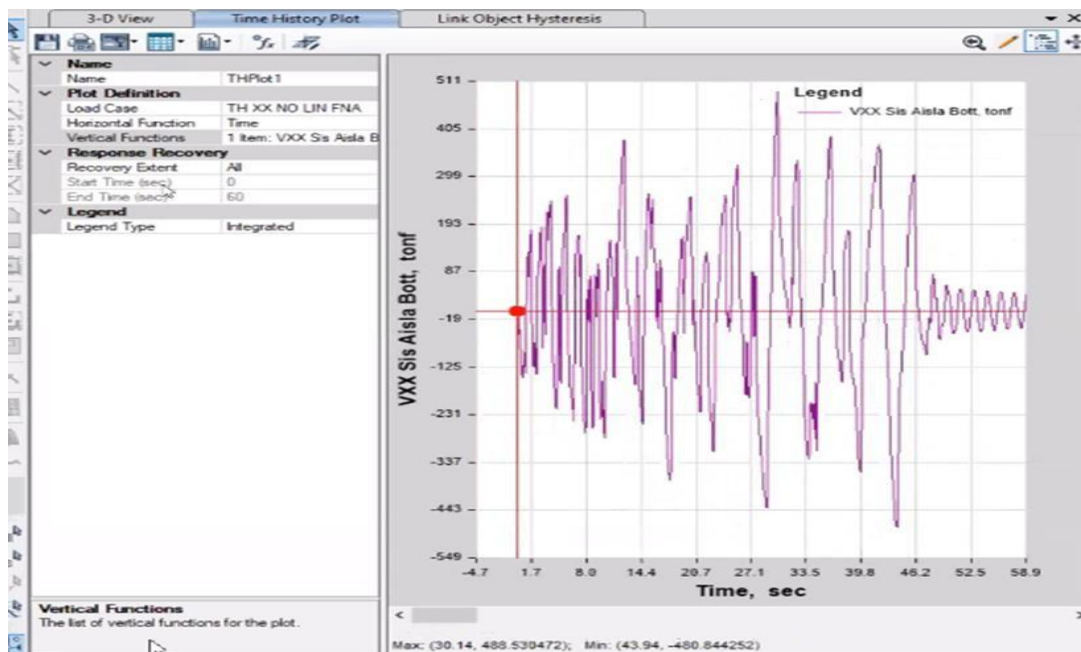


Ilustración 22: Fuerza cortante en la plataforma de aislamiento (FNA)

## V. DISCUSIÓN

Posteriormente, con los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta investigación, proseguimos a la discusión de los mismos, en base a las teorías relacionadas y trabajos incorporados en el marco teórico. El orden para la discusión de resultados es acorde a los objetivos establecidos, procurando seguir un orden contextual y cronológico para la investigación.

En caso de nuestro primer objetivo específico “Realizar el estudio de mecánica de suelos en el diseño estructura metálica del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021” se realizó los resultados del estudio de mecánica de suelos, siguiendo una estructura ordenada, obteniendo la interpretación correcta a través de instrumentos y ensayos que le corresponde como lo indica la norma técnica peruana E.050 (2018), que define como estudio de mecánica de suelos como una agrupación de exploraciones en el campo, ensayos de laboratorio y análisis que se resuelven en el gabinete que nos permiten tener conocimiento en la forma que el suelo va a responder ante sollicitaciones estáticas y dinámicas de una estructura (p.26), de esta manera se obtuvo en la ciudad de Olmos, provincia de Lambayeque y región de Lambayeque, que el suelo de fundación es sedimentado compuesto por un estrato Arena limosa en las muestras, color marrón de consistencia firme a blanda, tampoco se ha detectado napa freática hasta la profundidad explorada y La profundidad de cimentación medida desde la superficie del terreno natural será  $D_f = 1.50\text{m}$  para la nuestra edificación. Tiene una capacidad Portante del suelo igual a:  $q_u = 1.02 \text{ kg/cm}^2$  y el coeficiente de balasto será igual a:  $K_s = 2.23 \text{ kg/cm}^3$ ; Además, por su ubicación y características de suelo se determinaron los factores de zona, suelo, uso y amplificación sísmica, como 0.45, 1.05, 1.00 y 2.50 respectivamente.

