



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO SÍSMICO EN UN EDIFICIO DE 8 PISOS, CONVENCIONAL Y
DISEÑO CON AISLADORES EN EL DISTRITO DE
PIURA - PIURA, 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL

AUTORES:

Cherres Maza, Yessica Paola (ORCID: 0000-0002-0502-8219)
Zegarra Quevedo, Glenda Dayssi (ORCID: 0000-0003-4237-1734)

ASESORA:

Ing. Valdiviezo Castillo, Krissia del Fatima (ORCID: 0000-0002-0717-6370)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

PIURA - PERÚ
2021

Dedicatoria

Dedicamos esta tesis a Dios, amigos, Profesores, hermanos y de manera muy especial a nuestros queridos padres, por todo su apoyo incondicional y sus mejores consejos de vida han servido para lograr nuestras metas y objetivos propuestos a corto plazo y a lo largo de la vida.

Agradecimiento

Agradecemos a nuestros asesores quienes con su paciencia, perseverancia, inteligencia y apoyo nos encaminó a través de cada una de las fases de esta tesis de investigación para así poder lograr los resultados que buscábamos. También a nuestros padres, hermanos y a la Universidad César Vallejo.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de tablas	v
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo	14
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimiento	15
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	111
VI. CONCLUSIONES	114
VII. RECOMENDACIONES.....	115
REFERENCIAS.....	116
ANEXOS	120

Índice de tablas

Tabla N° 01: Ventajas y desventajas de aisladores LRB.....	9
Tabla N°02: Plantilla de predimensionamiento.....	21
Tabla N°03: Factores de reducción de resistencia	24
Tabla N°04: Resumen de la sección de vigas.....	31
Tabla N°05: Resumen de número de varillas de vigas.....	55
Tabla N° 06: Metrado de la Carga Muerta.....	56
Tabla N°07: Metrado de la Carga Viva - Columna central	57
Tabla N°08: Metrado de carga muerta - columna perimetral.....	58
Tabla N°09: Metrado de carga viva - columna perimetral.....	59
Tabla N°10: Metrado de Carga Muerta para una Columna Esquinera	61
Tabla N°11: Metrado de carga viva - columna esquinera.....	61
Tabla N°12: Resumen de áreas de columnas	63
Tabla N°13: Resumen de número de varillas de columnas.....	65
Tabla N° 14: Resumen de cuadro de cargas	69
Tabla N°15: Diseño de la placa de cimentación	69
Tabla N°16: Tabulación.....	70

Índice de figuras

Figura N°01: Comportamiento sísmico de una estructura aislada y convencional	7
Figura N°02: Aislador Sísmico.....	8
Figura N°03: Aisladores de Alta Amortiguación, llamados HDRB	9
Figura N° 04: Plano de Ubicación	18
Figura N° 05: Estructuración del bloque aislado.....	20
Figura N°06: Predimensionamiento de losa Maciza	25
Figura N°07: balanceo de momentos	28
Figura N°08: Coeficientes ACI.....	33
Figura N°09: Sección típica de viga.....	36
Figura N°10: Sección típica de viga.....	39
Figura N°11: Sección típica de viga.....	43
Figura N°12: Coeficientes ACI.....	44
Figura N°13: Sección típica de viga.....	47
Figura N°14: Sección típica de viga.....	51
Figura N°15: Sección típica de viga.....	54
Figura N°16: Comprobación de la cuantía en la columna tipo C-1 de sección 1.00 m*1.00 m	65
Figura N°17: Comprobación de la cuantía en la columna tipo C-2 de sección 0.95 m*0.95 m	66
Figura N°18: Comprobación de la cuantía en la columna tipo C-2 de sección 0.95 m*0.95 m	66
Figura N°19: Coeficientes según Terzaghi	67
Figura N°20: Diseño de Losa de Cimentación.....	68
Figura N°21: Columnas 1-6-25-30.....	71

Figura N°22: Columnas 2-3-4-5-26-27-28-29	72
Figura N°23: Columnas 7-12-13-18-19-24	73
Figura N°24: Columnas 8-9-10-11-14-15-16-17-20-21-22-23.....	74
Figura N°25: Diseño de escalera.....	75
Figura N°26: vista de aisladores en su longitud más grande.....	88
Figura N°27: Modelamiento del edificio de 8 pisos, vista de planta y elevación	90
Figura N°28: Modelamiento del edificio de 8 pisos, vista de planta y elevación, diafragma rígido.....	90
Figura N°29: Asignación de cargas, para el modelamiento estructurales	91
Figura N°30: Análisis sísmico con desplazamiento en X.....	91
Figura N°31: Análisis sísmico con desplazamiento en Y.....	92
Figura N°32: Diagramas de momentos por sismo en X.....	92
Figura N°33: Diagramas de momentos por sismo en Y.....	93
Figura N°34: Diagramas de momentos por cargas.....	93
Figura N°35: Diagramas de momento por carga viva	94
Figura N°36: Cortante por sismo en X.....	94
Figura N°37: Cortante por sismo en Y.....	95
Figura N°38: Carga axial	95
Figura N°39: Espectro Sísmico	96
Figura N°40: Torsión	96
Figura N°41:: Máximo desplazamiento por sismo en X.....	97
Figura N°42: Máximo desplazamiento por sismo en Y	97
Figura N°43: Análisis sísmico dinámico espectral	98
Figura N°44: Modelo espectral 1	98
Figura N°45: Modelo espectral 2	99

Figura N°46: Modelo espectral 3.....	99
Figura N°47: Modelo espectral 4.....	100
Figura N°48: Modelo espectral 5.....	100
Figura N°49: Modelo espectral 6.....	101
Figura N°50: Modelo espectral 7.....	101
Figura N°51: Cumple en dirección X.....	102
Figura N°52: Cumple en dirección Y.....	102
Figura N°53: Diseño de placa para instalación de ascensor y montacargas.....	103
Figura N°54: Modelamiento de placas, proceso de iteración cimentación suelo.....	103
Figura N°55: Modelamiento de platea de cimentación.....	104

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad realizar un análisis de diseño sísmico de un edificio convencional y el diseño sísmico de un edificio de 8 pisos con aisladores sísmicos en la ciudad de Piura. La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, tipo aplicada y no experimental en la cual se pudo identificar dos variables una dependiente que abarca el diseño sísmico y otra independiente que se enfoca en los aisladores, también se pudo determinar el impacto económico que genera la implementación de estos sistemas. La población que se utilizó fueron los terrenos vacíos que cumplen con las condiciones establecidas en los parámetros urbanísticos, y como muestra de estudio un área de 1720.22 m². La técnica que se usó fue el software AutoCAD, Microsoft Excel y Etabs, se obtuvo como resultado los desplazamientos de 39.39% en el eje X-X y 12.72% en el eje Y-Y; con un periodo de sismo modal de 2.5s; y el diseño de aislador de tipo LRB1. Como conclusión, se logró realizar el análisis y diseño sísmico de la estructura aislada y el dispositivo LRB propuesto, los cuales cumplen con las verificaciones por estabilidad dispuestas en la Norma E.031.

PALABRA CLAVE: Diseño sísmico, Aisladores, Análisis sísmico.

ABSTRACT

The purpose of this research project was to carry out a seismic design analysis of a conventional building and the seismic design of an 8-story building with seismic isolators in the city of Piura. The methodology was based on a quantitative approach, applied and non-experimental type in which it was possible to identify two variables, one dependent that covers the seismic design and another independent that focuses on the isolators, it was also possible to determine the economic impact generated by the implementation. of these systems. The population that was used was the empty lands that meet the conditions established in the urban parameters, and as a study sample an area of 1720.22 m². The technique used was the AutoCAD, Microsoft Excel and Etabs software, the displacements of 39.39% in the X-X axis and 12.72% in the Y-Y axis were obtained; with a modal earthquake period of 2.5s; and the LRB1 type isolator design. As a conclusion, it was possible to carry out the seismic analysis and design of the isolated structure and the proposed LRB device, which comply with the stability checks provided in Standard E.031.

KEYWORD: Seismic designs, Isolators, Seismic analysis.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se han registrado diversos eventos telúricos de gran escala y magnitud. Perú es uno de los países localizados en el conocido “Cinturón de Fuego o Anillo de Fuego” el cual es el producto de la interacción de las placas tectónicas, como la placa del Pacífico, América del Sur, América del Norte, Nazca, Filipinas y Australia, en donde se encuentra el 50% de volcanes inactivos y activos, los cuales al producir la subducción han generado el 90% de ocurrencia de terremotos a nivel mundial, ocasionando diversas consecuencias a nivel social y constructivo.

Chile, es uno de los países que a lo largo de la historia ha tenido mayor presencia de sismos, por lo que empezó a desarrollar sistemas que ayudan a mitigar el efecto producido por estos eventos telúricos, naciendo así los aisladores sísmicos, este país ha podido demostrar el funcionamiento adecuado de los dispositivos que se han implementado desde el año 1992 con la creación del edificio Andalucía de 4 pisos al cual se le instaló 8 aisladores, a partir de entonces se ha desarrollado diversas propuestas de sistemas antisísmicos, los cuales han demostrado tener un buen funcionamiento. Los aisladores sísmicos han otorgado diversos beneficios como es la protección pasiva, la cual la veremos reflejada en el edificio Vanguardia (Arriagada Rosas Valdivia, 2005, p. 2).

Como se mencionó anteriormente, nuestro país también se encuentra en una zona altamente sísmica, lo que ha motivado a la implementación de estos dispositivos en las nuevas edificaciones con la finalidad de minimizar daños, costos a largo plazo y seguridad para los diversos ámbitos y aspectos que involucran este rubro. La primera ciudad que inició con la implementación de estos sistemas es Lima, quien al hacer una evaluación de daños producidos por estos fenómenos naturales y con el silencio sísmico presente, se dio la iniciativa de realizar diseños de edificios incluyendo aisladores sísmicos, teniendo así la primera construcción en San Martín de Porres el año 2013.

Piura es uno de los departamentos que a lo largo del tiempo ha registrado terremotos con intensidad de VII debido a que se encuentra en la Zona 4 de peligro sísmico con un factor de 0.45 el cual es el más alto lo que indica que tiene una probabilidad del 10% de ocurrencia cada 50 años de acuerdo a la clasificación brindada por el RNE Norma E030 (RNE, 2017, p. 383). La ubicación de esta localidad ha ocasionado diferentes problemas y fallas en sus edificaciones pues al combinarse con un incorrecto diseño sísmico estructural y la tipología de suelo que caracteriza esta ciudad ha generado consecuencias poco favorables, por lo cual se debe realizar construcciones usando medidas y elementos sísmicos óptimos para garantizar la continuidad, seguridad y permanencia de las diferentes edificaciones.

Por este motivo, en nuestra tesis se buscó fomentar el manejo de estos dispositivos, identificando diferentes tipos de sistemas antisísmicos, destacando el aislador con núcleo de plomo (LRB), este tiene una mayor efectividad ante un sistema telúrico conllevando a una elevada demanda en el mercado; por lo que se planteó su uso en establecimientos de primera necesidad como es la salud, encontrando en esta categoría los Centro de Rehabilitación, donde se alberga una gran cantidad de personas.

En esta investigación se realizó los estudios correspondientes basándose en antecedentes que se han suscitado a lo largo de la historia; guiándonos de investigaciones existentes con el fin de tener un historial de este sistema, para ser aplicado en nuestro departamento el cual se ha visto afectado por fenómenos naturales; este sistema mitigará el impacto estructural en las edificaciones, por esta razón se formuló el siguiente problema general ¿Cuál sería el diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021?. Además se tienen los siguientes problemas específicos, ¿Cuál será el diseño arquitectónico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021?, ¿Cómo sería el predimensionamiento de los elementos estructurales de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021?, y por último, ¿Cuál sería el dimensionamiento para

aisladores sísmicos mediante software ETABS y diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional?

La presente investigación fue importante ya que buscó difundir el uso de los aisladores de base en centros médicos (Centro de Rehabilitación), centrándose en el diseño sísmico de un edificio de 8 pisos, convencional y con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021, en la que permitió conocer cuál fue la respuesta ante eventos telúricos que a lo largo del tiempo se vienen registrando, dando origen a la justificación teórica, pues este proyecto nos proporcionó diversos beneficios, pues los aisladores tienden a reducir daños en las edificaciones y también las pérdidas humanas, además este sistema puede soportar movimientos severos evitando un desplazamiento entre los niveles y rigidizando su estructura. Asimismo, la justificación práctica, se basó en la verificación de la información con las normas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones, el código ASCE 7-10 y ACI. También, la justificación metodológica, pues el proyecto se desarrolló con información recopilada de libros, tesis y afiches de referencias bibliográficas que ayudó como fuente de estudio para nuestra tesis y poder justificar el proyecto propuesto.

El objetivo general es realizar el diseño sísmico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021. Seguido de los objetivos específicos, elaborar los planos de arquitectura de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021. También, elaborar el predimensionamiento de los elementos estructurales de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021. Por último, determinar el dimensionamiento para aisladores sísmicos mediante software ETABS y diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional en el distrito de Piura-Piura, 2021.

Por lo mencionado anteriormente se planteó la siguiente hipótesis general, la cual consiste en que el diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional tiene diferencia significativa junto al diseño de un edificio con aisladores en el distrito de Piura - Piura, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Según los antecedentes internacionales, se mencionó a Rodríguez (2016) quien en su tema de investigación planteó como objetivo principal identificar de qué forma se desarrolló el diseño de un edificio de 8 niveles, el cual contiene un sistema de protección basal con aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento, esto sirvió para poder demostrar el comportamiento que puede tener una estructura convencional junto a una que se encuentre aislada, para ello se usó métodos en los cuales se obtuvo datos fundamentales como el periodo de vibración, desplazamiento y fuerza sísmica de las estructuras; además, para llevar a cabo esto se usó un software computacional (ETABS). La conclusión a la que se llegó en dicha investigación es el planteamiento de aislación sísmica de un edificio, para ello se realizó un análisis a la estructura convencional, luego se realizó el comparativo con el diseño de un edificio usando aisladores sísmicos y así poder identificar el impacto en el comportamiento sísmico de las estructuras. En tanto a los resultados se comprobó que las estructuras con aisladores elastoméricos tienen un mejor comportamiento usando el 5% de amortiguación, además se pudo demostrar que la aislación basal provoca la separación de la estructura del suelo, reduciendo la energía que ingresa.

Así mismo, Tupiza (2017) cuyo propósito fue realizar un análisis comparativo del diseño estructural entre una construcción destinada a un parque recreativo con aisladores y otra convencional, asegurando su estabilidad, amortiguamiento y resistencia en la estructura. Este proceso se realizó mediante el método inductivo y con una metodología relacionado con riesgo sísmico con la finalidad de comparar y demostrar sus beneficios y desventajas del uso de edificaciones con aisladores sísmicos en sus bases. Para llevar a cabo este proyecto se realizaron consultas bibliográficas para tener diversos fundamentos en cuanto al tema planteado, llevando a cabo el desarrollo de esta a través de sistemas computacionales, esto también ayudó a determinar qué estructura brinda mayor durabilidad, seguridad y mejor economía. De acuerdo al análisis realizado se obtuvo un valor de 0.58% para 3 y 4 pisos en el sentido "x" mientras que en el sentido opuesto se obtuvo el 0.83% comprobando que están dentro del límite máximo los cuales están otorgados por el NEC15.

Según Sierra (2019) nos planteó que los sistemas elastoméricos tienden a reducir el impacto que pueden generar los terremotos en las estructuras pudiendo separar la estructura del suelo, para lo que una opción a elegir son los dispositivos reforzados con acero (SREI) pero el cual a su vez es descartado por su elevado costo. En la siguiente tesis se enfocó en el estudio de aisladores de goma sin límites, los cuales han tenido un buen comportamiento en las diferentes pruebas y estudios a los que se han expuesto; los materiales que componen los aisladores convencionales ayudan a que el costo de estos dispositivos sea reducido. Además, se realizó la indagación de sistemas aisladores a base de acero con nylon o fibra de carbono a través de conexiones atornilladas, esto para poder identificar la facilidad tecnológica, desarrollando en la primera etapa la goma con elevada amortización, para luego realizar los prototipos de aisladores de un edificio, las cuales se usaron a través de pruebas de compresión. Como resultado se obtuvo una satisfacción en el diseño realizado tanto para sistemas SREI y sistemas no atornillados (FREI), obteniendo que ambos en la dirección horizontal son similares pero el amortiguamiento FREI es elevada, además los sistemas a base de nylon resultan ser satisfactorios, mientras que los prototipos con respecto a SREI tienen mejor respuesta, pudiendo estar expuestas a deformaciones más elevadas sin mostrar fallas. Para lo que se llega a la conclusión que el tipo de sistema FREI tiene mejor opción para ser implementado en edificios de menor altura los cuales serán a bajo costo.

Al mismo tiempo, tenemos los antecedentes nacionales, Ríos (2020) cuyo objetivo principal de su proyecto de investigación fue precisar los resultados del bosquejo estructural de una edificación con aisladores sísmicos y otra diseñada en forma convencional de un hospital, con una metodología de tipo aplicada y diseño pre - experimental, en el cual no realizó ninguna modificación en cada una de las variables. El planteamiento de esta investigación se realizó mediante la técnica de observación cuyo instrumento fue el Software ETABS, analizando en la muestra que está dirigida a una pequeña parte de la comunidad de Villa María del Triunfo - Lima. Esto lleva a la conclusión, que una edificación con aisladores brinda una mejor calidad de vida y

seguridad reduciendo las fuerzas sísmicas e impidiendo deformaciones en los elementos perpendiculares.

Igualmente, Delgado (2017), en su tesis tuvo como fin principal establecer el comportamiento de una construcción diseñada con placas de concreto armado y otra diseñada con aisladores elastoméricos. Asimismo, señaló la diferencia de costos entre los dos diseños realizando una comparación tecnológica y económica. Su investigación fue de tipo experimental, con sólo dos escalas: presencia y ausencia. Obteniendo como conclusión que los desplazamientos en el eje "X" de la construcción de manera convencional es de 11cm en el último nivel con respecto de la base, motivo por el cual se señala que la construcción se disminuye en su desplazamiento en un 80.5% en el eje "X".

Por último, Arakaki y García (2017) cuyo objetivo fue verificar que una edificación con aisladores es más eficaz que una con diseño de muros de concreto armado de acuerdo con el paralelo se las observaciones de los movimientos telúricos. Cuya investigación fue de tipo aplicada y correlacional, puesto que existe una relación en los sistemas estructurales con respuestas sísmicas. El nivel fue descriptivo; describiendo el comportamiento ya mencionado. Concluyendo que es beneficioso las edificaciones con aisladores ya que somos un país altamente sísmico donde se quiere reducir pérdidas humanas.

Una de las bases teóricas es la definición del diseño sismo - resistente, siendo el análisis de una edificación en la cual se fundamenta el comportamiento de su estructura y analizar de manera estable la energía disipada (Pretell, 2018, p. 16). Asimismo, se debe tener en cuenta su proporción, selección y uso apropiado de los materiales de construcción, resistencia adecuada, continuidad estructural y maleabilidad (E030, 2016, p. 6).

A la vez, se utilizó un software para el modelamiento, con el fin de corregir y modelar el aspecto arquitectónico, también se pudo realizar el diseño estructural del proyecto plasmado, controlando las diferentes instalaciones que se requieren como son las eléctricas y sanitarias. Por otra parte, el planteamiento de edificaciones con

aislamiento en la Base, de acuerdo con el reglamento Nacional de Edificaciones E.030, nos señala que para el diseño de estos se debe considerar ciertos aspectos que deben cumplir con los requisitos mínimos como medio ambiente, energía del viento, protección al fuego, resistencia de restitución lateral, reducción al desplazamiento sísmico, estabilidad, seguridad, supervisión y mantenimiento (E.030, 2016, p. 10).

Por ende, en este proyecto de investigación se tomó en cuenta los requisitos mínimos para el diseño de la edificación considerando su comportamiento ante un evento telúrico establecidos por el RNE en la Norma Técnica E. 030 (diseño sismorresistente) asimismo se utilizó la Norma Técnica E. 060, la Norma Técnica E.031, en el cual nos indica los requisitos mínimos para el boceto y construcción con aislamiento sísmico (Aguilar y Mendoza, 2020, p. 11).

Por otro lado, tenemos los aisladores sísmicos que son elementos que se encargan de cumplir con la función de desconectar del suelo la estructura logrando que la edificación que se encuentra por encima de los aisladores adopte el comportamiento de un sólido rígido, esto hará que el periodo de la estructura sea más largo ocasionando así reducción de derivas y aceleraciones entrepiso, quienes son los principales causantes de fallas estructurales y no estructurales como se muestra en la **Figura 1**. Los aisladores sísmicos tienen la capacidad de generar un aumento en el amortiguamiento de la estructura, además su función principal es la de disminuir las fuerzas laterales que son transferidas después de ocurrido un evento telúrico a la estructura (Ruiz, 2017, p. 6).

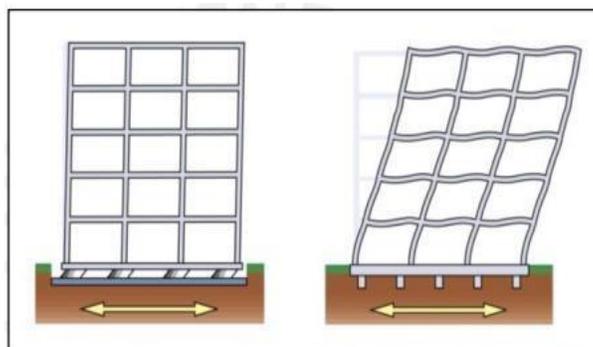


Figura N°01: Comportamiento sísmico de una estructura aislada y convencional

Fuente: FEMA 415, 2003; citado por: Ruiz Castro, Paul, 2017

La implementación de aisladores sísmicos en una edificación es un proceso importante para diseños sismoresistentes, pues podrá independizarse de su cimentación como se puede observar en la **Figura 2**. Estos sistemas generan que las fuerzas sísmicas se reduzcan considerablemente aumentando su amortiguamiento esto se dará en función al tipo de aislador que se utilice, logrando que los desplazamientos se generen básicamente en el sistema aislado generando que la estructura tenga un comportamiento rígido (Tupiza, 2017, p. 20).

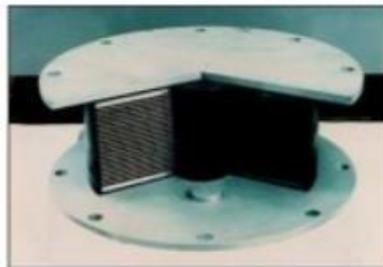


Figura N°02: Aislador Sísmico

Fuente: Aguilar Falconi Roberto, 2008; citado por Tupiza Ayo, 2017

Las edificaciones con aislación sísmica presentan diversos beneficios; la respuesta ante eventos telúricos es menor. También soporta cargas verticales absorbiendo cargas sísmicas. Asimismo, reduce daños en las estructuras, también se reduce la aceleración sísmica, cuando se trata de edificaciones de mediana altura la vibración no debe superar ciertos valores reduciendo la vibración de respuesta (Sánchez, 2018, p. 29).

Entre los diversos tipos de aisladores, tenemos aisladores elastoméricos de bajo amortiguamiento (LRB), que son los primeros sistemas para estructuras aisladas, los cuales fueron usados por primera vez en Skopje Macedonia, estos aisladores están compuestos por bloques conformados de caucho los cuales no tenían refuerzo (Arakaki y García, 2017, p. 25). Además, es fundamental resaltar que este tipo de aislador presenta entre el 20 % y 5 % de amortiguamiento (Monserrate, 2016, p. 15).

Además, se puede encontrar aisladores con alto amortiguamiento (HDRB), estos están constituidos de carbón, resina y aceite con la finalidad de tener un amortiguamiento elevado, subiendo hasta el 10% y 15%. Este tipo de aislador cuando están expuestos

a elevadas temperaturas su sensibilidad es mayor, lo que genera que en los primeros periodos de carga la rigidez sea alta, algo que por lo general se llega a dar en el tercer nivel como se muestra en la **Figura 3**. Estos sistemas tienen la capacidad de unir la disipación de energía y flexibilidad (Mamani, 2017, p. 26).



Figura N°03: Aisladores de Alta Amortiguación, llamados HDRB.

Fuente: Mamani Quispe, 2017

Por otro lado, los aisladores con Núcleo de Plomo (LRB) tiene como fin facilitar medios suplementarios de disipación de energía, siendo así conexiones multicapas de goma y acero intercaladas parecidas al HDR. Por lo que, se dice que este sistema tiene un solo núcleo incluido en el centro del aislador conformado por láminas de caucho natural (Lucen y Samokic, 2018, P. 21).

Respecto a lo mencionado, en la **Tabla N° 1**, indica el resumen de las ventajas y desventajas de los dispositivos de aislación sísmica con núcleo de plomo (LRB) y están ligadas a los estándares de fabricación.

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

Tabla N° 01: Ventajas y desventajas de aisladores LRB

Fuente: Ismail, 2018.

También, el aislador desplazable, se encarga de mantener la relación entre las cargas y movimiento telúrico en los que se ven involucrados las vigas y pilas, quienes son los que resisten una edificación. Estos ayuda a disipar los desplazamientos generados por la tierra. Su composición se basa en Neopreno vulcanizado y placas de acero (Tupiza, 2017, p. 24).

A continuación, se presentan definiciones de los términos más sobresalientes que se han tomado en cuenta en nuestra investigación:

Accesibilidad, la condición de acceso que presta la infraestructura urbanística y edificatoria para facilitar la movilidad y el desplazamiento autónomo de las personas, en condiciones de seguridad.

Aislador, es el elemento estructural del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo sollicitaciones sísmicas. (Norma E031)

Amortiguamiento efectivo, valor del amortiguamiento viscoso equivalente correspondiente a la energía disipada en la respuesta cíclica del sistema de aislamiento sísmico, expresado como fracción del amortiguamiento crítico.

Cortante basal se utiliza para el diseño de cada uno de los elementos estructurales de la edificación, tanto a compresión, flexión y en conjunto flexo compresión.

Carga muerta, peso propio de los materiales, equipos, dispositivos de servicio, tabiques y otros elementos resistidos por la estructura, ya sean permanentes o con una variación pequeña en su magnitud a lo largo del tiempo.

Carga viva, peso de todos los ocupantes, equipos, materiales, muebles y otros elementos movibles resistidos por la estructura.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación:

Según, Mamani (2017) nos señaló que una investigación aplicada es el empleo de conocimientos obtenidos poniéndolos en práctica para luego hacer, modificar, actuar y construir una estructura radical, ordenada y sistemática de ver la realidad (p. 39). De acuerdo a lo mencionado, la presente tesis “Diseño sísmico en un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el Distrito de Piura - Piura, 2021” se caracterizó por tener un enfoque cuantitativo dado que los resultados fueron datos numéricos y aplicada pues este proyecto se fundamenta en la comparación que puede existir entre ambas situaciones, teniendo en cuenta que los aisladores elastoméricos tienen la capacidad para reducir la vibración y deformaciones en las estructuras, por lo que es una opción adecuada pues para ser implementadas en el diseño de un edificio de 8 pisos en distrito de Piura, además de ello se pudo observar la relación que existió con el aspecto económico.

Diseño de Investigación:

Según Martins, F. y Palella, S (2010) Es la estrategia que el indagador acoge con la finalidad de solucionar el problema que se ha identificado para la investigación en curso; el diseño experimental consiste en la variación de una variable para poder tener una posible alternativa la cual puede solucionar la problemática que al ser confirmados se convierte en nuevo conocimiento

De acuerdo a lo expresado por el autor (Ramírez, 2020) una investigación no experimental se define con la búsqueda esquemática y empírica por lo cual el autor o investigador no tiene un control directo con la variable independiente, pues la manifestación ya ocurrió o que es inherentemente no manipulable. El enlace que existe entre las variables debe ser deducido, para lo que no se interfirió directamente en la variación entre las variables ya sea independiente y dependiente (p. 20).

Así mismo Hernández (2014) indicó que las investigaciones descriptivas pretenden detallar las características más relevantes de cualquier situación que pase por un proceso de investigación, también se pudo detallar cual es el objetivo principal del proyecto plasmado y los procesos que sigue para hacerlo posible; además describe la población identificada (Hernández, 2014, p. 92).

Por tal motivo, el diseño de investigación fue no experimental transversal y descriptivo, pues para poder desarrollar nos basamos en variables y conceptos que se han planteado anteriormente. También fue descriptivo pues para llevar a cabo el proyecto se trabajó con datos reales, los cuales presentaron un análisis adecuado por medios ordenados.

3.2. Variables y operacionalización

Según Medina (2014), la operacionalización identifica las variables para poder convertir la variable compleja a una variable empírica, las cuales deben ser observables y de esta forma medibles, al cumplir con estos requerimientos se podrá obtener una visión técnica. Además, se debe identificar las dimensiones e indicadores de las variables pudiendo convertir de lo genérico a lo singular a dicha operacionalización.

Variable independiente:

El proyecto de investigación consideró como variable de estudio independiente a los AISLADORES como se muestra en el **Anexo 4**.

