

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN
VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA
EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, 2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. David Florencio Inga Montalvan.

Asesor: Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas.

Línea de Investigación: Nuevas tecnologías y procesos.

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Jurado

Jurado

Jurado

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

Dedicatoria

- A Dios por haber sido la luz y guía en mi vida; por darme la vida, salud y por todos los logros y metas alcanzados.
- Del mismo modo, dedico este trabajo a mis padres por haberme forjado como la persona que soy.

Bach. David Florencio Inga Montalvan.

Agradecimientos

- Al Ing. Carlos Alberto Gonzales Rojas por la guía impartida para el desarrollo de la presente investigación.
- Al apoyo incondicional de mi familia y amigos. Gracias por su comprensión, ánimo y amor, que fueron mi motor durante los momentos más desafiantes de esta etapa académica.

Bach. David Florencio Inga Montalvan.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0069 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulado:

COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, 2020

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. INGA MONTALVAN DAVID FLORENCIO

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : ING. GONZALES ROJAS CARLOS ALBERTO

Fue analizado con fecha 14/02/2024; con 168 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 22 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N° 15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 14 de febrero de 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	vi
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	x
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	15
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Descripción de la realidad problemática	17
1.2. Delimitación del problema	18
1.2.1. Espacial	18
1.2.2. Temporal	18
1.2.3. Económica	18
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación	19
1.4.1. Práctica	¡Error! Marcador no definido.
1.4.2. Metodológica	19
1.4.3. Teórica	20
1.5. Objetivos	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Nacionales	21
2.1.2. Internacionales	23
2.2. Bases teóricas o científicas	26
2.2.1. Vigas de sección variable	26
2.2.2. Vigas rectangulares	28
2.2.3. Peligro sísmico	28
2.2.4. Caracterización del edificio	30

Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)	30
2.2.5. Análisis estructural	35
2.2.6. Fuerza cortante en la base	37
2.2.7. Desplazamientos laterales relativos admisibles (deriva)	38
2.2.8. Momento flector	38
2.2.9. Fuerza cortante	39
2.2.10. Periodo natural de vibración	39
2.3. Marco conceptual	40
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	42
3.1. Hipótesis	42
3.1.1. Hipótesis general	42
3.1.2. Hipótesis específicas	42
3.2. Variables	42
3.2.1. Definición conceptual de las variables	42
3.2.2. Definición operacional de las variables	43
3.2.3. Operacionalización de las variables	45
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	46
4.1. Método de investigación	46
4.2. Tipo de investigación	46
4.3. Nivel de investigación	46
4.4. Diseño de investigación	47
4.5. Población y muestra	47
4.5.1. Población	47
4.5.2. Muestra	48
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
4.6.1. Técnicas de recolección de datos	48
4.6.2. Instrumentos de recolección de datos	48
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	50
CAPÍTULO V: RESULTADOS	51
5.1. Diseño tecnológico	51
5.1.1. Características de la estructura	51
5.1.2. Parámetros de diseño	52
5.1.3. Parámetros sísmicos	52
5.1.4. Análisis sísmico	53

5.2. Descripción de resultados	59
5.2.1. Objetivo específico 1: Variación del periodo de vibración del comportamiento estructural de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable	59
5.2.2. Objetivo específico 2: Variación de la deriva de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable	71
5.2.3. Objetivo 3: Variación de esfuerzos de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable	76
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
6.1. Variación del periodo de vibración del comportamiento estructural de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable	89
6.2. Variación de la deriva de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable	90
6.3. Variación de esfuerzos de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable	91
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXOS	99
Anexo N° 01: Matriz de consistencia	100
Anexo N° 02: Matriz de operacionalización de las variables	102
Anexo N° 03: Ficha de validación de instrumentos	107
Anexo N° 04: Modelamiento estructural (vistas)	114
Anexo N° 04.01: Modelamiento de vivienda con vigas de sección prismáticas	115
Anexo N° 04.02: Modelamiento de vivienda con vigas de sección variable con un ángulo de 12.65°	119
Anexo N° 04.03: Modelamiento de vivienda con vigas de sección variable con un ángulo de 14.38°	123
Anexo N° 05: Estudio de mecánica de suelos	127
Anexo N° 06: Planos	168

Contenido de tablas

Tabla 1. <i>Factores de zona “Z”.</i>	29
Tabla 2. <i>Clasificación de los perfiles de suelo.</i>	29
Tabla 3. <i>Factor de suelo “S”.</i>	30
Tabla 4. <i>Periodos según el perfil de suelo.</i>	30
Tabla 5. <i>Categoría de las edificaciones y factor “U”.</i>	30
Tabla 6. <i>Coefficiente básico de reducción R_0.</i>	32
Tabla 7. <i>Irregularidades estructurales en altura.</i>	33
Tabla 8. <i>Irregularidades estructurales en planta.</i>	34
Tabla 9. <i>Restricciones a la irregularidad.</i>	35
Tabla 10. <i>Límites para la distorsión del entrepiso.</i>	38
Tabla 11. <i>Valores para los factores de amplificación sísmica “C”.</i>	39
Tabla 12. <i>Operacionalización de las variables.</i>	45
Tabla 13. <i>Parámetros sísmicos considerados en la investigación.</i>	53
Tabla 14. <i>Fuerzas cortantes en la base.</i>	56
Tabla 15. <i>Análisis de los modos de vibración de la estructura.</i>	56
Tabla 16. <i>Irregularidades en altura de la edificación.</i>	58
Tabla 17. <i>Irregularidades en planta de la edificación.</i>	59
Tabla 18. <i>Derivas en el eje “X” de la edificación.</i>	59
Tabla 19. <i>Derivas en el eje “Y” de la edificación.</i>	59
Tabla 20. <i>Características de las cartelas de las vigas de sección variable.</i>	60
Tabla 21. <i>Periodos de vibración de estructuras.</i>	60
Tabla 22. <i>Variación de periodos de vibración en estructuras.</i>	63
Tabla 23. <i>Masas participativas por modos de vibración.</i>	67
Tabla 24. <i>Variación de masas participativas por modos de vibración.</i>	68
Tabla 25. <i>Deriva de estructuras.</i>	71
Tabla 26. <i>Variación de derivas en estructuras.</i>	75
Tabla 27. <i>Cortante basal en estructuras.</i>	76
Tabla 28. <i>Variación de cortante basal en estructuras.</i>	77
Tabla 29. <i>Fuerzas cortantes en estructuras.</i>	78
Tabla 30. <i>Variación de fuerzas cortantes en estructuras.</i>	82
Tabla 31. <i>Momentos flectores en estructuras.</i>	83
Tabla 32. <i>Variación de momentos flectores en estructuras.</i>	87

Contenido de figuras

<i>Figura 1.</i> Edificios con trabes acarteladas de concreto reforzado en México.	26
<i>Figura 2.</i> Diagramas de momento flector en vigas acarteladas y prismáticas.	26
<i>Figura 3.</i> Tipos de cartelas.	27
<i>Figura 4.</i> Proporciones típicas en México para trabes acarteladas de edificios.	28
<i>Figura 5.</i> Zonas sísmicas.	29
<i>Figura 6.</i> Descripción de los tipos de estructuras de concreto armado.	32
<i>Figura 7.</i> Efecto de momento flector en una viga.	39
<i>Figura 8.</i> Efecto de la fuerza cortante en una viga.	39
<i>Figura 9.</i> Vista de las vigas rectangulares.	43
<i>Figura 10.</i> Vista la viga de sección variable con 12.65°.	44
<i>Figura 11.</i> Vista la viga de sección variable con 14.38°	44
<i>Figura 12.</i> Vista de la Urbanización Cofradía Los Álamos.	48
<i>Figura 13.</i> Vista de planta de la estructura analizada.	52
<i>Figura 14.</i> Espectro de respuesta de la edificación	53
<i>Figura 15.</i> Vista isométrica de la estructura modelada en “ETABS”.	54
<i>Figura 16.</i> Vista de planta de la estructura modelada en “ETABS”.	55
<i>Figura 17.</i> Asignación de secciones a la estructura modelada en “ETABS”.	55
<i>Figura 18.</i> Primer modo de vibración.	57
<i>Figura 19.</i> Segundo modo de vibración.	57
<i>Figura 20.</i> Tercer modo de vibración.	58
<i>Figura 21.</i> Periodos de vibración en la estructura con vigas rectangulares.	61
<i>Figura 22.</i> Periodos de vibración con vigas de sección variable de 12.65°.	61
<i>Figura 23.</i> Periodos de vibración con vigas de sección variable de 14.38°.	62
<i>Figura 24.</i> Comparación de periodos de vibración en estructuras.	62
<i>Figura 25.</i> Primer modo de vibración con vigas de sección variable de 12.65°.	63
<i>Figura 26.</i> Segundo modo de vibración con vigas de sección variable de 12.65°.	64
<i>Figura 27.</i> Tercer modo de vibración con vigas de sección variable de 12.65°.	64
<i>Figura 28.</i> Primer modo de vibración con vigas de sección variable de 14.38°.	65
<i>Figura 29.</i> Segundo modo de vibración con vigas de sección variable de 14.38°.	65
<i>Figura 30.</i> Tercer modo de vibración con vigas de sección variable de 14.38°.	66
<i>Figura 31.</i> Suma de masas participativas de las estructuras en el eje “X”.	69
<i>Figura 32.</i> Suma de masas participativas de las estructuras en el eje “Y”.	69
<i>Figura 33.</i> Suma de masas participativas de las estructuras en el eje “Z”.	70

<i>Figura 34.</i> Deriva en el eje “X” de estructura con vigas rectangulares.	72
<i>Figura 35.</i> Deriva en el eje “Y” de estructura con vigas rectangulares.	72
<i>Figura 36.</i> Deriva en el eje “X” con vigas de sección variable de 12.65°.	73
<i>Figura 37.</i> Deriva en el eje “Y” con vigas de sección variable de 12.65°.	73
<i>Figura 38.</i> Deriva en el eje “X” con vigas de sección variable de 14.38°.	74
<i>Figura 39.</i> Deriva en el eje “Y” con vigas de sección variable de 14.38°.	74
<i>Figura 40.</i> Comparación de derivas en el eje “X”.	75
<i>Figura 41.</i> Comparación de derivas en el eje “Y”.	76
<i>Figura 42.</i> Comparación de cortantes basales por análisis estático en estructuras.	77
<i>Figura 43.</i> Comparación de cortantes basales por análisis dinámico en estructuras.	78
<i>Figura 44.</i> Fuerzas cortantes en el eje “X” de estructura con vigas rectangulares.	79
<i>Figura 45.</i> Fuerzas cortantes en el eje “Y” de estructura con vigas rectangulares.	79
<i>Figura 46.</i> Fuerzas cortantes en eje “X” con vigas de sección variable de 12.65°.	80
<i>Figura 47.</i> Fuerzas cortantes en eje “Y” con vigas de sección variable de 12.65°.	80
<i>Figura 48.</i> Fuerzas cortantes en eje “X” con vigas de sección variable de 14.38°.	81
<i>Figura 49.</i> Fuerzas cortantes en eje “Y” con vigas de sección variable de 14.38°.	81
<i>Figura 50.</i> Comparación de fuerzas cortantes en el eje “X”.	82
<i>Figura 51.</i> Comparación de fuerzas cortantes en el eje “Y”.	83
<i>Figura 52.</i> Momentos flectores en el eje “Y” con vigas rectangulares.	84
<i>Figura 53.</i> Momentos flectores en el eje “X” con vigas rectangulares.	84
<i>Figura 54.</i> Momentos flectores en eje “Y” con vigas de sección variable 12.65°.	85
<i>Figura 55.</i> Momentos flectores en eje “X” con vigas de sección variable 12.65°.	85
<i>Figura 56.</i> Momentos flectores en eje “Y” con vigas de sección variable 14.38°.	86
<i>Figura 57.</i> Momentos flectores en eje “X” con vigas de sección variable 14.38°.	86
<i>Figura 58.</i> Comparación de momentos flectores en el eje “Y”.	87
<i>Figura 59.</i> Comparación de momentos flectores en el eje “X”.	88
<i>Figura 60.</i> Vista renderizada del modelo 1, con vigas de sección constante.	116
<i>Figura 61.</i> Fuerza cortante de entre piso del modelo 1, sismo en el eje X-X.	116
<i>Figura 62.</i> Momento flector de entre piso del modelo 1, sismo en el eje X-X.	117
<i>Figura 63.</i> Fuerza cortante de entre piso del modelo 1, por sismo en el eje Y-Y.	117
<i>Figura 64.</i> Momento flector de entre piso del modelo 1, por sismo en el eje Y-Y.	118
<i>Figura 65.</i> Vista del desplazamiento máximo de entre piso del modelo 1.	118
<i>Figura 66.</i> Vista renderizada del modelo 2, vigas de sección variable de 12.65°.	120
<i>Figura 67.</i> Fuerza cortante de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje X-X.	120

<i>Figura 68.</i> Momento flector de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje X-X.	121
<i>Figura 69.</i> Fuerza cortante de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje Y-Y.	121
<i>Figura 70.</i> Momento flector de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje Y-Y	122
<i>Figura 71.</i> Vista del desplazamiento máximo del modelo 2.	122
<i>Figura 72.</i> Vista renderizada del modelo 3, vigas de sección variable de 14.39°.	124
<i>Figura 73.</i> Fuerza cortante de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje X-X.	124
<i>Figura 74.</i> Momento flector de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje X-X.	125
<i>Figura 75.</i> Fuerza cortante de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje Y-Y.	125
<i>Figura 76.</i> Momento flector de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje Y-Y.	126
<i>Figura 77.</i> Vista de los desplazamientos máximos de entre piso del modelo 3.	126

Resumen

El desarrollo de esta investigación consideró como problema general: ¿Cuál es el resultado de comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo?, para lo cual, el objetivo principal fue: Comparar el comportamiento de vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo. Como parte de la metodología de la investigación se ha considerado el método científico, del tipo aplicada, con un nivel descriptivo y un diseño no experimental; además, la población estuvo conformada por 15 viviendas de cuatro pisos de la Urbanización Cofradía Los Álamos, ubicada en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo del departamento de Junín; mientras que la muestra, de acuerdo al muestreo no probabilístico, fue una vivienda de la mencionada urbanización. Se ha llegado a la conclusión principal de que al cambiar las vigas principales de dimensiones 0.25 x 0.40 m por vigas de sección variable con un peralte máximo de 0.55 m en el eje "X" de la estructura, un peralte mínimo de 0.35 m, longitud de 1.37 m y un ángulo de inclinación de 14.38°, se produce una disminución considerable en los períodos, desplazamientos laterales y fuerzas internas en los edificios tanto en el eje "X" como en el eje "Y" ante las fuerzas sísmicas en ambas direcciones, se recomienda utilizarlas de manera eficaz en estructuras con luces superiores a 2.5 metros, especialmente en viviendas de cuatro pisos.

Palabras clave: **Vigas, sección variable, sección rectangular, concreto.**

Abstract

The development of this research considered as a general problem: What is the result of comparing variable section and rectangular beams in the structural analysis of a house in the city of Huancayo, for which the main objective was: To compare the behaviour of variable section and rectangular beams in the structural analysis of a house in the city of Huancayo. As part of the research methodology, the scientific method has been considered, of the applied type, with a descriptive level and a non-experimental design; in addition, the population consisted of 15 houses in the Cofradía Los Álamos housing estate, located in the district of El Tambo, province of Huancayo in the department of Junín; while the sample, according to non-probabilistic sampling, was a house in the aforementioned housing estate. The main conclusion has been reached that by changing the main beams of dimensions 0.25 x 0.40 m for beams of variable section with a maximum camber of 0.55 m in the "X" axis of the structure, a minimum camber of 0.35 m, length of 1.37 m and an angle of inclination of 14.38°, there is a considerable decrease in the periods, lateral displacements and internal forces in the buildings both in the "X" and "Y" axis in the face of seismic forces in both directions, it is recommended to use them effectively in structures with spans greater than 2.5 meters, especially in four-story dwellings.

Keywords: Beams, variable section, rectangular section, concrete.

Introducción

La investigación titulada “Comparación entre vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo” tiene como principal objetivo comparar el comportamiento de las vigas de sección variable con las de sección rectangular, en una vivienda multifamiliar de 4 pisos y determinar su factibilidad de uso; para de esta manera establecer una solución alternativa frente a los diseños convencionales del sistema constructivo aperticado, los cuales requieren de secciones relativamente mayores para soportar las cargas sísmicas, lo cual lo hace más costosa en comparación al sistema constructivo de albañilería confinada.