En caso de nuestro segundo objetivo específico “Modelar y diseñar el edificio escogido según el RNE sin aislamiento sísmico del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021” primero se propuso una arquitectura de tres niveles más un sótano donde en la planta del primer piso se tiene un acceso en la fachada posterior y delantera. Esta planta cuenta está destinado a comercio, mientras que en las demás plantas está destinado a departamentos tipo flat con un área de aproximadamente 270 m<sup>2</sup> donde cada departamento flat típico incluye los siguientes ambientes: sala, comedor, cocina, cuarto de servicio, lavandería, baño principal, baño de visita, sala de estar, dormitorio principal con baño compartido; luego de haber propuesto la arquitectura se determinó que el sistema estructuras está compuesto por columnas, vigas, viguetas de acero A36 y con un sistema de entrepiso de Steel Deck. Con este sistema de base fija se logra cumplir los requisitos mínimos impuestos por la norma E.030 y la E.070 y que los arriostres concéntricos ayudan a reducir considerablemente las derivas de entrepiso de la estructura y además logra dar una mayor estabilidad a la estructura. Donde las masas participativas de las estructuras nos indica que los dos modos principales son de traslación y el tercer modo es la de rotación. La masa participativa del primer modo representa el 82% y la del segundo modo representa el 85%. Esto nos indica la gran importancia de los modos traslacionales y la influencia en la respuesta dinámica, también se observa que las estructuras de acero no presentan un mayor peso a la estructura y por ende su demanda por fuerza sísmica es muy baja. Para este tipo de estructuras lo que gobierna es el diseño por viento y que el diseño por resistencia no es un factor crítico en el diseño de estructuras de acero, pero sí es un factor crítico el diseño por servicio. Por lo que para este tipo de estructuras siempre es conveniente verificar este tipo de diseño. Concluyendo que la deriva máxima de entrepiso es de 0.0017 lo que indica que la estructura cumple con la deriva máxima impuesta por la Norma E.030; con el sistema de aislamiento se podrá configurar nuevamente la estructura con la finalidad de reducir costos. Se obtiene una fuerza de diseño en la dirección X de 91.77 ton y una fuerza de diseño en la dirección Y de 95.10, como se observa en los resultados, se tiene que la estructura permanece en la plataforma del espectro, por lo que recibirá grandes

aceleraciones, donde las más grandes aceleraciones se dan en los últimos niveles de la estructura. En el nivel 4 se tendrá una aceleración en X de  $2.39 \text{ m/s}^2$  y en la dirección Y se tendrá una aceleración Y de  $2.30 \text{ m/s}^2$ . En el diseño de cimentaciones se tuvo que realizar un emparrillado a la cimentación debido a que la estructura está asentado en un suelo muy malo. Se tuvo que realizar generosas zapatas aisladas junto con un emparrillado de vigas de cimentación que unan todas las zapatas aisladas. Esto logro cumplir que las presiones actuantes estén por debajo de la presión admisible del suelo. La estructura metálica con base fija por ser una estructura tendrá mínimas consideraciones tomadas en este trabajo la cual le dan un buen comportamiento ante un evento sísmico. Se logró realiza el análisis estructural con los parámetros de sitio según la norma E. 030. Se comprobó que el sistema es básicamente es de acero, así mismo, se comprobó que esta estructura rígida (periodo fundamental de 0.23 segundos). Estos resultados son compatibles Bozzo (2014), que en su investigación titulada como Aisladores y disipadores sísmicos concluye que los aisladores el período fundamental de la estructura aislada sea mucho mayor que el de la misma estructura con base fija siendo importante alejar a la estructura del movimiento del suelo usando los elementos dúctiles entre la estructura y la cimentación, lo que estaríamos haciendo es que las gomas flexibles sean flexibles dejando a la superestructura se mantenga casi en su rango elástico.