- **Definición conceptual:**

Aisladores (X): aisladores sísmicos son elementos encargados de cumplir con la función de desconectar del suelo la estructura logrando que la edificación que se encuentra por encima de los aisladores adopte el comportamiento de un sólido rígido, Los aisladores sísmicos tienen la capacidad de generar un aumento en el amortiguamiento de la estructura, además su función principal

es la de disminuir las fuerzas laterales que son transferidas después de ocurrido un evento telúrico a la estructura (Ruiz, 2017, p. 6).

- **Definición operacional:**

Los sistemas de aislamiento LRB están constituidos de caucho, placas de acero las que en el centro tienen una hendidura la que al aplicarle presión encaja con el núcleo de plomo, este sirvió para producir periodos de histéresis pues la re-cristalización de la tensión será un beneficio para mejorar la resistencia a la fatiga.

Variable dependiente:

Según nuestro proyecto consideró como variable dependiente el DISEÑO SÍSMICO, como se muestra en el **Anexo 4**.

- **Definición conceptual:**

Diseño Sísmico: diseño sismo – resistente se fundamenta en prevenir daños materiales y humanas, basándose en el comportamiento en su estructura, siendo apto de empapar y dispersar energía de manera estable (Pretell, 2018, p. 16). Asimismo, se debe tener en cuenta su proporción, elección y utilización apropiada de los elementos para la construcción, resistencia adecuada, continuidad estructural y maleabilidad (RNE NORMA E030, p. 6).

- **Definición operacional:**

El diseño sísmico con aisladores es un método el cual se está implementando en los últimos años, después de haber demostrado su efectividad ante diversos movimientos telúricos, esto ha generado que la rigidez de la estructura sea mayor y generar la restricción al desplazamiento sísmico.

Indicadores:

- Cuartos para los pacientes.
- Oficinas

- Sala de gerencia.
- Área de caja.
- Cuarto de control de equipos.
- Área de residuos sólidos.
- Áreas múltiples.
- Vigas.
- Losas macizas.
- Columnas
- Normas y parámetros para el análisis sísmico
- Tipos de aisladores
- Análisis de carga elástica excesiva.
- Análisis estático.

Escala de medición:

- La escala del proyecto de investigación es nominal, razón y ordinario.

3.3. Población, muestra y muestreo

- **Población y muestra**

Según Chávez (2007), identificó como población a la totalidad o universo de la investigación, pues es en este punto en donde se abordaron los resultados, ya que las especificaciones de este permitieron la identificación de las diferencias. Por otro lado, Parra (2003) indicó que la población se basa en la incorporación de las observaciones y mediciones interesadas en la investigación.

Por ende, en la siguiente investigación se consideró como población los espacios disponibles en el distrito de Piura - Piura.

- **Muestra**

La muestra es una porción de un universo identificado con ciertas características denominado población, la cual al ser muy extensa y no ser

medible, se acude a seleccionar una muestra quien tendrá las mismas características similares a la población (Hernández, 2014, p. 175).

Por lo tanto, en esta investigación se consideró como muestra el terreno disponible con un área de 1720.22 m² un edificio de 8 pisos convencional y con aisladores sísmicos en el distrito de Piura – Piura.

3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos

De acuerdo a lo especificado las técnicas de recolección de datos se pudo adquirir la información necesaria para llevar a cabo la investigación; dentro de las técnicas se identificó: la encuesta escrita que se refiere al cuestionario, también se puede encontrar la observación directa, junto al análisis de contenidos, entrevista entre otras (Arias, 2012, p. 111).

Por otro lado, de acuerdo a la validez, se puede definir como el grado de un instrumento de medición, también se identifica la confiabilidad, la que cumple la función de ser un instrumento de producción de resultados coherentes y consistentes (Hernández, 2014, p. 200).

En este proyecto usamos las fuentes bibliográficas, por ejemplo, tesis sustentadas, libros y el Reglamento Nacional de Edificaciones. Además, se realizó el análisis documental y el procesamiento de información. También nos guiamos de los videos de comparación del modelamiento de edificación convencional y diseño con aisladores. Por este motivo, se realizó el modelamiento de estructuras con un sistema antisísmico (aisladores sísmicos) y un convencional, los cuales se ejecutaron softwares como AutoCAD, ETABS, y plantillas de Excel como se muestra en el **Anexo 5**.

3.5. Procedimiento

El proyecto de investigación que se ha planteado, tiene una serie de actividades las cuales se consideró para cumplir con las expectativas requeridas, se inició con una previa evaluación de las consecuencias que ha dejado a través del tiempo los sismos,

con ello se pudo plantear el tema y las variables; de acuerdo al mapa de riesgo de la región Piura se pudo identificar la zona de Piura. Seguidamente se procede a tomar las medidas correspondientes del área del terreno para luego plasmar y diseñar los planos arquitectónicos guiándose del Reglamento Nacional de Edificaciones junto a sus parámetros y Criterios para la construcción del Centro de Rehabilitación. También se tuvo en cuenta la clasificación de suelo, una vez que se tiene esto se continuó con la recopilación de la información pertinente las cuales se obtuvo después de revisar las diferentes fuentes de investigación, es importante que esta información sea de sitios confiables. La información que se acoja fue relacionada con aisladores o sistemas antisísmicos y diseño sísmico en una edificación convencional o con mecanismos que ayuden en la disminución del efecto de un evento telúrico.

Posteriormente, se realizó la estructuración de la edificación, de donde se obtuvo un sistema de pórticos de concreto armado y placas en los muros de ascensor y escalera. Luego, se asignaron las dimensiones a cada uno de los elementos que conforman la estructura, tales como losas, vigas, columnas y placas, las cuales resultaron de un predimensionamiento basado en fórmulas de fuentes confiables. Luego, se modeló la edificación convencional en el programa Etabs y se realizó el análisis sísmico de la estructura, con la finalidad de hallar su periodo en base fija y multiplicarlo por un determinado factor que dé como resultado un periodo objetivo de más de tres veces el de base fija. Asimismo, con estos datos, se realizó el análisis de la estructura aislada, aplicando los procedimientos explicados en la normativa competente y hallando los principales parámetros que nos servirán para el diseño de los dispositivos. Para terminar, se realizó el diseño de los dispositivos haciendo uso de hojas de cálculo elaboradas por los autores donde se introdujeron los datos de los resultados anteriores y fijar así las dimensiones óptimas que cumplan con las verificaciones que estipula la norma, tanto a carga axial como a las deformaciones.

3.6. Método de análisis de datos

La presente investigación se realizó bajo un análisis descriptivo en el cual se incluye tablas en donde se especifican los resultados obtenidos, los cuales son adquiridos

mediante métodos de Análisis Estático y dinámico, mediante software como ETABS, a esto se le suma el cálculo de estructuras, con la finalidad de determinar la diferencia que existe en el proyecto planteado.

3.7. Aspectos éticos

Durante el proceso de investigación y al hacer uso de las diferentes fuentes de información, damos de manifiesto hacer cumplir los puntos fundamentales para que el proyecto se desarrolle de manera honesta y veraz, pues usamos información del RNE, como es la norma E030 - E031 en los que nos habla del diseño sismo-resistente y aisladores sísmicos respectivamente, asimismo usamos la norma A 120, la norma A50 y norma E.060.

Respeto a la autoría, se cumplió con citar y registrar a los autores debidamente consultados y referenciados, además la elaboración del proyecto se realizó bajo sistema ISO 690.

IV. RESULTADOS

Basándonos en el objetivo general el cual consistió el diseño sísmico en un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021 se planteó la siguiente información:

El plano de arquitectura se diseñó tomando en cuenta criterios y parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones tales como A120, A50, E030, E031, E020, E050, E060. Este diseño cuenta con ambientes adecuados y distribuidos que facilita la transitabilidad de sus pacientes por las instalaciones.

El proyecto se diseñó en la siguiente zona de estudio:

- ✓ Departamento : Piura
- ✓ Provincia : Piura
- ✓ Distrito : Piura

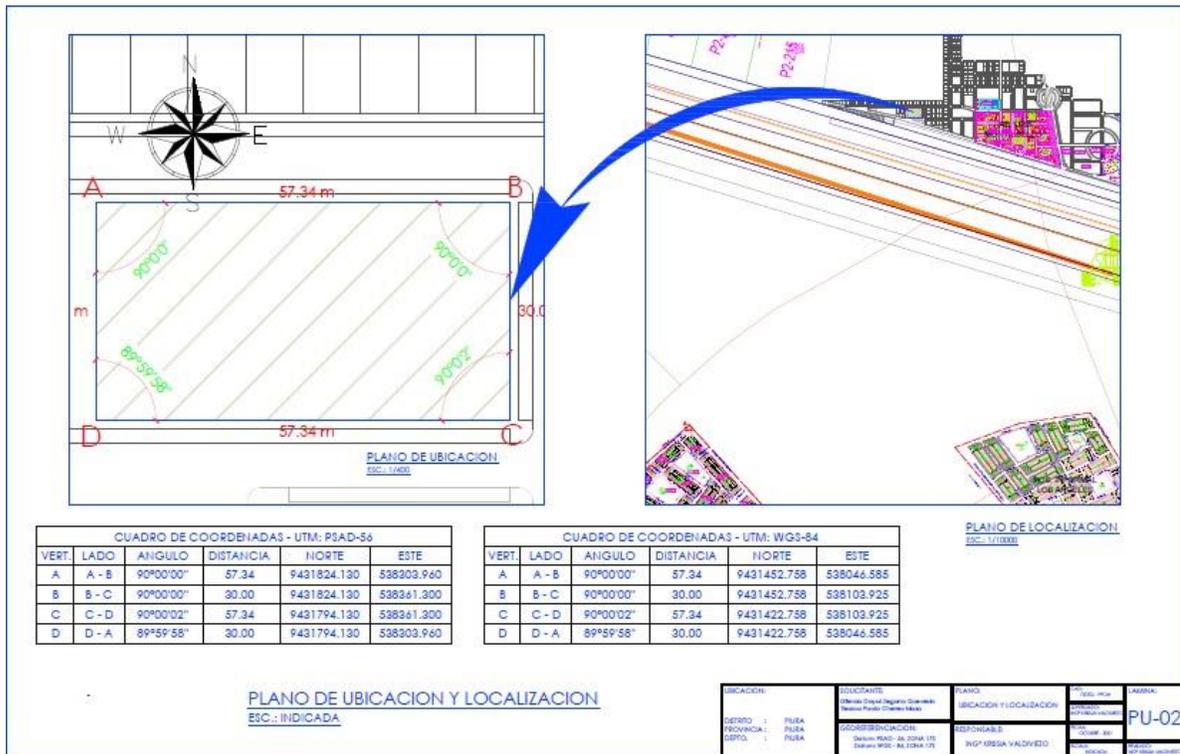


Figura N° 04: Plano de Ubicación.

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

El cual se encuentra en Ejidos de Huan, según la ubicación en el plano de zonificación residencial, esta zona se caracteriza por un tipo de suelo H3, el cual es adecuado para edificaciones que van a tener un fin médico.

- ✓ Área del terreno : 1720.22 m²
- ✓ Perímetro : 174.68 m

El siguiente proyecto se elaboró con la finalidad de plantear una solución antisísmica como es la implementación de aisladores sísmicos en centros médicos basados en la rehabilitación de niños y adultos que tengan enfermedades que retrasen su desarrollo cognitivo psicomotriz, para lo que se realizó el primer objetivo de la tesis planteada que consiste en el diseño de la arquitectura tomando en cuenta los criterios de las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones como son las Normas E030, E031, A050, E060, E020, A120, E070.

Además, por tratarse de un proyecto en el que tiene fines prioritarios como es la salud, son los establecimientos que deben ser los últimos en sufrir colapso o falla ante un evento sísmico, por lo que se implementó sistemas de aislación sísmica, los cuales están ubicados en un piso técnico que coincidió con el área de bloque construido, este piso técnico debe cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica E.031, además obtuvimos información en el código ASCE 7-10, la cual nos mostró los requisitos mínimos para una estructura con fines sismo resistentes.

Además, se cumplió con el segundo objetivo el cual consistió en realizar el predimensionamiento de los elementos estructurales donde se obtuvo los cálculos necesarios para el diseño de la edificación; por último, se determinó el dimensionamiento de los aisladores sísmicos mediante software ETABS.

A continuación, se muestra el plano de estructuración de los aisladores sísmicos.

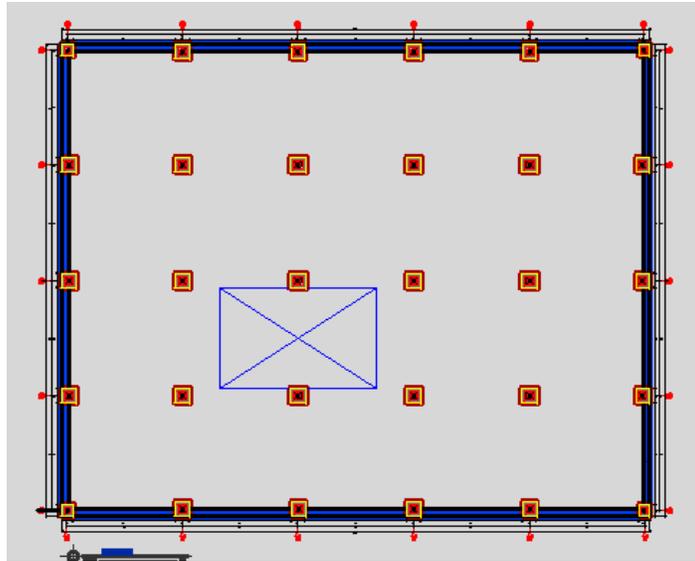


Figura N° 05: Estructuración del bloque aislado

Fuente Elaborado por los autores, 2021

En la figura se puede mostrar la forma en la que estarán distribuidos los sistemas aislados, para así poder realizar un predimensionamiento de la estructura el cual consistió en dar una dimensión aproximada de los elementos estructurales tomando en cuenta los criterios que se plasman en las normas de edificaciones como es el caso de la norma E 060 así como los criterios de diseño arquitectónico que se tomaron; estos cálculos se realizaron con la finalidad de corroborar si las dimensiones son las más adecuadas para su respectivo diseño. Dentro del predimensionamiento que se realizó se consideró vigas, columnas, lozas y platea de cimentación; a continuación, se muestra los valores que se usaron para el diseño inicial a través de una plantilla de Excel:

S/C:	400.00	Kg/cm ²
S/C Azot:	150.00	Kg/cm ²

F'c=:	245.00	Kg/cm ²
N° Pisos:	8.00	Niveles
Altura de Entrepiso:	3.50	m
Capacidad Portante:	1.20	Kg/cm ²
Fondo de Cimentación:	4.00	m
Peso promedio de Suelo:	1.86	Tn/m ³
Peso específico Albañilería:	1800.00	Kg/m ³
Peso específico C° Simple:	2300.00	Kg/m ³
Peso específico C° Armado:	2400.00	Kg/m ³
Fy:	4200.00	Kg/cm ²

Tabla N°02: Plantilla de predimensionamiento.

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES EMPLEADOS

En la obtención de materiales fue fundamental conocer el origen de estos y el diseño de mezcla de sus componentes, así también como las unidades de albañilería (ladrillo) entre otros materiales que se usaron en el proyecto plasmado.

Concreto armado

- ✓ Losas, zapatas, losas de cimentación, placas, vigas, columnas y escalera
- f'c: 245 Kg/cm²

Lo que corresponde la siguiente cantidad de materiales:

F'c (KG/CM2)	CEMENTO	ARENA GRUESA	PIEDRA CHANCADA ½ "	AGUA
245	10.82	0.33	0.94	0.184

- ✓ Módulo de Elasticidad (E): 2'173 706.51 Ton/m2 (f'c = 210 Kg/cm2)
- ✓ Módulo de Poisson (u): 0.20
- ✓ Peso Específico (γc): 2300 Kg/m3 (concreto simple); 2400 Kg/m3 (concreto armado).
- ✓ Acero corrugado (Resistencia a la fluencia (fy) : 4,200 Kg/cm² (G^o 60)"E" :2'100,000 Kg/cm²)
- ✓ Norma NTP 399.613:2005 - 339.604 - 399.604: Unidad de albañilería - tipo IV King Kong 18 huecos el cual cuenta con una resistencia y durabilidad alta
- ✓ Piedra chancada ½ "cantera Venados (Lancones -Sullana)

Se consideró ciertos recubrimientos como mínimo según el elemento estructural:

- Vigas y columnas estructurales >= 25cm. : 6.00 cm.
- Vigas y columnas estructurales < 25cm. : 4.00 cm.
- Zapatas : 7.50 cm.

ESPECIFICACIONES DEL TERRENO Y CIMENTACIÓN

Tipo de Cimentación	Losas de cimentación (Plateas)	
Estrato de apoyo de la Cimentación	Arena con presencia de limos y arcilla	
Parámetros de cimentación	Df. (m)	Q adm. (kg/cm ²)
	4.00	1.2
Agresividad del suelo a la cimentación	LEVE	
Cemento	TIPO I (MS)	

CARGAS Y DISEÑO

En el diseño de la estructura se consideró valores mínimos establecidos en la Norma Técnica E.020, dentro de esta pauta se tomaron en cuenta cargas muertas, vivas y sismo. Dentro de la carga muerta (CM) se estableció el peso de los materiales, tabiques, junto al peso propio de la estructura, por otro lado, dentro de la carga viva (CV) se reconoció el peso de los usuarios del establecimiento, equipos y otros elementos que pueden ser trasladados de un lugar a otro, fue fundamental considerar la acción sísmica que se tuvo en dicha edificación la cual se consideró como carga de sismo (CS).

Las combinaciones que se usaron para poder hallar la resistencia nominal y otros puntos fundamentales fueron las siguientes:

1.4 M + 1.7 V	M = carga muerta
1.25 (M + V) + S	V = carga viva
1.25 (M + V) - S	S = carga de sismo
0.90 M + S	
0.90 M - S	

Por otro lado, se tuvieron en cuenta algunos factores de reducción según sea el caso en el que se encuentre ya sea flexión, tracción, cortante, torsión, compresión y flexo compresión, el cual se ve reflejado en la **Tabla N°03** por otro lado se debe cumplir la siguiente condición para los elementos estructurales:

$$\text{Resistencia de Diseño} \geq \text{Resistencia Requerida (U)}$$

$$\text{Resistencia de Diseño} = \Phi \text{ Resistencia Nominal}$$

Solicitación principal	Factor de Reducción
Flexión	0.90
Tracción y Tracción + Flexión	0.90
Cortante	0.85
Torsión	0.85
Cortante y Torsión	0.85
Compresión y Flexo compresión	
Elementos con espirales	0.75
Elementos con Estribos	0.70

Tabla N°03: Factores de reducción de resistencia

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060

PREDIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA ALIGERADA

$$h = \frac{Ln}{25}$$

$$h = \frac{6.73}{25}$$

$$h = 0.27 \rightarrow H = h - 5$$

$$h = 0.27 - 5 = 0.22 \text{ m}$$

∴ El espesor de la losa maciza se considerará 3/4 de 0.20 m

PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSA MACIZA

Para el predimensionamiento de la losa se procedió a elaborar el diseño de una losa maciza en dos direcciones

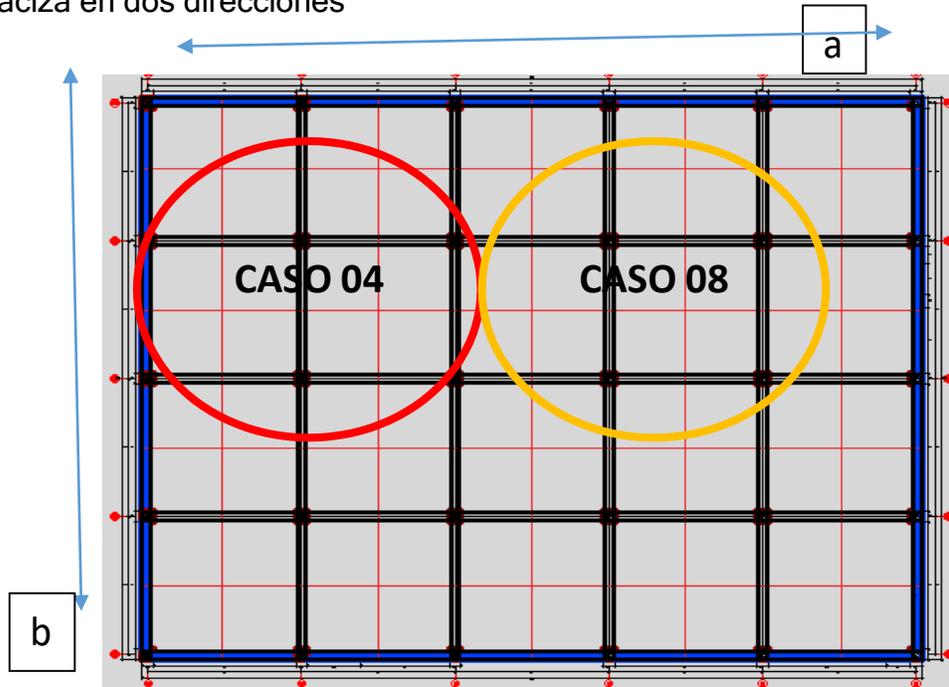


Figura N°06: Predimensionamiento de losa Maciza

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

Se comprobó donde si cumple la condición para ser una losa en dos direcciones:

$$\frac{L_{may}}{L_{men}} < 2$$
$$\frac{8.18}{7.88} = 1.04$$

DATOS:

F'c	245 kg/m2
Fy	4200 kg/cm2
pc	2400kg/m3

SC 400 kg/m²

CV 186.99Tn

CM 462.39Tn

$$WU = 1.4(CM) + 1.7(CV)$$

$$WU = 1.4(462.39) + 1.7(186.99)$$

$$WU = 965.23 \text{ kg/m}$$

Se tomó en cuenta los coeficientes para hallar momentos positivos y negativos, los cuales se lograron hallar ubicando el tipo de caso, como se muestran en la **Figura N° 06**.

Caso 04

Momentos negativos	Ca	0.05
	Cb	0.05
Momentos positivos	Ca	0.027
	Cb	0.027
Momentos positivos CV	Ca	0.032
	Cb	0.032

Cálculo de momentos

$$M_a(-) = Cu * l_a^2 * Ca$$

$$M_a(-) = 965.23 * 8.18^2 * 0.05$$

$$M_a(-) = 3229.29 \text{ kg.m}$$

$$M_a(+) = 1.4CM * l_a^2 * Ca + 1.7CV * l_a^2 * Ca$$

$$M_a(+) = 1.4(462.39) * 8.18^2 * 0.027 + 1.7(186.99) * 8.18^2 * 0.032$$

$$M_a(+) = 1850.17 \text{ kg.m}$$

$$M_b(-) = Cu * l_b^2 * Cb$$

$$M_b(-) = 965.23 * 7.88^2 * 0.05$$

$$M_b(-) = 4657.08 \text{ kg.m}$$

$$M_b(+) = 1.4CM * l_b^2 * Ca + 1.7CV * l_b^2 * Ca$$

$$M_b(+) = 1.4(462.39) * 7.88^2 * 0.027 + 1.7(186.99) * 7.88^2 * 0.032$$

$$M_b(+) = 1716.95 \text{ kg.m}$$

Caso 08

Momentos negativos	Ca	0.033
	Cb	0.061
Momentos positivos	Ca	0.020
	Cb	0.023
Momentos positivos CV	Ca	0.028
	Cb	0.030

Cálculo de momentos

$$M_a(-) = Cu * l_a^2 * Ca$$

$$M_a(-) = 965.23 * 8.18^2 * 0.033$$

$$M_a(-) = 2131.33 \text{ kg.m}$$

$$M_a(+) = 1.4CM * l_a^2 * Ca + 1.7CV * l_a^2 * Ca$$

$$M_a(+) = 1.4(462.39) * 8.18^2 * 0.020 + 1.7(186.99) * 8.18^2 * 0.028$$

$$M_a(+) = 1462.88 \text{ kg.m}$$

$$M_b(-) = Cu * l_b^2 * Cb$$

$$M_b(-) = 965.23 * 7.88^2 * 0.061$$

$$M_b(-) = 463.97 \text{ kg.m}$$

$$M_b(+) = 1.4CM * l_b^2 * Ca + 1.7CV * l_b^2 * Ca$$

$$M_b(+) = 1.4(965.23) * 7.88^2 * 0.023 + 1.7(186.99) * 7.88^2 * 0.030$$

$$M_b(+) = 2522.08 \text{ kg.m}$$

BALANCEAR MOMENTOS

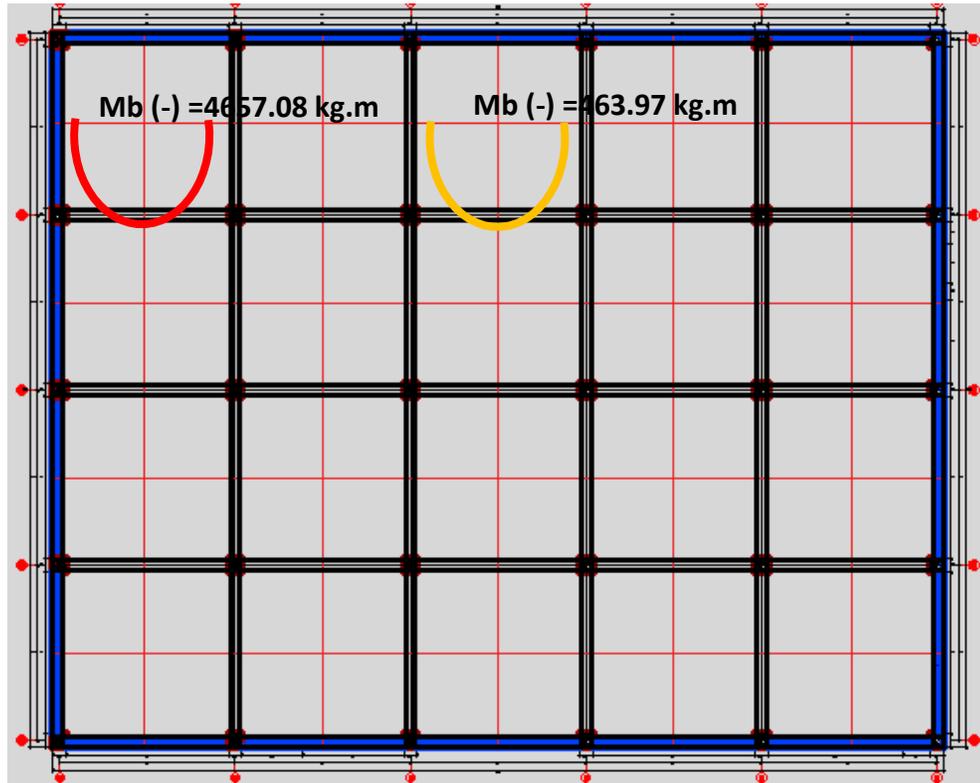


Figura N°07: balanceo de momentos

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

Al momento de identificar si los momentos se deben balancear se tomó en cuenta los siguientes criterios:

Si $M_b(Losa1) \geq 0.80M_blosa2$ no balancear

Si $M_b(Losa1) < 0.80M_b$ balancear

$$4667.08 \text{ kg.m} \geq 0.80 * 463.97 \text{ kg.m}$$

$$4667.08 \text{ kg.m} \geq 371.18 \text{ kg.m}$$

$$4667.08 \text{ kg.m} < 371.18 \text{ kg.m}$$

\therefore NO SE DEBE BALANCEAR

Áreas de acero

$$AS_{min} = 0.0018A_g$$

$$AS_{min} = 0.0018 * (100 * 20)$$

$$AS_{min} = 7.2 \text{ cm}^2$$

Momentos para As min

$$MAS_{min} = \Phi AS_{min} f_y \left(d - \frac{AS_{min} f_y}{1.7 f'_c * b} \right)$$

$$MAS_{min} = 0.90 * 7.2 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2 \left(17 - \frac{7.2 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^2}{1.7 * 245 * 100} \right)$$

$$MAS_{min} = 4392.38 \text{ kg.m}$$

$$Asb = \frac{M * As_{min}}{M \text{ para } As_{min}}$$

$$Asb = \frac{4667.08 * 7.2}{4392.38}$$

$$Asb = 7.65 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, el espaciamiento se dio de la siguiente manera:

$$Sb = \frac{As_{min}}{As} * 33$$

$$Sb = \frac{7.20 \text{ cm}^2}{7.65 \text{ cm}^2} * 33 \text{ cm} = 31.06$$

$$Sb = 30 \text{ cm}$$

Luego se realizó el mismo procedimiento para el lado a:

$$Asa = \frac{3229.29 * 7.2}{4392.38}$$

$$Asa = 5.29 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, el espaciamiento se dio de la siguiente manera:

$$Sa = \frac{As_{min}}{As} * 33$$

$$S_a = \frac{7.20 \text{ cm}^2}{5.29 \text{ cm}^2} * 33 \text{ cm} = 44.91$$

$$S_a = 45 \text{ cm}$$

Se comprobó el espaciamiento a través de lo estipulado en la norma ACI, el cual debe estar entre 2.5 cm y la siguiente expresión:

$$db * y (-) * dagg^3$$

En donde:

db = diámetro nominal de una barra

dagg = tamaño nominal del agregado grueso

$$S_{min} = 2.5$$

$$S_{min} = \frac{4}{3} * \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ plg}} * \frac{3}{4}$$

$$S_{min} = 2.54 \text{ cm}$$

Mientras que el espaciamiento máximo se dio entre Las siguientes expresiones:

3h y 45 cm

$$S_{máx} = 3 * 20 = 60 \text{ cm}$$

$$S_{máx} = 45 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se cumplió el espaciamiento de $S_b = 30 \text{ cm}$ y $S_a = 45 \text{ cm}$.