El desarrollo de esta investigación consideró el estudio de una vivienda de 4 pisos ubicado en la Urbanización Cofradía los Álamos, del distrito de El Tambo en la ciudad de Huancayo en el departamento de Junín; el estudio se llevó a cabo utilizando una metodología de investigación científica, del tipo aplicada, con un nivel descriptivo-comparativo. Durante el proceso, se emplearon diversos modelos de análisis, los cuales fueron desarrollados con la asistencia del programa ETABS. El primer modelo consistió en la evaluación de su comportamiento considerando vigas de sección prismática constante, mientras que los otros dos modelos, tomó en cuenta la variación de la sección de dichas vigas con ángulos de 12.65° y 14.38° . De manera complementaria, también se realizó la estimación de las propiedades del suelo, pues fueron necesarios para la determinación de ciertos parámetros sísmicos.

Para un mejor entendimiento de este trabajo de investigación se ha considerado los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I, El problema de investigación: En el que se describen el planteamiento del problema, su formulación, la justificación, delimitación, limitaciones y objetivos.

CAPÍTULO II, Marco teórico: En este capítulo se detallan los antecedentes nacionales e internacionales, se describe el marco conceptual, se detallan la definición de términos, las hipótesis y las variables.

CAPÍTULO III, Hipótesis: En determinado capítulo se consideró las hipótesis que dan respuesta a los problemas de investigación, de igual manera se optó por considerar las variables.

CAPÍTULO IV, Metodología: En el desarrollo de este capítulo se describe el método, el tipo, nivel y diseño de investigación; además se establecen la población, la muestras, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información y las técnicas de análisis de datos.

CAPÍTULO V, Resultados: En este ítem, se establecen de manera detallada, todos los resultados obtenidos en la investigación.

CAPÍTULO VI, Análisis y discusión de resultados: Donde se busca generar un análisis crítico de los resultados obtenidos, por lo que se compara dichos resultados con los obtenidos por otros autores.

Finalmente, la investigación culmina con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. David Florencia Inga Montalvan.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, los sismos representan uno de los fenómenos naturales con mayor presencia, por lo que, desarrollar estructuras que puedan ser capaces de soportar dichas solicitaciones es fundamental para asegurar un comportamiento estructural adecuado de las edificaciones.

Como se ha mencionado, la búsqueda de nuevas configuraciones de los elementos estructurales resulta fundamental para el control de fuerzas sísmicas, siendo lo ideal, que estas no demanden mayor costo. Uno de las alternativas de solución que viene tomando relevancia, es la consideración de la variación de sección de las vigas que conforman los pórticos; pero, un detalle resaltante que dicha opción, hasta la actualidad no tiene normativas que la respalden. Un ejemplo de lo mencionado a C, pese al uso frecuente de este tipo de estructuras en edificaciones y puentes, no existen directivas para regular su diseño. Este aspecto también es una de las principales causas para que antes del año 2000, programas de análisis estructural desarrollado en los Estados Unidos, como el “STAAD pro”, no lo consideren dentro de su catálogo de opciones (Mythilee et al., 2017).

En el Perú, la falta de normativas relativa al acartalamiento de vigas, ha generado que estas se construyan de manera empírica, y aunque, su uso puede resultar factible hasta este momento, se denota la falta de directrices que regulen su diseño y construcción en campo, pues sin ellas pueden generarse errores que ocasionen fallas

en la unión entre la viga y la columna, haciendo a la estructura más vulnerable ante la ocurrencia de sismos moderados y fuertes (Blossiers y Jacinto, 2020).

A lo mencionado Mythilee et al. (2017) adiciona que, el problema fundamental del sistema aperticado convencional, es la unión “viga – columna”, pues es uno de los puntos con mayor vulnerabilidad especialmente cuando se generan fuerzas sísmicas; sin embargo, no se puede negar la funcionabilidad que posee este sistema para el control de derivas y cortante basal, el cual es factible en pequeñas dimensiones de área, pero al modificarse dicho parámetro, el proyecto demanda que los elementos estructurales posean mayores dimensiones, resultando en una edificación más costosa y arquitectónicamente no adecuada (Mejía, 2022).

Es ante lo descrito que el desarrollo del presente trabajo de investigación consideró como principal objetivo el estudio comparativo del comportamiento estructural de una edificación con variaciones de la sección de las vigas principales, para de esta manera establecer su factibilidad de uso en la construcción de viviendas multifamiliares, ya que, según Jolly y Vijayan (2016) posee la ventaja de ser más eficiente con el uso del concreto y el acero, además puede reducir el peso de la edificación siendo más estético que las vigas de sección prismática.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

Espacialmente, la problemática se encuentra plasmada a nivel nacional, no obstante, para el desarrollo de esta investigación se ha considerado como ámbito de estudio a la Urbanización Cofradía Los Álamos, ubicada en el distrito y provincia de Huancayo en el departamento de Junín.

1.2.2. Temporal

Este proyecto de investigación tuvo como delimitación temporal un periodo de 5 meses, el cual inició en el mes de julio y culminó en noviembre del año 2022.

1.2.3. Económica

La inversión económica considerada en el desarrollo de esta investigación fue asumida en su totalidad por el tesista, por lo que no hubo injerencia de empresas estatales y públicas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la diferencia del periodo al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo?
- b) ¿Qué variación de la deriva existe al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo?
- c) ¿Cuál es la variación de los esfuerzos al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo?

1.4. Justificación

1.4.1. Social

La justificación social del desarrollo de esta investigación estuvo basada en el establecimiento de la factibilidad del uso de vigas con sección variable como parte de un sistema estructural que sea capaz de soportar sismos sin la necesidad de considerar elementos complementarios como placas. Esto resulta beneficioso para la sociedad, ya que mejora el comportamiento de las edificaciones frente a los sismos al utilizar elementos estructurales con secciones más pequeñas, lo que reduce su peso y las hace más económicas.

1.4.2. Metodológica

El desarrollo de esta investigación presenta justificación metodológica, la cual estuvo basada en el predimensionamiento de los principales elementos estructurales de la vivienda, para de esta manera determinar en su comportamiento en cuanto a las derivas, modos de vibración y fuerzas internas. Luego, se comparan estos resultados con los obtenidos al modificar la sección de las vigas principales, evaluando así la viabilidad y eficacia de las vigas de sección variable como alternativa innovadora a las vigas rectangulares convencionales. Este enfoque tiene el potencial de impulsar avances tecnológicos en el diseño y la construcción de viviendas, lo que podría inspirar nuevas formas de investigación en el campo de ingeniería.

1.4.3. Teórica

El fin de esta investigación también contempla la consideración del diseño de vigas de sección variable en la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones, pues en la actualidad esta no contempla los criterios mínimos para el análisis ni para su construcción.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Comparar el comportamiento de vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la diferencia del periodo al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.
- b) Establecer la diferencia de la deriva al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.
- c) Obtener la variación de los esfuerzos al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Herrera (2017) en su tesis “Vigas de sección variable y su influencia en el comportamiento estructural en una vivienda multifamiliar de la ciudad de Huancayo” cuyo objetivo fue analizar la influencia de las vigas de sección variable en el comportamiento estructural en una vivienda, para tal fin realizó un análisis estático y utilizó la teoría de los elementos finitos a través del programa ETABS 2016 donde modeló una vivienda multifamiliar de 5 niveles de 8 m de ancho por 13 m de largo; para el modelado tuvo en cuenta 8 casos, siendo uno de ellos el modelo convencional con vigas de sección constante, al que posteriormente consideró la variación de factores como la sección de la viga, longitud de acartelamiento, ancho de peralte del acartelamiento y ángulo de variación del peralte; las longitudes de acartelamiento para las vigas principales fueron de 1.15 m, 1.45 m, 1.60 m, 2.00 m, 2.40 m, 2.75 m y 3.15 m en cambio en las vigas secundarias fueron de 0.40 m, 0.50 m, 0.70 m, 0.85 m, 1.00 m, 1.20 m y 1.35 m; los ángulo de acartelamiento para las vigas principales fueron de 15°, 12°, 10.87°, 8.66°, 7.20°, 6.28° y 5.47° así mismo en las vigas secundarias usó ángulos de 15°, 12°, 8.24°, 6.77°, 5.75°, 4.79° y 4.25°. Los resultados del modelado estructural fue que en el peso sísmico de la estructura con vigas de sección

variable (caso N° 1) hubo una reducción de 3.14 Ton en comparación al peso de la estructura de vigas de sección constante (caso N° 8), la estructura con vigas de sección constante presentó desplazamientos laterales mayores para el sismo en X como en Y, es por ello que no cumplió con las derivas de entrepisos establecidos en la normativa técnica peruana (E.030), el caso N° 4 obtuvo mejores resultados en relación a los desplazamiento laterales, donde hubo una reducción de 37.61 % en promedio para el sismo en X y para el sismo en Y un promedio de 48.64 %. Para finalizar concluyó que la variación del peralte de la viga genera ventajas estructurales como reducción de los esfuerzos cortantes en vigas principales e incremento del momento negativo.

Quispe y Vargas (2019) en su tesis titulada “Relación entre la geometría de acartelamiento y su mecanismo de resistencia a flexión en vigas de grandes luces” donde tuvieron como objetivo determinar la relación entre la geometría de la sección variable y la resistencia a flexión en vigas de grandes luces. Para lo cual utilizaron el método de elementos finitos mediante la extensión Mechanical Ansys APDL del software ANSYS 18.1 con ello desarrollaron 160 modelos de vigas acarteladas con luces de 7.5 m, 10.0 m, 12.5 m y 15.0 m para todos con una base de 0.30 m, las dimensiones de la cartela fueron de 0.2L, 0.3L, 0.4L, 0.5L respecto a la luz de la viga y consideraron una altura de cartela de 0.2hc, 0.4hc, 0.6hc, 0.8hc, 0.9hc, hasta, 2.0hc en proporción a la altura de la viga constante. Los resultados obtenidos al incrementar la altura de la cartela con su longitud constante hicieron que aumente los momentos negativos de empotramiento, mientras que, los momentos positivos y desplazamientos en el centro de la viga disminuyen, así mismo, cuando solo aumentaron la longitud de la cartela sucedió el mismo fenómeno. Por lo tanto, evidenciaron en las secciones óptimas que si la longitud de la cartela es mayor a 0.3 veces la luz de la viga tiene buena capacidad de soporte a flexión con un ángulo de acartelamiento máximo de 11.526°. Finalmente concluyeron que la dimensiones de acartelamiento tuvo una relación directa a los momentos negativos e inversa a los momentos positivos y desplazamientos máximos, también mencionaron que la longitud óptima de una cartela está comprendida de L/5 a L/3 en relación a la luz de la viga y verificaron que el

ángulo de acartelamiento debe estar de 3° a 13° pues con dichos valores se obtiene un mejor desempeño estructural y económico.

Huansha (2019) en su investigación “Evaluación de la longitud de anclaje del acero de refuerzo en uniones viga-columna reforzadas con cartelas” con el objetivo de estimar la longitud de anclaje del acero de refuerzo en uniones viga-columna reforzadas con cartelas. Para ello elaboró 03 muestras sin reforzamiento de cartelas y 03 especímenes con cartelas de reforzamiento, estas muestras fueron de tipo pórtico constituido por una viga de 1.05 m y de dos columnas de 1.20 m de altura, elaboró un pórtico con concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y para ello usó aceros de varillas de 3/8” como refuerzo longitudinal con varillas de 1/4” en los estribos, para finalmente someterlos a cargas del tipo monotónico. Los resultados muestran que los especímenes sin refuerzo de cartelas tuvieron una falla por anclaje y no resisten la capacidad última, mientras que las muestras reforzadas con cartelas de 45° de ángulo presentaron la falla en la parte final de la cartela y con esto demostró el mejoramiento del anclaje. El reforzamiento con cartelas del pórtico mejoró la capacidad resistente en promedio de 17.33 % (+/- 8.31) y presentaron una menor deflexión, todo ello con un nivel de confianza del 80 %. Concluyó que el reforzamiento con cartelas en viga-columna mejora su anclaje y su capacidad resistente debido a que la cartela disminuye la longitud del brazo de giro que genera un momento en el ensayo.

2.1.2. Internacionales

Tena Colunga et al. (2018) en su investigación “Trabes acarteladas de concreto armado en condiciones continuas diseñadas para fallar por cortante” que tuvo por objetivo estudiar los patrones de agrietamiento, la degradación de rigidez, la resistencia a cortante y la disipación de energía. Para lo cual elaboraron 4 especímenes de trabes acarteladas en doble voladizo con longitudes de acartelamiento de un tercio de la luz de la viga con ángulos de acartelamiento de 0° (sin acartelamiento), 3.21°, 6.39°, 8.19° y 9.98°, estas muestras fueron ensayadas mediante un patrón de cargas cíclicas reversibles y crecientes controladas por el desplazamiento, estos ensayos finalizaron cuando los elementos no fueron capaces de soportar las cargas aplicadas. Los

resultados mostraron que las trabes acarteladas de concreto armado son más eficientes en comparación a las trabes prismáticas, por ello las vigas acarteladas de concreto armado, alcanzaron en promedio la resistencia a la cortante última de 21.84 Tonf para momento positivo mientras que para el momento negativo fue de 30.615 Tonf, estos resultados fueron para un ángulo variación de 8.19° a más; en cambio, la resistencia que alcanzó la viga sin acartelamiento fue de 30.37 Tonf para momento negativo y para momento positivo fue de 21.52 Tonf; la degradación de rigidez es inversamente proporcional al ángulo de acartelamiento y la disipación de energía para ángulos mayores a 6.39° llega a un promedio de 2.35 Tonf.m. Concluyeron que existe una relación inversa entre la degradación de la rigidez con el ángulo de acartelamiento y la densidad de energía histerética es mayor cuando el ángulo de acartelamiento aumenta.

Jolly y Vijayan (2016) en su artículo de investigación “Comportamiento estructural de vigas acarteladas de concreto armado con estudio de ANSYS y ETABS” consideraron como objetivo estudiar el análisis sísmico para las vigas de sección variable en función al periodo, a la cortante basal y las derivas de entrepiso. Para tal propósito consideraron el acartelamiento de vigas con ángulos de 6.54°, 7.47°, 8.39°, 9.30°, 10.22°, 11.12°, 12.03° y 12.10°, con lo que las dimensiones de las secciones transversales de las vigas se modificaron de 1000 mm x 300 mm en el tramo inicial a una sección de 500 mm x 300 mm en la parte final, para posteriormente mantenerse constante. Con respecto a los elementos complementarios, establecieron que las columnas posean secciones de 500 mm x 300 mm y la losa posea un espesor de 150 mm, las cuales soportaron cargas de acabados de 1 kN/m² y carga viva de 4 kN/m². Complementario a ello consideraron una densidad del concreto de 25 kN/m³ con acero de refuerzo de grado Fe 415 y un módulo de elasticidad del concreto de 25000 MPa, para finalmente modelarlas con los programas ANSYS y ETABS los cuales aplican el método de análisis pushover estático no lineal y de esta manera exponer las debilidades del diseño. Los resultados para el periodo, la cortante basal y las derivas de entrepiso fueron inversamente proporcionales al ángulo de acartelamiento pues para un ángulo de 6.54° el valor del periodo fue 0.795 s, mientras que

con 12.92° fue de 0.755 s, similar comportamiento fue observado en la cortante basal y el desplazamiento, en el que los valores para los ángulos ya mencionados fueron de 630 kN, 460 kN y 0.0025 mm, 0.002355 respectivamente. Finalmente concluyeron que al utilizar vigas de sección de variable afecta el comportamiento sísmico de una edificación ya que disminuye la rigidez y el cortante en la base.