En caso de nuestro tercer objetivo específico “Modelar y diseñar el edificio escogido con aislamiento sísmico usando el ETAPS del edificio comercial-multifamiliar Olmos, Lambayeque 2021”; realizamos unos requisitos geométricos para reducir la tracción de los asientos de goma; hacemos ajustes espectrales, seleccionando apropiadamente los movimientos del terreno; deben consistir en 7 pares de componentes horizontales o 7 movimientos del terreno; y deben estar escalados al sismo considerado máximo; pero para cada uno de los 7 pares hay que hacer un análisis tiempo historia de respuesta; pero para el Límite superior como para el límite inferior; tendremos en cuenta una relación de periodos no menor que 3; así realizando el diseño preliminar y calculando las propiedades link del ETAPS. Se utilizaron 14 aisladores con núcleo central de plomo y 4 aisladores con goma natural. Estos resultados son compatibles con Vlacev donde nos comenta que lo que sucede es que aumentamos el desplazamiento, pero disminuimos la fuerza cortante; las aceleraciones y estos desplazamientos están siendo controlados por los aisladores sísmicos, que tiene una fosa de 0.40 m.

## VI. CONCLUSIONES

1. El suelo de fundación es sedimentado compuesto por un estrato Arena limosa en las muestras, color marrón de consistencia firme a blanda, tampoco se ha detectado napa freática hasta la profundidad explorada y La profundidad de cimentación medida desde la superficie del terreno natural será  $D_f = 1.50\text{m}$  para la nuestraedificación. Tiene una capacidad Portante del suelo igual a:  $q_u = 1.02\text{ kg/cm}^2$  y el coeficiente de balasto será igual a:  $K_s = 2.23\text{ kg/cm}^3$ ; Además, por su ubicación y características de suelo se determinaron los factores de zona, suelo, uso y amplificación sísmica, como 0.45, 1.05, 1.00 y 2.50 respectivamente.
2. El estudio del análisis de fuerzas laterales verifica el diseño de una estructura metálica del del edificio comercial-multifamiliar, es así que los resultados del sistema estructuras está compuesto por columnas, vigas, viguetas de acero A36 y con un sistema de entrepiso de Steel Deck. Con este sistema de base fija se logra cumplir los requisitos mínimos impuestos por la norma E.030 y la E.070, los arriostres concéntricos ayudan a reducir considerablemente las derivas de entrepiso de la estructura y además logra dar una mayor estabilidad a la estructura. En el diseño de cimentaciones se tuvo que realizar un emparrillado a la cimentación debido a que la estructura está asentado en un suelo muy malo. Se tuvo que realizar generosas zapatas aisladas junto con un emparrillado de vigas de cimentación que unan todas las zapatas aisladas. Esto logro cumplir que las presiones actuantes estén por debajo de la presión admisible del suelo
3. La relación de amortiguamiento se ha incrementado un 30% y el periodo en tres veces del periodo de la estructura convencional; se produjo una fuerza cortante menor con un gran incremento de desplazamiento; que lo asume los asientos de goma natural como los de núcleo central de plomo; teniendo una fosa de 2.00m; parapermittir a los asientos de goma deslizarse.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Es importante realizar en edificios esenciales los estudios de vulnerabilidad sísmica y así poder diseñarlos con un óptimo diseño en estas estructuras esenciales.
2. Se recomienda usar aisladores de catalogo porque nos dan las propiedades; mientras que el de prototipo no y tendríamos que hacer un ensayo con muchos aisladores dejando de ser factible.
3. El diseño del sistema de aislamiento y programas de ensayo deben ser dado el visto bueno por el fabricante y se recomienda que los ascensores deben ser de un tipo especial tanto como las escaleras deben ser aisladas.
4. La estructuración del edificio con aislación sísmica debe contener menos momentos positivos por ende debe ser mucho más ligera; sino no se estaría cumpliendo el principio de la aislación sísmica.
5. Tener presente la importancia de colocar sistemas de sacrificio que van paralelo a los aisladores sísmicos y que nos ayuda para sismos menores o cargas de vientos menores
6. No se recomienda en estructuras de suelo suave y estructuras con periodo fundamental elevado; por ejemplo, edificios de gran altura.