ACERO PRINCIPAL	ESPACIAMIENTO	
	LADO A	LADO B
1 plg	0.45 m	0.30 m

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

VIGAS

Vigas Principales

Se procedió con el cálculo de las vigas principales, en los que B = Ancho tributario y α =factor para pre-dimensionamiento de vigas el cual varía entre 10 y 12, en tal caso se pre-dimensionó con el valor de 10 ya que esto nos indica un criterio sismo-resistente.

$$b = \frac{B}{20} = \frac{8.03}{20}$$
$$b = 0.40 \text{ m}$$

Usar: $b = 0.45\text{m}$

$$h = \frac{Ln}{\alpha}$$
$$h = \frac{7.88}{10}$$

$$h = 0.78 \text{ m}$$

Usar: $h = 0.75\text{m}$

De lo anterior se pudo establecer la sección de la viga:

$b \times h = 0.45\text{m} \times 0.75\text{m}$

Las vigas se diseñaron en ambos sentidos por ser una planta simétrica y sobre todo por cumplir con la siguiente relación $L_{may}/L_{men} < 2$ lo que indica una losa en dos direcciones.

Descripción			h(m)			b(m)		
fc	=245	Nombre de	Luz Mayor	Ln/ α	α	Elegido	B/20	Elegido
kg/cm2		la Viga	Libre(m)					
Block 01		V-101	7.88	0.78	10	0.75	0.45	0.45

Tabla N°04: Resumen de la sección de vigas.

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

DISEÑO DE VIGAS

VIGAS EN MAYOR LONGITUD (L=40.00m)

Sección de vigas (0.45m*0.75m)

VIGA V-101=V-105

Metrado de cargas

Ancho tributario = 4.21m

V-101=4.21m - 0.45m

V-101=3.76m

Peso propio losa :	480	Kg/m ²	*	3.76m	=	1804.8 Kg/m
Piso terminado :	100	Kg/m ²	*	4.21m	=	421 Kg/m
Peso tabiquería :	100	Kg/m ²	*	4.21m	=	421 Kg/m
Acabados :	100	Kg/m ²	*	4.21m	=	421 Kg/m
Carga viva viga :	2400kg/m ³ *0.45m*0.75m				=	810 Kg/m
WD					=	3877.8 Kg/m

$$WL = 480 \text{ kg/m}^2 * 4.21 \text{ m} = 2020.8 \text{ kg/m}$$

CARGA ÚLTIMA

$$W_u = 1.4 \text{ WD} + 1.7 \text{ WL}$$

$$W_u = 1.4 (3877.8 \text{ kg/m}) + 1.7 (2020.8 \text{ kg/m})$$

$$W_u = 8861.28 \text{ kg/m}$$

CÁLCULO DE MOMENTOS

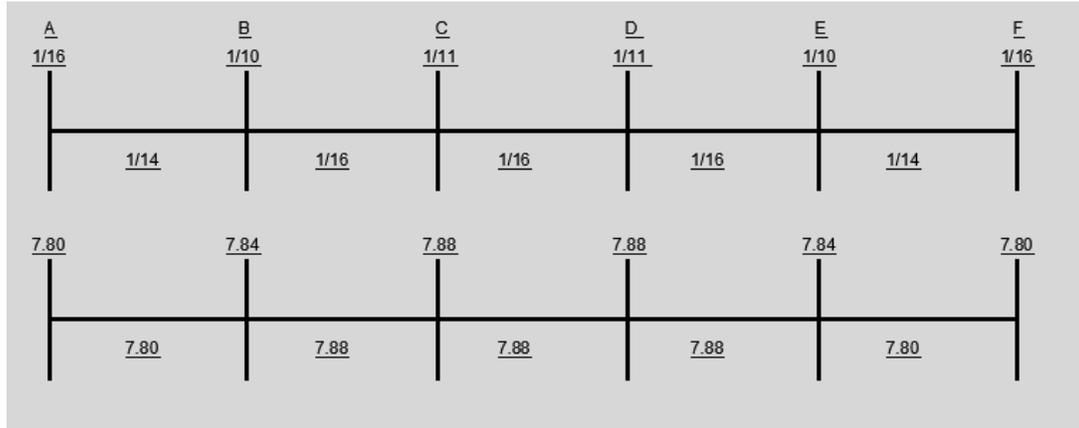


Figura N°08: Coeficientes ACI

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

Momentos positivos

$$A - B = \frac{(8861.28) * (7.80)^2}{14} = 38508.59 \text{ kg.m} \approx 3055159 \text{ kg.cm}$$

$$B - C = \frac{(8861.28) * (7.88)^2}{16} = 34389.74 \text{ kg.m} \approx 3438974 \text{ kg.cm}$$

$$C - D = \frac{(8861.28) * (7.88)^2}{16} = 34389.74 \text{ kg.m} \approx 3438974 \text{ kg.cm}$$

$$D - E = \frac{(8861.28) * (7.88)^2}{16} = 34389.74 \text{ kg.m} \approx 3438974 \text{ kg.cm}$$

$$E - F = \frac{(8861.28) * (7.80)^2}{14} = 38508.59 \text{ kg.m} \approx 3850859 \text{ kg.cm}$$

Momentos negativos

$$A = \frac{(8861.28) * (7.80)^2}{16} = 33695.02 \text{ kg.m} \approx 3369502 \text{ kg.cm}$$

$$B = \frac{(8861.28) * (7.84)^2}{10} = 54466.39 \text{ kg.m} \approx 5446639 \text{ kg.cm}$$

$$C = \frac{(8861.28) * (7.88)^2}{11} = 50021.44 \text{ kg.m} \approx 5002144 \text{ kg.cm}$$

$$D = \frac{(8861.28) * (7.88)^2}{11} = 50021.44 \text{ kg.m} \approx 5002144 \text{ kg.cm}$$

$$E = \frac{(8861.28 * (7.84))^2}{10} = 54466.39 \text{ kg.m} \approx 5446639 \text{ kg.cm}$$

$$F = \frac{(8861.28) * (7.80)^2}{16} = 33695.02 \text{ kg.m} \approx 3369502 \text{ kg.cm}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo (+)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{3438974 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 14.44 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{14.443 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 6.47$$

$$As = 12.63 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{As = 13.60 \text{ cm}^2}$$

$$a = 6.11$$

$$\mathbf{a = 6.10}$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{13.60 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 2.68 \approx 3 \text{ var } \emptyset 1"$$

Acero negativo (-)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{5446639 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 22.87 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{22.87 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 10.25$$

$$As = 22.21 \text{ cm}^2$$

$$a = 9.95$$

$$As = 22.16 \text{ cm}^2$$

$$a = 9.93$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{22.16 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 4.37 \approx 4 \text{ var } \emptyset 1''$$

Sección típica de viga

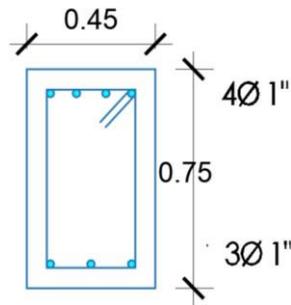


Figura N°09: Sección típica de viga

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

El diseño de viga V-101 será igual a viga V-105.

VIGA V-102 = V-104

Metrado de cargas

Ancho tributario = 7.80 m

V-102=7.80 m - 0.45m

V-102=7.35 m

Peso propio losa :	480	Kg/m ²	*	7.35 m	=	3528 Kg/m
Piso terminado :	100	Kg/m ²	*	7.80 m	=	780 Kg/m
Peso tabiquería :	100	Kg/m ²	*	7.80 m	=	780 Kg/m
Acabados :	100	Kg/m ²	*	7.80 m	=	780 Kg/m
Carga viva viga :	2400kg/m ³ *0.45m*0.75m				=	810 Kg/m
WD					=	6678 Kg/m

WL = 480 kg/m² * 7.80 m = 3744 kg/m

CARGA ÚLTIMA

$$W_u = 1.4 \text{ WD} + 1.7 \text{ WL}$$

$$W_u = 1.4 (6678 \text{ kg/m}) + 1.7 (3744 \text{ kg/m})$$

$$W_u = 15714 \text{ kg/m}$$

Se procedió a hallar los momentos positivos y negativos a través de los coeficientes ACI mostrados en las **Figura N°09**.

Momentos positivos

$$A - B = \frac{(15714) * (7.80)^2}{14} = 68288.55 \text{ kg.m} \approx 6828855 \text{ kg.cm}$$

$$B - C = \frac{(15714) * (7.88)^2}{16} = 60984.46 \text{ kg.m} \approx 6098446 \text{ kg.cm}$$

$$C - D = \frac{(15714) * (7.88)^2}{16} = 60984.46 \text{ kg.m} \approx 6098446 \text{ kg.cm}$$

$$D - E = \frac{(15714) * (7.88)^2}{16} = 60984.46 \text{ kg.m} \approx 6098446 \text{ kg.cm}$$

$$E - F = \frac{(15714) * (7.80)^2}{14} = 68288.55 \text{ kg.m} \approx 6828855 \text{ kg.cm}$$

Momentos negativos

$$A = \frac{(15714) * (7.80)^2}{16} = 59752.49 \text{ kg.m} \approx 5975249 \text{ kg.cm}$$

$$B = \frac{(15714) * (7.84)^2}{10} = 96587.04 \text{ kg.m} \approx 9658704 \text{ kg.cm}$$

$$C = \frac{(15714) * (7.88)^2}{11} = 88704.67 \text{ kg.m} \approx 8870467 \text{ kg.cm}$$

$$D = \frac{(15714) * (7.88)^2}{11} = 88704.67 \text{ kg.m} \approx 8870467 \text{ kg.cm}$$

$$E = \frac{(15714) * (7.84)^2}{10} = 96587.04 \text{ kg.m} \approx 9658704 \text{ kg.cm}$$

$$F = \frac{(15714) * (7.80)^2}{16} = 59752.49 \text{ kg.m} \approx 5975249 \text{ kg.cm}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo (+)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{6828855 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 28.68 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{20.94 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 12.85$$

$$As = 28.42 \text{ cm}^2$$

$$As = 28.39 \text{ cm}^2$$

$$a = 12.74$$

$$a = 12.72$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{28.39 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 5.60 \approx 6 \text{ var } \phi 1"$$

Acero negativo (-)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{9658704 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 40.56 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{29.62 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 18.18$$

$$A_s = 41.95 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 42.20 \text{ cm}^2$$

$$a = 18.80$$

$$a = 18.90$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{42.20 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 8.32 \approx 8 \text{ var } \phi 1''$$

Sección típica de viga

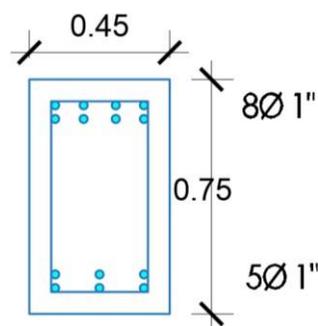


Figura N°10: Sección típica de viga

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

El diseño de viga V-102 será igual a viga V-104.

VIGA V-103

Metrado de cargas

Ancho tributario = 7.88 m

V-103=7.88 m - 0.45m

V-103=7.43 m

Peso propio losa :	480	Kg/m ²	*	7.43 m	=	3566.4 Kg/m
Piso terminado :	100	Kg/m ²	*	7.88 m	=	788 Kg/m
Peso tabiquería :	100	Kg/m ²	*	7.88 m	=	788 Kg/m
Acabados :	100	Kg/m ²	*	7.88 m	=	788 Kg/m
Carga viva viga :	2400 kg/m ³ *0.45m*0.75m				=	810 Kg/m
WD					=	6740.4 kg/m

$$WL = 480 \text{ kg/m}^2 * 7.88 \text{ m} = 3782.4 \text{ kg/m}$$

CARGA ÚLTIMA

$$W_u = 1.4 \text{ WD} + 1.7 \text{ WL}$$

$$W_u = 1.4 (6740.4 \text{ kg/m}) + 1.7 (3782.4 \text{ kg/m})$$

$$W_u = 15866.64 \text{ kg/m}$$

Se procedió a hallar los momentos positivos y negativos a través de los coeficientes ACI mostrados en las **Figura N°08**.

Momentos positivos

$$A - B = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{14} = 75833.93 \text{ kg.m} \approx 7583393 \text{ kg.cm}$$

$$B - C = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{16} = 61576.84 \text{ kg.m} \approx 6157684 \text{ kg.cm}$$

$$C - D = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{16} = 61576.84 \text{ kg.m} \approx 6157684 \text{ kg.cm}$$

$$D - E = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{16} = 61576.84 \text{ kg.m} \approx 6157684 \text{ kg.cm}$$

$$E - F = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{14} = 75833.93 \text{ kg.m} \approx 7583393 \text{ kg.cm}$$

Momentos negativos

$$A = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{16} = 66354.69 \text{ kg.m} \approx 6635469 \text{ kg.cm}$$

$$B = \frac{(15866.64) * (8.03)^2}{10} = 102309.52 \text{ kg.m} \approx 10230952 \text{ kg.cm}$$

$$C = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{11} = 89566.32 \text{ kg.m} \approx 8956632 \text{ kg.cm}$$

$$D = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{11} = 89566.32 \text{ kg.m} \approx 89566.32 \text{ kg.cm}$$

$$E = \frac{(15866.64) * (8.03)^2}{10} = 102309.52 \text{ kg.m} \approx 10230952 \text{ kg.cm}$$

$$F = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{16} = 66354.69 \text{ kg.m} \approx 6635469 \text{ kg.cm}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo (+)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{7583393 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 31.84 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{31.84 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 14.27$$

$$As=31.91 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{As= 31.92 \text{ cm}^2}$$

$$a=14.30$$

$$\mathbf{a=14.30}$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{31.92 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 6.29 \approx 6 \text{ var } \phi 1''$$

Acero negativo (-)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{10230952 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 42.96 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{39.10 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 19.25$$

$$A_s = 44.82 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 45.14 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A_s = 45.20 \text{ cm}^2}$$

$$a = 20.09$$

$$a = 20.23$$

$$\mathbf{a = 20.26}$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{45.20 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 8.9 \approx 8 \text{ var } \emptyset 1''$$

Sección típica de viga

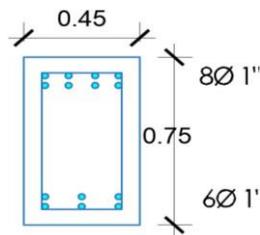


Figura N°11: Sección típica de viga

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

VIGAS EN MENOR LONGITUD (L=32.12 m)

Sección de vigas (0.45m*0.75m)

VIGA V-201=V-206

Metrado de cargas

Ancho tributario = 4.20m

V-201=4.20m - 0.45m

V-201=3.75m

Peso propio losa : 480 Kg/m² * 3.75m = 1800 Kg/m

Piso terminado : 100 Kg/m² * 4.20m = 420 Kg/m

Peso tabiquería : 100 Kg/m² * 4.20m = 420 Kg/m

Acabados : 100 Kg/m² * 4.20m = 420 Kg/m

Carga viva viga : 2400 kg/m³*0.45m*0.75m = 810 Kg/m

WD = 3870 Kg/m

WL = 480 kg/m² * 4.20 m = 2016 kg/m

CARGA ÚLTIMA

$W_u = 1.4 \text{ WD} + 1.7 \text{ WL}$

$W_u = 1.4 (3870 \text{ Kg/m}) + 1.7 (2016 \text{ kg/m})$

$W_u = 8845.2 \text{ kg/m}$

CÁLCULO DE MOMENTOS

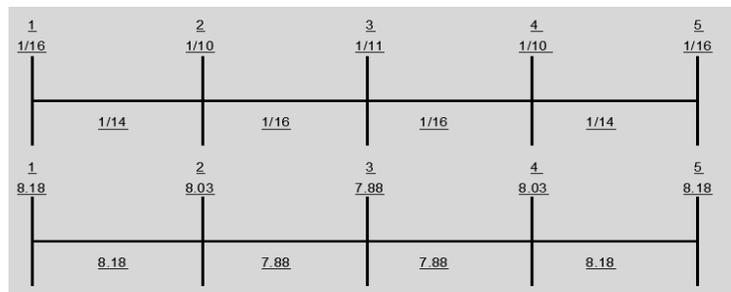


Figura N°12: Coeficientes ACI

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

Momentos positivos

$$A - B = \frac{(8845.2) * (8.18)^2}{14} = 42275.25 \text{ kg.m} \approx 4227525 \text{ kg.cm}$$

$$B - C = \frac{(8845.2) * (7.88)^2}{16} = 34327.34 \text{ kg.m} \approx 3432734 \text{ kg.cm}$$

$$C - D = \frac{(8845.2) * (7.88)^2}{16} = 34327.34 \text{ kg.m} \approx 3432734 \text{ kg.cm}$$

$$D - E = \frac{(8845.2) * (7.88)^2}{16} = 34327.34 \text{ kg.m} \approx 3432734 \text{ kg.cm}$$

$$E - F = \frac{(8845.2) * (8.18)^2}{14} = 42275.25 \text{ kg.m} \approx 4227525 \text{ kg.cm}$$

Momentos negativos

$$A = \frac{(8845.2) * (8.18)^2}{16} = 36990.85 \text{ kg.m} \approx 3388193 \text{ kg.cm}$$

$$B = \frac{(8845.2) * (8.03)^2}{10} = 57034.65 \text{ kg.m} \approx 5703465 \text{ kg.cm}$$

$$C = \frac{(8845.2) * (7.88)^2}{11} = 49930.67 \text{ kg.m} \approx 4993067 \text{ kg.cm}$$

$$D = \frac{(8845.2) * (7.88)^2}{11} = 49930.67 \text{ kg.m} \approx 4993067 \text{ kg.cm}$$

$$E = \frac{(8845.2) * (8.03)^2}{10} = 57034.65 \text{ kg.m} \approx 5703465 \text{ kg.cm}$$

$$F = \frac{(8845.2) * (8.18)^2}{16} = 36990.85 \text{ kg.m} \approx 3699085 \text{ kg.cm}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo (+)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{4227525 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 17.75 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{17.75 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 7.96$$

$$A_s = 16.94 \text{ cm}^2$$

$$a = 7.60$$

$$A_s = 16.90 \text{ cm}^2$$

$$a = 7.60$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{16.90 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 3.33 \approx 3 \text{ var } \phi 1''$$

Acero negativo (-)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$A_s = \frac{Mu}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 * F'_c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ m}$$

$$A_s = \frac{5703465 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 23.95 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{23.95 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 10.73$$

$$A_s = 23.34 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 23.30 \text{ cm}^2$$

$$a = 10.46$$

$$a = 10.44$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{23.30 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 4.60 \approx 4 \text{ var } \emptyset 1''$$

Sección típica de viga

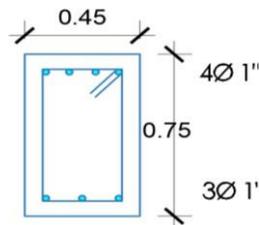


Figura N°13: Sección típica de viga

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

El diseño de viga V-201 será igual a viga V-206.

VIGA V-202 = V-205

Metrado de cargas

Ancho tributario = 7.92 m

V-202 = 7.92 m - 0.45 m

V-202 = 7.47 m

Peso propio losa :	480	Kg/m ²	*	7.47 m	=	3585.6 Kg/m
Piso terminado :	100	Kg/m ²	*	7.92 m	=	792 Kg/m
Peso tabiquería :	100	Kg/m ²	*	7.92 m	=	792 Kg/m
Acabados :	100	Kg/m ²	*	7.92 m	=	792 Kg/m
Carga viva viga :	2400kh/m ³ *0.45m*0.75m				=	810 Kg/m
WD					=	6771.6 Kg/m

$$WL = 480 \text{ kg/m}^2 * 7.92 \text{ m} = 3801.6 \text{ kg/m}$$

CARGA ÚLTIMA

$$W_u = 1.4 \text{ WD} + 1.7 \text{ WL}$$

$$W_u = 1.4 (6771.6 \text{ kg/m}) + 1.7 (3801.6 \text{ kg/m})$$

$$W_u = 15942.96 \text{ kg/m}$$

Se procedió a hallar los momentos positivos y negativos a través de los coeficientes ACI mostrados en las **Figura N°08**.

Momentos positivos

$$A - B = \frac{(15942.96) * (8.18)^2}{14} = 76194.11 \text{ kg.m} \approx 7619411 \text{ kg.cm}$$

$$B - C = \frac{(15942.96) * (7.88)^2}{16} = 61869.31 \text{ kg.m} \approx 6186931 \text{ kg.cm}$$

$$C - D = \frac{(15942.96) * (7.88)^2}{16} = 61869.31 \text{ kg.m} \approx 6186931 \text{ kg.cm}$$

$$D - E = \frac{(15942.96) * (7.88)^2}{16} = 61869.31 \text{ kg.m} \approx 6186931 \text{ kg.cm}$$

$$E - F = \frac{(15942.96) * (8.18)^2}{14} = 76194.11 \text{ kg.m} \approx 7619411 \text{ kg.cm}$$

Momentos negativos

$$A = \frac{(15942.96) * (8.18)^2}{16} = 66669.84 \text{ kg.m} \approx 6666984 \text{ kg.cm}$$

$$B = \frac{(15942.96) * (8.03)^2}{10} = 102795.45 \text{ kg.m} \approx 10279545 \text{ kg.cm}$$

$$C = \frac{(15942.96) * (7.88)^2}{11} = 89991.72 \text{ kg.m} \approx 8999172 \text{ kg.cm}$$

$$D = \frac{(15942.96) * (7.88)^2}{11} = 89991.72 \text{ kg.m} \approx 8999172 \text{ kg.cm}$$

$$E = \frac{(15942.96) * (8.03)^2}{10} = 102795.45 \text{ kg.m} \approx 10279545 \text{ kg.cm}$$

$$F = \frac{(15942.96) * (8.18)^2}{16} = 66669.84 \text{ kg.m} \approx 6666984 \text{ kg.cm}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo (+)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{7619411 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 32.00 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{29.09 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 14.34$$

$$As = 32.08 \text{ cm}^2 \quad \quad \quad \mathbf{As = 32.09 \text{ cm}^2}$$

$$a = 14.38 \quad \quad \quad \mathbf{a = 14.38}$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{32.09 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 6.33 \approx 6 \text{ var } \emptyset 1''$$

Acero negativo (-)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\emptyset * fy * (d - \frac{\alpha}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{10279545 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 43.17 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{39.25 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 19.35$$

$$As = 45.08 \text{ cm}^2 \quad As = 45.40 \text{ cm}^2 \quad As = 45.45 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{As = 45.45}$$

$$a = 20.20 \quad a = 20.35 \quad a = 20.37$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{45.45 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 8.96 \approx 8 \text{ var } \varnothing 1''$$

Sección típica de viga

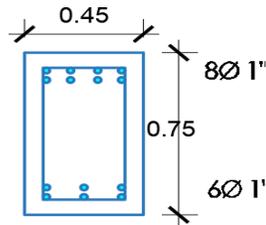


Figura N°14: Sección típica de viga

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

El diseño de viga V-202 será igual a viga V-205.

VIGA V-203 = V-204

Metrad^o de cargas

Ancho tributario = 7.88 m

V-203=7.88 m - 0.45m

V-203=7.43 m

Peso propio losa :	480	Kg/m ²	*	7.43 m	=	3566.4 Kg/m
Piso terminado :	100	Kg/m ²	*	7.88 m	=	788 Kg/m
Peso tabiquería :	100	Kg/m ²	*	7.88 m	=	788 Kg/m
Acabados :	100	Kg/m ²	*	7.88 m	=	788 Kg/m
Carga viva viga :	2400 kg/m ³ *0.45m*0.75m				=	810 Kg/m

WD = 6740.4 Kg/m

WL = 480 kg/m² * 7.88 m = 3782.4 kg/m

CARGA ÚLTIMA

$$W_u = 1.4 \text{ WD} + 1.7 \text{ WL}$$

$$W_u = 1.4 (6740.4 \text{ kg/m}) + 1.7 (3782.4 \text{ kg/m})$$

$$W_u = 15866.64 \text{ kg/m}$$

Se procedió a hallar los momentos positivos y negativos a través de los coeficientes ACI mostrados en las **Figura N°08**.

Momentos positivos

$$A - B = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{14} = 75833.93 \text{ kg.m} \approx 7583393 \text{ kg.cm}$$

$$B - C = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{16} = 61576.84 \text{ kg.m} \approx 6157684 \text{ kg.cm}$$

$$C - D = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{16} = 61576.84 \text{ kg.m} \approx 6157684 \text{ kg.cm}$$

$$D - E = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{16} = 61576.84 \text{ kg.m} \approx 6157684 \text{ kg.cm}$$

$$E - F = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{14} = 75833.93 \text{ kg.m} \approx 7583393 \text{ kg.cm}$$

Momentos negativos

$$A = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{16} = 66354.69 \text{ kg.m} \approx 6635469 \text{ kg.cm}$$

$$B = \frac{(15866.64) * (8.03)^2}{10} = 102309.52 \text{ kg.m} \approx 10230952 \text{ kg.cm}$$

$$C = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{11} = 89566.32 \text{ kg.m} \approx 8956632 \text{ kg.cm}$$

$$D = \frac{(15866.64) * (7.88)^2}{11} = 89566.32 \text{ kg.m} \approx 8956632 \text{ kg.cm}$$

$$E = \frac{(15866.64) * (8.03)^2}{10} = 102309.52 \text{ kg.m} \approx 10230952 \text{ kg.cm}$$

$$F = \frac{(15866.64) * (8.18)^2}{16} = 66354.69 \text{ kg.m} \approx 6635469 \text{ kg.cm}$$

CÁLCULO DE ACERO

Acero positivo (+)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{7583393 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 31.84 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{31.84 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 14.27$$

$$As = 31.91 \text{ cm}^2$$

$$a = 14.30$$

$$\mathbf{As = 31.92 \text{ cm}^2}$$

$$\mathbf{a = 14.30}$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{31.92 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 6.30 \approx 6 \text{ var } \phi 1''$$

Acero negativo (-)

Para realizar el cálculo de acero se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$d = h - 5$$

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{As * Fy}{0.85 * F'c * b}$$

Por lo tanto, se realizó el siguiente cálculo el cual se llevó a cabo a través de iteraciones:

$$d = 75 \text{ cm} - 5 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$As = \frac{10230952 \text{ kg/cm}}{0.9 * 4200 \text{ kg/cm}^2 * 0.9 * 70} = 42.96 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{39.10 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ kg/cm}^3}{0.85 * 245 \text{ kg/cm}^2 * 45 \text{ cm}} = 19.25$$

$$As = 44.83 \text{ cm}^2$$

$$As = 45.14 \text{ cm}^2$$

$$As = 45.19 \text{ cm}^2$$

$$As = 45.20 \text{ cm}^2$$

$$a = 20.09$$

$$a = 20.23$$

$$a = 20.25$$

Número de varillas

$$\#VAR = \frac{45.20 \text{ cm}^2}{5.07 \text{ cm}^2} = 8.91 \approx 8 \text{ var } \phi 1''$$

Sección típica de viga

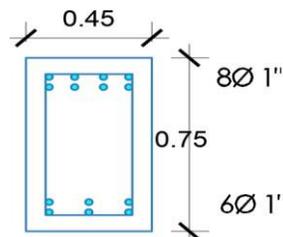


Figura N°15: Sección típica de viga

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

El diseño de viga V-203 será igual a viga V-204

Resumen de número de varillas de acero en las vigas

TIPO DE VIGA	CÓDIGO	CANTIDAD DE VARILLAS	DE	DIÁMETRO DE VARILLA
LONGITUD MAYOR	V - 101 = V - 105	7		1"
	V - 102 = V - 104	13		1"
	V - 103	14		1"
LONGITUD MENOR	V - 201 = V - 206	7		1"
	V - 202 = V - 205	14		1"
	V - 203 = V - 204	14		1"

Tabla N°05: Resumen de número de varillas de vigas

Fuente: Elaboración propia, 2021

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

Al tener el predimensionamiento de las vigas principales se procedió a realizar el predimensionamiento de las columnas, para lo que se empezó con el metrado de cargas.