Kumar (2017) en su artículo “Efecto de vigas acarteladas en pórticos de concreto armado resistentes a momentos” cuyo objetivo fue llevar a cabo un análisis estático lineal y dinámico lineal de una edificación para comparar los desplazamientos laterales y periodos en pórticos de concreto armado. Para tal fin realizó tres modelados de una edificación de 10 pisos, la primera con vigas sin acartelamiento y las otras con vigas de acartelamiento, así mismo, las secciones para las vigas sin acartelamiento (RF) fue de 230 mm x 630 mm, las secciones para las vigas con el primer acartelamiento (RFHB1) fue de ancho 230 mm con terminación de 400 mm a 630 mm mientras que las secciones para las vigas con el segundo acartelamiento (RFHB2) fue de ancho 230 mm y el canto de 630 mm a 830 mm, para los tres casos consideró columnas de 380 mm x 750 mm, pues todos estos fueron modelados para zonas sísmicas II, III, IV y V. Los resultados del análisis estático lineal muestran que hubo una disminución del desplazamiento lateral con las vigas acarteladas (RFHB1 y RFHB2) comparadas con las vigas sin acartelamiento (RF), la disminución del pórtico RFHB1 para la zona sísmica II y III fue de 12 % y 47 % mientras que para el pórtico RFHB2 para la zona sísmica IV y V fue de 15 % y 48 %, así mismo, en el análisis dinámico lineal hubo una disminución en los desplazamientos laterales de las vigas (RFHB1 y RFHB2) en comparación a las vigas (RF), en la zona sísmica II fue de 15 % y 47 %, en la zona sísmica III y IV fue de 16 % y 47 %, para la zona sísmica V fue de 17 % y 47 % respectivamente, para el periodo natural de la edificación disminuyó en los modos de vibración 1, 2, 3, 4, 5, y 6 en 17 %, 18 %, 34 %, 39 % y 40 % respecto a las vigas acarteladas RFHB1 y para las vigas acarteladas RFHB2 disminuyó en 32 %, 35 %, 35 %, 34 %, 39 % y 40%. Para terminar, concluyó que las vigas acarteladas aumentan la rigidez del pórtico de concreto armado.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Vigas de sección variable

Son aquellas vigas que se distinguen de las vigas prismáticas por tener una variación de peralte en toda o una parte de su longitud como se puede apreciar en la *Figura 1* (Archundia y Tena, 2015).



Figura 1. Edificios con traveses acartelados de concreto reforzado en México.
Fuente: Archundia y Tena (2015).

También denominadas vigas acarteladas donde las cartelas son variaciones en los extremos de una viga y el efecto es el aumento de los momentos negativos en los nodos y la disminución de los momentos positivos en el centro del elemento esto por el aumento de la rigidez (Estévez y Reiley, 2006).

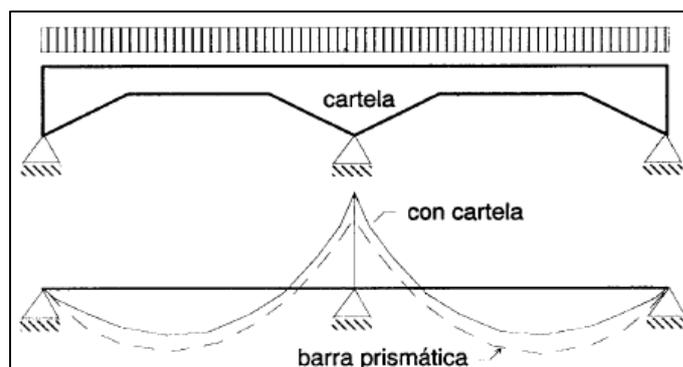


Figura 2. Diagramas de momento flector en vigas acarteladas y prismáticas.
Fuente: Herrera (2017).

Tipos de cartelas

Entre las más comunes están: cartelas rectas, cartelas prismáticas y las cartelas parabólicas (Estévez y Reiley, 2006).

- Cartelas rectas. – Donde existe una variación ligera entre las caras de la sección (ver *Figura 3*).
- Cartelas prismáticas. – Donde existe una variación entre las caras de la sección con relación de uno a uno (ver *Figura 3*).
- Cartelas parabólicas. – Las caras de la sección tienden a una ecuación de una parábola (ver *Figura 3*).

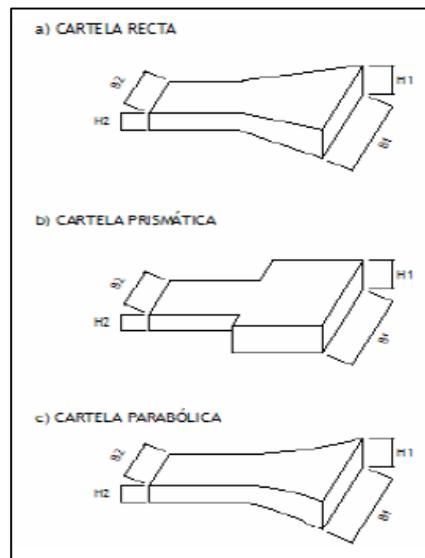


Figura 3. Tipos de cartelas.

Fuente: Estévez y Reiley (2006).

Longitud, peralte y ángulo de variación del acartelamiento

La longitud de acartelamiento se encuentra en el intervalo de $0.2l \leq l_c \leq 0.4l$, el peralte de acartelamiento oscila de $0.1l \leq h_{m\acute{a}x} \leq 0.15l$ ambos en función a la luz de la viga y el ángulo de acartelamiento varia de $3^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$, como se puede apreciar en la *Figura 4* (Archundia, 2013).

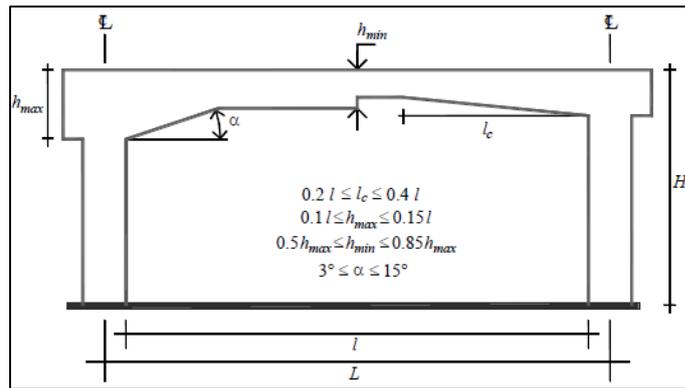


Figura 4. Proporciones típicas en México para traves acarteladas de edificios.
Fuente: Archundia (2013).

2.2.2. Vigas rectangulares

Las vigas rectangulares son elementos estructurales que transmiten cargas a la losa (MVCS, 2020).

Peralte de vigas rectangulares

El peralte de las vigas rectangulares depende de su propia luz (MVCS, 2020) y su aplicación se determina con la siguiente fórmula:

$$h = \frac{L}{10} \text{ y } \frac{L}{12}$$

Donde:

L : Luz libre de la viga.

h : Peralte de la viga.

2.2.3. Peligro sísmico

Factor de zona (Z)

El Perú está dividido en 4 zonas sísmicas como se muestra en la Figura 5, la zonificación está de acuerdo a los movimientos sísmicos, la distribución espacial de la sismicidad y la distancia al epicentro (MVCS, 2020).

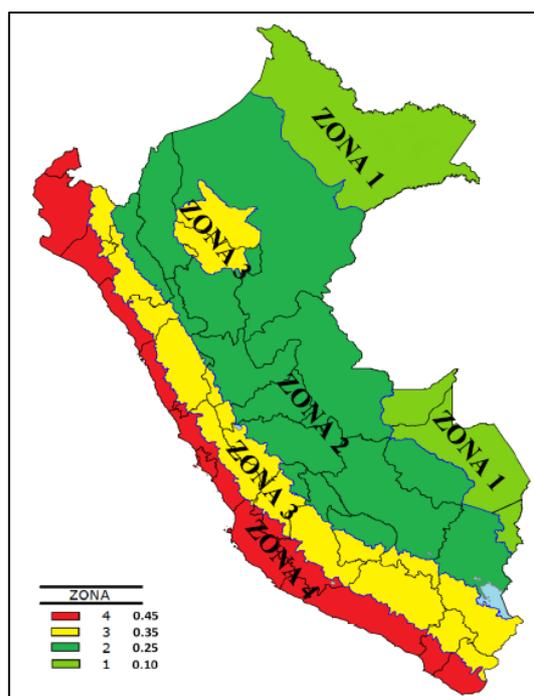


Figura 5. Zonas sísmicas.

Fuente: MVCS 2020.

Cada zona tiene un factor Z que es una fracción de la aceleración de la gravedad, como se muestra la Tabla 1 (MVCS, 2020).

Tabla 1. Factores de zona “Z”.

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: MVCS (2020).

Perfil de suelo

En la norma E.30 Diseño Sismorresistente clasifica los suelos tomando en cuenta la velocidad de propagación de las ondas de corte, en cambio para suelos granulares se basa en el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} que se obtiene a través del ensayo de penetración estándar y para suelos cohesivos es por el promedio de la resistencia al corte en condición no drenada \bar{S}_u . La Tabla 2 muestra los valores para los distintos tipos de perfiles de suelo (MVCS, 2020).

Tabla 2. Clasificación de los perfiles de suelo.

Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{S}_u
S ₀ : Roca dura	> 1 500 m/s	-	-
S ₁ : Roca o suelos muy rígidos	500 a 1 500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂ : Suelos intermedios	180 a 500 m/s	15 a 50	50 a 100 kPa
S ₃ : Suelos blandos	< 180 m/s	< 15	25 a 50 kPa
S ₄ : Condiciones excepcionales	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: MVCS (2020).

Parámetros de sitio S , T_P y T_L

Corresponden al factor de amplificación del suelo S y de períodos T_P y T_L cuyos valores se pueden apreciar en la Tabla 3 y Tabla 4 (MVCS, 2020).

Tabla 3. Factor de suelo "S".

Suelo	S_0	S_1	S_2	S_3
Zona				
Z_4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z_3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z_2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z_1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: MVCS (2020).

Tabla 4. Periodos según el perfil de suelo.

Períodos	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
T_P (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
T_L (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: MVCS (2020).

Factor de amplificación sísmica (C)

Se define como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la aceleración en el suelo (MVCS, 2020).

$$T < T_P \quad C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_P}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_P * T_L}{T^2} \right)$$

Donde T es el período natural de vibración.

2.2.4. Caracterización del edificio

Categoría de las edificaciones y factor de uso (U)

Se tiene que tener en cuenta la Tabla 5 para clasificar la categoría de las edificaciones según su descripción y factor de importancia "U" (MVCS, 2020).

Tabla 5. Categoría de las edificaciones y factor "U".

Categoría	Descripción	Factor U
A - Edificaciones esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	ver nota 1

	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones.	
	Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría.	
	Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones.	
	Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía.	1.5
	Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	
	Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades.	
	Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	
	Edificios que almacena archivos e información esencial del Estado.	
B - Edificaciones importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajes, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1.3
C - Edificaciones comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1
D - Edificaciones temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares	ver nota 2

Fuente: MVCS (2020).

Estructuras de concreto armado

Las estructuras de concreto armado que llegan a ser parte de un sistema estructural sismorresistente debe cumplir con la Norma Técnica E.060 “Concreto Armado” del Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2020).

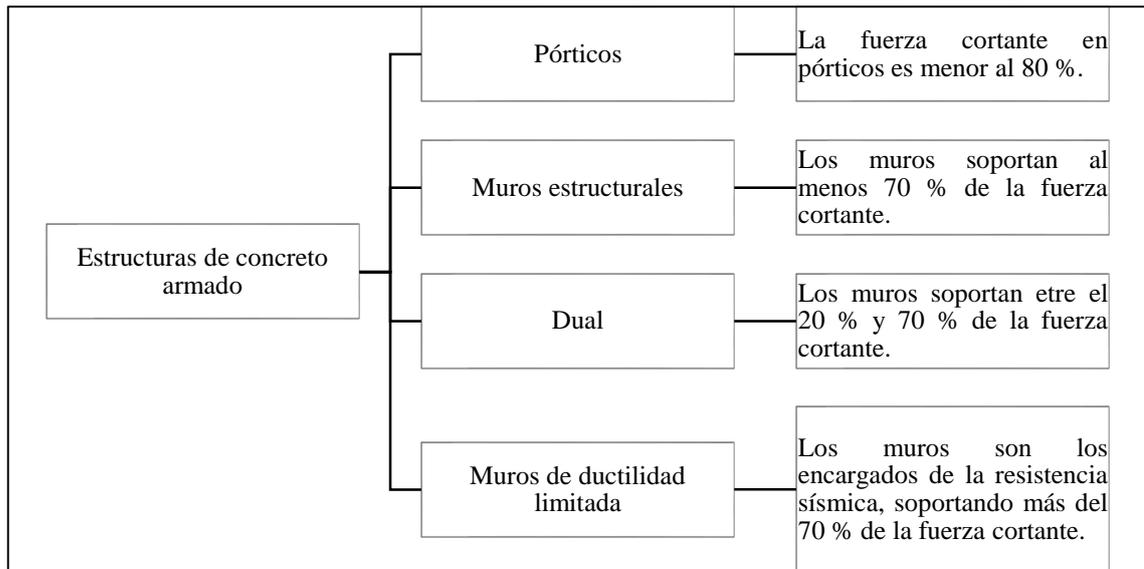


Figura 6. Descripción de los tipos de estructuras de concreto armado.
Fuente: adaptado del MVCS (2020).

Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (R_0)

Los coeficientes básicos de reducción de las fuerzas sísmicas dependen de los materiales utilizados para los sistemas estructurales, a su vez del sistema de estructuración sismorresistente en cada eje de análisis (MVCS, 2020).

Tabla 6. Coeficiente básico de reducción R_0 .

Sistema estructural	Coefficiente básico de reducción R_0
Acero	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	5
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	4
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	7
Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	4
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
Concreto armado	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería armada o confinada	3
Madera	7

Fuente: MVCS (2020).

Factores de irregularidad I_a , I_p

La I_a corresponde a las irregularidades estructurales en altura (ver Tabla 7) que existen en las dos direcciones de análisis y la I_p son las irregularidades estructurales en planta (ver Tabla 8) en las dos direcciones de análisis (MVCS, 2020).

Tabla 7. Irregularidades estructurales en altura.

Irregularidades en altura	Factor de irregularidad I_a
<p>Irregularidad de rigidez - piso blando</p> <p>Se presenta una irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la rigidez lateral de un entrepiso es inferior al 70 % de la rigidez lateral del entrepiso intermedio superior, o es menor al 80 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales se pueden determinar calculando la relación entre la fuerza cortante del entrepiso y el desplazamiento relativo correspondiente en el centro de las masas, ambos evaluados bajo la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de resistencia - piso débil</p> <p>Se manifiesta una irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la capacidad de resistencia de un entrepiso ante fuerzas cortantes es inferior al 80 % de la resistencia del entrepiso inmediatamente superior.</p>	0.75
<p>Irregularidad extrema de rigidez</p> <p>Se evidencia una irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquier dirección de análisis, la rigidez lateral de un entrepiso es inferior al 60 % de la rigidez lateral del entrepiso inmediatamente superior, o es menor al 70 % de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. La determinación de las rigideces laterales implica calcular la relación entre la fuerza cortante del entrepiso y el desplazamiento relativo correspondiente en el centro de masas, ambos evaluados bajo la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad extrema de resistencia</p> <p>Se presenta una irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la capacidad de resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior al 65 % de la resistencia del entrepiso inmediatamente superior.</p>	0.50
<p>Irregularidad de masa o peso</p> <p>Se considera una irregularidad de masa o peso cuando el peso de un piso, calculado según lo establecido en el artículo 26, excede 1.5 veces el peso del piso adyacente. Es importante señalar que este criterio no se aplica a azoteas ni a sótanos.</p>	0.90
<p>Irregularidad geométrica vertical</p> <p>La configuración se considera irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales supera 1.3 veces la dimensión correspondiente en un piso adyacente. Es relevante destacar que este criterio no se aplica a azoteas ni a sótanos.</p>	0.90
Discontinuidad en los sistemas resistentes	0.80

La clasificación de la estructura como irregular se establece cuando, en cualquier elemento que resista más del 10 % de la fuerza cortante, se observa un desalineamiento vertical. Este desalineamiento puede deberse a un cambio de orientación o a un desplazamiento del eje con una magnitud que excede el 25 % de la dimensión correspondiente del elemento.	
Discontinuidad extrema de los sistemas resistentes Se manifiesta una discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos, tal como se describe en el ítem anterior, supera el 25 % de la fuerza cortante total.	0.60

Fuente: MVCS (2020).

Tabla 8. Irregularidades estructurales en planta.