## REFERENCIAS

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

urce=gbs\_ge\_summary\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

[01] CARRILLO, Julián. "Evaluation of the seismic vulnerability of structures using a performance design". *Dyna [en línea]*. Vol. 75, Junio 2018 n° 155. ISSN: 0012-7353.

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

[10] CHOURASIA, Ajay, SINGHAL, Shubham y PARASHAR, Jalaj. "Seismic performance evaluation of full-scale confined masonry building using light weight cellular panels". *Journal of Building Engineering [on line]*. Vol. 32, May 2020, n° 101473. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/341241542\\_Seismic\\_performance\\_evaluation\\_of\\_fullscale\\_confined\\_masonry\\_building\\_using\\_light\\_weight\\_cellular\\_panels](https://www.researchgate.net/publication/341241542_Seismic_performance_evaluation_of_fullscale_confined_masonry_building_using_light_weight_cellular_panels)

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

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

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

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

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

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

- [17] KALKBRENNER, Philip, PELÀ, Luca y SANDOVAL, Cristián. "Multi directional pushover analysis of irregular masonry buildings without box behavior". *Engineering Structures* [on line], Vol. 201. Nov. 2019, n° 109534. ISSN: 0141-0296 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029618340033> LOPEZ
- [18] KAVEH, A., ESLAMLOU, A. y SHEIKHI, R. Seismic performance of steel structures retrofitted with optimal slack cable collapse prevention system. *Journal of Building Engineering* [on line]. Vol. 31, Nov 2019, n° 101392. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. ISSN: 2352-7102. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101392>.
- [19] LAGOMARSINO, Sergio, MARINO, Salvatore y CATTARI, Serena. Linear static procedures for the seismic assessment of masonry buildings: Open issues in the new generation of European codes. *Structures* [on line], Vol. 26. May. 2020. ISSN: 2352-0124 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012420301570>
- [20] LOPEZ, F., CHONCEN, A. y MORENO, J. "Tall buildings seismic behavior comparative study by increasing the concrete mechanical strength through non-linear static analysis and seismic performance". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 689, Issue 1, 25 Nov. 2019, n° 012007 [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078119378&origin=resultslist&zone=contextBox>
- [21] LÓPEZ, Pedro Luis. "POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO". *Punto Cero* [en línea]. Vol.09, 2004, n° 08 [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020], pp. 69-74. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012)
- [22] LOZADA, José. *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica* [en línea]. Vol. 3, Diciembre 2014, n° 1. ISSN-e 1390-9592. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- [23] MEDINA, Ricardo y MUSIC, Juan. Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. *Revista SciELO Analytics, Obras y proyectos*. [en línea]. Junio del 2018, n°. 23. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-28132018000100063](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132018000100063)