COLUMNA CENTRAL

a. Metrado de Carga Muerta para una Columna Central

DESCRIPCIÓN	# PISOS	ÁREA (m ²)			LONGITUD (m)	PESO (t/m ²)	PESO (t)
		Ancho	Largo	Área			
Peso Acabado	8	8.03	8.03	64.48	-	0.10	51.58
Peso	7	8.03	8.03	64.48	-	0.10	45.14
Tabiquería							
Típica							

Peso	1	8.03	8.03	64.48	-	0.05	3.22
Tabiquería							
Último Nivel							
Peso de Losa	8	8.03	8.03	64.48	-	0.42	216.66
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SECCIÓN (m2)			LONGITUD	PESO	PESO
		b	H	Área	(m)	(t/m3)	(t)
Vigas en dirección "X"	8	0.45	0.75	0.338	7.03	2.40	45.55
Vigas en dirección "Y"	8	0.45	0.75	0.338	7.03	2.40	45.55
Columna	1	1.00	1.00	1.000	27.00	2.40	64.80
Carga Muerta							472.51

Tabla N° 06: Metrado de la Carga Muerta

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

En la tabla N°06 se muestran los valores que se tomaron en cuenta para obtener la carga muerta la cual es de **472.51 Tn/m**.

b. Metrado de Carga Viva para una Columna Central

Luego que se halló la carga muerta de la columna central se continuó con el proceso el cual consistió en hallar la carga viva de la columna central:

DESCRIPCIÓN	# PISOS	ÁREA			LONGITUD UD (m)	PESO (t/m2)	PESO (t)
		Ancho	Largo	Área			
Sobrecarga Típica	7	8.03	8.03	64.48	-	0.40	180.55

Sobrecarga Último Nivel	1	8.03	8.03	64.48	-	0.10	6.45
Carga Viva (L)							186.99

Tabla N°07: Metrado de la Carga Viva - Columna central

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

En la tabla N°07 se muestran los valores que se tomaron en cuenta para obtener la carga viva la cual es de **186.99 Tn/m**.

c. Carga por Servicio y Carga Última para Columna Central

Se realizó el cálculo de carga por servicio y carga última para columna central:

La carga de servicio se halló de la siguiente manera:

$$\text{Carga de servicio: } (D+L) = 186.99 + 472.51 = \mathbf{659.50 \text{ Tn/m}}$$

Para poder hallar la carga última se factoriza con la siguiente ecuación planteada en La Norma Técnica E 020 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

$$\text{Carga última: } (1.4D + 1.7L) = 1.4*(462.38) + 1.7*(462.39) = \mathbf{979.40 \text{ Tn/m}}$$

Finalmente, con los datos obtenidos se pudo calcular la sección de la columna que se empleó para el diseño del proyecto en cuestión, para ello se necesitaron los siguientes valores:

$$F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{col} = \frac{(\lambda) * (Pg)}{(n) * (F'c)}$$

$$A_{col} = \frac{(1.10) * (659.50)}{(0.30) * (0.25)}$$

$$A_{col} = 9870.1373 \text{ cm}^2 \rightarrow \sqrt{9870.1373} = 99.34$$

Se asumió b=100 cm y así poder hallar el otro lado de la sección de la columna:

$$D = \frac{9870.1373}{100} = 98.70 \text{ cm}^2$$

$$D = 100 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se usó $b \cdot D = 1.00\text{m} \cdot 1.00\text{m}$

Con el mismo procedimiento se realizó el metrado del resto de columnas ya sea perimetral y esquinera. A continuación, se muestra el cálculo de cada una de ellas:

COLUMNA PERIMETRAL

a. Metrado de Carga Muerta para una Columna Perimetral

DESCRIPCIÓN	# PISOS	ÁREA			LONGITUD (m)	PESO (t/m2)	PESO (t)
		Ancho	Largo	Área			
Peso Acabado	8	4.09	8.03	32.84	-	0.10	26.27
Peso	7	4.09	8.03	32.84	-	0.10	22.99
Tabiquería							
Típica							
Peso	1	4.09	8.03	32.84	-	0.05	1.64
Tabiquería							
Último Nivel							
Peso de Losa	8	4.09	8.03	32.84	-	0.42	110.35
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SECCIÓN			LONGITUD (m)	PESO (t/m3)	PESO (t)
		b	H	Área			
Vigas en dirección "X"	8	0.45	0.75	0.300	3.24	2.40	21.00
Vigas en dirección "Y"	8	0.45	0.75	0.300	7.18	2.40	46.53
Columna	1	0.85	0.85	0.723	27.00	2.40	46.82
Carga Muerta							275.60

Tabla N°08: Metrado de carga muerta - columna perimetral

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

En la tabla N°08 se muestran los valores que se tomaron en cuenta para obtener la carga muerta la cual es de **275.60 Tn/m**.

b. Medrado de Carga Viva para una Columna Perimetral

Luego que se halló la carga muerta de la columna central se continuó con el proceso el cual consistió en hallar la carga viva de la columna central:

DESCRIPCIÓN	# PISOS	ÁREA			LONGITUD (m)	PESO (t/m2)	PESO (t)
		Ancho	Largo	Área			
Sobrecarga Típica	7	4.09	8.03	32.84	-	0.40	91.96
Sobrecarga Último Nivel	1	4.09	8.03	32.84	-	0.10	3.28
Carga Viva							95.24

Tabla N°09: Medrado de carga viva - columna perimetral

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

En la tabla N°09 se muestran los valores que se tomaron en cuenta para obtener la carga viva la cual es de **95.24 Tn/m**.

c. Carga por Servicio y Carga Última para Columna Perimetral

Se realizó el cálculo de carga por servicio y carga última para columna central:

La carga de servicio se halló de la siguiente manera:

$$\text{Carga de servicio: } (D+L) = 275.60 + 95.24 = \mathbf{370.84 \text{ Tn.m}}$$

Para poder hallar la carga última se factorizó con la siguiente ecuación planteada en La Norma Técnica E020 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

$$\text{Carga última: } (1.4D + 1.7L) = 1.4*(275.60 + 1.7*(95.24)) = \mathbf{547.75 \text{ Tn/m}}$$

Finalmente, con los datos obtenidos se pudo calcular la sección de la columna que se empleó para el diseño del proyecto en cuestión, para ello se necesitaron los siguientes valores:

$$F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{col} = \frac{(\lambda) * (Pg)}{(n) * (F'c)}$$

$$A_{col} = \frac{(1.25) * (363.34)}{(0.25) * (0.25)}$$

$$A_{col} = 7568.1854 \text{ cm}^2 \rightarrow \sqrt{7568.1854} = 86.995$$

Se asumió $b=90 \text{ cm}$ y así poder hallar el otro lado de la sección de la columna:

$$D = \frac{7568.1854}{90} = 85.09 \text{ cm}^2$$

$D = 95.00$ se redondeó a su próximo más factible que será 95

$$D = 95.00$$

Por lo tanto, se usó $b*D=0.95\text{m}*0.95\text{m}$

COLUMNA ESQUINERA:

a. Metrado de Carga Muerta para una Columna Esquinera

DESCRIPCIÓN	# PISOS	ÁREA			LONGITUD (m)	PESO (t/m2)	PESO (t)
		Ancho	Largo	Área			
Peso Acabado	8	4.09	4.09	16.73	-	0.10	13.38
Peso	7	4.09	4.09	16.73	-	0.10	11.71
Tabiquería							
Típica							
Peso	1	4.09	4.09	16.73	-	0.05	0.84
Tabiquería							
Último Nivel							
Peso de Losa	8	4.09	4.09	16.73	-	0.42	56.21

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SECCIÓN			LONGITUD (m)	PESO (t/m3)	PESO (t)
		(m2)					
		b	H	Área			
Vigas en dirección "X"	8	0.45	0.75	0.300	3.39	2.40	21.97
Vigas en dirección "Y"	8	0.45	0.75	0.300	3.39	2.40	21.97
Columna	1	0.70	0.70	0.490	27.00	2.40	31.75
Carga Muerta							157.82

Tabla N°10: Metrado de Carga Muerta para una Columna Esquinera

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

En la tabla N°10 se muestran los valores que se tomaron en cuenta para obtener la carga muerta la cual es de **157.82 Tn/m**.

b. Metrado de Carga Viva para una Columna Esquinera

DESCRIPCIÓN		ÁREA			LONGITUD (m)	PESO (t/m2)	PESO (t)
		(m2)"					
		Ancho	Largo	Area	-	0.40	8.91
Sobrecarga Típica	7	1.64	1.94	3.18	-	0.10	0.32
Sobrecarga Último Nivel	1	1.64	1.94	3.18	-	0.40	8.91
Carga Viva (L)							9.23

Tabla N°11: Metrado de carga viva - columna esquinera

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

En la tabla N°11 se muestran los valores que se tomaron en cuenta para obtener la carga viva la cual es de **9.23 Tn/m**.

c. Carga por Servicio y Carga Última para Columna Esquinera

Como tercer paso se realizó el cálculo de carga por servicio y carga última para columna central:

La carga de servicio se halló de la siguiente manera:

$$\text{Carga de servicio: } (D+L) = 157.82 + 9.23 = \mathbf{167.05 \text{ Tn/m}}$$

Para poder hallar la carga última se factorizó con la siguiente ecuación planteada en la Norma Técnica E020 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

$$\text{Carga última: } (1.4D + 1.7L) = 1.4*(152.94) + 1.7*(9.23) = \mathbf{236.64 \text{ Tn/m}}$$

Finalmente, con los datos obtenidos se pudo calcular la sección de la columna que se empleó para el diseño del proyecto en cuestión, para ello se necesitaron los siguientes valores:

$$F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{col} = \frac{(\lambda) * (Pg)}{(n) * (F'c)}$$

$$A_{col} = \frac{(1.50) * (162.17)}{(0.20) * (0.25)}$$

$$A_{col} = 5113.715 \text{ cm}^2 \rightarrow \sqrt{5113.715} = 71.51$$

Se asumió una $b = 75.00 \text{ cm}$ y así poder hallar el otro lado de la sección de la columna:

$$D = \frac{5113.715}{75}$$

$D = 68.18$ se redondeó a su próximo más factible que será 75

$$D = 75.00$$

Por lo tanto, se usó $b*D = 0.75\text{m} * 0.75\text{m}$

Resumen de las secciones de las secciones de columnas principales

TIPO DE COLUMNA	CÓDIGO	SECCIÓN	
		B (cm)	h (cm)
CENTRAL	C1	100	100
PERIMETRAL	C2	95	95
ESQUINERA	C3	75	75

Tabla N°12: Resumen de áreas de columnas

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

CÁLCULO DE ACERO

Para el cálculo de acero el Reglamento Nacional de Edificaciones indica que la cuantía se debe trabajar entre 1% y 4%, por criterio propio se eligió trabajar con la cuantía de 1.2%

A) COLUMNA CENTRAL

$b \cdot h = 1.00\text{m} \cdot 1.00\text{m}$, se consideró 1.2% cuantía

Asmin: 1.2%

10000 100%

X 1.2%

$\therefore x = 120\text{cm}^2$

NÚMERO DE VARILLAS

$$\#VAR = \frac{120\text{cm}^2}{5.07\text{cm}^2} = 23.6 \approx 24 \text{ var } \emptyset 1''$$

B) COLUMNA PERIMETRAL

$b \cdot h = 0.95\text{m} \cdot 0.95\text{m}$, se consideró 1.2% cuantía

Asmin: 1.2%

9025 100%

X 1.2%

$\therefore x = 108.3\text{cm}^2$

NÚMERO DE VARILLAS

$$\#VAR = \frac{108.3\text{cm}^2}{5.07\text{cm}^2} = 21.4 \approx 22 \text{ var } \emptyset 1''$$

C) COLUMNA ESQUINERA

$b \cdot h = 0.75\text{m} \cdot 0.75\text{m}$, se consideró 1.2% cuantía

Asmin: 1.2%

5625 100%

X 1.2%

$\therefore x = 67.5 \text{ cm}^2$

NÚMERO DE VARILLAS

$$\#VAR = \frac{67.5\text{cm}^2}{5.07\text{cm}^2} = 13.3 \approx 14 \text{ var } \emptyset 1''$$

Resumen de número de varillas de acero en las columnas principales

TIPO DE COLUMNA	CÓDIGO	CANTIDAD DE VARILLAS	NÚMERO DE VARILLA
CENTRAL	C1	24	1"
PERIMETRAL	C2	24	1"
ESQUINERA	C3	14	1"

Tabla N°13: Resumen de número de varillas de columnas

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

Se demostró a través de plantillas de Excel que los valores mostrados en la tabla N°13 cumplen con la cuantía, lo que se demostró en los siguientes esquemas:

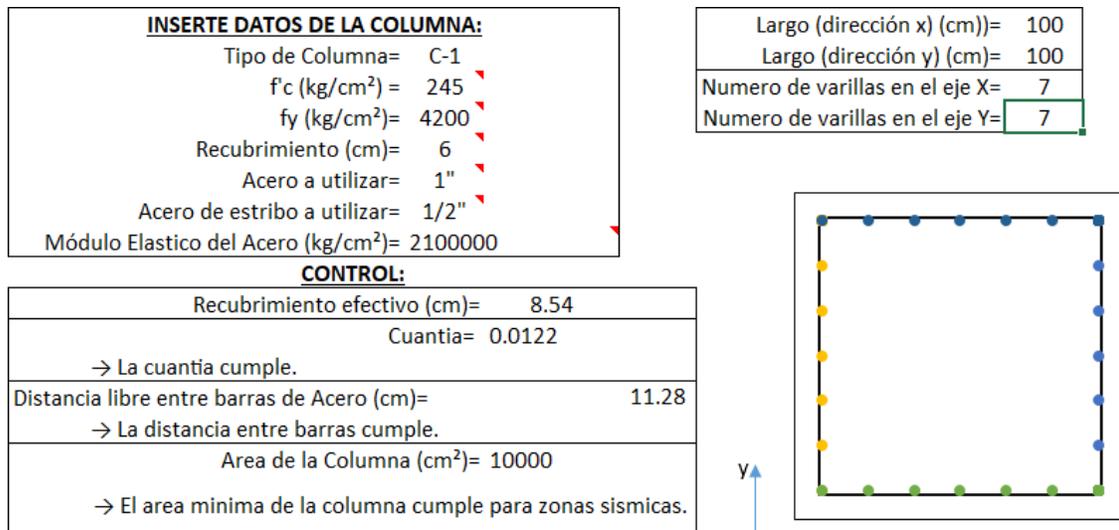


Figura N°16: Comprobación de la cuantía en la columna tipo C-1 de sección 1.00 m*1.00 m

Fuente: Saavedra Oré Danilo

INSERTE DATOS DE LA COLUMNA:	
Tipo de Columna=	C-1
$f'c$ (kg/cm ²) =	245
f_y (kg/cm ²)=	4200
Recubrimiento (cm)=	6
Acero a utilizar=	1"
Acero de estribo a utilizar=	1/2"
Módulo Elastico del Acero (kg/cm ²)=	2100000

Largo (dirección x) (cm)=	95
Largo (dirección y) (cm)=	95
Numero de varillas en el eje X=	7
Numero de varillas en el eje Y=	7

CONTROL:	
Recubrimiento efectivo (cm)=	8.54
Cuantia=	0.0135
→ La cuantia cumple.	
Distancia libre entre barras de Acero (cm)=	10.45
→ La distancia entre barras cumple.	
Area de la Columna (cm ²)=	9025
→ El area minima de la columna cumple para zonas sismicas.	
→ Las dimensiones minimas de la columna cumple	

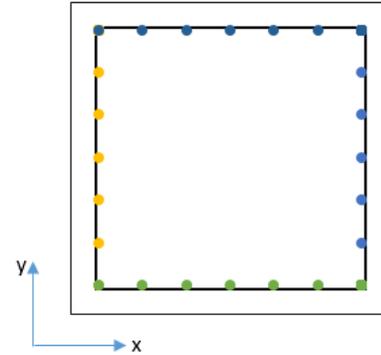


Figura N°17: Comprobación de la cuantía en la columna tipo C-2 de sección 0.95 m*0.95 m

Fuente: Saavedra Oré Danilo

INSERTE DATOS DE LA COLUMNA:	
Tipo de Columna=	C-1
$f'c$ (kg/cm ²) =	245
f_y (kg/cm ²)=	4200
Recubrimiento (cm)=	6
Acero a utilizar=	1"
Acero de estribo a utilizar=	1/2"
Módulo Elastico del Acero (kg/cm ²)=	2100000

Largo (dirección x) (cm)=	75
Largo (dirección y) (cm)=	75
Numero de varillas en el eje X=	5
Numero de varillas en el eje Y=	4

CONTROL:	
Recubrimiento efectivo (cm)=	8.54
Cuantia=	0.0126
→ La cuantia cumple.	
Distancia libre entre barras de Acero (cm)=	16.77
→ La distancia entre barras cumple.	
Area de la Columna (cm ²)=	5625
→ El area minima de la columna cumple para zonas sismicas.	
→ Las dimensiones minimas de la columna cumple	

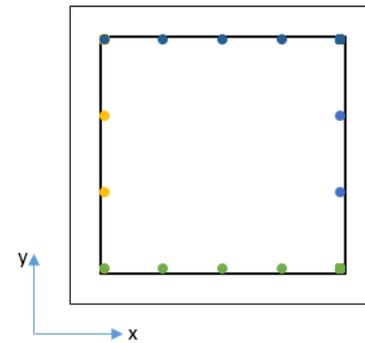


Figura N°18: Comprobación de la cuantía en la columna tipo C-2 de sección 0.95 m*0.95 m

Fuente: Saavedra Oré Danilo

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN

COEFICIENTE DE BALASTO

El coeficiente de balasto se calculó teniendo en cuenta el ensayo de placa de carga, para poder ejecutarlo se tomó en cuenta diversos valores y criterios los cuales se muestran a continuación:

K: Coeficiente de balasto determinado en ensayos de suelo (para un área cuadrado 1 pie de ancho).

Ks: Coeficiente de balasto afectado del factor forma.

S: Factor de forma para cimentación sobre un tipo particular de suelo.

B: Ancho de la cimentación

Por otro lado, se tomó los valores establecidos por Terzaghi (**Figura N°16**)

Se decidió usar una losa de cimentación la cual fue diseñada por etapas, para el análisis se procedió a calcular un coeficiente de balasto en función de las dimensiones de las franjas de losas que se irán construyendo, así mismo se extrajo el coeficiente de balasto para un ensayo sobre una placa de 30cmx30cm sobre suelos arenoso seca o húmeda los que tienen una capacidad portante admisible cercano a 0.92 kg/cm²

Valores de k30 propuestos por Terzaghi			
Tipos de suelo			K30 max
Arena seca o húmeda	Suelta	0,64	1,92
	Media	1,92	9,6
	Compacta	9,6	32
Arena sumergida	Suelta	0,8	
	Media	2,5	
	Compacta	10	
Arcilla	qu=1-2 kg/cm ²	1,6	3,2
	qu=2-4 kg/cm ²	3,2	6,4
	qu>4 kg/cm ²	>6,4	

Figura N°19: Coeficientes según Terzaghi

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

K30min

K30max

K30=0.92

K30=9.6

B=1

B=1

K=0.8112

K=4.056

DISEÑO DE LOSA DE CIMENTACIÓN

Teniendo el coeficiente de balasto se procedió a diseñar la losa de cimentación, A continuación, se muestra la distribución y cargas de las columnas las cuales fueron fundamentales para el diseño de la losa de cimentación:

DATOS

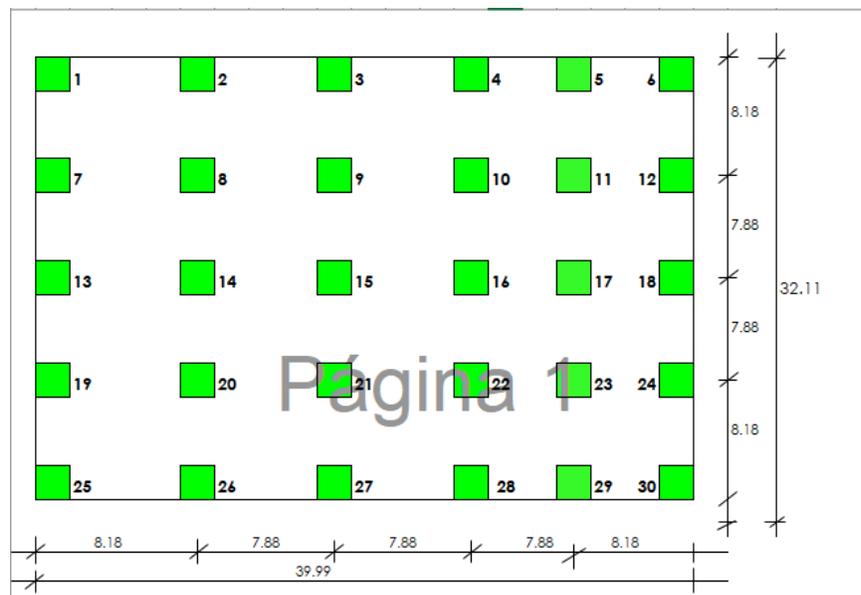


Figura N°20: Diseño de Losa de Cimentación

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

CUADRO DE CARGAS

CUADRO DE CARGAS		
COLUMNAS	TONELADAS	
	PD	PL

1-6-25-30	152.94	9.23
2-3-4-5-7-12	268.09	95.24
13-18-19-24		
26-27-28-29		
8-9-10-11-14	462.39	186.99
15-16-17-20		
21-22-23		

Tabla N° 14: Resumen de cuadro de cargas

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

Con el detalle de las cargas de las columnas, se pudo realizar el diseño de la placa de cimentación:

qa	1.2	kg/cm ²	gs =	0.00165	kg/cm ³
b_{col}	100	cm	s/c =	0.04	kg/cm ²
t_{col}	100	cm	fy =	4200	kg/cm ²
Df	400	cm	f'c =	245	kg/cm ²
Ks	4.056	kg/cm ³	m =	0.25	
E	234787	kg/cm ²	gc =	0.0024	kg/cm ³

Tabla N°15: Diseño de la placa de cimentación

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

CÁLCULO DEL ÁREA DE LA LOSA Y EL ESPESOR

Al tener los datos plasmados anteriormente, se procedió a realizar el cálculo del área de la losa, la cual se realizó de la siguiente manera:

$$A = 32.11 * 39.99 \text{ m}^2$$

$$A = 1284.08 \text{ m}^2$$

$$l = \frac{3 * Ks}{4\sqrt{E * t^2}}$$

$$Lc = 788 \text{ cm}$$

$$Lc < \frac{1.75}{I}$$

$$Lc > \frac{1.75}{I}$$

Luego se procedió a realizar una tabulación con diferentes valores:

t	I	1,75/I		
10	0.015088158	116	®	MÉTODO FLEXIBLE
20	0.008971472	195	®	MÉTODO FLEXIBLE
30	0.006619044	264	®	MÉTODO FLEXIBLE
40	0.005334469	328	®	MÉTODO FLEXIBLE
50	0.004512412	388	®	MÉTODO FLEXIBLE
60	0.003935707	445	®	MÉTODO FLEXIBLE
70	0.003506006	499	®	MÉTODO FLEXIBLE

Tabla N°16: Tabulación

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

CÁLCULO DE LA PRESIÓN NETA

Para el cálculo de la presión neta se asumió ciertos valores que a continuación se detallan:

$$t = \quad \mathbf{100.00cm}$$

$$q_n = q_a - g_t \times h_t - g_c \times h_c - s/c$$

$$q_n = 1,2 - 1650E-6 (110 - 100) - 2400E-6 (100) - 500E-4$$

$$q_n = \quad 0.425kg/cm^2$$

VERIFICACIÓN POR PUNZONAMIENTO

Se realizó la verificación por punzonamiento. El cual se dará según el tipo de columna, para ello se tomó en cuenta la siguiente expresión

$$V_u = \quad P_u - q_n \times m \times n$$

$$V_c = 1,1 \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

COLUMNAS 1-6-25-30

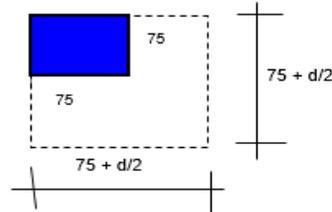


Figura N°21: Columnas 1-6-25-30

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

$$V_u = 1,4 \times 152940 + 1,7 \times 9230 - 0,931 \times (75 + d/2) \times (75 + d/2)$$

$$V_u = 229807 - 0,931 \times (5625 + 75 d + 0,25 d^2) \quad (a)$$

$$V_c = 1,10 \sqrt{245} \times 2 \times (75 + d/2) \times d$$

$$V_c = 34.435 \times (75 d + 0,50 d^2)$$

$$\phi V_c = 29.270 \times (75 d + 0,50 d^2) \quad (b)$$

Se igualaron las ecuaciones anteriormente detalladas (a) y (b), lo que se obtuvo lo siguiente:

$$(V_u) = \phi (V_c)$$

$$29.270 \times (75 d + 0,50 d^2) = 229807 - 0,931 \times (5625 + 75 d + 0,25 d^2)$$

$$2195,25 d + 14,635 d^2 = 229807 - 5236,875 - 69,825 d - 0,23 d^2$$

$$d^2 + 152,376 d - 151107,307 = 0$$

$$\textcircled{R} \quad d = 70 \quad \text{cm} \quad \text{OK!}$$

De estas igualdades se pudo hallar la variable “d” la cual corresponde al peralte. Se continuó con el diseño de esta para lo que se siguió el mismo procedimiento con el resto de columnas:

COLUMNAS 2-3-4-5-26-27-28-29

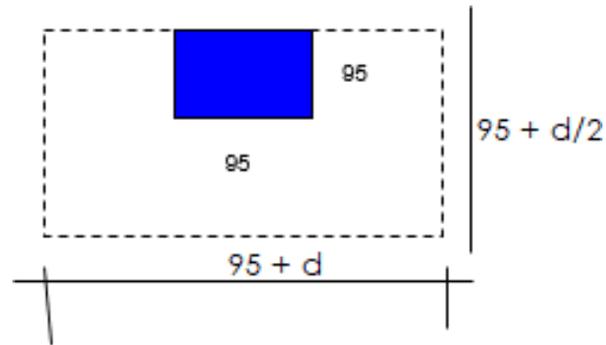


Figura N°22: Columnas 2-3-4-5-26-27-28-29

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

$$V_u = 1,4 \times 268090 + 1,7 \times 95240 - 0,931 \times (95 + d) \times (95 + d/2)$$

$$V_u = 537234 - 0,931 \times (9025 + 142,5 d + 0,5 d^2) \quad (a)$$

$$V_c = 1,10 \sqrt{245} \times ((95 + d) + (95 + d/2) \times 2) \times d$$

$$V_c = 17.218 \times (190 d + d^2)$$

$$\phi V_c = 14.635 \times (190d + d^2) \quad (b)$$

Se igualó las ecuaciones anteriormente detalladas (a) y (b), lo que se obtuvo lo siguiente:

$$(V_u) = \phi (V_c)$$

$$14.635 \times (190d + d^2) = 537234 - 0,931 \times (9025 + 142,5d + 0,5d^2)$$

$$2780,65d + 14,635d^2 = 537234 - 8402,275 - 132,668d - 0,466 d^2$$

$$33.9705d^2 + 4774.4625 d - 528831.725 = 0$$

$$\textcircled{R} \quad d = 73 \quad \text{cm} \quad \text{OK !}$$

COLUMNAS 7-12-13-18-19-24

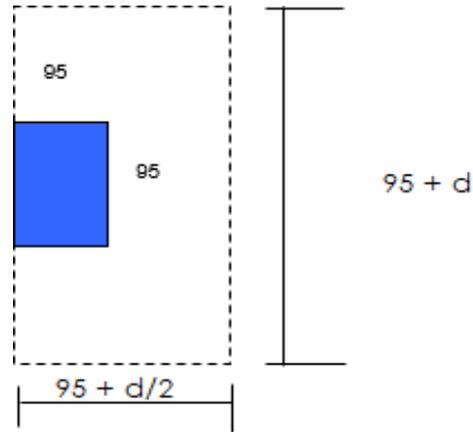


Figura N°23: Columnas 7-12-13-18-19-24

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

$$V_u = 1,4 \times 268090 + 1,7 \times 95240 - 0,931 \times (95 + d) \times (95 + d/2)$$

$$V_u = 537234 - 0,931 \times (9025 + 142,5 d + 0,5 d^2) \quad (a)$$

$$V_c = 1,10 \sqrt{245} \times ((95 + d) + (95 + d/2) \times 2) \times d$$

$$V_c = 0,000 \times (190 d + d^2)$$

$$\phi V_c = 14,635 \times (190 d + d^2) \quad (b)$$

Se igualaron las ecuaciones anteriormente detalladas (a) y (b), lo que se obtuvo lo siguiente:

$$(V_u) = \phi (V_c)$$

$$14,635 \times (190 d + d^2) = 537234 - 0,931 \times (9025 + 142,5 d + 0,5 d^2)$$

$$2780,65 d + 14,635 d^2 = 537234 - 8402,275 - 132,668 d - 0,466 d^2$$

$$33,9705 d^2 + 4774,4625 d - 528831,725 = 0$$

$$\textcircled{R} \quad d = 73 \quad \text{cm} \quad \text{OK!}$$

COLUMNAS 8-9-10-11-14-15-16-17-20-21-22-23

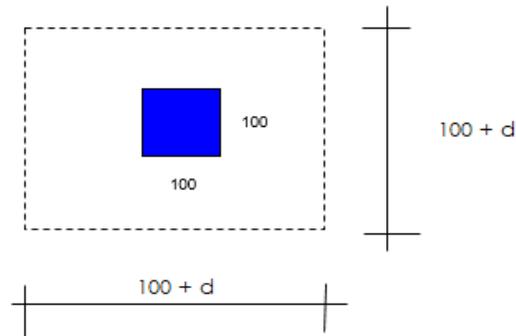


Figura N°24: Columnas 8-9-10-11-14-15-16-17-20-21-22-23

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

$$V_u = 1,4 \times 462390 + 1,7 \times 186990 - 0,931 \times (100 + d) \times (100 + d)$$

$$V_u = 965229 - 0,931 \times (10000 + 200d + d^2) \quad \text{(a)}$$

$$V_c = 1,10 \sqrt{245} \times 4 \times (100 + d) \times d$$

$$V_c = 17.218 \times (400d + 4d^2)$$

$$\phi V_c = 14.635 \times (400d + 4d^2) \quad \text{(b)}$$

Se igualaron las ecuaciones anteriormente detalladas (a) y (b), lo que se obtuvo lo siguiente:

$$(V_u) = \phi (V_c)$$

$$14.635 \times (400d + 4d^2) = 965229 - 0,931 \times (10000 + 200d + d^2)$$

$$5854d + 58,54d^2 = 965229 - 9310 - 186,20d - 0,931d^2$$

$$59.471d^2 + 6040,20d - 955919 = 0$$

$$\textcircled{R} \quad d = 86 \quad \text{cm} \quad \text{OK!}$$

ELEMENTOS ESTRUCTURALES INDEPENDIENTES

DISEÑO DE ESCALERA

Para realizar el diseño de escaleras se tomó en cuenta la norma establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones como es la Norma A.010 en la cual se consideró parámetros tales como:

- ✓ El ancho mínimo que debe tener una escalera debe estar en 1.20m, para lo que nuestro proyecto se diseñó con un ancho de 1.80m, el cual según la norma también se debe considerar aspectos como son los pasamanos, los cuales para su dimensión han sido considerados en el centro y en los laterales.
- ✓ Por otro lado, se tomó en cuenta la siguiente expresión:

$$0.60\text{m} \leq 2\text{CP} + \text{P} \leq 0.64\text{m}$$

Lo que significa que la suma de 2 veces el contrapaso + el paso debe estar entre los valores de 0.60m y 0.64m

Según la altura y caja en donde se encuentra ubicada la escalera, se han encontrado las dimensiones y cantidad de pasos y contrapasos lo que es equivalente a 10 de cada uno, mientras que la medida de estos es de 0.18m y de 0.30m.