Irregularidades en planta	Factor de irregularidad I_p
Irregularidad torsional Se considera que existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ($\Delta_{m\acute{a}x.}$), calculado incluyendo excentricidad accidental, supera 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ($\Delta_{prom.}$). Este criterio se aplica únicamente en edificios con diafragmas rígidos y solo cuando el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor al 50 % del desplazamiento permisible indicado.	0.75
Irregularidad torsional extrema Se presenta una irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ($\Delta_{m\acute{a}x.}$), calculado incluyendo excentricidad accidental, excede 1.5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga ($\Delta_{prom.}$). Este criterio se aplica exclusivamente en edificios que cuentan con diafragmas rígidos, y únicamente cuando el máximo desplazamiento relativo de entrepiso supera el 50 % del desplazamiento permisible indicado.	0.60
Esquinas entrantes La estructura se considera irregular cuando presenta esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores al 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0.90
Discontinuidad del diafragma La estructura se clasifica como irregular cuando los diafragmas presentan discontinuidades abruptas o variaciones significativas en rigidez, lo que incluye aberturas mayores al 50 % del área bruta del diafragma. Además, se considera irregular si, en cualquier piso y para cualquiera de las direcciones de análisis, existe alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor al 25 % del área de la sección transversal total de esa dirección, calculada con las dimensiones totales de la planta.	0.85
Sistemas no paralelos	0.90

Se establece que hay irregularidad cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica esta condición si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores a 30°, ni cuando los elementos no paralelos contribuyen con menos del 10 % de la fuerza cortante del piso.	
--	--

Fuente: MVCS (2020).

Restricciones a la irregularidad

Existen ciertos criterios que restringen las irregularidades y se encuentran relacionados a la categoría de la edificación como también a la zona sísmica, como se puede apreciar en la Tabla 9 (MVCS, 2020).

Tabla 9. *Restricciones a la irregularidad.*

Categoría y regularidad de las edificaciones		
Categoría de la edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades.
	1	No se permiten irregularidades extremas.
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas.
	1	Sin restricciones.
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas.
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total.
	1	Sin restricciones.

Fuente: MVCS (2020).

Coefficiente de reducción a la fuerza sísmica (R)

Se estima mediante el producto de coeficiente básico de reducción R_0 con los factores de irregularidades de altura y planta (MVCS, 2020), mediante la siguiente ecuación:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

2.2.5. Análisis estructural

Modelo de análisis

En las edificaciones se puede deducir que los sistemas de pisos trabajen al igual que un diafragma rígido, por ello usan un modelo con masas concentradas y tres grados de libertad por piso, basados a dos componentes ortogonales de traslación horizontal y una rotacional (MVCS, 2020).

Estimación del peso (P)

Se estima al incrementar un porcentaje de la sobrecarga (MVCS, 2020) y se determina de las siguientes formas:

- Se toma el 50 % de la sobrecarga en edificaciones de categorías A y B.
- Se toma el 25 % de la sobrecarga en edificaciones de categoría C.
- Se toma el 80 % del peso total que se pueda almacenar en un depósito.
- Se toma el 25 % de la sobrecarga en azoteas y techos.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considera el 100 % de la carga que puede contener.

Procedimiento de análisis sísmico

a) Análisis dinámico modal espectral

- Modos de vibración

Se determinan por las características de rigidez y distribución de las masas. Para cada dirección de análisis los modos de vibración deben ser al menos el 90% de la masa total de la estructura (MVCS, 2020).

- Aceleración espectral

Se utiliza el espectro inelástico de pseudo-aceleraciones y es para las direcciones horizontales (X, Y y Z) (MVCS, 2020), se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

g = aceleración de la gravedad.

- Criterios de combinación

A través de los criterios de combinación se obtiene la respuesta máxima elástica esperada (r), esta es el efecto conjunto de los diferentes modos de vibración usados (r_i) y una de las formas de calcularlas es mediante la combinación cuadrática (MVCS, 2020).

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i * \rho_{ij} * r_j}$$

Los coeficientes de relación de la combinación cuadrática están en función de:

$$\rho_{ij} = \frac{8\beta^2(1 + \lambda)\lambda^{\frac{3}{2}}}{(1 - \lambda)^2 + 4\beta^2(1 + \lambda)^2}$$

$$\lambda = \frac{\omega_j}{\omega_i}$$

Donde:

β = fracción de amortiguamiento crítico (0.05).

ω = frecuencias angulares de los modos i, j.

Finalmente, al calcular la respuesta máxima es mediante la siguiente ecuación:

$$r = 0.25 \sum_{i=1}^m |r_i| + 0.75 \sqrt{\sum_{i=1}^m r_i^2}$$

- Fuerza cortante mínima

Para las estructuras regulares la fuerza cortante en el primer entrepiso de la edificación debe ser al menos el 80 % del valor calculado del modelo de análisis en cambio para estructuras irregulares no menos del 90 % (MVCS, 2020).

- Excentricidad accidental (efectos de torsión)

Se da por la falta de seguridad al localizar los centros de masa a cada nivel de la edificación, la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” considera una excentricidad accidental de 0.05 veces el área del edificio y es perpendicular a la dirección del sismo (MVCS, 2020).

2.2.6. Fuerza cortante en la base

Es una fuerza que actúa en la base de la estructura de acuerdo a la dirección considerada, para el cálculo de este valor es necesario conocer la zona sísmica donde se ubica la edificación, el factor de uso, el factor de amplificación sísmica, el perfil del suelo, el coeficiente de reducción a la fuerza sísmica y

por último el peso sísmico de la edificación (MVCS, 2020), se estima con la siguiente expresión:

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

Donde:

P = peso sísmico de la edificación.

V = fuerza cortante en la base.

2.2.7. Desplazamientos laterales relativos admisibles (deriva)

Denominados también límites de la distorsión y es el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece en la Norma Técnica E.0.30 “Diseño Sismorresistente” valores máximos para la deriva de entrepiso como se puede ver en la Tabla 10 (MVCS, 2020).

Tabla 10. Límites para la distorsión del entrepiso.

Material predominante	(Δ/h)
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: MVCS (2020).

2.2.8. Momento flector

Al aplicar cargas a una viga ya sea de su propio peso, carga viva o carga móvil, estas cargas hacen que generen un momento flector (ver *Figura 7*) y son graficadas a lo largo de su eje para obtener el momento máximo de la viga, es utilizado para saber dónde colocar los materiales de refuerzo (Hibbeler, 2011).

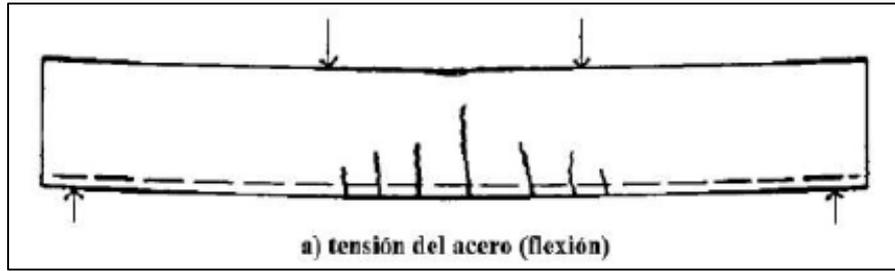


Figura 7. Efecto de momento flector en una viga.
Fuente: Herrera (2017).

2.2.9. Fuerza cortante

La fuerza cortante es producto de las fuerzas perpendiculares que se aplican a una viga (ver Figura 8), estas generan una fuerza cortante interna que sirve como referencia para colocar los refuerzos de acero (Hibbeler, 2011).

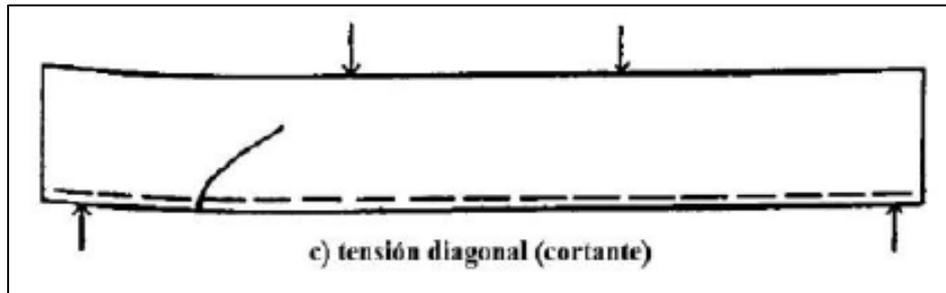


Figura 8. Efecto de la fuerza cortante en una viga.
Fuente: Herrera (2017).

2.2.10. Periodo natural de vibración

Se determina en base a las características de la edificación como pórticos de concreto armado, muros estructurales y muros de ductilidad limitada cuyos valores se puede ver en la Tabla 11 (MVCS, 2020).

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

Donde:

h_n = Altura de la estructura.

Tabla 11. Valores para los factores de amplificación sísmica "C".

C_T	Características
35	Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

	Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.
45	Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
	Pórticos de acero arriostrados.
60	Para edificios de albañilería, de concreto armado, duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada.

Fuente: MVCS (2020).

2.3. Marco conceptual

- **Vigas.** – Una viga es un elemento estructural que se utiliza para soportar cargas transversales en una estructura, como edificios o puentes. Las vigas son esenciales para la distribución de cargas y la resistencia de una estructura, transfiriendo el peso y las fuerzas hacia los soportes, como columnas o muros (Archundia y Tena, 2015).
- **Análisis estructural:** El análisis estructural es un proceso fundamental en la ingeniería civil y estructural que implica estudiar y evaluar el comportamiento de una estructura bajo diversas condiciones de carga (Archundia y Tena, 2015).
- **Cortante basal:** Representa la fuerza lateral máxima que actúa sobre la base de un edificio durante un evento sísmico sirve para evaluar la estabilidad y resistencia de la estructura ante fuerzas sísmicas y es calculado teniendo en cuenta varios factores, incluyendo la geometría del edificio, la rigidez de la estructura y la intensidad del terremoto (Archundia y Tena, 2015).
- **Periodo natural de vibración:** Se determina en base a las características de la edificación como pórticos de concreto armado, muros estructurales y muros de ductilidad limitada (MVCS, 2020).
- **Peralte:** Es una medida que describe la distancia vertical entre la parte superior e inferior de la viga. Un peralte adecuado permite distribuir las cargas de manera eficiente y resistir los momentos flexionantes generados por las cargas aplicadas (INACAL, 2022).
- **Fuerzas internas:** Las fuerzas internas en una edificación se refieren a las fuerzas y momentos que actúan dentro de los elementos estructurales de la

construcción, como vigas, columnas, losas y otros componentes (Archundia y Tena, 2015).

- **Desplazamiento:** Denominados también límites de la distorsión y es el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece en la Norma Técnica E.0.30 “Diseño Sismorresistente” valores máximos para la deriva de entrepiso (MVCS, 2020).
- **Cortante basal:** La "cortante basal" se refiere a la fuerza cortante que actúa en la base de una estructura, como un edificio. Esta fuerza se origina generalmente debido a fuerzas laterales, como las generadas por el viento o un terremoto, y se transmite desde los niveles superiores hacia la base de la estructura (Estévez y Reiley, 2006).
- **Fuerzas cortantes:** La fuerza cortante es producto de las fuerzas perpendiculares que se aplican a una viga, estas generan una fuerza cortante interna que sirve como referencia para colocar los refuerzos de acero (Hibbeler, 2011).
- **Momento flector:** Al aplicar cargas a una viga ya sea de su propio peso, carga viva o carga móvil, estas cargas hacen que generen un momento flector y son graficadas a lo largo de su eje para obtener el momento máximo de la viga, es utilizado para saber dónde colocar los materiales de refuerzo (Hibbeler, 2011).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Las vigas de sección variable presentan un mejor comportamiento que las vigas rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.

3.1.2. Hipótesis específicas

- a) El periodo obtenido con vigas de sección variables es menor que las obtenidas con las rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.
- b) La deriva obtenida con vigas de sección variable es menor que las obtenidas con las rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.
- c) Los esfuerzos determinados mediante vigas de sección variable son menores que las rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de las variables

Variable 1: Vigas. – Una viga es un elemento estructural que se utiliza para soportar cargas transversales en una estructura, como edificios o puentes.

Las vigas son esenciales para la distribución de cargas y la resistencia de una estructura, transfiriendo el peso y las fuerzas hacia los soportes, como columnas o muros (Archundia y Tena, 2015).

Variable 2: Análisis estructural. – El análisis estructural es un proceso fundamental en la ingeniería civil y estructural que implica estudiar y evaluar el comportamiento de una estructura bajo diversas condiciones de carga. Este análisis utiliza principios de la mecánica de materiales y la teoría de estructuras para calcular y predecir la resistencia, estabilidad y deformación de elementos como vigas, columnas y losas (Archundia y Tena, 2015).

3.2.2. Definición operacional de las variables

Variable 1: Vigas. – Se modificó la sección de las vigas, donde el primer caso fue rectangular de 0.25 m x 0.55 m (Figura 9), en el segundo caso se mantuvo el peralte inicialmente hasta llegar a 0.35 m encontrándose así un ángulo de inclinación de 12.65° (Figura 10), mientras que, en el tercer caso, igualmente se mantuvo el peralte inicial empleando un ángulo de inclinación de 14.38° (Figura 11).

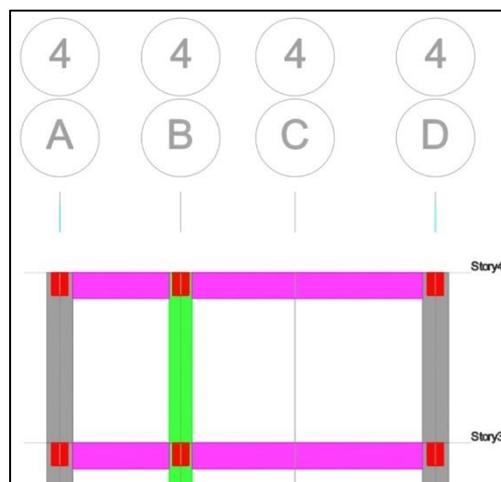


Figura 9. Vista de las vigas rectangulares.

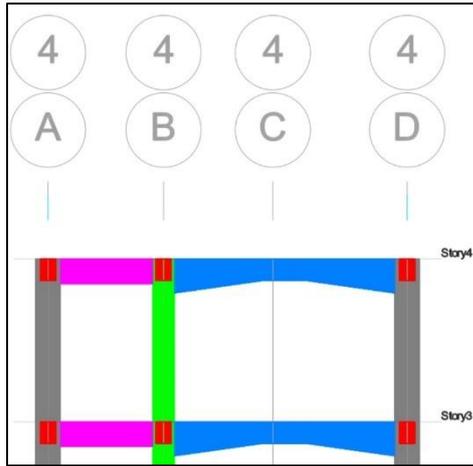


Figura 10. Vista la viga de sección variable con 12.65°.

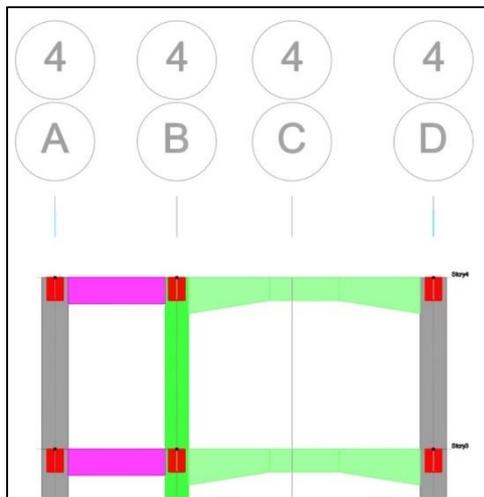


Figura 11. Vista la viga de sección variable con 14.38°

Variable 2: Análisis estructural. – La determinación de esta variable depende de la determinación del periodo de vibración, sus derivas y las fuerzas internas que se generan a causa de fuerzas horizontales, para lo cual se empleó el programa ETABS.

3.2.3. Operacionalización de las variables

La Tabla 12 muestra la operacionalización de las variables:

Tabla 12. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala
Variable 1: Vigas	Una viga es un elemento estructural que se utiliza para soportar cargas transversales en una estructura, como edificios o puentes. Las vigas son esenciales para la distribución de cargas y la resistencia de una estructura, transfiriendo el peso y las fuerzas hacia los soportes, como columnas o muros (Archundia y Tena, 2015).	Se modificó la sección de las vigas, donde el primer caso fue rectangular de 0.25 m x 0.55 m (Figura 9), en el segundo caso se mantuvo el peralte inicialmente hasta llegar a 0.35 m encontrándose así un ángulo de inclinación de 12.65° (Figura 10), mientras que, en el tercer caso, igualmente se mantuvo el peralte inicial empleando un ángulo de inclinación de 14.38° (Figura 11).	Viga de sección rectangular	Peralte	m	Razón
			Viga de sección variable y ángulo 12.65°	Peralte	m	Razón
			Viga de sección variable y ángulo 14.38°	Peralte	m	Razón
Variable 2: Análisis estructural	El análisis estructural es un proceso fundamental en la ingeniería civil y estructural que implica estudiar y evaluar el comportamiento de una estructura bajo diversas condiciones de carga (Archundia y Tena, 2015).	La determinación de esta variable depende de la determinación del periodo de vibración, sus derivas y las fuerzas internas que se generan a causa de fuerzas horizontales, para lo cual se empleó el programa ETABS.	Periodo natural de vibración	Tiempo	s	Razón
			Deriva	altura	m	Razón
				desplazamiento	m	Razón
			Esfuerzos	Cortante basal	Tn	Razón
				Fuerzas cortantes de entre piso	Tn	Razón
Momento flector	Tn.m	Razón				

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

El método que se ha considerado durante el desarrollo de esta investigación fue el científico, pues según detalla Hernández et al. (2014), mediante ella, se deben seguir pasos y métodos específicos para la obtención de conocimiento nuevo y confiable. Es por lo mencionado se ha tomado como referencia dicho método, ya que los procedimientos en el proceso correspondieron a la observación, el planteamiento del problema, la formulación de hipótesis, la experimentación, la discusión y la determinación de conclusiones.