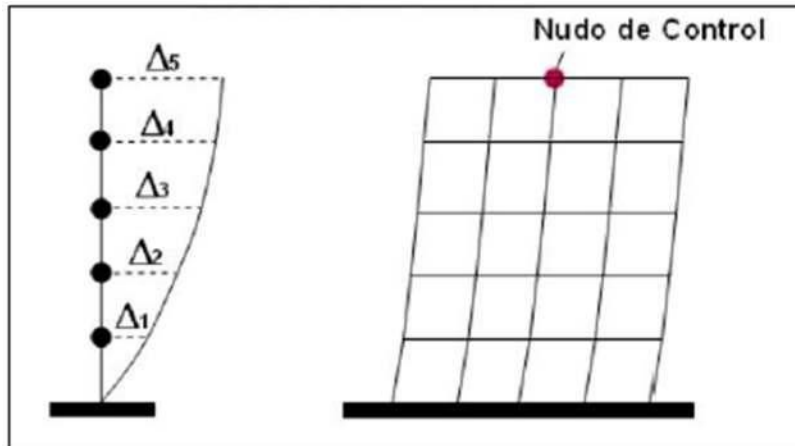
- [24] MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma técnica de edificaciones E030, 2001: Diseño Sismorresistente. Lima, 2018. 32 pp.
- [25] MONJE Álvarez, Arturo. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa [en línea]. 1.a ed. Colombia. Neiva: Universidad Surcolombiana, 2011. [fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- [26] RAHEEM, Shehata “et al.”. Seismic performance of L-shaped multi-storey buildings with moment-resisting frames. *Structures & Buildings* [on line]. Volume 171, Issue 5, 1 May 2018. ISSN: 2352-0124 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/320506650\\_Seismic\\_performance\\_of\\_L-shaped\\_multi-storey\\_buildings\\_with\\_moment-resisting\\_frames](https://www.researchgate.net/publication/320506650_Seismic_performance_of_L-shaped_multi-storey_buildings_with_moment-resisting_frames)
- [27] SÁNCHEZ, Alberto y TERÁN, Amador. Diseño por desempeño de estructuras dúctiles de concreto reforzado ubicadas en la zona del lago del distrito federal: ejemplo de aplicación. *Revista de Ingeniería Sísmica* [en línea]. Jun. 2008, no.78, p.47-71. ISSN 0185-092X [Fecha de consulta: 03 de Junio del 2020]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n78/n78a3.pdf>
- [28] SANDOVAL Castillo, Víctor. Análisis sísmico usando ETABS para evaluar la efectividad del comportamiento sismorresistente de la infraestructura de la I.E. 11023 Abraham Valdelomar – distrito de Chiclayo – provincia de Chiclayo departamento de Lambayeque. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Escuela de Pregrado, 2017. 147 pp. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/16543>
- [29] SEYEDKAZEMI, Ali y QOLIAN, Reza. “Evaluation of Seismic Performance of Double-layer Steel Diagrid Systems”. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* [on line]. Vol. 63, Nov. 2019, n° 4. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3311/PPci.12294>
- [30] Safety Commission. ATC-40, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings* [on line]. Vol. 1, Nov. 1996, California. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en file:///C:/Users/Luis/Downloads/atc-40-140212133946-phppapp01.pdf
- [31] VEGA, Geremias y MUÑOZ, Sócrates. Evaluación del Desempeño Sísmico mediante el análisis estático no lineal, Vivienda-Comercio Miura Grill, Chiclayo. *Revista Científica, INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación* [en línea]. 30 de Diciembre del 2019, Vol.6 n°. 2. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1185>
- [32] YONG Jeong, Seung “et al.” “Seismic performance evaluation of a tall building: Practical modeling of surrounding basement structures”. *Journal of Building Engineering* [on line]. Vol. 31, Abril 2020, n° 101420. ISSN: 2352-7102 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219328761?via%3Dihub>