A continuación, se detalla el procedimiento para el diseño de la escalera.

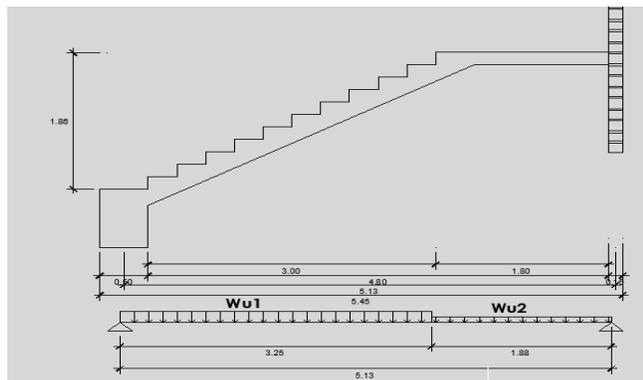


Figura N°25: Diseño de escalera

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

Se realizó el cálculo del espesor de la garganta “t” la cual cumplió la siguiente condición:

$$t = \frac{Ln}{25} \sim \frac{Ln}{20}$$

$$t = \frac{4.80}{25}$$

$$t = 0.20m$$

Metrado de cargas (tramo inclinado)

Para el diseño del tramo inclinado se diseñó teniendo en cuenta las siguientes condiciones, la cual considero la dimensión del paso y contrapaso:

$$\cos \cos (\theta) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + CP^2}}$$

$$ho = \frac{t}{\cos(\theta)}$$

$$hm = ho + \frac{cp}{2}$$

con las expresiones mencionadas anteriormente se pudo deducir:

$$\cos \cos (\theta) = \frac{30}{\sqrt{30^2 + 17^2}} = 0.87$$

$$ho = \frac{20}{0.87} = 22.99 \text{ cm} \approx 23 \text{ cm}$$

$$hm = 23 + \frac{17}{2} = 31.5$$

PESO PROPIO : 1.4 (2.4t/m³*1.8*0.315) = 1.905 t/m

PESO ACABADOS : 1.4(0.10t/m³*1.8) = 0.252 t/m

PESO SOBRECARGA : 1.7(0.50t/m³*1.8) = 1.53 t/m

Wu1 = 3.687 t/m

METRADO DE CARGAS (DESCANSO)

PESO PROPIO : 1.4 (2.4t/m³*1.8*0.20) = 1.21 t/m

$$(-)M_{\text{diseño}} = \frac{1}{2}(9.22)$$

$$(-)M_{\text{diseño}} = 4.61t - m$$

Al haber calculado los momentos de diseño se procedió a calcular el acero de refuerzo, bajo iteraciones de las siguientes expresiones:

$$a = \frac{Asfy}{0.8755bf'c} \dots \dots \dots (I)$$

$$As = \frac{Mu}{\phi fy(d - \frac{a}{2})} \dots \dots \dots (II)$$

$$d = t - 3$$

$$a = d/4$$

Al tener las expresiones mencionadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones se continuó con el diseño de acero para la escalera.

$$d = t - 3$$

$$d = 20 - 3 = 17 \text{ cm}$$

$$a = \frac{d}{4}$$

$$a = \frac{17}{4} = 4.25$$

ACERO POSITIVO

$$(+)M_{\text{diseño}} = 9.22 t - m$$

$$As = \frac{9.22 * 10^5}{0.9 * 4200 * (17 - \frac{4.25}{2})} = 16.40$$

$$a = \frac{16.40 * 4200}{0.85 * 180 * 210} = 2.14$$

$$As = 15.31 \quad \mathbf{As=15.24 \text{ cm}^2}$$

$$A=2 \quad a= 2$$

Para tal área se asumió una varilla de 1", por lo tanto, se calcula la separación de varillas de la siguiente manera:

$$S = \frac{5.07}{15.24} = 0.33m$$

ACERO NEGATIVO

$$(+)\ M \text{ diseño} = 4.61 \text{ t} - m$$

$$As = \frac{4.61 * 10^5}{0.9 * 4200 * (17 - \frac{4.25}{2})} = 8.20$$

$$a = \frac{8.20 * 4200}{0.85 * 180 * 210} = 1.07$$

$$As = 7.41cm \quad \mathbf{As=7.38 \text{ cm}^2}$$

$$A=0.97 \quad a= 0.97$$

Para tal área se asumió una varilla de 1", por lo tanto, se calculó la separación de varillas de la siguiente manera:

$$S = \frac{1.27}{7.38} = 0.17m$$

ACERO MÍNIMO

$$As_{min} = 0.0018 * 180 * 20 = 6.48 \text{ cm}^2$$

Se asumió varillas de ½", para lo que la separación fue de la siguiente manera:

$$S = \frac{1.27}{6.48} = 0.20m$$

DISEÑOS DE PLACAS

Las placas o muros de corte son elementos estructurales que gobiernan el comportamiento sísmico de la edificación, son las encargadas de rigidizar la estructura y de limitar las deformaciones laterales.

A continuación, se procedió a realizar el cálculo método simplificado de muros mediante el Excel:

- Como datos tenemos:

CONCRETO	F'c	245	Kg/cm2
ACERO	Fy	4200	Kg/cm2
PESO	Nu	300	TON
EDIFICACIÓN			
CORTE EN PISO	Vu	150	Ton
MOMENTO EN PISO	Mu	2204.5	ton -m

hw piso 1	=	3.90	m
Lw	=	15.86	m
Hw	=	33.60	m
h	=	0.20	m
d=0.8*lw	=	12.688	m
N pisos	=	8	

DISEÑO POR FLEXIÓN

Se tomó en cuenta los datos utilizando la norma E030, se determinaron los valores constantes y se realizó el cálculo previo donde $\beta_1 = 0.85$ por norma.

Valores constantes			
En cálculo de áreas (As)	Ø =	0.9	
En cálculo de momento (Mu)	Ø =	0.7	
cálculo previo			
β1 =		0.85	
B =		0.7	

Luego se calculó el área de acero donde utilizamos la fórmula con sus respectivas unidades. Una vez calculado el acero se procedió a desarrollar el área de acero total

de los 8 pisos. También se procedió a calcular la cuantía, P_v , q , y por último se realizó la verificación de momentos, como se muestra.

Área de acero			$A_s =$	45.96	cm ²
Área de acero total en todo los pisos			$A_s \text{ total} =$	367.72	cm ²
			$\alpha =$	0.04	
Cuantía			$P_v =$	0.01	
			$Q =$	0.20	
Distancia de deformación máxima al E.N			$C =$	712.03	cm
Momento ultimo resultante usando la fórmula			$M_u' =$	6331.37	Ton - m
Verificación de momentos			$M_u' > M_u$	ok	

DISEÑO POR CORTE

Por norma se utilizó el corte \emptyset que es 0.85 y realizamos el cálculo del corte máximo admisible.

$$\text{Corte máximo admisible} \quad \emptyset V_n = 894.6867$$

54

$$\text{Verificación (corte en piso y corte máximo admisible)} \quad V_u < \emptyset V_n \quad \text{ok}$$

Luego se realizó la sección crítica por corte, donde tenemos dos casos:

$h_w/2 =$	16.8m			$l_w/2 =$	7.93m
-----------	-------	--	--	-----------	-------

Donde se tomó el menor valor que es 7.93m y se realizó los cálculos de esfuerzo último para luego realizar la condición.

Esfuerzo crítico	7.93	\rightarrow	V_u	297.75
	m		crítico	
Sección Esfuerzo Último (V_u')			$V_u' =$	13.8041503 kg/ cm ²
Sección Esfuerzo Último (V_u)			$V_u =$	42.2616848 kg/ cm ²
Condición			$V_u' < V_u$	OK

Para el Cálculo del V_c , se utilizó dos casos y de ellos se utilizaron el menor:

Primer caso: $V_c = 15.98209282 \text{ kg/cm}^2$

Segundo caso: $V_c = 19.04458255 \text{ kg/cm}^2$

Para el cálculo se tomó el menor valor de los (VC) $V_c/2 = 7.991046411 \text{ kg/cm}^2$

Se proporcionó refuerzo vertical transversal $V_u' > V_c/2$ NO REQUIERE

REFUERZO HORIZONTAL:

Se realizó el cálculo de cuantía y se tomó el menor valor

$\rho_h = -0.000519$

$\rho_{\min h} = 0.0025$

Donde el cálculo de espaciamiento adoptó el menor valor:

Calculo de espaciamiento adoptaremos el menor valor	Sh=	45.00 cm
Para el espaciamiento vertical se toma el menor valor	lw/5	317
	3h	60
	45cm	45
Área de acero Horizontal	Ash=	2.25 cm ²

Entonces el refuerzo Horizontal tenemos

refuerzo horizontal tenemos	2 Ø 1/2"	a	0.45 m
------------------------------------	-----------------	----------	---------------

REFUERZO VERTICAL

Se realizó el cálculo de cuantía y se tomó el menor valor

$$p_v = 0.002500$$

$$p_{\min v} = 0.0015$$

Donde el cálculo de espaciamiento adoptó el menor valor:

Calculo de espaciamiento adoptaremos el menor valor	Sh=	45.00 cm
Para el espaciamiento vertical se tomó el menor valor	lw/5	529
	3h	60
	45cm	45
Área de acero Vertical	Ash=	79.30

Entonces el refuerzo Vertical tenemos

refuerzo horizontal tenemos	2 Ø 1/2"	a	0.45 m
Aceros para cada hilera		Nº varilla/2	93.00

Separación real	Adoptamos el menor valor	Sreal =	0.171m
Separación máximo		Smax =	0.125m
refuerzo vertical	93.00	Ø 5/8"	0.125
tenemos			

ANÁLISIS SÍSMICO

Para poder realizar el análisis sísmico se hizo uso del programa ETABS, en la cual para ejecutar se utilizó el 100% de la carga muerta mientras que en la carga viva se utilizó el 50% el cual son los valores estipulados para centro médicos los cuales se ven reflejados en la norma NTE-030 de diseño Sismo resistente.

Además, se consideró normas y parámetros para el diseño sísmico, como es el caso de la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente NTE.030 del 2016, mientras para la respuesta sísmica se pudo realizar el método de superposición espectral la cual se realizó teniendo en cuenta el criterio de Combinación Cuadrática Completa.

En dicha norma peruana se indicó los parámetros que se consideraron para bloques aislados los cuales son fundamentales para llevar a cabo el análisis y diseño sísmico:

✓ Zonificación

La zonificación fue dada por el efecto sísmico probabilístico que ha causado cierto parámetro estructural como es la aceleración de los estratos de suelo, la norma también indica el porcentaje (10%) de la aceleración máxima la cual puede ser superada en 50 años, teniendo un periodo de retorno sísmico de 475 años, considerando que el territorio peruano se encuentra dividido en 4 zonas. En el presente proyecto se eligió un factor de zona de 0.45, pues la zona en estudio se encuentra en el departamento de Piura, provincia de Piura y distrito de Piura.

✓ Estudios de Sitio

A través del estudio de suelo se pudo evaluar los posibles riesgos que se pueden presentar debido a las acciones sísmicas. Este estudio arrojó información sobre las acciones sísmicas y otros fenómenos naturales las cuales están dadas por las

condiciones de la localidad en donde está ubicado el proyecto en estudio, el cual tuvo como finalidad determinar los parámetros de diseño.

✓ **Condiciones Geotectónicas**

Las condiciones geotécnicas se basaron en las propiedades mecánicas del suelo en donde está ubicado el proyecto, además se consideró el espesor del estrato, periodo fundamental de vibración. Según la Norma Técnica E.030 establece los parámetros para el tipo de perfil de suelo, en este caso siendo el S2. el cual indica valores como: T_p 0.60 seg, por otro lado, se considera el parámetro T_L el cual está en 2.00 mientras que el factor de amplificación se consideró como

✓ **Factor de amplificación sísmica**

La aceleración que puede alcanzar un evento telúrico se basa en la aceleración que se puede adquirir en su base teniendo en cuenta aspectos como periodo fundamental (T), factor de amplificación el cual está en función al periodo estructural y periodo T_p y T_L , para lo que se expresó con las siguientes fórmulas:

$$\begin{array}{ll} T < T_p & C = 2.5 \\ T_p < T < T_L & C = 2.5 \times (T_p / T); \quad C < 2.5 \\ T > T_L & C = 2.5 \times (T_p \times T_L) / T^2 \end{array}$$

Según la norma E.030 establece en el capítulo 4 la expresión para el cálculo de del Periodo T fundamental de vibración:

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

De la cual podemos deducir:

$h_n =$ *Altura total del edificio*

$C_T = 35$, para edificios resistentes en una dirección como pórticos de concreto armado sin muros de corte o como pórticos dúctiles de acero sin arriostramiento.

$C_T = 45$, edificios considerados en la dirección como pórticos de concreto armado en las cajas de los ascensores y escaleras o para pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$, edificios de concreto armado duales y de albañilería

El proyecto plasmado se trató de un edificio de concreto armado, por lo que se usó el coeficiente de 60, hallando un periodo T :

$$T = \frac{28}{60}$$

$$T = 0.47 \text{ s}$$

Lo que cumplió la expresión $T < T_p$, lo que adoptó un valor de $C=2.5$

✓ **Categoría de las edificaciones**

Con respecto a proyectos con fines hospitalarios y por encontrarse en la zona sísmica con uso de aisladores sísmicos, se consideró el siguiente factor:

$$U=1.0.$$

✓ **Sistemas estructurales**

El coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R) depende de la clasificación de la estructura. El edificio planteado consiste en un edificio regular ya que no está considerado dentro de ciertos factores de irregularidad, los cuales están dentro de las irregularidades estructurales en alturas tales como irregularidad de Rigidez Piso blando, irregularidades de Resistencia – Piso Débil, Irregularidad Extrema de Rigidez, Resistencia, irregularidad de Masa o Peso, Irregularidad Geométrica vertical, así como irregularidades estructurales en planta los cuales pueden estar considerados como tal irregularidad torsional, irregularidad torsional extrema, esquina entrantes y discontinuidad del Diafragma los cuales también se les ha establecido su factor irregularidad (I_p).

Por ello, se estableció los siguientes factores

I_a : Irregularidad en planta = 1

I_p : Irregularidad en altura = 1.

Por otro lado, se consideró el coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas como lo siguiente:

$$R=R_o \times I_a \times I_p$$

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones en su artículo 3 establece los valores para hallar R, por tratarse de una estructura de concreto armado se consideró **$R_o = 8$** , por lo tanto:

$$R= 8 \times 1 \times 1$$

$$R=8$$

✓ Estimación de peso sísmico (P)

El peso sísmico se calculó teniendo en cuenta un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se le adicionó al peso permanente y total de la edificación, para lo que se tomó en cuenta los siguientes requisitos establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.030:

- 50 % de la carga viva para estructuras que tienen categoría A y B.
- 25% de la carga viva para estructuras que se ubican en la categoría C.
- 80% del peso total que puede resistir un almacén.
- 25% de la carga viva en azoteas y techos.
- 100% de la carga que pueden resistir las estructuras tales como tanques, silos y estructuras.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO

El proyecto que se realizó tiene un nivel denominado piso técnico en donde estarán ubicados los pedestales con los 30 aisladores sísmicos los cuales según la Norma ASCE 7-10 y la Guía del AAHTO Specification for Seismic Isolation Design en donde se tiene plasmado los sistemas elastómeros de caucho natural con núcleo de plomo los que serán elegidos para el diseño.

El centro de rehabilitación cuenta con 8 niveles en los que están distribuidas las siguientes áreas, que son fundamentales para este tipo de proyecto, adicional a eso existe un nivel denominado piso técnico en el que se ubicarán los aisladores con sus respectivos pedestales.

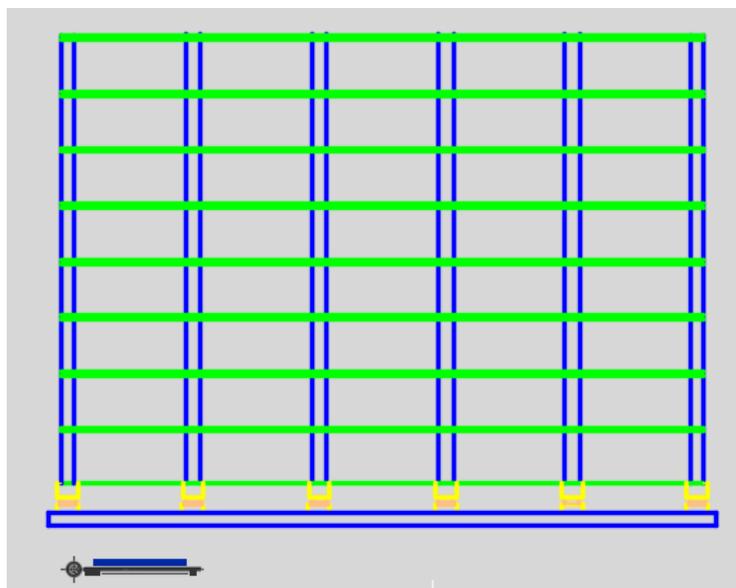


Figura N°26: vista de aisladores en su longitud más grande

Fuente: Elaborado por los autores, 2021

PARÁMETROS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO

- ✓ Zona sísmica (Z): Zona sísmica 4, $Z= 0.45$
- ✓ Tipo de suelo: Suelo tipo 2 (S2), $S=1.05$
- ✓ $T_p = 0.6$ seg, $T_I = 2.00$ seg.
- ✓ Categoría de edificación esencial, $U=1$ (se considera el valor de $U =1$, por tratarse de una estructura que contenga aislamiento sísmico)

En donde se debe considerar las siguientes definiciones:

- S2: por tratarse de un suelo intermedio, el cual según el Reglamento Nacional de Edificaciones define que este perfil se encuentra entre las velocidades de propagación de onda de corte entre 180 m/s y 500m/s
- T_p = periodo que define la plataforma del factor C
- T_I = periodo que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL DISEÑO

Para realizar el diseño se consideró un procedimiento iterativo en el que están involucradas las propiedades geométricas y dinámicas de los aisladores, las cuales junto a la distribución y diseño de elementos estructurales se podrá llegar a conocer el desempeño y/o comportamiento de la estructura.

Para realizar el diseño se debe evaluar el periodo de la estructura aislada, para luego hallar los desplazamientos originados por los sismos de diseño y sismo máximo el cual será considerado 1.5 la aceleración del sismo de Diseño; la expresión para el desplazamiento se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta = \frac{S_a * T^2 * g}{4 * \pi^2 * \beta}$$

Δ : Desplazamiento de la estructura aislada.

S_a : Aceleración espectral considerando el 5% de amortiguamiento.

T : Periodo del sistema de aislamiento.

β : Coeficiente de amortiguamiento

g : Gravedad.

$$\Delta_T = \Delta * \left[1 + y * \frac{12 * e}{(b^2 + d^2)} \right]$$

Δ Desplazamiento de la estructura aislada.

Δ_T Desplazamiento total de la estructura aislada, considerando excentricidad accidental.

y : Distancia entre el centro de rigidez del sistema de aislamiento y el elemento más distante.

e : Excentricidad accidental, considerando el 5% del lado perpendicular al sismo en análisis.

b y d : Dimensiones en planta de la estructura.

MODELAMIENTO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Con el diseño de los elementos estructurales de la edificación y tomando en cuenta las normas y parámetros establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones y las normas americanas, se procedió al modelamiento de la edificación, para lo que se usó el software denominado ETABS, dando inicio al modelamiento:

Se ingresó los datos principales para poder obtener la vista de planta y 3d, en ello se pudo ingresar, sus longitudes y cantidad de elementos según corresponda su orientación (X) (Y).

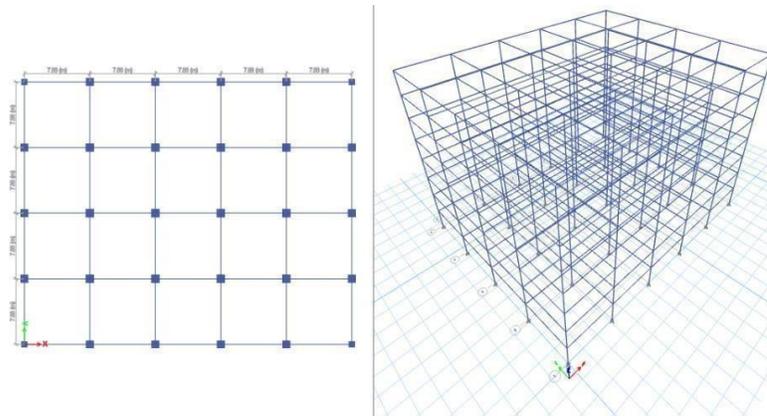


Figura N°27: Modelamiento del edificio de 8 pisos, vista de planta y elevación

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

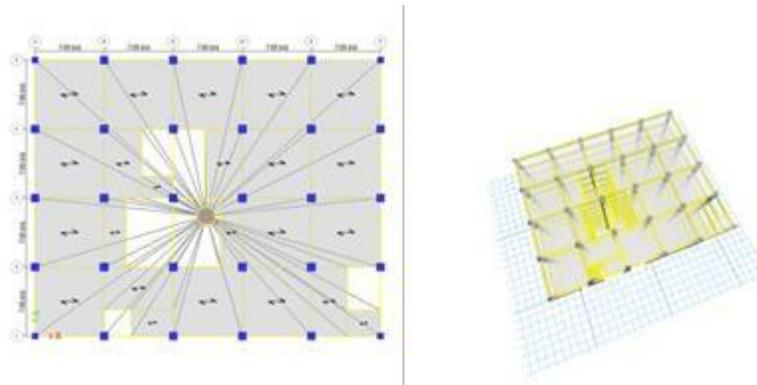


Figura N°28: Modelamiento del edificio de 8 pisos, vista de planta y elevación, diafragma rígido

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Se ingresó los valores correspondientes al concreto, acero, ya se su esfuerzo a la compresión, esfuerzo a la fluencia, cantidad varillas de acero que incluirá cada elemento estructural ya sea vertical u horizontal.

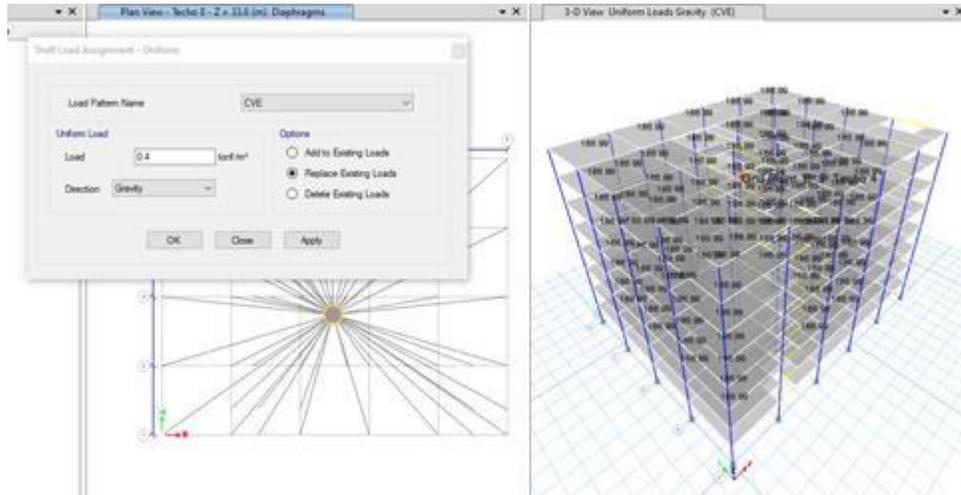


Figura N°29: Asignación de cargas, para el modelamiento estructurales

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Con los valores ingresados correspondientes a sus elementos estructurales, se procedió a ingresar las cargas.