4.2. Tipo de investigación

Las investigaciones aplicadas son aquellas que consideran el uso del conocimiento existentes para establecer alternativas de soluciones ante problemas que puedan afectar a una determinada población (Borja, 2016). Es por ello, que el desarrollo que este proyecto ha considerado a este tipo, pues se ha utilizado teorías referentes a diseño, predimensionamiento de vigas y demás conceptos relacionados con la determinación del comportamiento estructural, para de esta manera establecer si el uso de vigas de sección variable representa una alternativa adecuada capaz de aportar al soporte de la acción de fuerzas sísmicas.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación descriptivo - comparativo, es el que considera como principal eje de análisis de la descripción de un fenómeno o variable, por lo que su uso es de gran relevancia especialmente cuando se quiere establecer las bases de una línea de investigación, además de su comparación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Bajo lo mencionado, esta tesis consideró la descripción de las variables estudiadas “Análisis estructural de vigas de sección variable y constante”, para su posterior comparación de los modos, las derivas y fuerzas internas en la edificación analizada.

4.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación no experimental de corte transversal, consiste en la no manipulación de las variables evaluadas, además que la información recolectada se realiza en un solo periodo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Dicha argumentación es la base fundamental para el uso del diseño de investigación en esta tesis, pues se describieron las variables de estudio, y la recolección de información fue ejecutada en un solo momento.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población considerada para el desarrollo de la presente investigación fueron las viviendas de cuatro pisos de la Urbanización Cofradía los Álamos, que abarcan un total de 15, ubicada en el distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo del departamento de Junín (ver Figura 12).

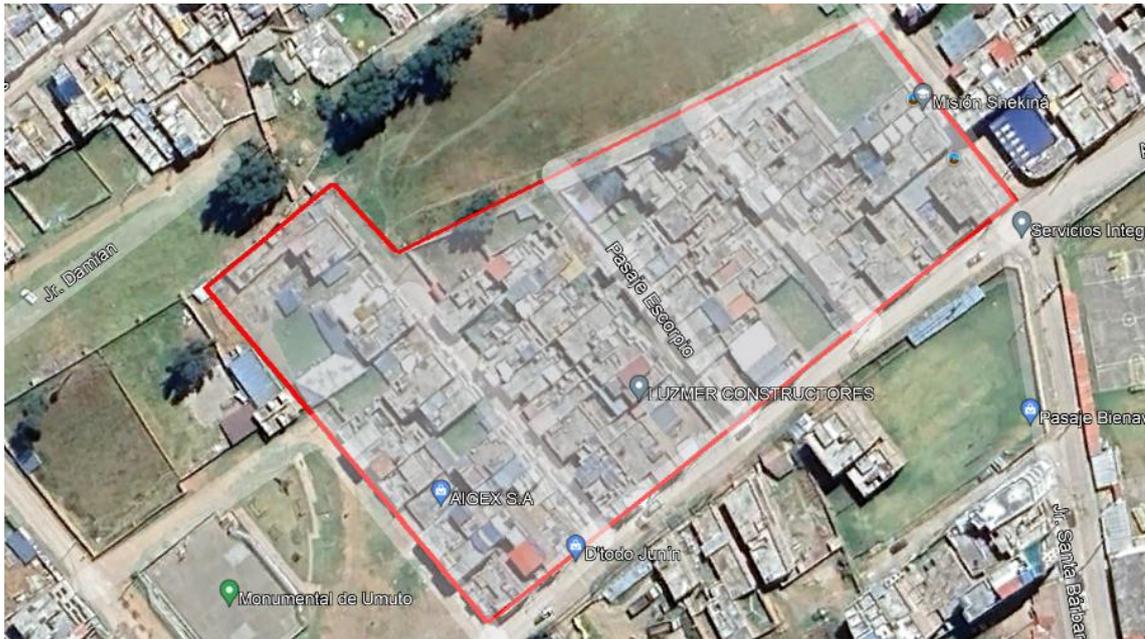


Figura 12. Vista de la Urbanización Cofradía Los Álamos.

Fuente: Alphabet Inc. (2023).

4.5.2. Muestra

La muestra considerada en el desarrollo de la presente investigación, de acuerdo a un tipo de muestreo no probabilístico con un tamaño finito, se trató de una vivienda de cuatro pisos ubicada en la Urbanización Cofradía los Álamos, cuya dirección es Psje. Sagitario N° 130.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas de recolección de datos

Entre la principal técnica considerada para la recolección de información, se puede mencionar la siguiente:

Análisis documental: se consideró esta técnica previamente al análisis estructural, que consistió en la revisión de las normas relacionadas como la E. 030 Diseño sismorresistente, E. 050 Suelos y cimentaciones, además de la E.060 Concreto Armado.

La observación directa: es una técnica basada en inspección visual del comportamiento de la variable estudiada, la cual fue aplicada en la etapa de visita de campo y recolección de información.

4.6.2. Instrumentos de recolección de datos

La finalidad del instrumento de recolección de datos es la obtención de aquella información relevante que se consideró como dimensiones e indicadores de la investigación. Por ende, los datos como periodos de vibración, deriva y fuerzas internas, fueron obtenidos por medio del programa ETABS dándose la modificación de la sección de las vigas.

Asimismo, se empleó una ficha de campo, donde se anotó las dimensiones de los elementos estructurales para así realizar el modelamiento estructural de la vivienda seleccionada, más esto no correspondería al instrumento propiamente dicho.

Validez

La validez del programa utilizado se fundamenta en la validez de constructo, lo que significa que está diseñado de manera específica para capturar cada uno de los indicadores del modelamiento estructural. Es importante destacar que este programa, destinado al modelado de estructuras tridimensionales, tiene una aplicabilidad a nivel internacional. Además, se alinea de manera consistente con las normas internacionales de diseño estructural.

Este enfoque asegura que el programa no solo cumple con los estándares de diseño estructural a nivel global, sino que también está estructurado de manera coherente para abordar y representar de manera precisa los diferentes aspectos del modelamiento estructural en tres dimensiones. La adhesión a normas internacionales contribuye a la credibilidad y validez del programa, garantizando su utilidad y fiabilidad en diversos contextos y aplicaciones a nivel mundial.

Confiabilidad

En lo que respecta a la confiabilidad del programa, esta se respalda mediante las pruebas de funcionalidad y reproducibilidad. En primer lugar, las pruebas de funcionalidad se enfocan en el interfaz de usuario, que permite la visualización de una a varias ventanas, posibilitando la verificación y representación del modelo tanto en 2D como en 3D. El programa incorpora un sistema de cuadrícula que facilita la comprobación de los ejes, así como la definición precisa de vigas, columnas y las propiedades de los materiales.

Además, incluye funcionalidades avanzadas como la incorporación de espectro de respuesta, entre otras.

En segundo lugar, la reproducibilidad del programa garantiza que los resultados sean consistentes al volver a modelar la estructura. Esta característica asegura que, al repetir el proceso de modelado, se obtendrán resultados similares, respaldando así la consistencia y fiabilidad del programa en la captura y representación de las propiedades estructurales.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de información fue realizado mediante la aplicación de programas especializados para la generación de tablas y figuras como Microsoft Excel, asimismo, para la determinación del comportamiento estructural de la vivienda se ha considerado la aplicación del programa ETABS.

Complementariamente, para la descripción de las principales características de las variables estudiadas también se ha considerado complementariamente el programa AutoCAD.

Para analizar los datos, se ha empleado la estadística descriptiva, una técnica dentro del enfoque cuantitativo de la investigación, que incluye el cálculo del promedio y la representación de la distribución de frecuencias mediante gráficos. Esto se realiza para facilitar una mejor interpretación del modelado estructural de vigas basado en los resultados obtenidos en el estudio de gabinete.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Diseño tecnológico

5.1.1. Características de la estructura

La estructura analizada en el desarrollo de la presente investigación corresponde a una edificación de cuatro (04) niveles y azotea, estando conformada por pórticos de concreto armado en los ejes “X” y “Y”.

Los pórticos están constituidos por columnas tipo “L” de 0.40 x 0.40 x 0.25 m en los extremos, columnas rectangulares de 0.30 x 0.35 m y de 0.25 x 0.35 m en los ejes centrales, estas columnas se conectan a vigas secundarias de 0.25 x 0.35 m en el eje “Y” y vigas principales de 0.25 x 0.40 m en el eje “X”. El techo corresponde a una losa aligerada en una dirección de un espesor de 0.20 m apoyadas a las vigas principales, asimismo los muros serán tabiques para la separación de ambientes y por lo tanto no cumplirán ninguna función estructural. Considerando lo mencionado en este apartado, en la *Figura 13*, se adjunta la vista de planta de la edificación analizada.

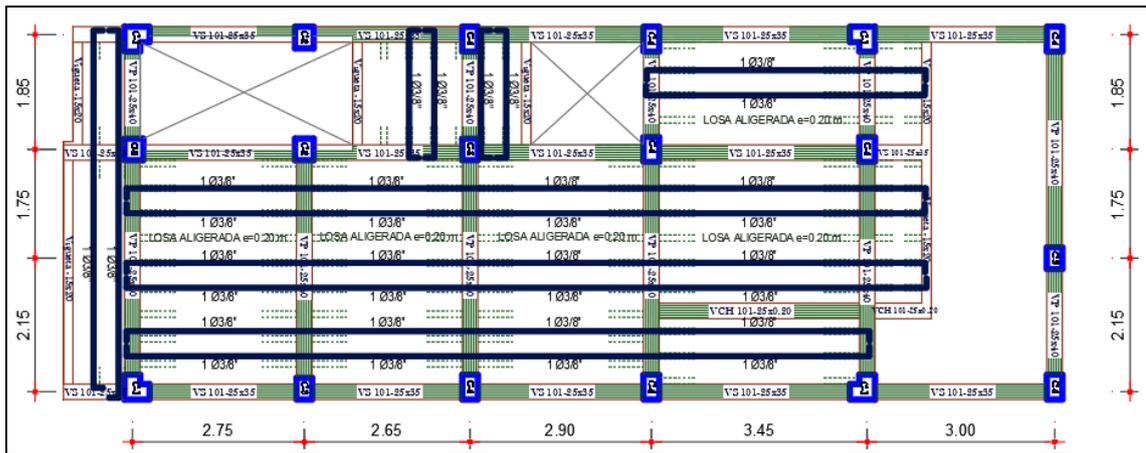


Figura 13. Vista de planta de la estructura analizada.

5.1.2. Parámetros de diseño

Características de los materiales

Los materiales que conforman la estructura de los pórticos de concreto armado corresponden a:

- Concreto: Presentando un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con $E = 217\,370 \text{ kg/cm}^2$.
- Acero de refuerzo: Con un valor de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Cargas de gravedad

Las cargas de gravedad consideradas para la presente edificación corresponden a las siguientes:

- Cargas muertas: Siendo de 300 kg/m^2 debido a la losa y otros 100 kg/m^2 extra correspondiente a los acabados.
- Cargas vivas: Fueron consideradas en función al uso de la edificación y cada nivel, siendo de 200 kg/m^2 para los primeros pisos considerados como vivienda, y de 100 kg/m^2 para el techo.

Sumado a ello, cabe mencionar que para el cálculo del peso total de la edificación fueron considerados el 100 % de la carga muerta sumado a un 25 % de la carga viva, tal como es especificado en la norma E.030 referente a edificaciones de categoría “C”.

5.1.3. Parámetros sísmicos

Para el análisis sísmico de las edificaciones fue realizado el procedimiento de superposición modal espectral en concordancia con los parámetros establecidos en la norma E.030 del MVCS (2020), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 13. *Parámetros sísmicos considerados en la investigación.*

Factor	Símbolo	Condición	Valor
Zona	Z	Zona 3	0.35
Uso	U	Edificación tipo "C"	1.00
Suelo	S	Suelo S ₂	1.15
Periodos	T _P		0.60
	T _L		2.00
Reducción	R	Pórticos de concreto armado	8.00

En esa línea, fue calculado el espectro de respuesta de la edificación para el eje “X” y el eje “Y”. La *Figura 14* expone este espectro, cabe resaltar que debido a que la estructura es regular, el espectro es igual en ambos ejes.

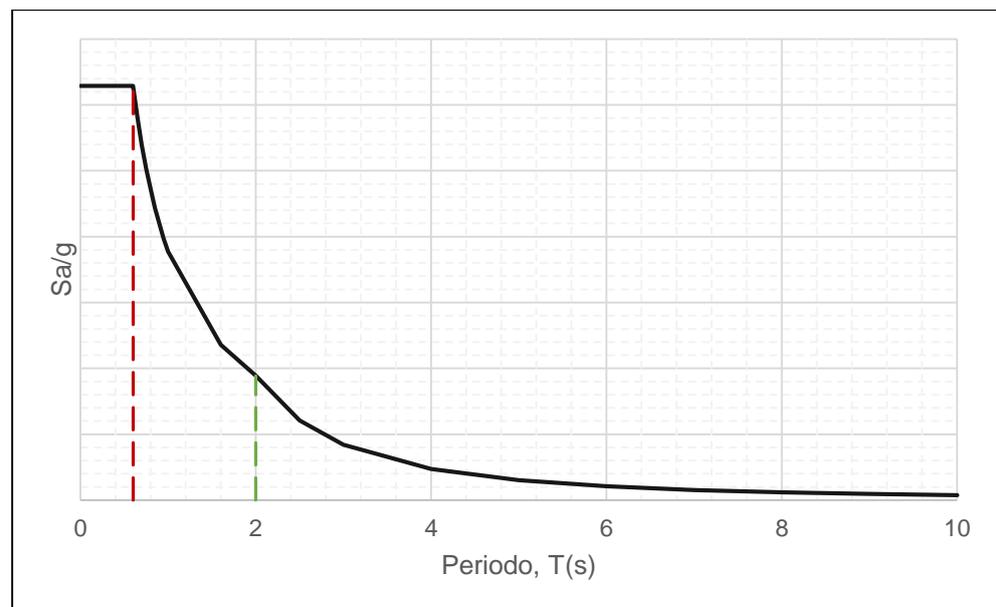


Figura 14. Espectro de respuesta de la edificación

5.1.4. Análisis sísmico

Modelamiento sísmico

Considerando lo mencionado en los apartados anteriores, fue realizado el modelo estructural mediante el uso de la aplicación “ETABS”, en la *Figura 15* se presenta una vista isométrica de la estructura en el programa; en la *Figura 16* se encuentra una vista de planta del modelo donde son indicadas la

disposición de los elementos entre los ejes “X” y “Y”, y finalmente en la *Figura 17* se exponen las secciones asignadas para cada elemento.