- [33] ZHAO, Jun “et al.” *Experimental Investigation on Seismic Resistance of RC Shear Walls with CFRP Bars in Boundary Elements. International Journal of Concrete Structures and Materials [on line].* Vol. 14, n° 4, enero del 2020. ISSN: 1976-0485 [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s40069-019-0377-5>
- [34] MUÑOZ, Alejandro, BARTOLOMÉ, Angel y RODRIGUEZ, Carlos. *Demandas de resistencia para edificios de albañilería en el Perú. PUCP y UPN [en línea].* Enero 2002. [Fecha de consulta: 03 de Junio de 2020]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/242527991>
- [35] ORGANIZACIÓN de los Estados Americanos (OEA). *Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños [en línea].* Washington, 2000. [fecha de consulta: 17 de Mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/oea57s.pdf>
- [36] SIVAPURAM, Raghavendra, DUNNING, Peter y KIM, Alicia. *Structural and Multidisciplinary Optimization [en línea]*, vol. 54, n.º 5. 1 de noviembre de 2016. [Fecha de consulta: 24 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00158-016-1519-x> ISSN: 1615-1488
- [37] SKOBELTSINA, K. y KUZNETSOV, A. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research [en línea]*, vol. 43, n.º 1. mayo 2019. [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.2991/icdee-19.2019.7> ISSN: 2352-5398
- [38] STASIAK, Renata y POTKÁNY, Marek. *Procedia Economics and Finance [en línea]*, vol.34. 2015. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2020]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)01598-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)01598-1) ISSN: 2212-5671
- [39] VELA, Wilmer. *Diseño Estructural de Concreto Armado de ocho Pabellones en el Colegio Militar Gran Mariscal Ramón Castilla, Distrito Huanchaco-Trujillo-La Libertad. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil).* Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30079>
- [40] VILLALTA, Cesar y BRAVO, Luis. *Revista Científica de Investigación Andina [en línea]*, vol. 19, n.º 2. 2018. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/view/61>



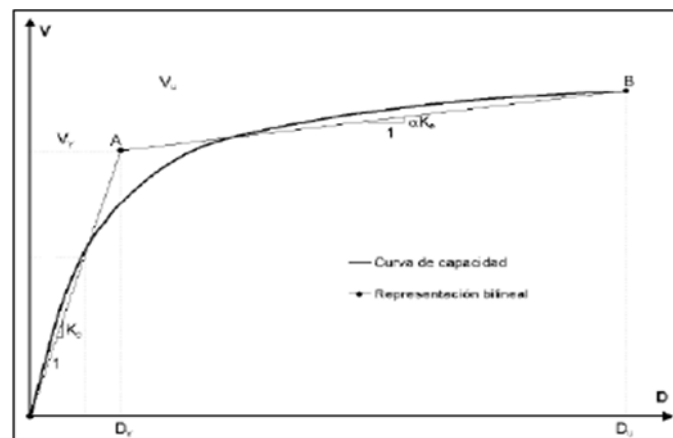
# ANEXOS

## 1. ANÁLISIS NO LIENALES (AENL)



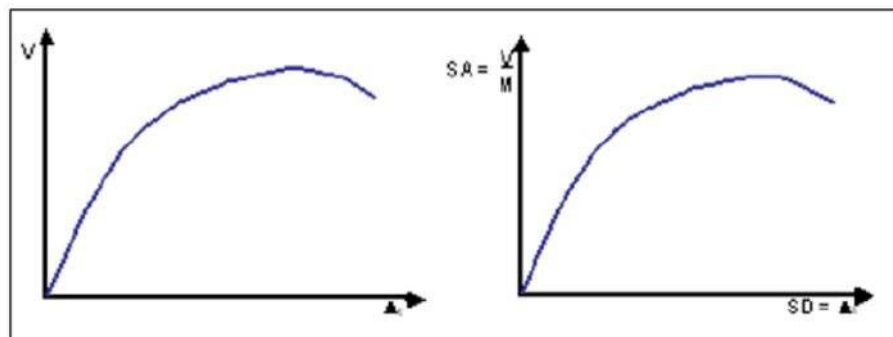
**Anexo 01:** Forma ideal del ensayo de desplazamiento incremental.