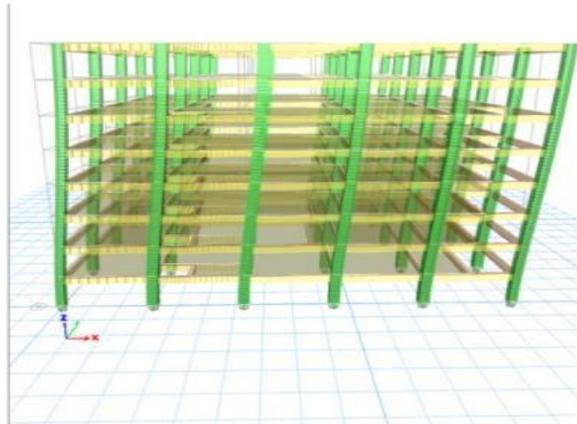


Figura N°30: Análisis sísmico con desplazamiento en X

Fuente: Elaboración por los autores, 2021



Figura N°31: Análisis sísmico con desplazamiento en Y

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

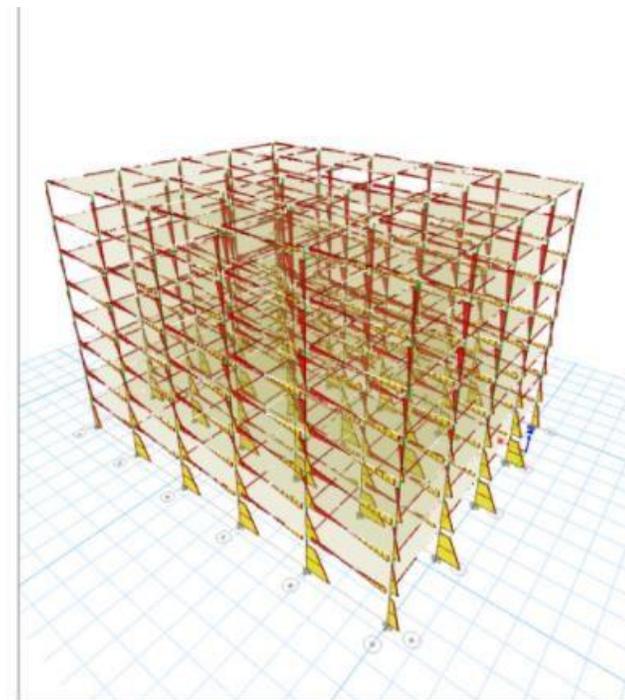


Figura N°32: Diagramas de momentos por sismo en X

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

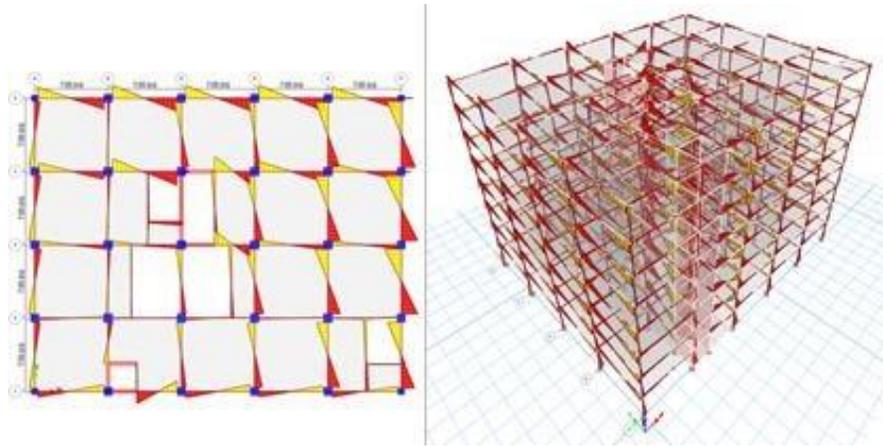


Figura N°33: Diagramas de momentos por sismo en Y

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

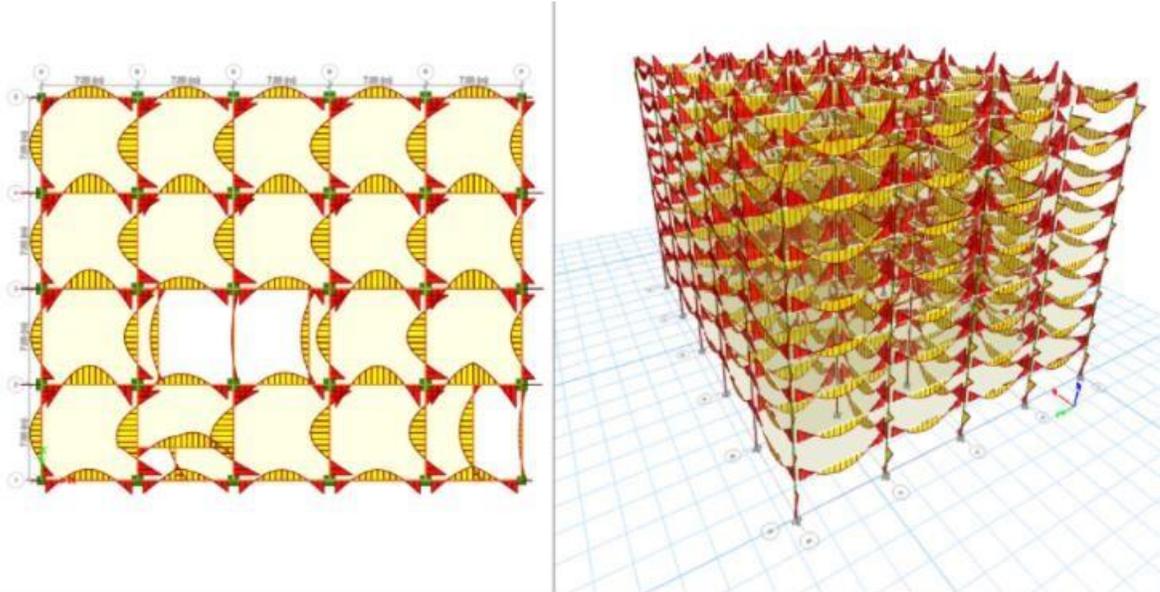


Figura N°34: Diagramas de momentos por cargas

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

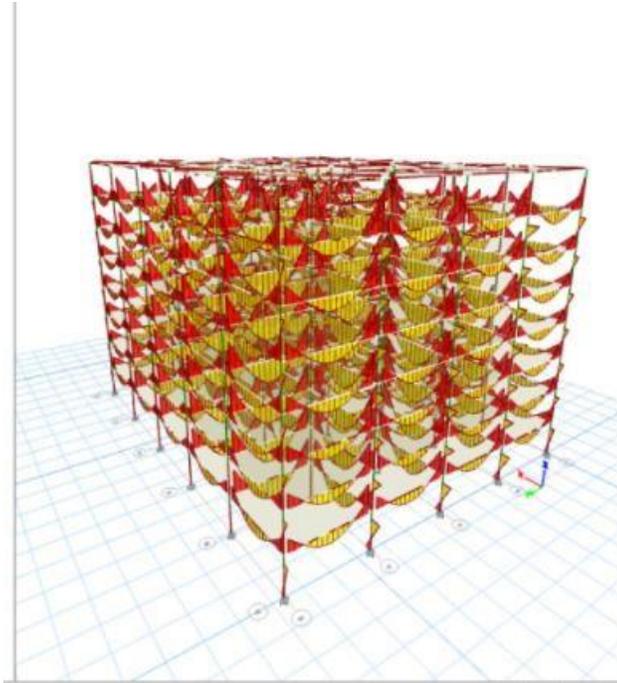


Figura N°35: Diagramas de momento por carga viva

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

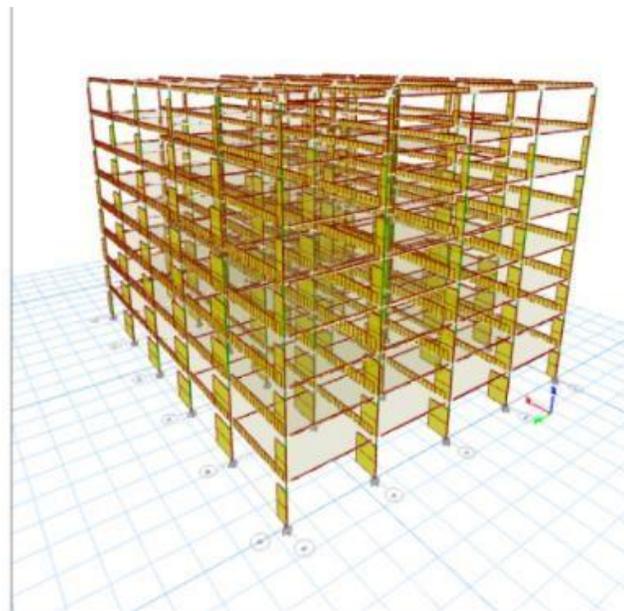


Figura N°36: Cortante por sismo en X

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

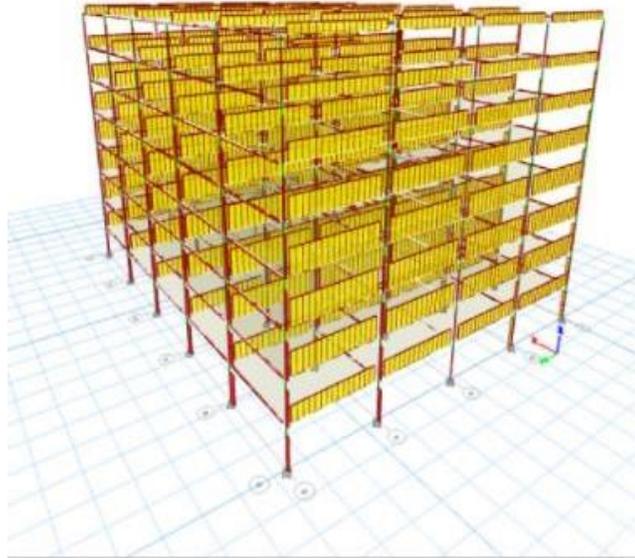


Figura N°37: Cortante por sismo en Y
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

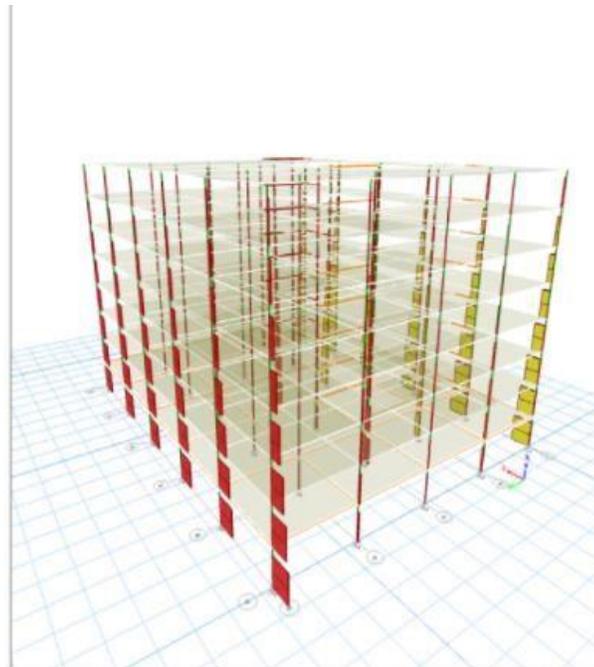


Figura N°38: Carga axial
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

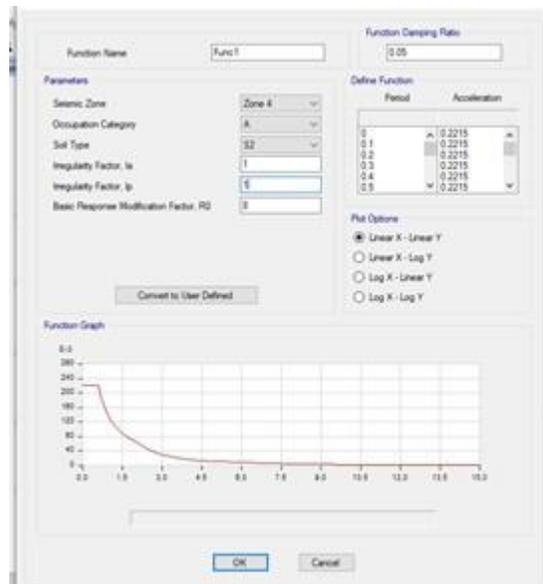


Figura N°39: Espectro Sísmico
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

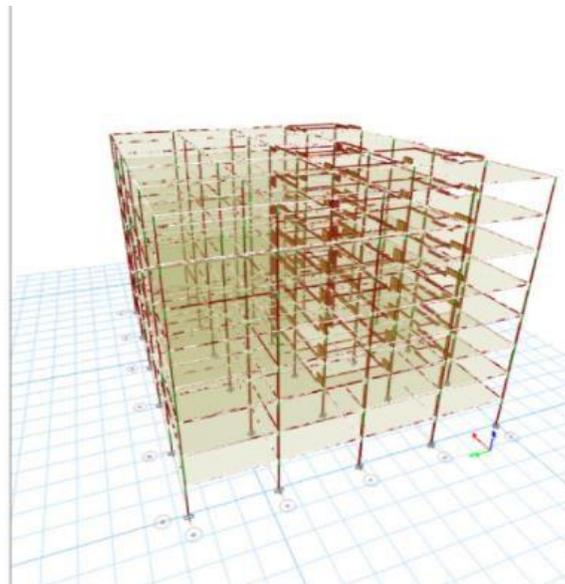


Figura N°40: Torsión
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

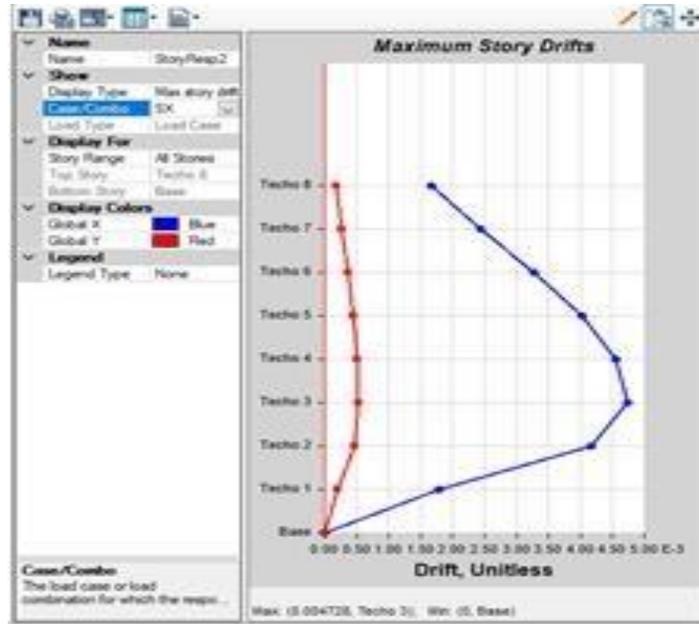


Figura N°41: Máximo desplazamiento por sismo en X

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

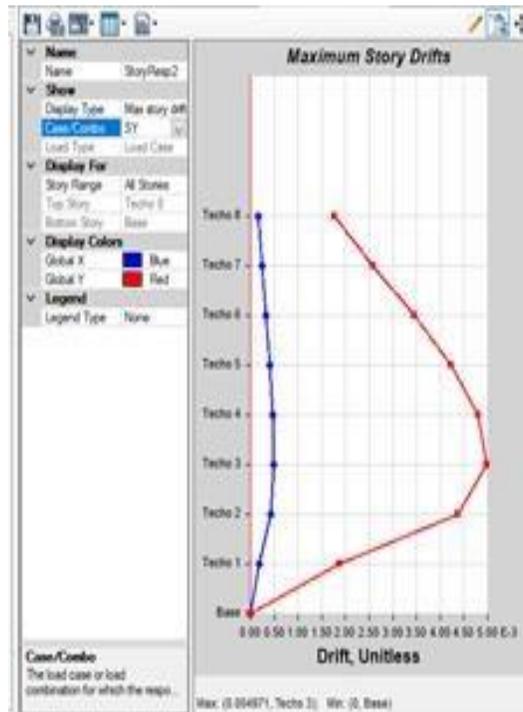


Figura N°42: Máximo desplazamiento por sismo en Y

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

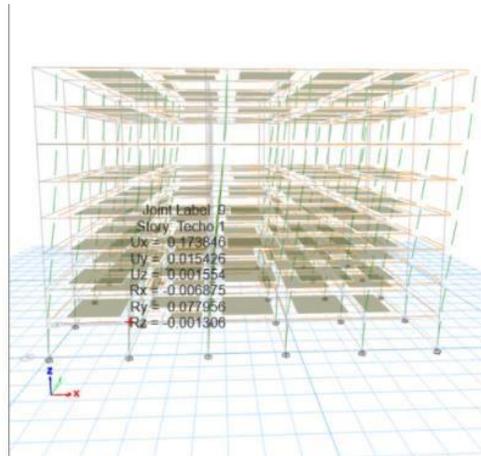


Figura N°43: Análisis sísmico dinámico espectral

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

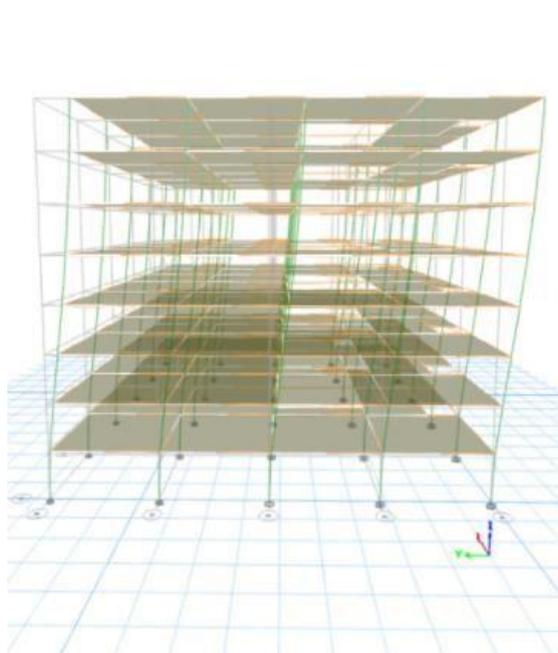


Figura N°44: Modelo espectral 1

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

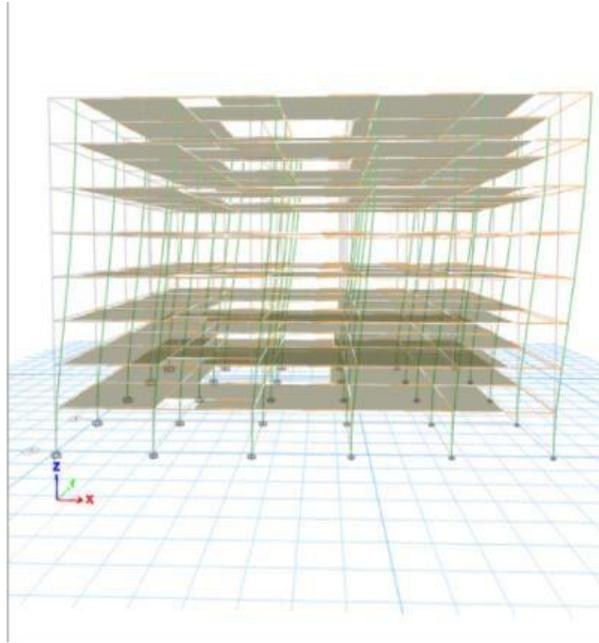


Figura N°45: Modelo espectral 2
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

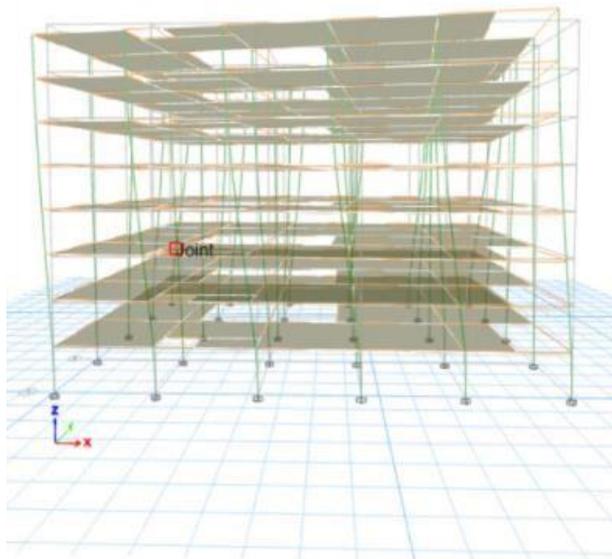


Figura N°46: Modelo espectral 3
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

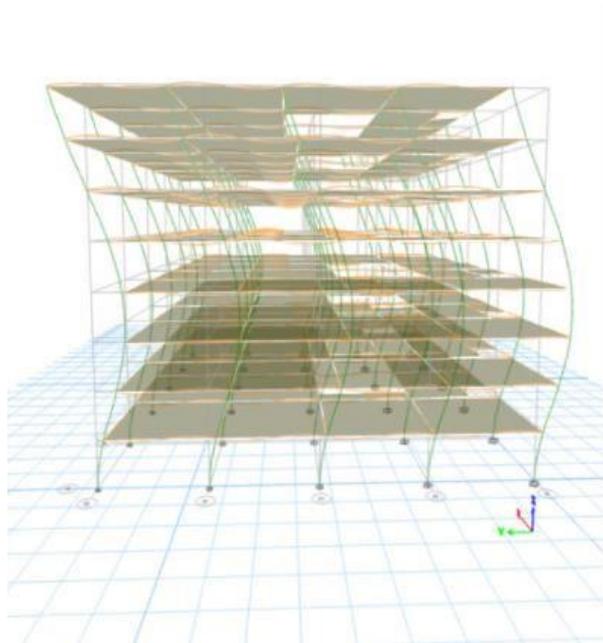


Figura N°47: Modelo espectral 4
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

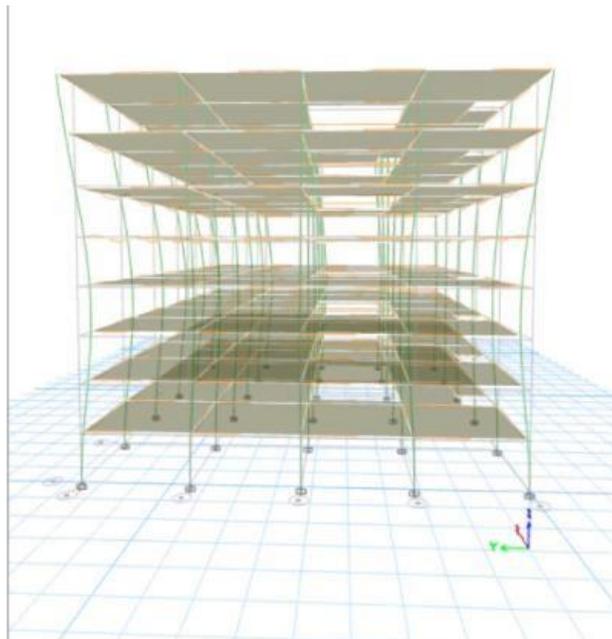


Figura N°48: Modelo espectral 5
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

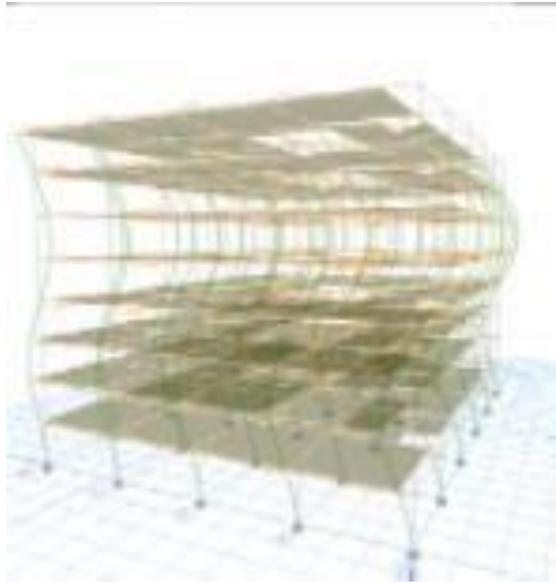


Figura N°49: Modelo espectral 6
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

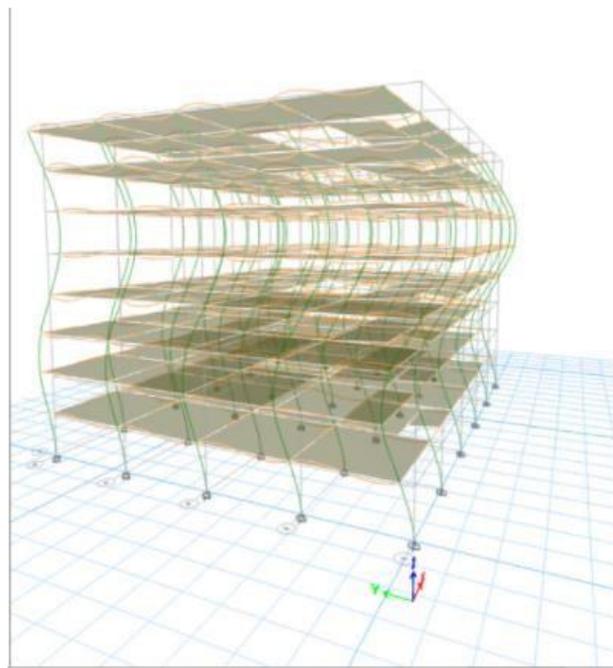


Figura N°50: Modelo espectral 7
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

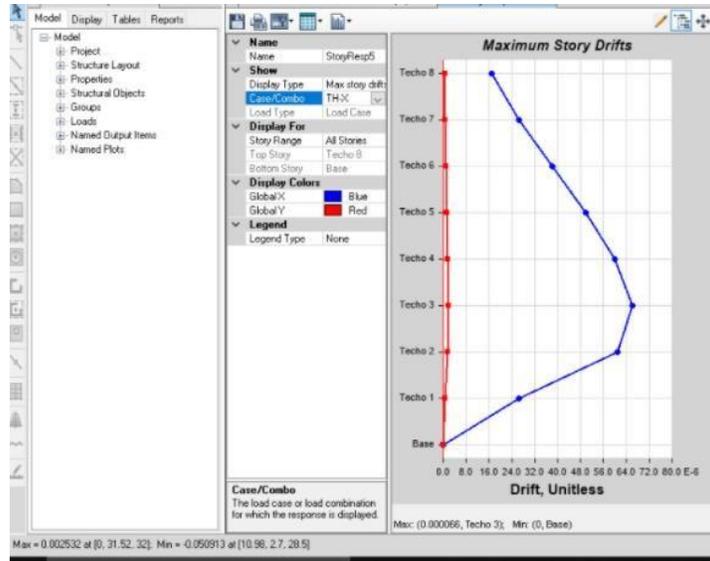


Figura N°51: Cumple en dirección X

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

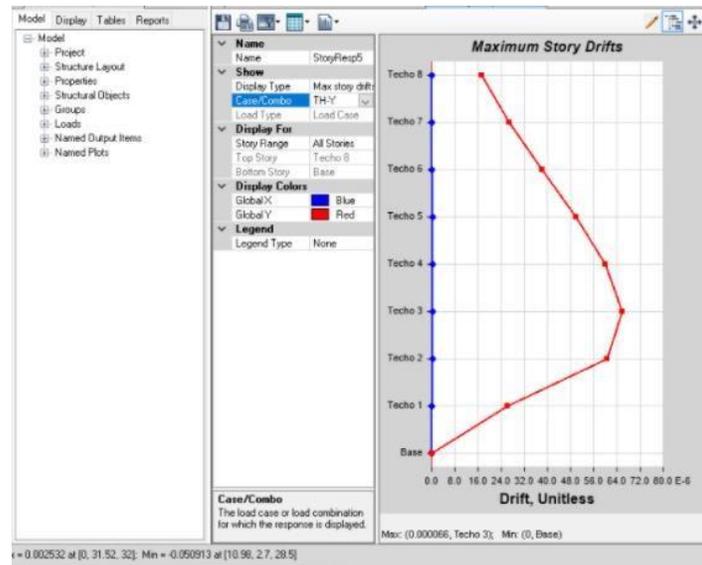


Figura N°52: Cumple en dirección Y

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

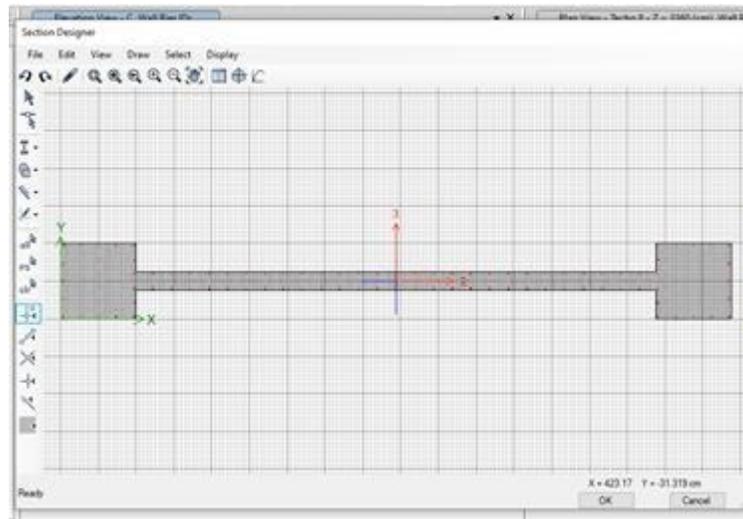


Figura N°53: Diseño de placa para instalación de ascensor y montacargas

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

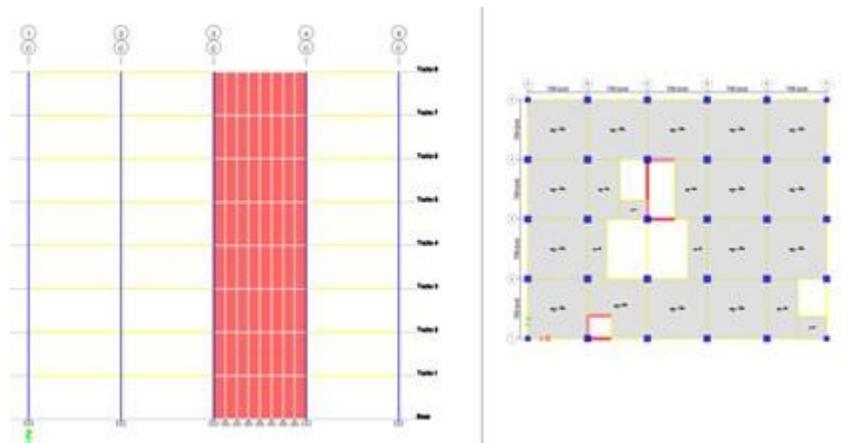


Figura N°54: Modelamiento de placas, proceso de iteración cimentación suelo

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

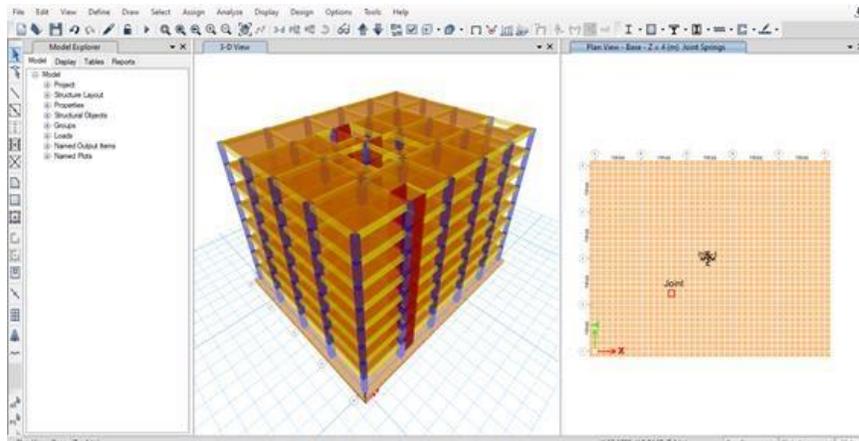


Figura N°55: Modelamiento de platea de cimentación

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS DE ENTREPISO

PISO	X-X (‰)	Y-Y (‰)
8	0.95	0.85
7	1.77	1.05
6	2.52	1.63
5	2.59	1.73
4	2.70	1.90
3	2.75	2.20

2	2.80	2.35
1	2.82	2.49

ACELERACIONES MÁXIMAS ESPECTRALES DE ENTREPISO

PISO	X-X (g)	Y-Y (g)
8	0.15	0.15
7	0.15	0.15
6	0.14	0.14
5	0.14	0.14
4	0.13	0.13
3	0.12	0.12
2	0.11	0.11

1	0.10	0.10
---	------	------

PROPIEDADES GEOMÉTRICAS

AISLADORES

DIÁMETRO

LRB C: D= 85 cm

ALTURA

LRB C: hc= 30 cm, solo cm

DIÁMETRO DE PLOMO

LRB C: Dp= 11 cm

RIGIDEZ POS-FLUENCIA (Kd)

Módulo de corte del caucho natural, puede variar entre 40-85 tn/m². Para el diseño se planteó usar 47 tn/m² este valor puede variar de acuerdo a la calidad de caucho del fabricante

LRB C: Kd = 129.6Tn/m

RIGIDEZ INICIAL (Ke)

Rigidez presente para desplazamiento menores al de fluencia (Dy)

LRB C: Kd = 107.2Tn/m

FUERZA DE HISTERESIS (Qd)

tn/m². Para este proyecto se usó 810 tn/m². Este valor puede variar de acuerdo a la calidad de plomo del fabricante.