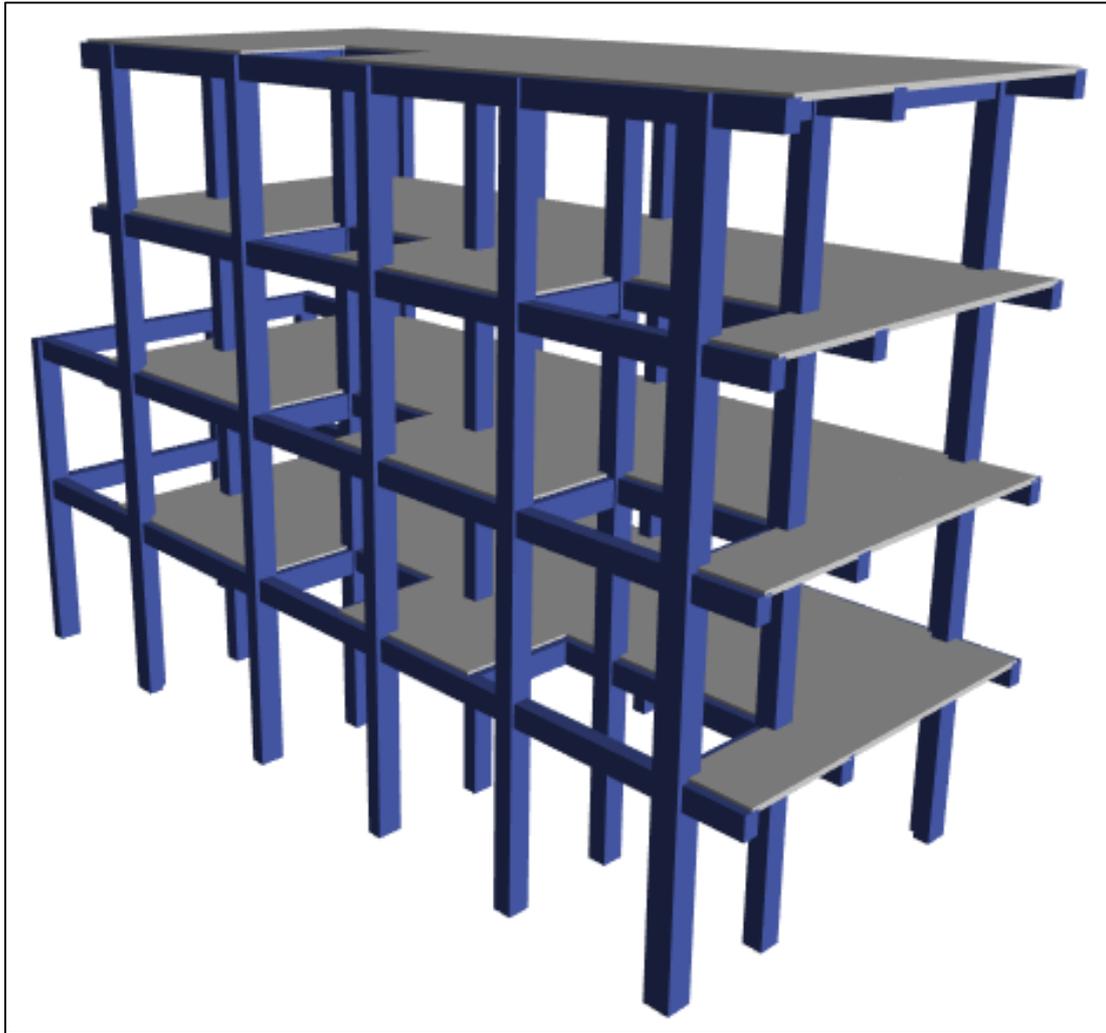


Figura 15. Vista isométrica de la estructura modelada en “ETABS”.

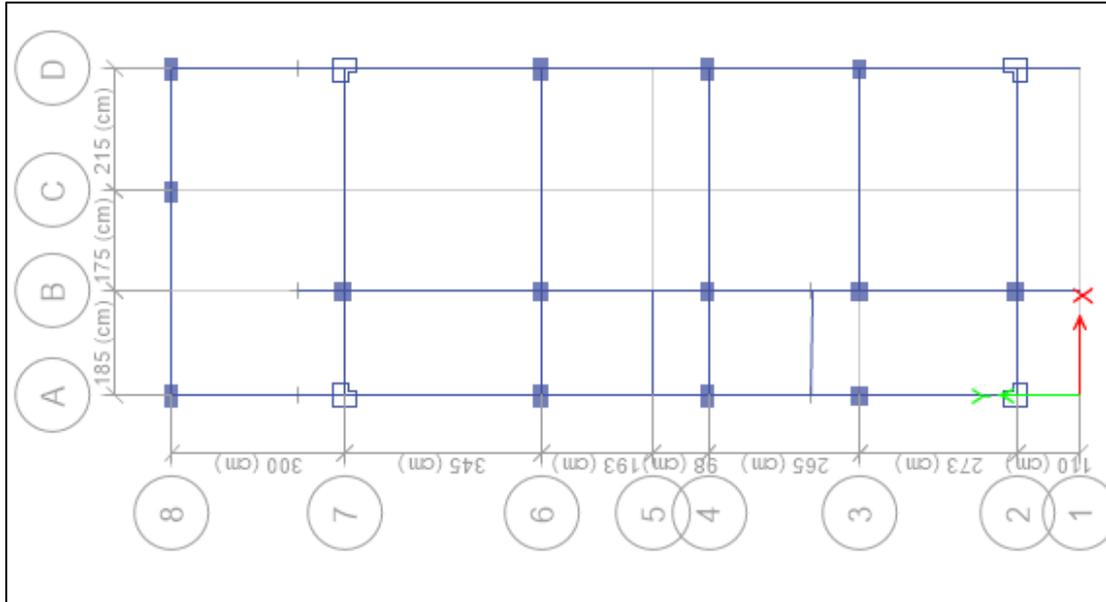


Figura 16. Vista de planta de la estructura modelada en “ETABS”.

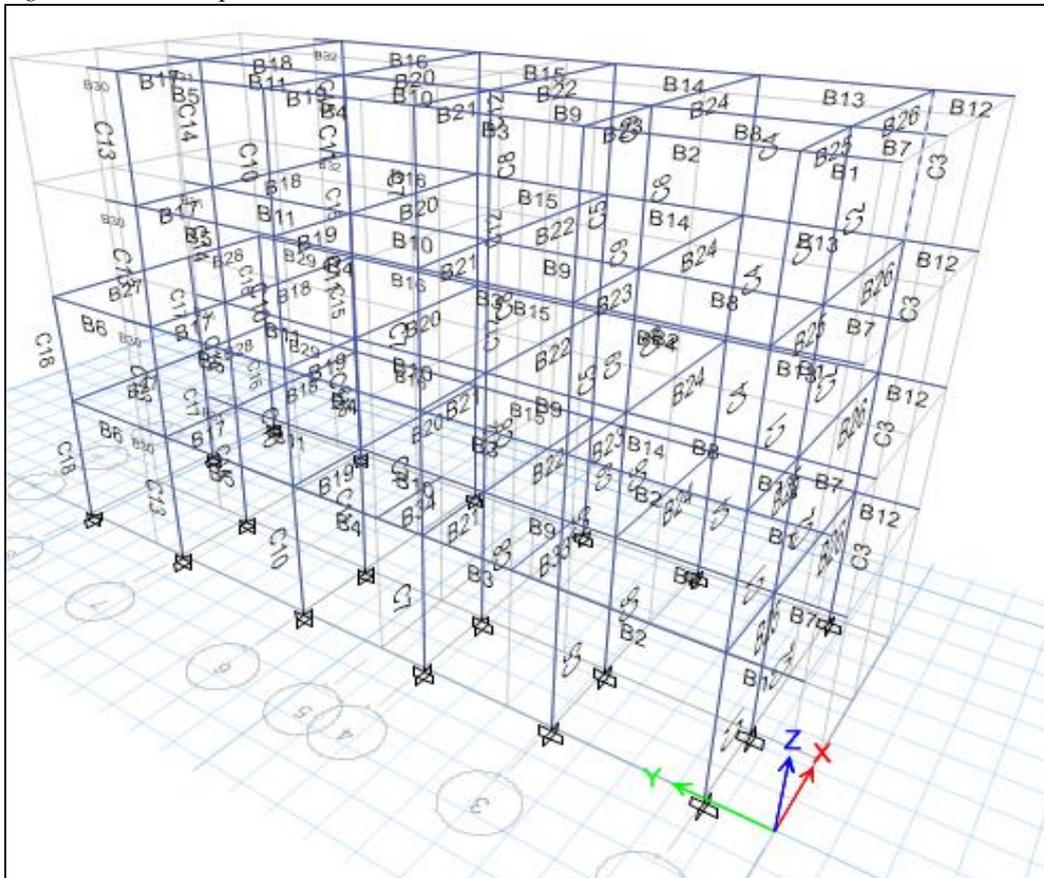


Figura 17. Asignación de secciones a la estructura modelada en “ETABS”.

Fuerza cortante en la base

Fue hallada la fuerza cortante en la base mediante el análisis estático y dinámico, los resultados se presentan en la Tabla 14. Aquí se presentan las cargas tanto de sismo estático (denotado como “sismo”) y de sismo dinámico

(denotado como Dn), para los ejes “X” y “Y” respectivamente, además se aprecia que solo en el eje “Y” la fuerza por el análisis dinámico supera el 80 % requerido.

Tabla 14. Fuerzas cortantes en la base.

Piso	Carga	Ubicación	VX (tonf)	Relación	VY (tonf)	Relación
Piso 1	sismo XX	Bottom	33.36	0.762	0	0.879
Piso 1	sismo YY	Bottom	0.00		33.3595	
Piso 1	DnXX Max	Bottom	25.42		0	
Piso 1	DnYY Max	Bottom	0.00		29.3389	

Modos de vibración

Asimismo, fueron hallados los periodos y sumas de masas de masas efectivas para cada uno de los doce modelos de vibración resultantes, estos resultados se muestran en la Tabla 15. Aquí se puede apreciar que las masas efectivas son mayores al 90 % de la masa total de la estructural dentro de los seis primeros modos de vibración.

Tabla 15. Análisis de los modos de vibración de la estructura.

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
Modal	1	0.434	0.015	0.858	0.000	0.015	0.858	0.020
Modal	2	0.396	0.701	0.029	0.000	0.717	0.887	0.186
Modal	3	0.318	0.162	0.006	0.000	0.879	0.893	0.855
Modal	4	0.147	0.000	0.082	0.000	0.879	0.975	0.860
Modal	5	0.125	0.096	0.000	0.000	0.974	0.975	0.875
Modal	6	0.122	0.003	0.003	0.000	0.977	0.978	0.973
Modal	7	0.080	0.000	0.018	0.000	0.977	0.996	0.974
Modal	8	0.066	0.016	0.000	0.000	0.993	0.996	0.975
Modal	9	0.063	0.002	0.000	0.000	0.995	0.996	0.992
Modal	10	0.057	0.000	0.004	0.000	0.995	1.000	0.993
Modal	11	0.047	0.004	0.000	0.000	0.999	1.000	0.997
Modal	12	0.046	0.001	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000

En la *Figura 18* se presentará el primer modo de vibración, el cual es de desplazamiento en el eje “Y”.

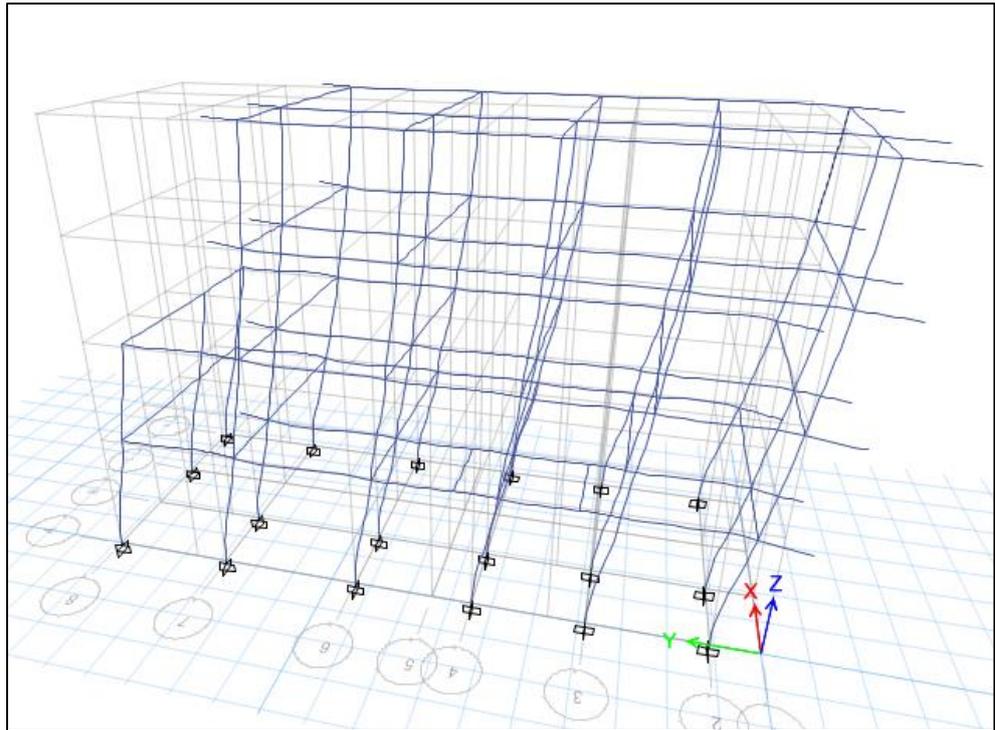


Figura 18. Primer modo de vibración.

En la misma línea, en la *Figura 19* se presenta el segundo modo de vibración, el cual también es de desplazamiento, pero esta vez en el eje “X”.

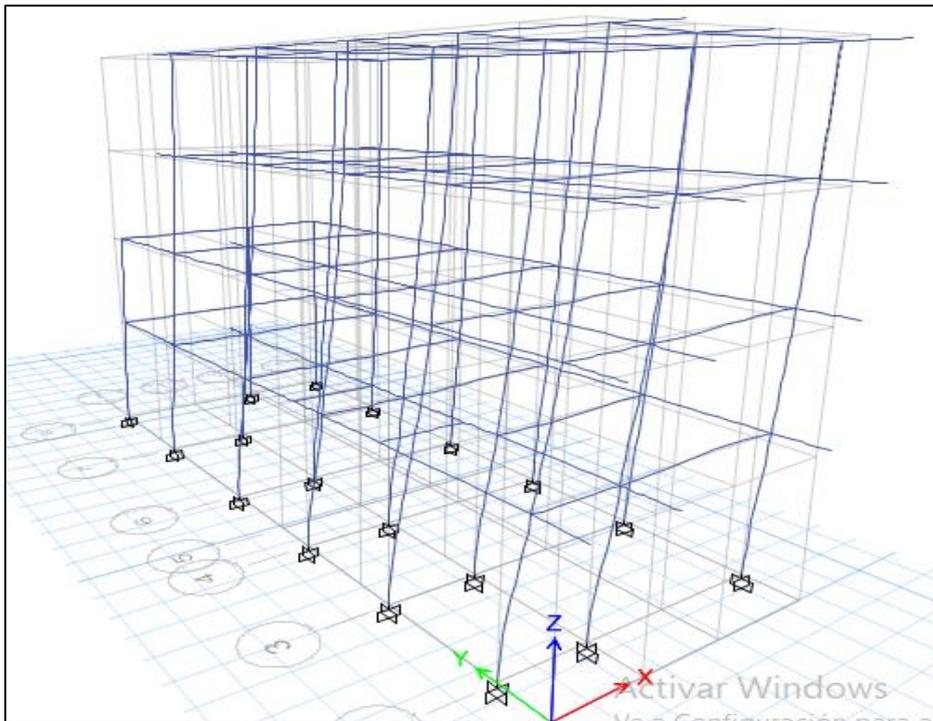


Figura 19. Segundo modo de vibración.

Finalmente, en la *Figura 20* se presenta el tercer modo de vibración, el cual consiste en rotación.

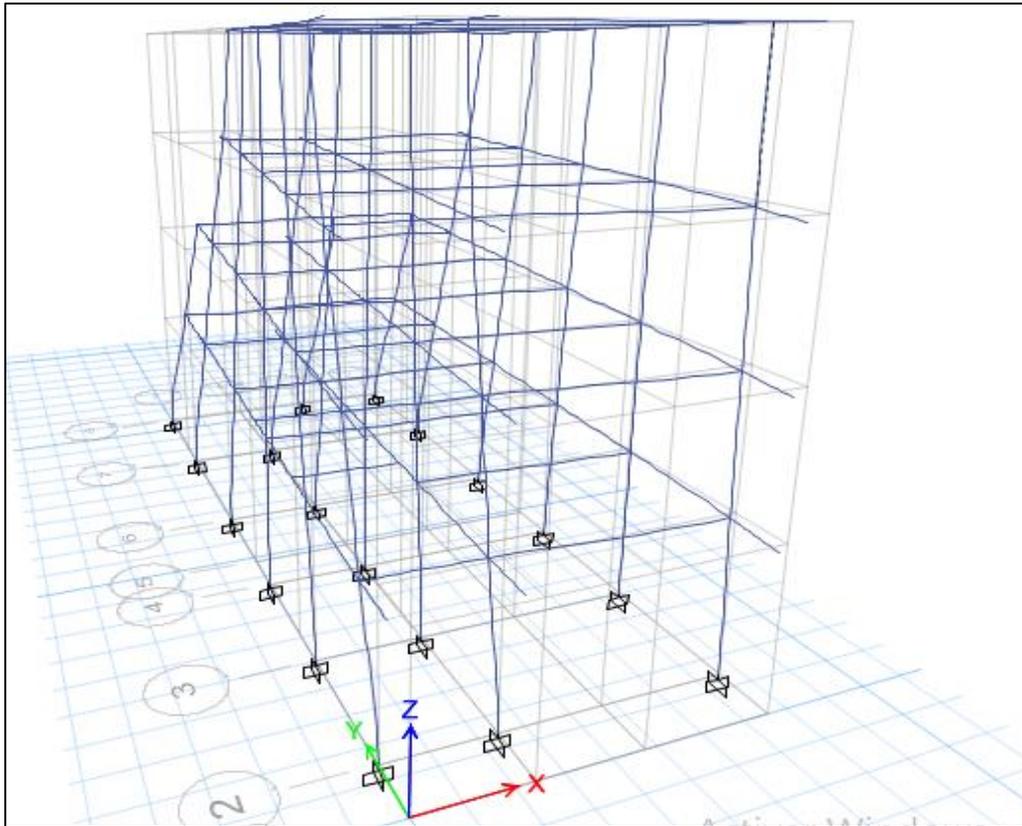


Figura 20. Tercer modo de vibración.