**Fuente:** Asmat, 2016.



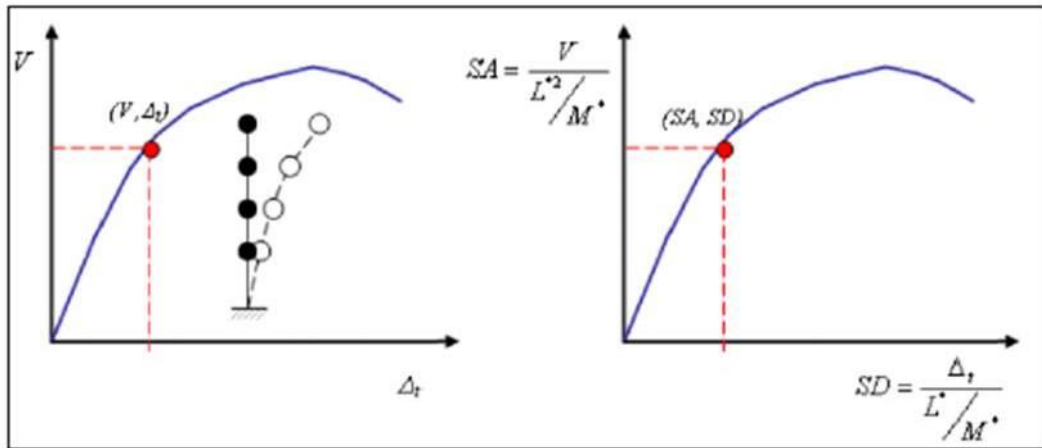
**Anexo 02:** Diagrama cortante basal vs desplazamiento.

**Fuente:** Asmat, 2016.



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

**Fuente:** Asmat, 2016.



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

Fuente: Asmat, 2016.

## 2. DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL (DSE)

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

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

Fuente: SEAOC, 1999.

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

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

Fuente: SEAOC, 1999.

### 3. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

*Cuadro 01. Operacionalización de Variables.*

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Aisladores sísmicos	Toledo (2019). Los aisladores sísmicos, se constituyen generalmente de caucho de bajo amortiguamiento intercalado con láminas de acero y en el centro se deja un agujero en el que se introduce el núcleo de plomo a presión. El plomo se coloca para producir numerosos ciclos de histéresis	Los aisladores elastoméricos está compuesto de caucho, realiza el mecanismo de absorber fuerzas provenientes del evento sísmico y disiparlas, de este modo las fuerzas provenientes del evento sísmico que se transmiten a los elementos estructurales verticales	Norma y características del diseño de aislamiento sísmico	Norma usada para el diseño del sistema de aislamiento	Ordinal
				Características del sistema de aislamiento	
			Análisis y diseño del sistema de aislamiento	Parámetros y procedimiento iniciales y sísmicos para el diseño de la estructura aislada	Razón
				Propiedades geométricas y dinámicas de aisladores	
Diseño de estructura metálica	Jiménez (2014). El Diseño sísmico de una estructura es de gran importancia tanto para garantizar un apropiado diseño frente a sismo, así como, para entender y predecir la respuesta estructural de una edificación. Entender el comportamiento estructural es fundamental para poder caracterizar de manera más adecuada el nivel de daño que pueda presentar una estructura producto de un evento sísmico	EL diseño sísmico es el estudio que se incluye de cargas que se efectúan al generarse un sismo, estas cargas hacen que la estructura sufra deformaciones, es por esto que se hace los diseños en base a una estructura sometida a cargas externas (sismo)	Estructuración	Características del suelo	Razón
				Tipología estructural	
			Análisis sísmico	Análisis de fuerza lateral	Razón
				Análisis lineal dinámico modal	
				Análisis tiempo historia	
			Diseño	Diseño sísmico considerando la base fija	Razón
Diseño sísmico con aisladores sísmicos					

Fuente: Elaboración propia

4. PANEL FOTOGRÁFICO





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA DEL EDIFICIO COMERCIAL-MULTIFAMILIAR UTILIZANDO AISLACIÓN SÍSMICA, OLMOS, LAMBAYEQUE", cuyo autor es CHISCOL PATAZCA JORDAN ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

PIURA, 14 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
LUCIO SIGIFREDO MEDINA CARBAJAL <b>DNI:</b> 40534510 <b>ORCID:</b> 0000-0001-5207-4421	Firmado electrónicamente por: LMEDINAC el 22-12- 2022 15:14:42

Código documento Trilce: TRI - 0344316