LRB C: Kd = 7.7Tn/m

FUERZA DE FLUENCIA (F_y)

LRB C: $F_y = 8.5 \text{ Tn/m}$

DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA (Δy)

LRB C: $\Delta y = 0.007 \text{ m}$

RIGIDEZ EFECTIVA (K_{eff})

LRB C: $K_{\text{eff D}} = 159.2 \text{ tn/m}$

$K_{\text{eff M}} = 141.5 \text{ tn/m}$

ENERGÍA DISIPADA POR CICLO (EDC)

$EDC_D = 7.8 \text{ ton-m}$

$EDC_M = 12.7 \text{ ton-m}$

AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO

$\beta_{\text{eff D}} = 12.0\%$

$\beta_{\text{eff M}} = 8.0\%$

Cargas de gravedad en servicio y máxima en los aisladores:

Dispositivo	CM (ton)	CV (ton)	$M = CM + 50\%CV$	Pmax (ton)
LRB C	254.42	65.20	287.02	501.13

LRB C	283.84	74.79	321.24	555.86
LRB C	182.68	43.27	204.32	396.43
LRB C	293.78	80.85	334.21	572.69
LRB C	164.30	38.60	183.60	402.21
LRB C	153.95	34.36	171.13	378.37
LRB C	209.04	53.88	235.98	425.51
LRB C	204.01	49.57	228.80	404.58
LRB C	293.00	80.50	333.25	568.42
LRB C	201.58	47.97	225.57	429.93
LRB C	207.34	49.61	232.15	442.25
LRB C	292.46	80.27	332.60	568.66

LRB C	232.23	62.63	263.55	451.33
LRB C	142.16	35.49	159.91	355.71
LRB C	206.93	53.36	233.61	419.99
LRB C	165.58	35.64	183.40	408.14
LRB C	248.64	63.88	280.58	500.44
LRB C	216.63	53.92	243.59	475.33
LRB C	204.23	44.59	226.53	467.25
LRB C	291.99	74.17	329.08	554.15
LRB C	329.16	90.44	374.38	639.81
LRB C	247.86	59.22	277.47	523.15
LRB C	150.19	31.11	165.75	345.96

LRB C	173.42	40.34	193.59	374.54
LRB C	200.46	42.10	221.51	394.36
LRB C	217.75	49.28	242.39	476.60
LRB C	253.10	60.78	283.49	571.47
LRB C	331.26	86.30	374.41	631.48
LRB C	324.38	84.19	366.48	632.45
LRB C	146.00	29.12	160.56	325.41

PROPIEDADES DINÁMICAS DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO
RIGIDEZ EFECTIVA

Suma del aporte de cada elemento

$$\Sigma (K_{eff} D) = 6015.2 \text{ ton/m}$$

$$\Sigma (K_{eff} M) = 5170.1 \text{ ton/m}$$

AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO

$$\Sigma (K_{eff} D) = 27.3 \%$$

$$\Sigma (K_{eff} M) = 22.0 \%$$

V. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos y de haber realizado una investigación profunda basándose en las Norma Técnica peruana, el RNE y los cálculos estructurales para dicho diseño de edificio convencional y con aisladores sísmicos, se llegó a las siguientes discusiones:

El primer objetivo específico, fue elaborar los planos de arquitectura de diseño sísmico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, se obtuvo como resultado de la presente investigación, que el área total del terreno es 1720.22 m² de los cuales 1284.8 m² serán construidos con aislación sísmica, posibilitando el diseño de un edificio de Centro de Rehabilitación de 08 niveles en la ciudad de Piura en el rubro de la salud. Donde se describe en el primer nivel teniendo en cuenta la construcción de ambientes como ingreso principal, sala de espera para los pacientes, caja de admisión, imágenes, cuartos para las rehabilitaciones, almacén de productos, residuos sólidos, y los SS.HH. En el segundo nivel, tercer, cuarto, quinto, sexto, séptimo y octavo nivel; cuenta con sala de espera, gerencia, administración, oficinas, cuarto para los pacientes, emergencia, hospitalización, farmacia, triaje, informes, taller de manualidades, almacén, fisioterapia, cocina, consultorios, rayos X, recursos humanos contabilidad, secretarías, sala de juntas, piso técnico donde se ubicarán los aisladores sísmicos y los SS.HH.

En discusión con Flores & paz (2016), propuso el “Centro de Rehabilitación Físico – Terapéutico en la Molina”, teniendo como parte el diseño de la infraestructura de un edificio de 02 niveles con una proyección de más pisos, con ambientes de consultorios, las salas de espera, áreas de diagnósticos, rehabilitación para adultos y niños, administración, admisión, servicios generales, gerencia farmacia, gimnasio, piscina para hidroterapia o mejoramiento de alguna lesión grave o leve, salón de yoga. Tomando como referencia el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma A 0.10, Norma A 120, Norma 050, Norma E.060, Norma E.070, Norma E020. También utilizó “Norma técnicas categóricas de establecimientos del sector salud /MINSA”

(2011). MINSA/DGCP-INR. V.01 “Norma técnica de salud de la unidad productora de servicios de medicina de rehabilitación”. En conformidad con los resultados, se coincide con el confort para el paciente y los criterios tomados en cuenta con el diseño del RNE. También se consideró la seguridad y la economía a un futuro permitiendo así el diseño arquitectónico de la presente investigación sea correcta.

En cuanto al predimensionamiento de los elementos estructurales, se consideró las losas macizas de 0.20 m de espesor. Para las columnas, se emplearon tres denominaciones: C-1, pertenecientes a las columnas centrales con medidas de 1.00mx1.00m; C-2, con dimensiones de 0.95mx0.95m para columnas perimetrales y C-3, con dimensiones de 0.75mx 0.75m para las columnas esquineras. De igual forma, se consideraron una misma dimensión de vigas, denominadas V-101 hasta V-105 y V-201 hasta V-206, con dimensiones de 0.45x0.75m. Al comparar estos resultados con la investigación de Flores Villalobos (2016), quien también realizó un predimensionamiento de elementos estructurales en su estudio, se obtuvo coincidencia en el espesor de losas macizas con dimensiones de 0.20m, y en los criterios empleados para dimensionar los demás elementos estructurales, en el cual satisface los requerimientos de las normas de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Asimismo, se realizó la aplicación del sistema de aislación sísmica en la base del tipo elastomérico con núcleo de plomo LRB (30 aisladores) siendo ventajoso a nivel de comportamiento estructural donde incrementa un 60% de amortiguamiento, asimismo se redujo los desplazamientos de 39.39% en el eje X-X y 12.72% en el eje Y-Y; con un periodo de sismo modal de 2.5s. Esto concuerda con Arquíñiva & Cabello (2017), donde aplica el sistema de aislador sísmico tipo elastomérico con núcleo de plomo LRB(39 aisladores), teniendo como desventaja el comportamiento estructural donde se incrementa en un 28.51% de amortiguamiento efectivo con límites inferiores de las propiedades mecánicas del aislador y para un sismo de diseño, a la vez realizó la reducción de los desplazamientos en un 47.78 % en el eje X-X y 36.48% en el eje Y-Y considerando el promedio de todos los piso de la edificación incrementando el periodo efectivo a 2.50 seg, llevando como resultado a una reducción de la fuerza

cortante en la superestructura en un 63.48% en el eje X-X y 67.89% en el eje Y-Y, logrando así una reducción de los esfuerzos internos de los elementos estructurales.

Según Flores y Ravelo (2019) se coincidió que para el diseño sismo resistente es necesario emplear un sistema dual de pórticos reforzados con muro de cargas para obtener un mejor comportamiento de la estructura. Las masas participativas del primer y segundo modo obtenidas del análisis modal espectral son de 99%. Al realizar la comparación de este resultado con el estudio de Ramos Alex (2018), donde se tuvo masas participativas de 97.1% y 98.7%. Asimismo, se coincidió en el caso de los periodos de la estructura aislada, el cual es recomendable que su valor sea superior a tres veces el de base fija, para que así el sistema de aislamiento cumpla con su objetivo de reducir los daños en la estructura.

Cabe mencionar que la implementación de estos sistemas antisísmicos, mitigan efectos negativos en la estructura como es la presencia de falla y colapso ante un evento telúrico. Por ello, en nuestra tesis la implementación de estos sistemas resultó ser muy costosa. Sin embargo, a lo largo del tiempo los aisladores resultan ser beneficiosos generando la reducción del número de víctimas, daños y gastos de reparación en comparación a un edificio convencional y así se justifica la inversión inicial la cual tiene una relación con Chuman & Valladares (2017), en donde se puede determinar la ventaja estructural y económica que otorgan los sistemas antisísmicos de tipo LRB en todo tipo de edificaciones, los cuales evitan colapsos, resguardan los bienes muebles, así como la operatividad de la estructura; estos sistemas logran que la estructura retorne a su posición inicial debido a las características que tienen los aisladores; debido a sus cualidades estos sistemas logran evitar la pérdida de vidas. Asimismo, Flores & Ravelo (2019), indican concuerda con lo mencionado resaltando que la inversión inicial de estos sistemas es casi nula de la reparación antes un sismo de gran magnitud, en comparación con el convencional, que podría llegar a tener grietas, fallas.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye con la elaboración de los planos de arquitectura del edificio convencional de Centro de Rehabilitación de 8 pisos y con diseño con aisladores, respetando las Normas Técnicas, del RNE y el mínimo porcentaje de área libre. También se ha tenido en cuenta una distribución correcta de ambientes; los ascensores y escaleras presentan una ubicación central con la finalidad de facilitar el acceso a los ocho niveles. Finalmente se ha proyectado un piso de inspección que servirá para el control y supervisión de los aisladores sísmicos.

La realización correcta del predimensionamiento y dimensionamiento de los elementos estructurales de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores, teniendo en cuenta la norma E030, E 031 y ASCE en donde nos indica los criterios de estructuración y diseño. Asimismo, el sistema aporticado tiene una gran ventaja positiva en la edificación ante sismos de gran intensidad y magnitud.

Se concluye, con el análisis económico comparativo de ambas edificaciones, se obtuvo un elevado costo, pero que a lo largo del tiempo se verá beneficioso a nivel social donde es justificado debido a la reducción de víctimas y daños en la estructura.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los profesionales tales como ingenieros, arquitectos, dedicados al diseño de proyectos de esta índole, realizar la elaboración de planos teniendo en cuenta el Reglamento Nacional de Edificaciones, ASCE y las Norma A 050, Norma A 120, E030 y E031, las cuales son fundamentales para obtener un mejor comportamiento estructural en la infraestructura.

Para los ingenieros estructuralistas se recomienda tener en cuenta el tipo de sistema estructural para poder usar adecuadamente el tipo de aislador elastoméricos o aisladores deslizantes y así evitar daños perjudiciales para el ser humano.

Se recomienda a los profesionales dedicados al diseño estructural mantener un orden adecuado para el uso del software a utilizar para que nos arroje un resultado veraz.

REFERENCIAS

- ✓ ABOADA MUÑOZ, Vanessa Elizabeth. Estudio comparativo del empleo de aisladores en edificaciones esenciales siguiendo la propuesta de norma sísmica de Guayaquil. 2020.
- ✓ AGUILAR VENEGAS, David Joel; MENDOZA TANTA, Luis Isaías. Análisis estructural con aisladores sísmicos para edificio destinado para la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo usando modelo BIM, Moche-Trujillo-La Libertad. 2020.
- ✓ ARAKAKI SICCHA, Mayumi Karem; GARCIA BERROCAL, Luis Antonio. Respuestas sísmicas entre un sistema de muros de concreto armado y uno con aisladores sísmicos, de un edificio destinado a comercio y oficinas, en el distrito de Surquillo, Lima. 2017.
- ✓ ARIAS, Fidias. El proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica. 6.^a ed. Caracas - República Bolivariana de Venezuela: Editorial Episteme, C.A., 2012. ISBN: 980-07-8529-9.
- ✓ ARQUIÑIVA, Jorge. Análisis Y Diseño Estructural Comparativo Con Y Sin Aisladores Sísmicos De Una Edificación De 8 Niveles En El Distrito De El Tambo. (Tesis de ingeniería civil), Universidad Peruana Los Andes, Perú, Tambo, HUANCAYO, 2017.
- ✓ A new method for evaluating the real-time residual seismic capacity of existing structures using accelerometers: Structures with multiple degrees of freedom por Koichi Kusunoki [et al]. Journal of Structural Construction Engineering [en línea]. Octubre 2017 n°79.
- ✓ Base Pounding Model and Response Analysis of Base-Isolated Structures under Earthquake Excitation por LIU Chengqing [et al]. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. [en línea]. Noviembre 2017, n° 12.
- ✓ BRESCHI, Leopoldo, BIELEFELDT, Javier y CASTELLANO, María. Potential design of seismic vulnerable buildings incorporating lead rubber bearing [en línea]. Santiago de Chile, 2019.

- ✓ CABELLO, Yuliza y ARQUIÑIVA, Jorge. Análisis y diseño estructural comparativo con y sin aisladores sísmicos de una edificación de 8 niveles en el distrito de el tambo, Huancayo - 2017. (Tesis de ingeniería civil), Universidad Peruana los Andes, Perú, 2017
- ✓ DELGADO ALARCÓN, Ronal Alexander. Comparación técnico económico entre el uso de aisladores elastoméricos y placas de concreto armado en una edificación de 8 pisos. 2017.
- ✓ GENATIOS C.& LAFUENTE M. Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras. Caracas, Venezuela: CAF- Banco de Desarrollo de América Latina, 2016.
- ✓ HERRERA VIVERO, Diego Giovany; BLACIO ROMERO, John Jairo. Análisis costo beneficio en construcción de edificaciones con aisladores sísmicos en una estructura tipo. 2018. Tesis de Licenciatura. Guayaquil: ULVR, 2018.
- ✓ HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 5.^a ed. México, D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. de C.V, 2010. ISBN: 978-607-15-0291-9
- ✓ LEYTON, M. Implementación de Aisladores sísmicos. (Tesis de ingeniería civil), Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima, Perú, 2017.
- ✓ MAMANI QUISPE, Alfredo. Evaluación del comportamiento sísmico, sistemas de aisladores con respecto al sistema convencional para las edificaciones esenciales, del Hospital del Callao-Lima-Callao 2017. 2017.
- ✓ MENGA, FOTI Y CARBONE. Viscoelastic Friction Properties of Seismic Insulators for Rubberized Roller Bearings (RLRB), 2017.
- ✓ MILLONES, D. C. Estudio comparativo de una edificación de nueve niveles y dos sótanos, con y sin aisladores sísmicos. (Tesis de ingeniería civil), Universidad Nacional Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú, 2019.
- ✓ MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS. (2018). MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS.
- ✓ MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma E.060: concreto armado. Lima, 2018. 201 pp.

- ✓ MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma E.020: Cargas. Lima, 2018. 29 pp.
- ✓ MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). Norma A.120: Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores. Lima, 2018. 8 pp.
- ✓ MONSERRATE PARRALES, Rodrigo. Aplicación De Aisladores Sísmicos En La Cimentación De Edificios En La Ciudad De Guayaquil, 2016, Tesis De Licenciatura. Guayaquil - Ecuador.
- ✓ NORMAS Legales (Perú). Reglamento Nacional de Edificaciones E-030. Diseño Sismorresistente: RNE, 2018. 80pp.
- ✓ NORMAS Legales (Perú) Reglamento Nacional de Edificaciones E- 031. Aislamiento Sísmico RNE, 2019, 66pp.
- ✓ PRET.ELL VIGO, Paúl Francisco. Análisis Sismorresistente Utilizando Aisladores Sísmicos En Un Edificio Multifamiliar De 9 Pisos En La Urb. San Andrés Distrito De Trujillo. 2018.
- ✓ QUENTA F. Análisis y diseño estructural con aisladores sísmicos del hospital de la ciudad De Huancané - puno - 2015, 2017.
- ✓ RÍOS GOICOCHEA, Alder Guzmán. Diseño estructural con aisladores sísmicos respecto al edificio convencional para el bloque D del Hospital de Villa María del Triunfo, Lima-2020. 2020.
- ✓ RODRÍGUEZ, Br David Ariel Suárez, et al. Diseño De Un Edificio De 8 Niveles Sobre Aisladores De Base Elastoméricos.
- ✓ RUIZ CASTRO, Paul William. Análisis Y Diseño De Edificios Con Aisladores Sísmicos De Péndulo Friccional Doble Y Triple, 2017, Tesis de Licenciatura. Lima, Perú.
- ✓ SAMOKIC QUIQUIA, Yerko Anthony; LUCEN GÓMEZ, Jorge Enrique. Análisis y diseño estructural comparativo de un edificio de concreto armado de diez pisos con bases fija y aislada.
- ✓ SÁNCHEZ AVILÉS, Deyvis Joan. Metodología de Construcción para la Instalación de Aisladores Sísmicos en un Edificio de 12 Pisos. 2018. Tesis de

Licenciatura. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil.

- ✓ TOCTO CABANILLAS, Samuel David. Desempeño sísmico de una estructura de concreto armado con aisladores sísmicos LRB para uso esencial en la ciudad de Trujillo, región la libertad, 2018. 2019.
- ✓ TUPIZA AYO, Ana Lucía. Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio destinado a un parque de juegos familiares con aisladores sísmicos y en cimentación convencional. 2017. Tesis de Licenciatura. Quito: UCE.
- ✓ TRUJILLO B. Diseño Integral De Estructuras Con Sistema De Aislación Sísmica Aplicado A Un Edificio De Concreto Armado, Huancayo- Perú, 2017.
- ✓ YALICO CAMPOS, Rafael Jesús Enrique. Análisis Comparativo del Comportamiento Sísmico de un Sistema Dual Frente al Modelo con Aisladores sísmicos HDR, De un Sistema Aporticado, del Edificio Country, Ubicado en Nuevo Chimbote-2018. 2018.

Anexo 3: Matriz de Coherencia

TÍTULO DE LA INVESTIGACION	PROBLEMÁTICA (GENERAL - ESPECÍFICO)	OBJETIVOS (GENERAL - ESPECÍFICOS)	HIPÓTESIS
DISEÑO SÍSMICO EN UN EDIFICIO DE 8 PISOS, CONVENCIONAL Y DISEÑO CON AISLADORES EN EL DISTRITO DE PIURA-PIURA, 2021	<p>PROBLEMA GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál sería el diseño sísmico en un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021? <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál será el diseño arquitectónico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021? ¿Cómo sería el predimensionamiento de los elementos estructurales de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021? ¿Cuál sería el dimensionamiento para aisladores sísmicos mediante el software ETABS y diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional en el distrito de Piura-Piura, 2021? 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar el diseño sísmico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021. <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Elaborar los planos de arquitectura de diseño sísmico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021. Elaborar el predimensionamiento de los elementos estructurales de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021. Determinar el dimensionamiento para aisladores sísmicos mediante el software ETABS y diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional en el distrito de Piura-Piura, 2021. 	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> El diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional tiene diferencia significativa con el diseño aisladores en el distrito de Piura - Piura, 2021 <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Existe diferencia en el diseño arquitectónico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura -Piura, 2021. Existe una diferencia en el predimensionamiento de los elementos estructurales de un edificio de 8 pisos, convencional y un diseño con aisladores en el distrito de Piura -Piura, 2021. El dimensionamiento para aisladores sísmicos tiene una diferencia significativa en el diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional en el distrito de Piura -Piura, 2021.

Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 4: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
V1: Aisladores	“Aisladores sísmicos que son elementos se encargan de cumplir con la función de desconectar del suelo la estructura logrando que la edificación que se encuentra por encima de los aisladores adopte el comportamiento de un sólido rígido, Los aisladores sísmicos tienen la capacidad de generar un aumento en el amortiguamiento de la estructura, además su función principal es la de disminuir las fuerzas laterales que son transferidas después de ocurrido un evento telúrico a la estructura” (Ruiz, 2017, p. 6).	Los sistemas de aislamiento LRB están constituidos de caucho, placas de acero las que en el centro tienen una hendidura la que al aplicarle presión encaja con el núcleo de plomo, este servirá para producir periodos de histéresis pues la re-cristalización de la tensión será un beneficio para mejorar la resistencia a la fatiga.	Diseño Arquitectónico	<ul style="list-style-type: none"> • Cuartos para los pacientes. • Oficinas • Sala de gerencia. • Área de caja. • Cuarto de control de equipos. • Área de residuos sólidos. • Áreas múltiples. 	Nominal
			Predimensionamiento de los elementos estructurales.	<ul style="list-style-type: none"> • Vigas. • Losas macizas. • Columnas 	Intervalo
			Diseño de aisladores	<ul style="list-style-type: none"> • Normas y parámetros para el análisis sísmico • Tipos de aisladores 	Nominal
V2: Diseño sísmico	Diseño sismo – resistente se fundamenta en prevenir daños materiales y humanas, basándose en el comportamiento en su estructura, siendo apto de empapar y dispersar energía de manera estable (Pretell, 2018, p. 16). Asimismo, se debe tener en cuenta su proporción, selección y uso apropiado de los materiales de construcción,	El diseño sísmico con aisladores es un método el cual se está implementando en los últimos años, después de haber demostrado su efectividad ante diversos movimientos telúricos, esto ha generado que la rigidez de la estructura sea mayor y	Dimensionamiento de estructuras	<ul style="list-style-type: none"> • Columnas, vigas, losas, etc. 	Nominal
			Modelamiento estructural	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de cargas elástica excesiva. • Análisis estático. 	Ordinal

	resistencia adecuada, continuidad estructural y maleabilidad (RNE NORMA E030, p. 6).	generar la restricción al desplazamiento sísmico.			
			Análisis sísmico	<ul style="list-style-type: none"> • Falla por deformación 	ORDINAL

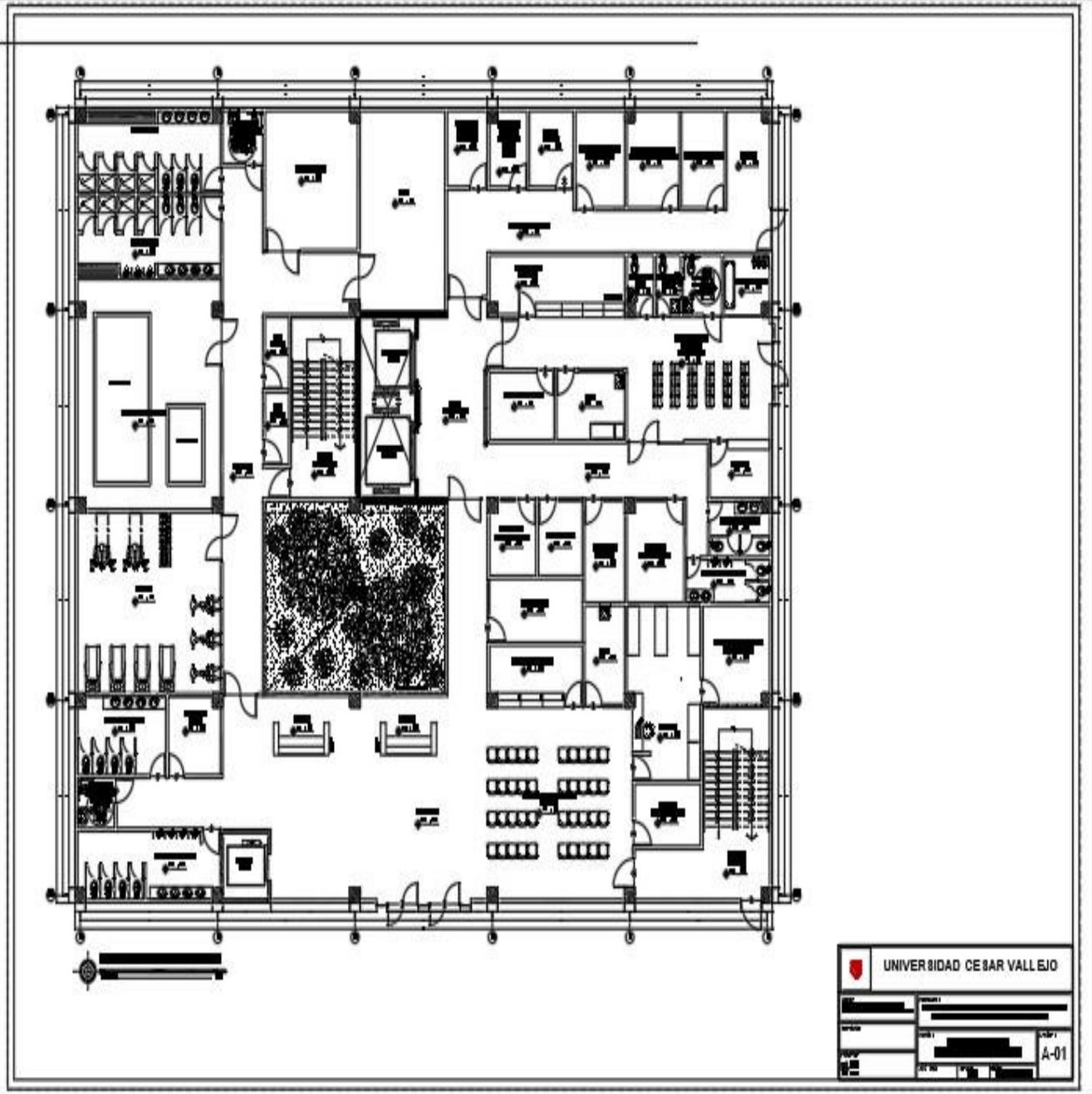
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 5: Técnicas e instrumentos de evaluación

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	LOGRO
<p>Objetivo Específico 1:</p> <p>Elaborar los planos de arquitectura de diseño sísmico de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021.</p>	<p>Edificio convencional y edificio con aislación sísmica.</p>	<p>Recopilación de datos y Análisis documental.</p>	<p>Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-030 E-031.</p>	<p>Se realizó los planos de arquitectura del diseño de un edificio con aisladores sísmicos tuvo un mejor comportamiento ante un edificio convencional</p>
<p>Objetivo Específico 2:</p> <p>Elaborar el predimensionamiento de elementos estructurales de un edificio de 8 pisos, convencional y diseño con aisladores en el distrito de Piura-Piura, 2021.</p>	<p>Edificio convencional y edificio con aislación sísmica.</p>	<p>Análisis documental.</p>	<p>Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-030 E-031. Hoja de cálculo de Microsoft Excel.</p>	<p>Se realizó el predimensionamiento de un edificio convencional y un edificio con aisladores sísmicos.</p>
<p>Objetivo Específico 3:</p> <p>Determinar el dimensionamiento para aisladores sísmicos mediante el software ETABS y diseño sísmico de un edificio de 8 pisos convencional en el distrito de Piura-Piura, 2021.</p>	<p>Edificio convencional y edificio con aislación sísmica.</p>	<p>Análisis documental.</p>	<p>Guía de modelamiento estructural. Software ETABS. Hoja de cálculo de Microsoft Excel.</p>	<p>Se comprobó que el diseño de un edificio con aisladores sísmicos tuvo un mejor comportamiento ante un edificio convencional</p>