Verificación de irregularidades de la edificación

A continuación, se presentan los valores de ajuste utilizados de acuerdo a las irregularidades en altura de la edificación analizada en la presente investigación, tal como indica la norma E.030 del MVCS (2020).

Tabla 16. Irregularidades en altura de la edificación.

Irregularidades estructurales en altura					DIR X-X	DIR Y-Y
Irregularidad de rigidez - piso blando	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Irregularidad de resistencia - piso débil	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Irregularidad extrema de rigidez	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Irregularidad extrema de resistencia	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Irregularidad de masa o peso	No	Ambas direcciones			1	1
Irregularidad geométrica vertical	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Discontinuidad en los sistemas resistentes	No	Ambas direcciones			1	1
Discontinuidad extrema de los sistemas Resistentes	No	Ambas direcciones			1	1
Valor asumido					1	1

Del mismo modo, en la Tabla 17 se presentan los valores por irregularidades en planta de la edificación.

Tabla 17. Irregularidades en planta de la edificación.

Irregularidades estructurales en planta					DIR X-X	DIR Y-Y
Irregularidad torsional	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Irregularidad torsional extrema	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Esquinas entrantes	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Discontinuidad del diafragma	No	Ambas direcciones			1	1
Sistemas no paralelos	No	DIR X-X	No	DIR Y-Y	1	1
Valor asumido					1	1

Desplazamientos y distorsiones

Finalmente, en la Tabla 18 y la Tabla 19, se presentan los desplazamientos y derivas por eje alcanzados por la acción sísmica en cada nivel de la edificación evaluada, además se realizó el ajuste de datos mediante la multiplicación por el factor de $0.75 \times R$, y verificó el cumplimiento de la deriva máxima de 0.007 tal como es indicado en la norma E.030 del MVCS.

Tabla 18. Derivas en el eje "X" de la edificación.

Piso	Dirección	Deriva Etabs	0.75 R	< 0.007
Piso 4	X	0.000473	0.002838	ok
Piso 3	X	0.000758	0.004548	ok
Piso 2	X	0.001035	0.00621	ok
Piso 1	X	0.000978	0.005868	ok

Tabla 19. Derivas en el eje "Y" de la edificación.

Piso	Dirección	Deriva Etabs	0.75 R	< 0.007
Story4	Y	0.000416	0.002496	ok
Story3	Y	0.000705	0.00423	ok
Story2	Y	0.00087	0.00522	ok
Story1	Y	0.000917	0.005502	ok

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Objetivo específico 1: Variación del periodo de vibración del comportamiento estructural de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable

Antes de la descripción de los resultados finales, es preciso mencionar que las vigas de sección variable fueron diseñadas siguiendo la metodología expuesta en el marco teórico de la presente investigación, hallando dos medidas que se ajustan a

las características del proyecto y al largo de la luz de las vigas principales. En la Tabla 20 se presentan estos resultados, obtenidas para la definición de las medidas de los peraltes y longitud que fueran posibles de aplicarse con facilidad en el proceso constructivo.

Tabla 20. *Características de las cartelas de las vigas de sección variable.*

Peralte máximo (m)	Peralte mínimo (m)	Diferencia de peraltes (m)	Longitud de variación (m)	Ángulo de variación (grados)
0.55	0.35	0.20	1.37	14.38
0.55	0.35	0.20	1.56	12.65

Con lo definido en la tabla anterior, se ha establecido la Tabla 21 donde se adjunta los resultados de los periodos alcanzados por los doce modos de vibración de la estructura con vigas rectangulares y vigas de sección variable según cada caso.

Tabla 21. *Periodos de vibración de estructuras.*

Modos de vibración	Periodo (s)		
	Rectangular	Variable de 12.65°	Variable de 14.38°
Modo 1	0.4340	0.4220	0.4060
Modo 2	0.3960	0.3600	0.3490
Modo 3	0.3180	0.3000	0.2920
Modo 4	0.1470	0.1420	0.1370
Modo 5	0.1250	0.1150	0.1130
Modo 6	0.1220	0.1130	0.1090
Modo 7	0.0800	0.0770	0.0750
Modo 8	0.0660	0.0620	0.0600
Modo 9	0.0630	0.0600	0.0580
Modo 10	0.0570	0.0540	0.0520
Modo 11	0.0470	0.0450	0.0440
Modo 12	0.0460	0.0430	0.0420

Considerando estos resultados, en la *Figura 21*, se tienen los doce periodos correspondientes a la evaluación de la estructura original con las vigas rectangulares, aquí se aprecia una reducción del valor del periodo yendo de ser de 0.434 segundos en el primer modo a 0.046 en el duodécimo.

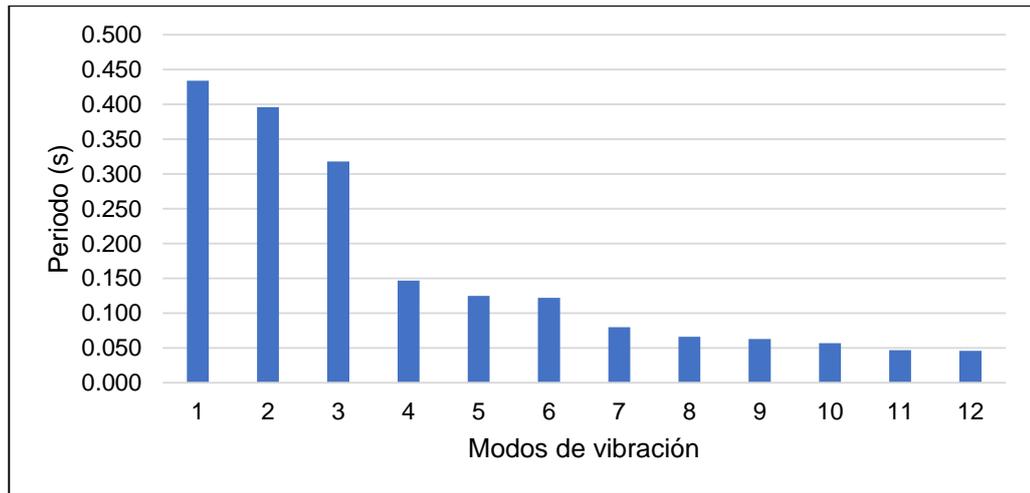


Figura 21. Periodos de vibración en la estructura con vigas rectangulares.

En la *Figura 22*, se presentan los periodos para los doce modos de vibración de la estructura al presentar vigas de sección variable de 12.65° , en ese sentido se puede apreciar un comportamiento muy similar al de la estructura con vigas rectangulares.

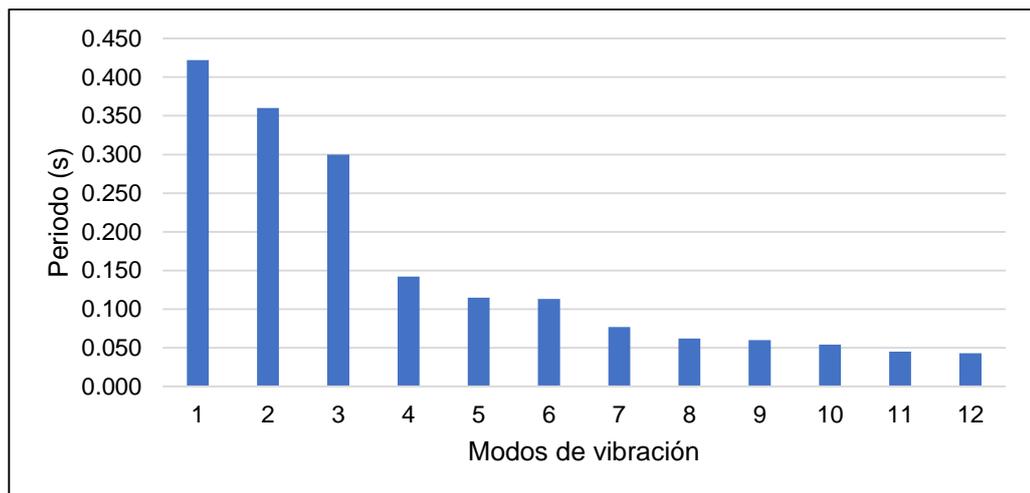


Figura 22. Periodos de vibración con vigas de sección variable de 12.65° .

Asimismo, la *Figura 23* contiene los periodos de la estructura que presenta vigas de sección variable de 14.38° , de igual forma se aprecia la reducción del valor hallado entre los modos de vibración de la estructura.

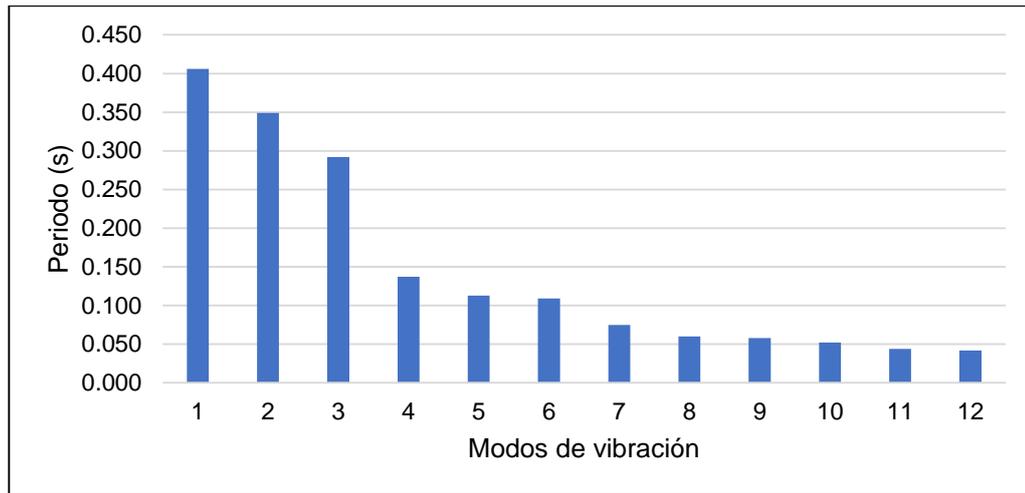


Figura 23. Periodos de vibración con vigas de sección variable de 14.38°.

A fin de poder comparar los resultados del análisis realizado sobre los tres tipos de estructuras considerados en la presente investigación, fue desarrollada la *Figura 24*, aquí se evidencia que las estructuras conformadas por las vigas de sección variable de 14.38° presentan los menores periodos, en contraparte, la estructura con vigas rectangulares presentó los mayores periodos en cada uno de los modos de vibración.

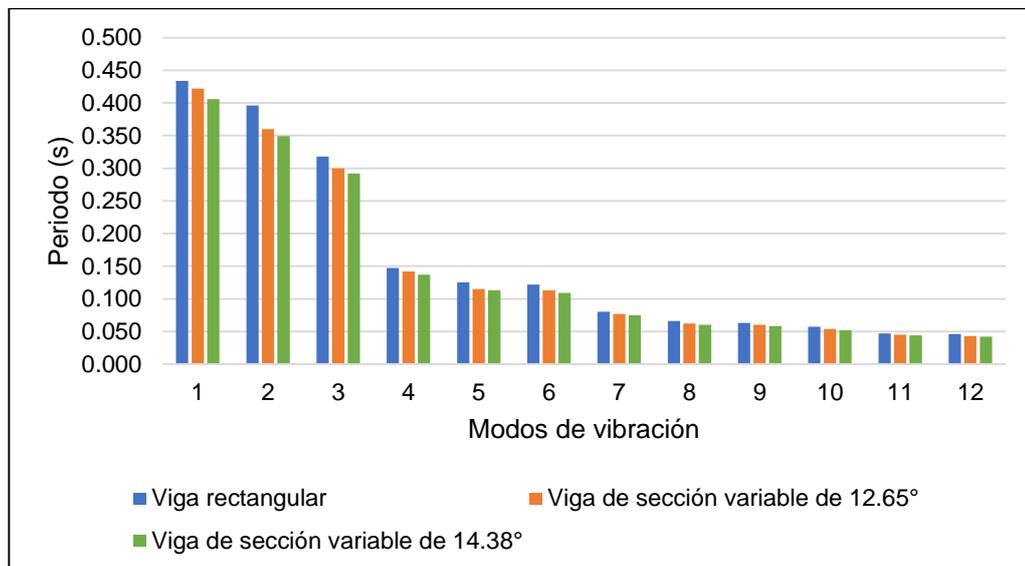


Figura 24. Comparación de periodos de vibración en estructuras.

En consecuencia, en la Tabla 22 se presentan las variaciones obtenidas en los periodos de variación de las estructuras con vigas de sección variable respecto a lo obtenido con la estructura de vigas de sección rectangular, aquí se resalta que las mayores variaciones son alcanzadas en la estructura con vigas de sección variable

de 14.38° teniendo reducciones del 11.87 % y 10.66 % en los modos 2 y 6 respectivamente.

Tabla 22. Variación de periodos de vibración en estructuras.

Modos de vibración	Variación (%)		
	Rectangular	Variable de 12.65°	Variable de 14.38°
Modo 1	0.00	-2.76	-6.45
Modo 2	0.00	-9.09	-11.87
Modo 3	0.00	-5.66	-8.18
Modo 4	0.00	-3.40	-6.80
Modo 5	0.00	-8.00	-9.60
Modo 6	0.00	-7.38	-10.66
Modo 7	0.00	-3.75	-6.25
Modo 8	0.00	-6.06	-9.09
Modo 9	0.00	-4.76	-7.94
Modo 10	0.00	-5.26	-8.77
Modo 11	0.00	-4.26	-6.38
Modo 12	0.00	-6.52	-8.70

En ese sentido, a continuación, se presenta la *Figura 25*, *Figura 26* y *Figura 27*, donde se pueden apreciar los primeros tres modos de vibración de la estructura conformada por vigas con sección variable de 12.65° .

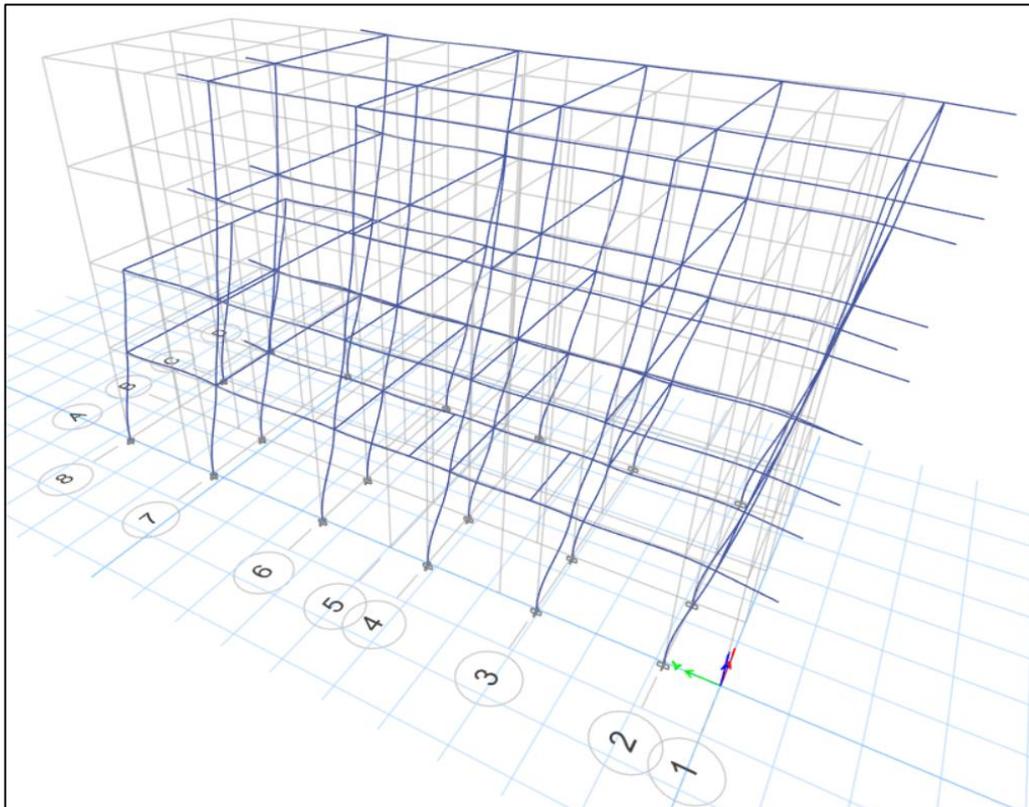


Figura 25. Primer modo de vibración con vigas de sección variable de 12.65° .