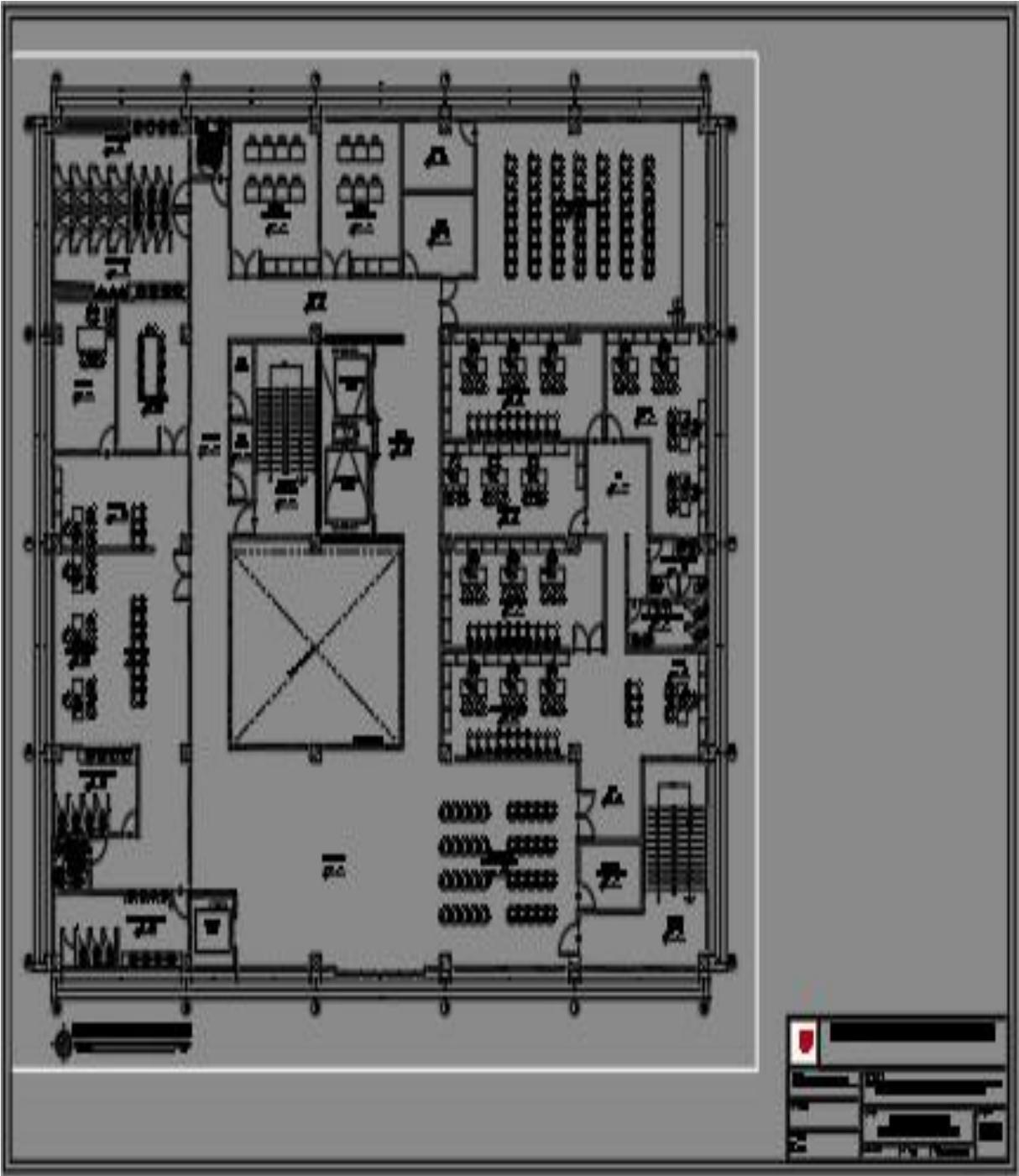
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 6: Plano de arquitectura de primer piso



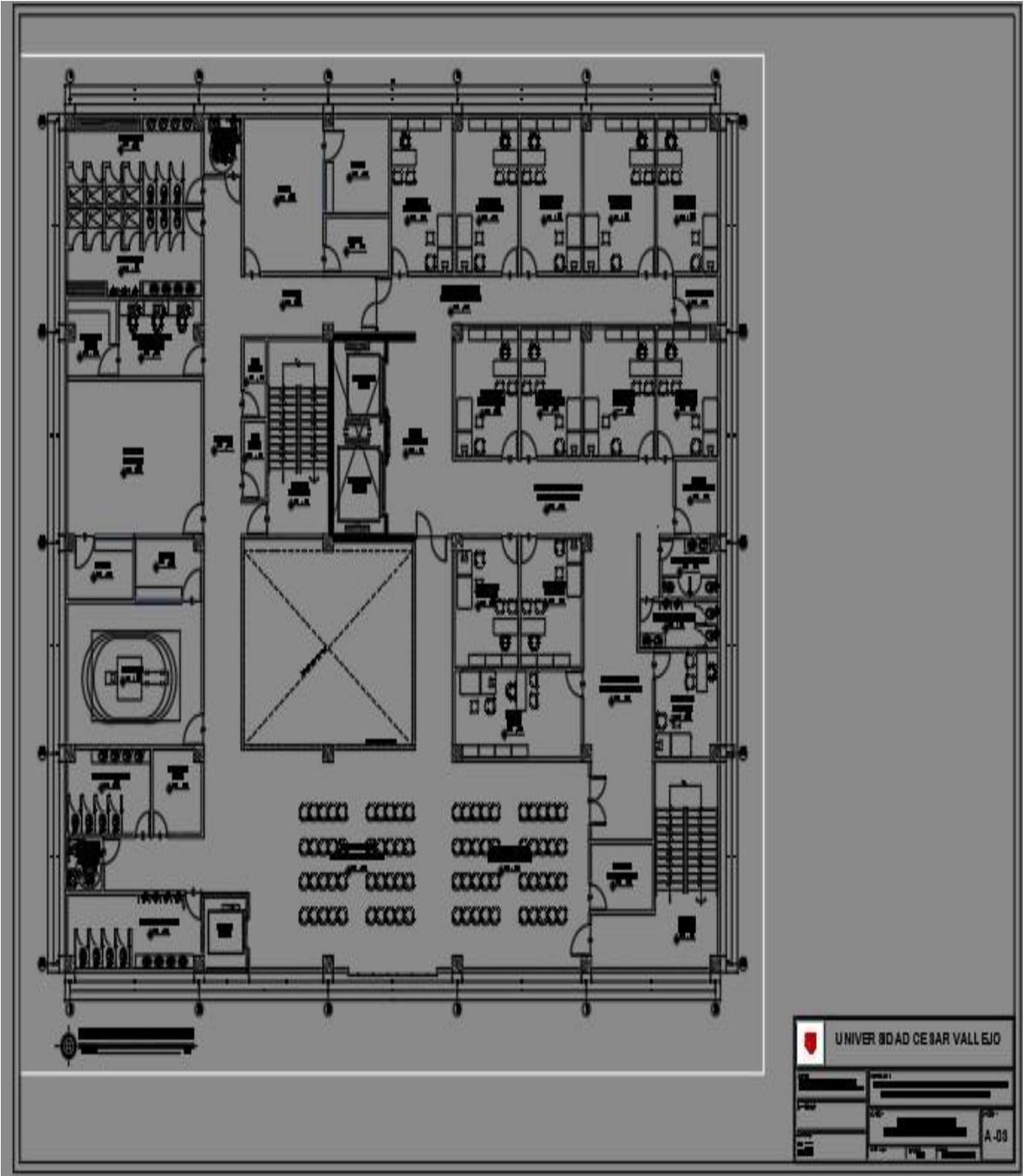
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 7: Plano de arquitectura de segundo piso



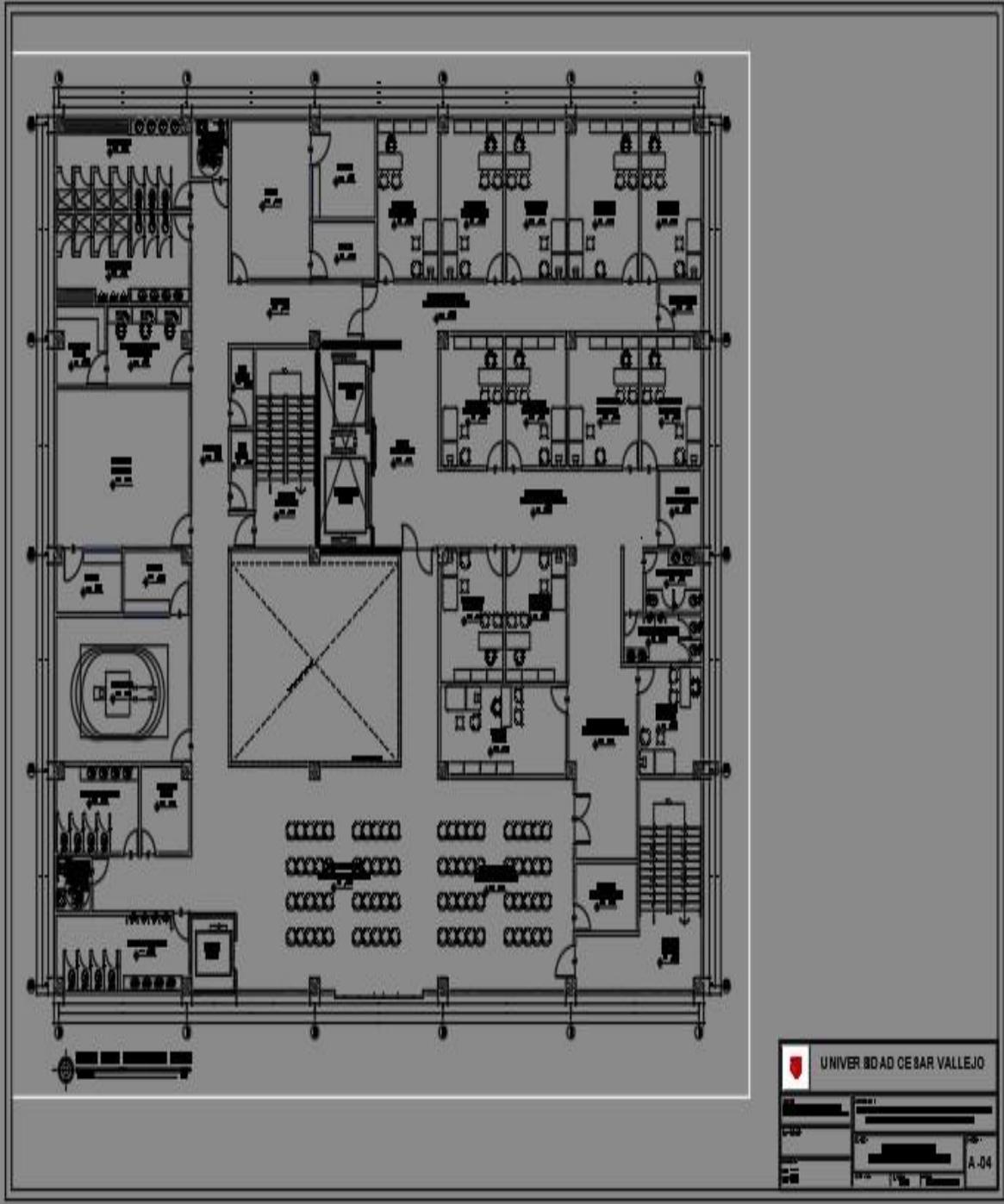
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 8: Plano de arquitectura de tercer piso



Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 9: Plano de arquitectura de cuarto piso



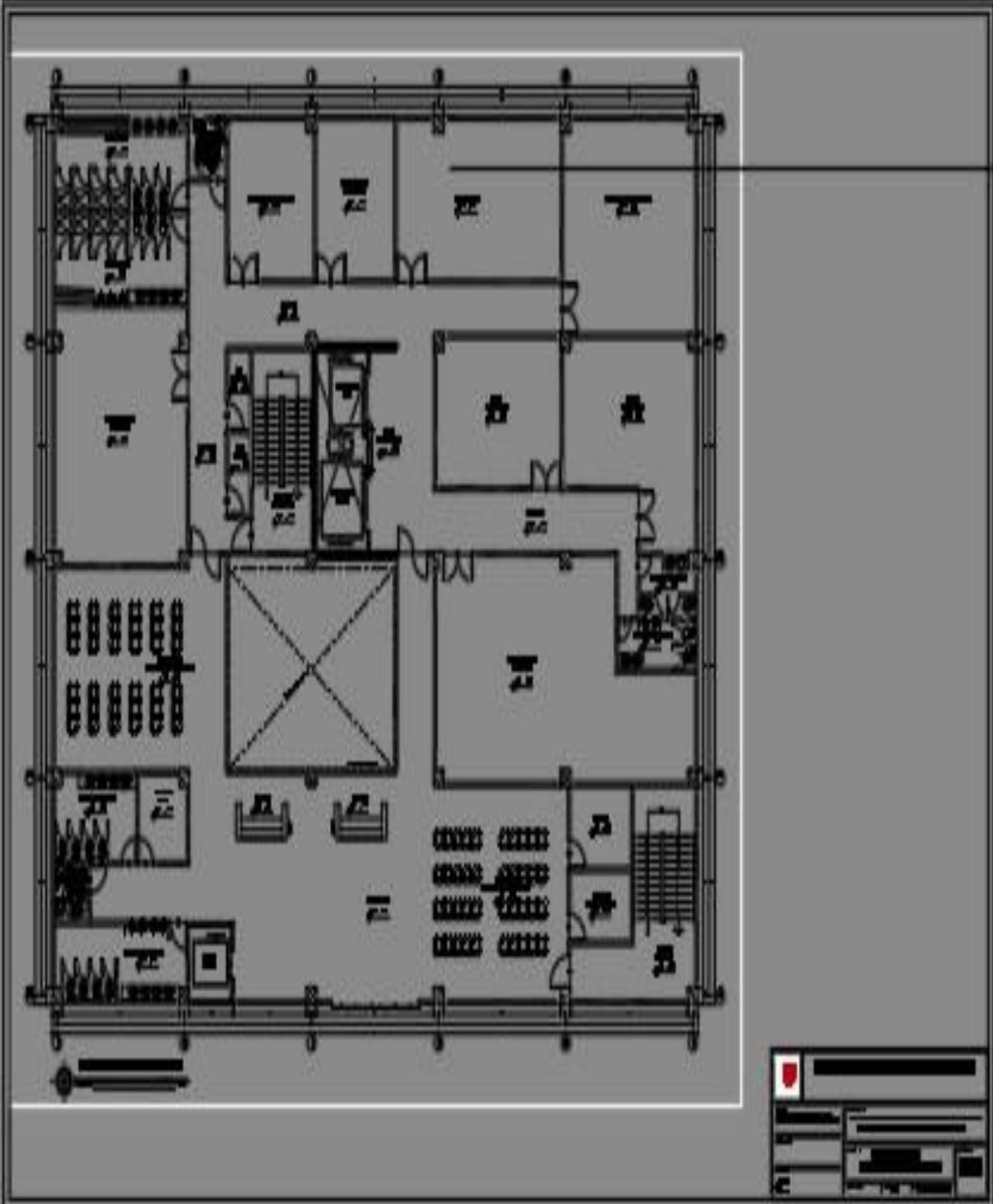
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 10: Plano de arquitectura de quinto piso



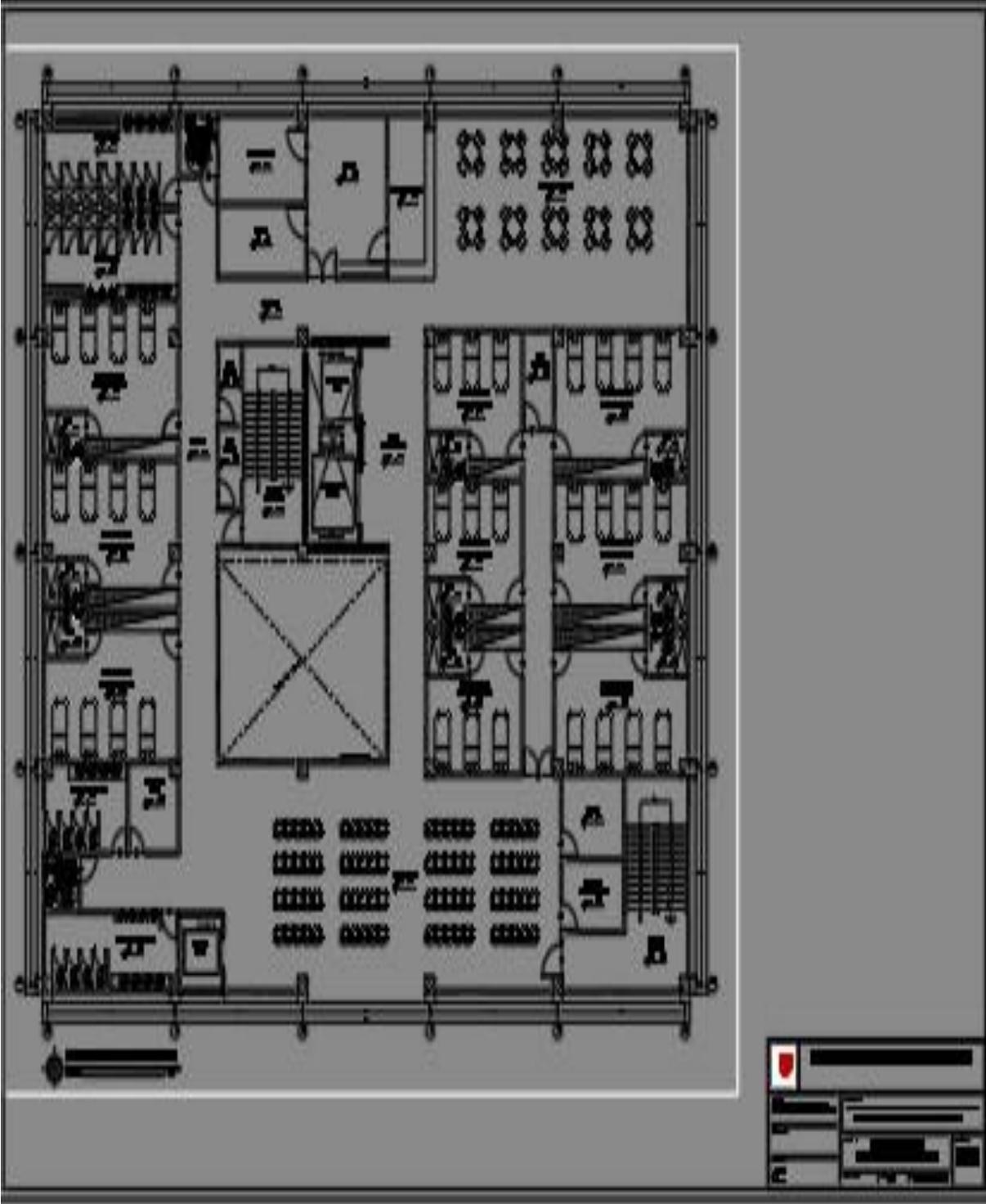
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 11: Plano de arquitectura de sexto piso



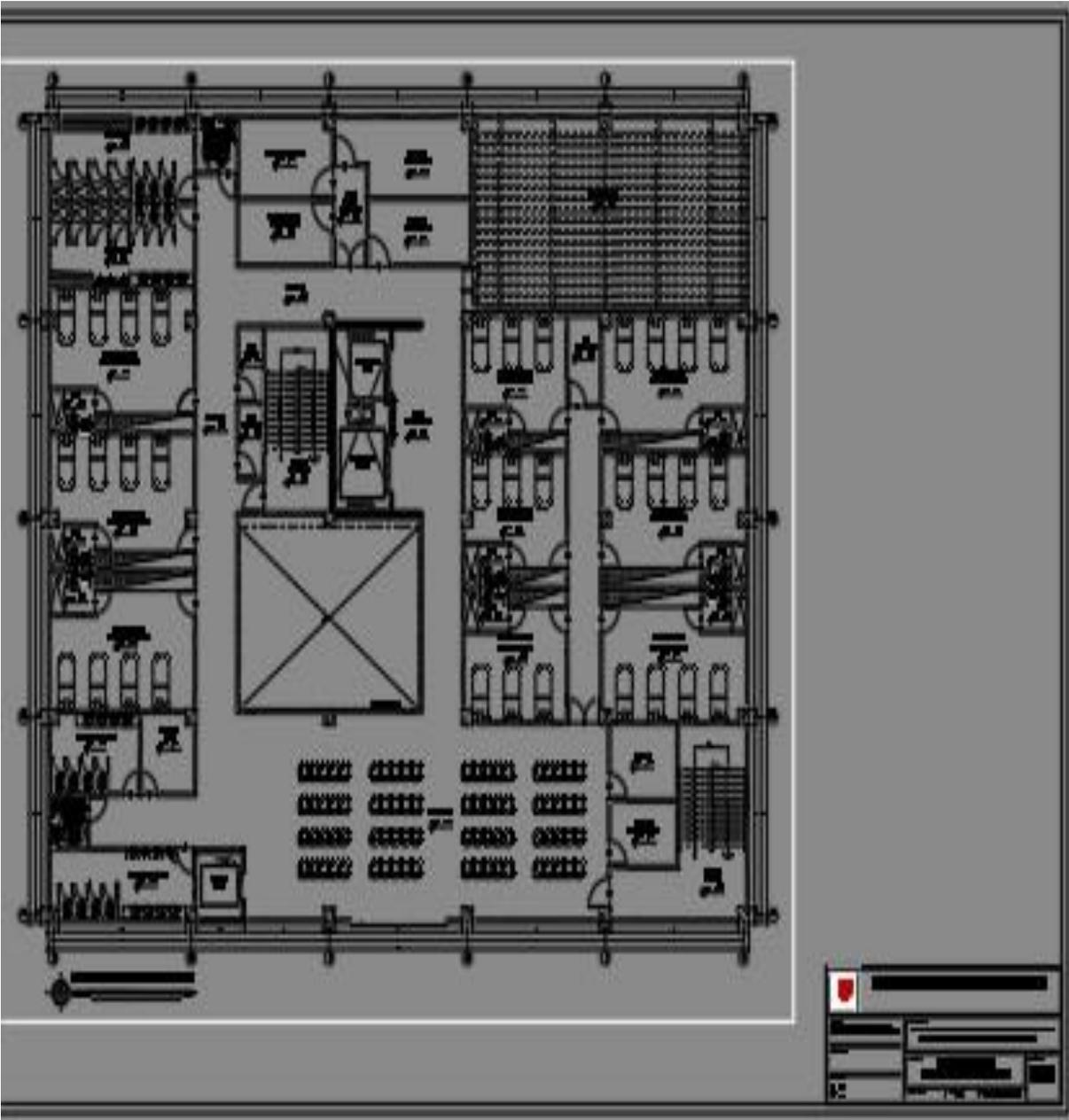
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 12: Plano de arquitectura de séptimo piso



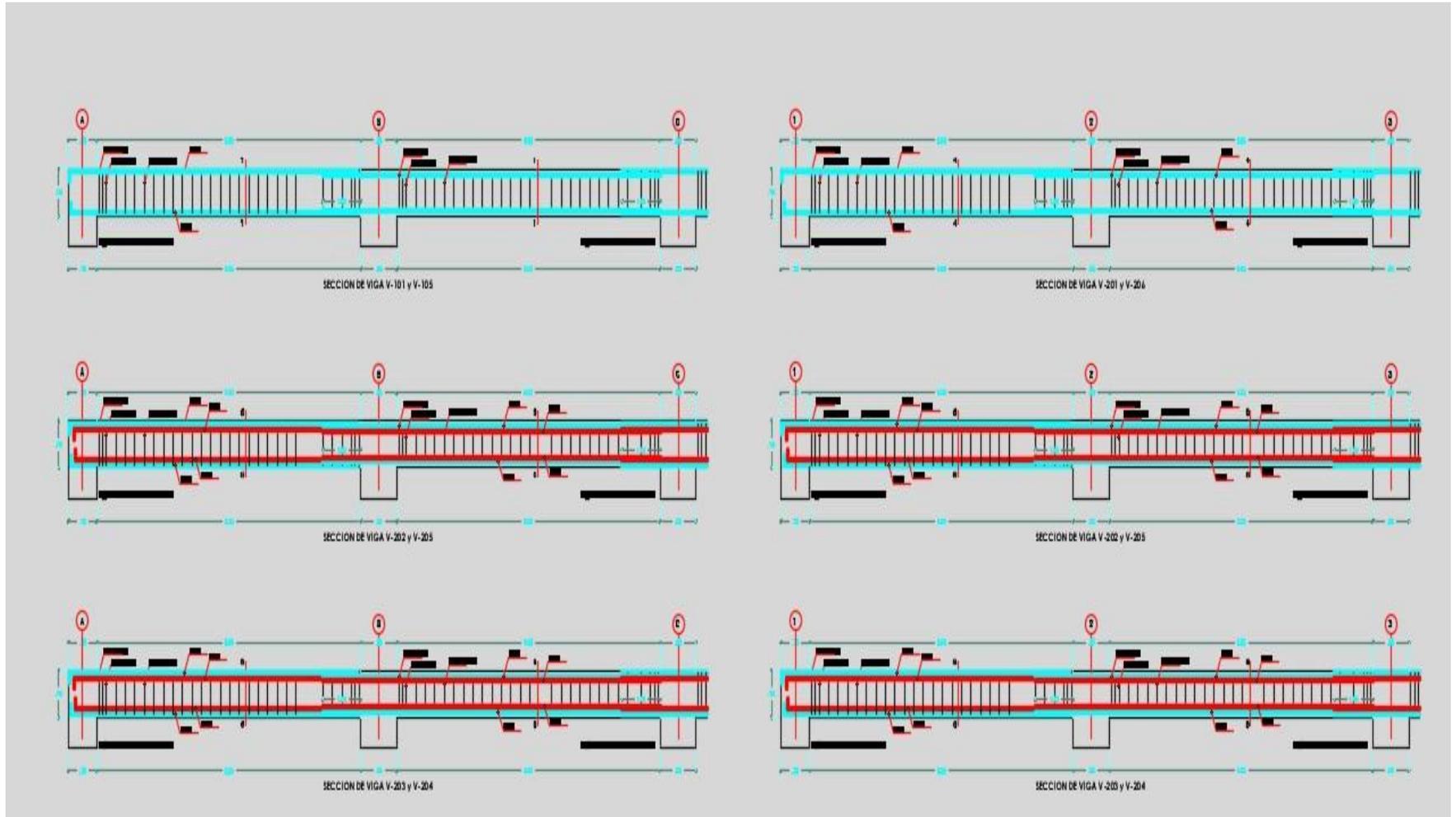
Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 13: Plano de arquitectura de octavo piso



Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 14: Detalle longitudinal de vigas



Fuente: Elaboración por los autores, 2021

Anexo 16: Instrumento

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

I. ANTECEDENTES:

El presente informe corresponde al Estudio de suelo con fines de ocupación urbana de un terreno de 1720.22 m², ubicado en el Distrito de Piura, Provincia y Departamento de Piura.

Con fecha 18 de septiembre de 2021, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional con la finalidad de promover acciones de mutua colaboración en lo referido a brindarse cooperación técnica en materia de estudios, elaboración, supervisión, ejecución y evaluación de proyectos y obras de ingeniería y arquitectura, así como la prestación de servicios compatibles con la finalidad de ambas entidades.

Con fecha 20 de septiembre de 2021, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Específico, con la finalidad de elaborar el “Estudio de las Condiciones Geológicas, Geotécnicas y Evaluación de Peligros Naturales en el Área Seleccionada para la Habilitación de una edificación de 8 pisos en la ciudad de Piura”, que será ejecutado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, el cual es material del presente estudio.

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO:

El presente informe tiene como objetivo efectuar el estudio de Mecánica de Suelos con fines de cimentación **“ELABORAR UNA EDIFICACIÓN DE 8 PISOS, CONVENCIONAL Y CON DISEÑO SÍSMICO CON AISLADORES”**. La finalidad principal es determinar las características geotécnicas del suelo dentro de la



Ludwing H. Ruiz Timote
ING. CIVIL 1
CIP. 187193

profundidad activa y a partir de ellas obtener la profundidad de cimentación y las condiciones portantes del subsuelo sobre el cual se fundaron las estructuras de las obras no lineales **PTAP**, **PTAR** y **Reservorio**, las cuales están referidas en base a la Normatividad Técnica Vigente E-050 del Reglamento Nacional de Edificaciones y las Normas Técnicas ASTM y/o NTP.

III. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:

El área seleccionada para el Saneamiento Urbano de las obras no lineales de la Nueva Ciudad Olmos se ubica en el distrito de Olmos, provincia y departamento de Lambayeque entre las coordenadas UTM N 9431452.758 y E 538046.585 - 538103.925 del Sistema WGS 84, esta área se encuentra colindante a la primera etapa del proyecto de irrigación de Piura, con un área aproximada de 1720.22 m² se trata de una zona agreste donde predomina los valles desérticos poco ondulados de formación eólica.

IV. DESCRIPCIÓN DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS:

El presente estudio de Mecánica de suelos, tiene el objeto de proporcionar recomendaciones para el diseño y construcción de las fundaciones proyectadas en el área Urbana del distrito de Piura, para ello se realizaron 01 estudios de mecánica suelos.

a) Estudio de Mecánica de Suelos

Exploración Directa de Campo, éstas fueron desarrolladas en la Poligonal del área urbana de la nueva ciudad de Olmos, desarrollándose los siguientes ensayos:

Calicatas - 01 Und.



V. CONCLUSIONES:

Según la evaluación geológica, geotécnica y evaluación de peligros naturales se concluye, que el área seleccionada para el estudio, está clasificada como una zona de peligro medio y la mayor parte clasifica como zona de peligro alto, ya que presenta

dentro de su estrato superficial arena suelta, cuyo espesor se encuentra entre 3.0 a 6.5 m en promedio, en la cual, la capacidad de carga de cimentaciones aproximadamente aun a altura de desplante de 1.50m varia de 0.8 a 1.1 kg/cm².

Por el grado de peligro que ha determinado en el área de estudio se puede decir que es característico de las áreas urbanas cimentadas sobre suelos arenosas sueltos, por lo que no implica que dicha área no pueda ser habilitada, más por el contrario es referente para que sea desarrollada de manera ordenada y segura.

La profundidad de cimentación deberá encontrarse como mínimo a -1.50m, en PTAR y PTAP, Así mismo se podrían diseñar con altura de cimentación no menor a 1.00m la diferencia será completada con falsa zapatas de concreto pobre y piedra grande hasta alcanzar la altura mínima recomendada.

Del resultado de los Análisis Químicos se deduce que el suelo está dentro del rango “**Agresivo Leve**”, por lo que se podrá utilizar cemento Tipo I, para la elaboración de los concretos.



Ludwig H. Ruiz Timote
ING. CIVIL
CIP. 18712