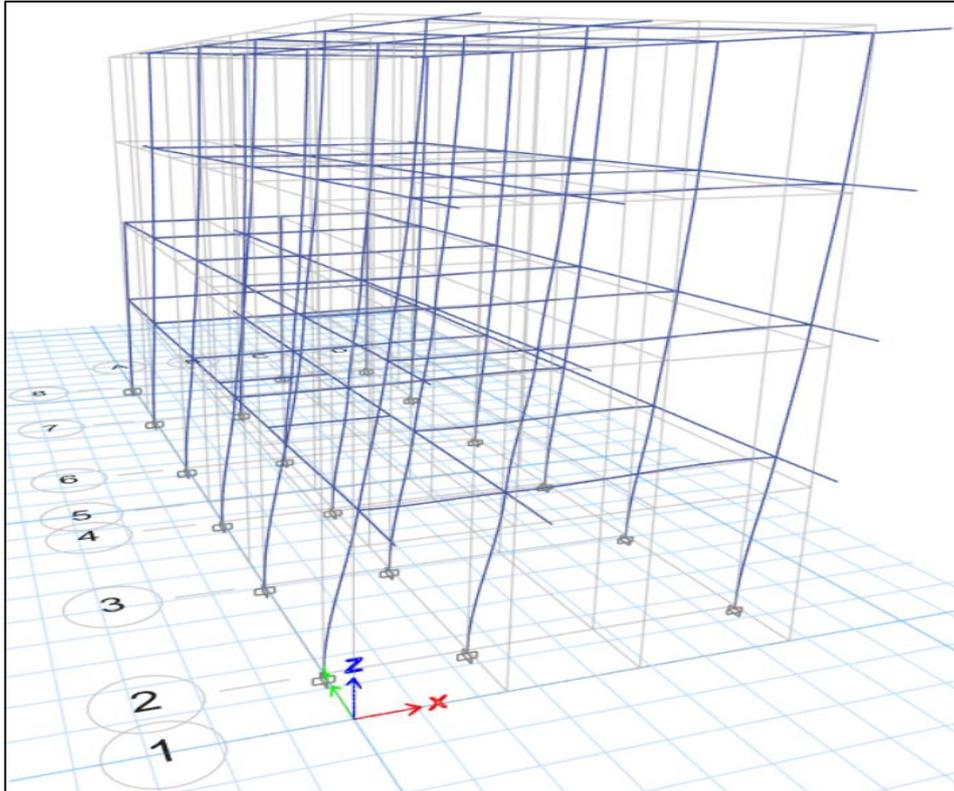


Figura 26. Segundo modo de vibración con vigas de sección variable de 12.65° .

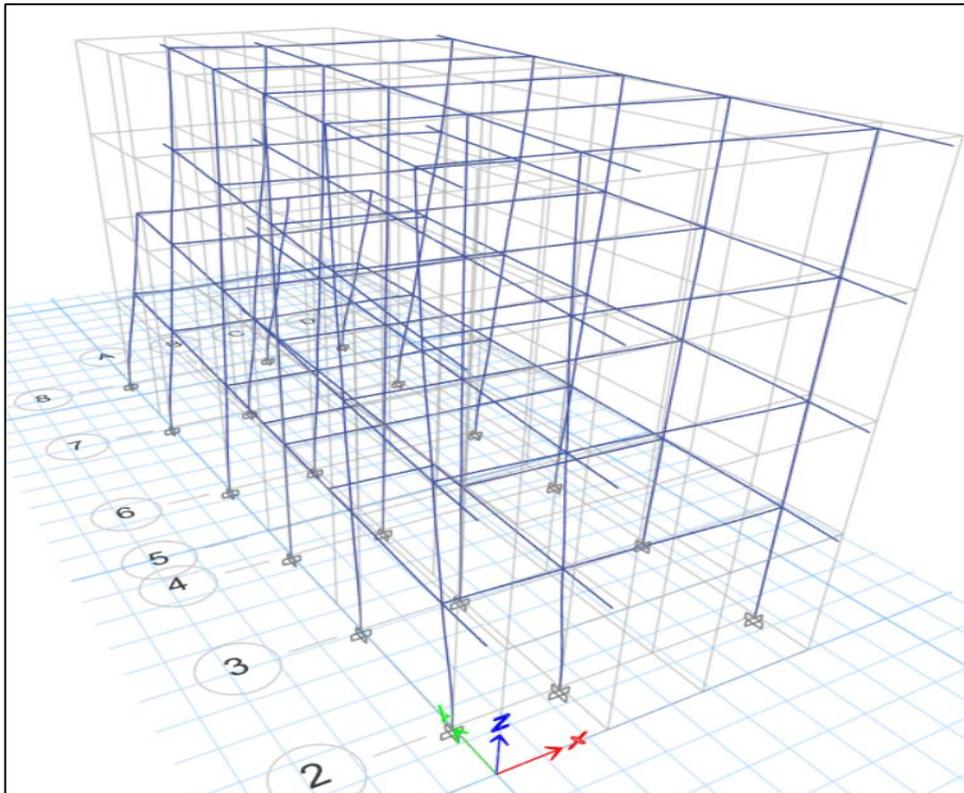


Figura 27. Tercer modo de vibración con vigas de sección variable de 12.65° .

Del mismo modo, en la *Figura 28*, *Figura 29* y *Figura 30*, se exponen los modos de vibración correspondientes a la estructura conformada por vigas de sección variable de 14.38° .

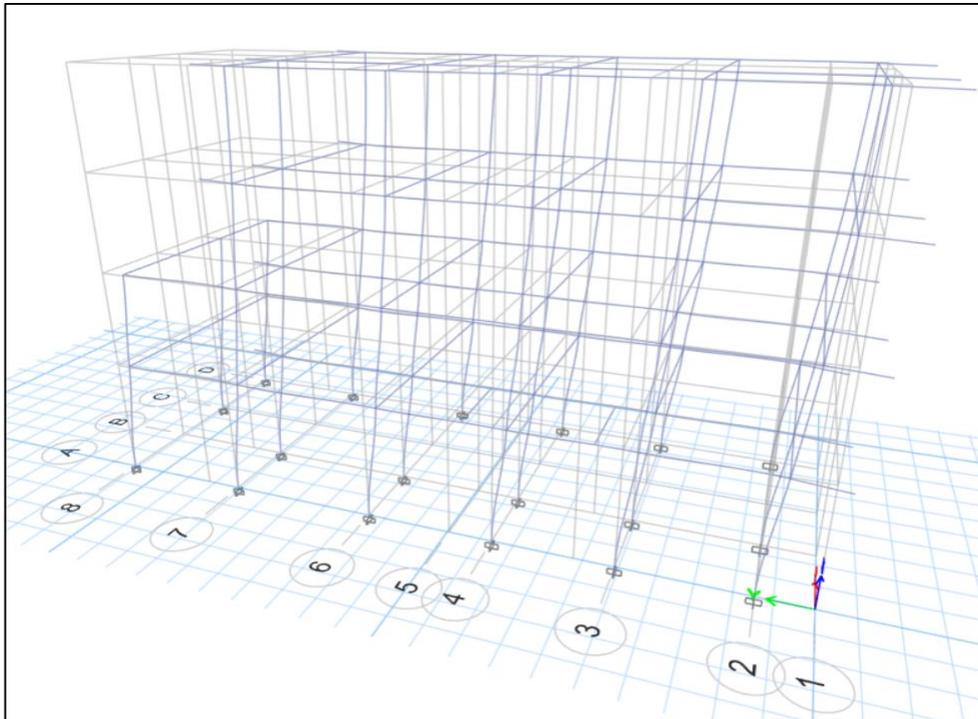


Figura 28. Primer modo de vibración con vigas de sección variable de 14.38° .

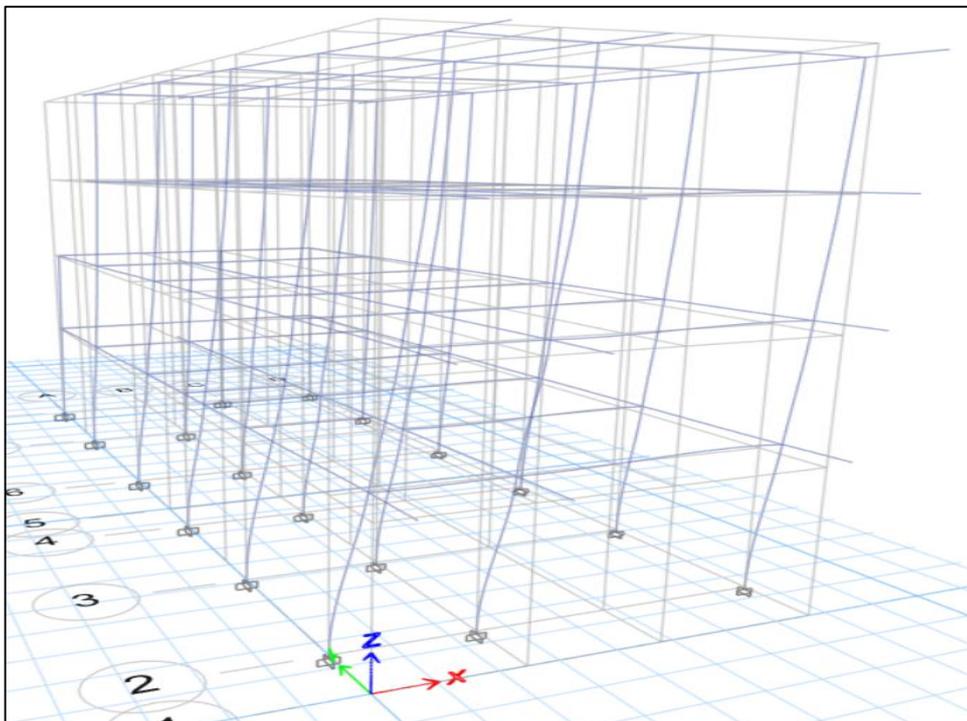


Figura 29. Segundo modo de vibración con vigas de sección variable de 14.38° .

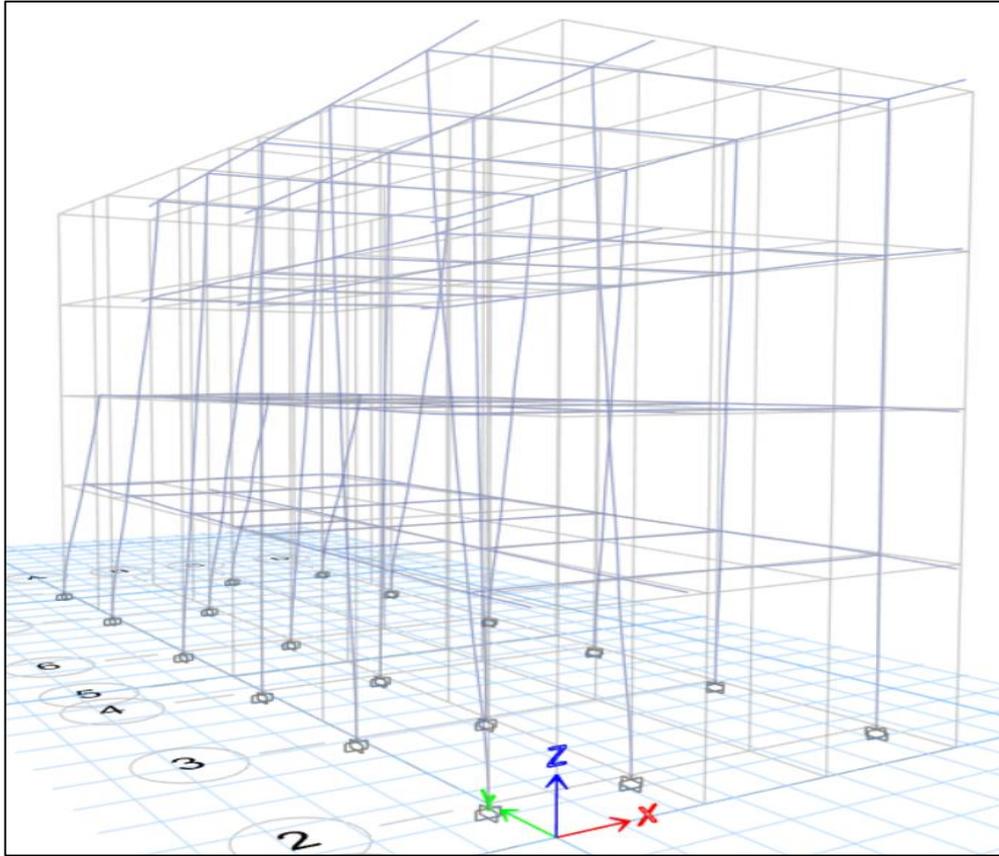


Figura 30. Tercer modo de vibración con vigas de sección variable de 14.38° .

Masas participativas

A continuación, se tienen la suma de las masas participativas halladas mediante el análisis realizado a las tres estructuras evaluadas en el desarrollo de la presente investigación, habiéndose verificado el cumplimiento del requerimiento de presentar al menos una suma de 0.9 para los ejes “X”, “Y” y “Z”.

Tabla 23. Masas participativas por modos de vibración.

Sección de viga	Rectangular			Variable de 12.65°			Variable de 14.38°		
	Eje X - X	Eje Y-Y	Eje Z-Z	Eje X - X	Eje Y-Y	Eje Z-Z	Eje X - X	Eje Y-Y	Eje Z-Z
Modos									
Modo 1	0.0151	0.8575	0.0200	0.0020	0.8839	0.0070	0.0015	0.8872	0.0045
Modo 2	0.7165	0.8869	0.1855	0.7101	0.8899	0.1981	0.7076	0.8914	0.1987
Modo 3	0.8786	0.8927	0.8554	0.8898	0.8929	0.8688	0.8889	0.8932	0.8685
Modo 4	0.8787	0.9749	0.8604	0.8899	0.9768	0.8707	0.8889	0.9773	0.8699
Modo 5	0.9744	0.9752	0.8754	0.9423	0.9776	0.9330	0.9363	0.9779	0.9387
Modo 6	0.9774	0.9780	0.9733	0.9801	0.9781	0.9756	0.9799	0.9782	0.9755
Modo 7	0.9774	0.9958	0.9738	0.9801	0.9960	0.9759	0.9799	0.9961	0.9757
Modo 8	0.9934	0.9958	0.9752	0.9941	0.9960	0.9773	0.9946	0.9962	0.9766
Modo 9	0.9952	0.9962	0.9924	0.9961	0.9962	0.9938	0.9961	0.9963	0.9940
Modo 10	0.9953	0.9999	0.9930	0.9961	1.0000	0.9941	0.9961	1.0000	0.9941
Modo 11	0.9993	1.0000	0.9965	0.9987	1.0000	0.9982	0.9985	1.0000	0.9984
Modo 12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

A partir de estos resultados, fueron halladas las variaciones en la suma de masas participativas para cada estructura en función de los resultados obtenidos en la viga rectangular, esto se muestra en la Tabla 24, donde resaltan los grandes cambios obtenidos por el análisis especialmente en los primeros modos de vibración.

Tabla 24. Variación de masas participativas por modos de vibración.

Sección de viga	Rectangular			Variable de 12.65°			Variable de 14.38°		
	Eje X - X	Eje Y-Y	Eje Z-Z	Eje X - X	Eje Y-Y	Eje Z-Z	Eje X - X	Eje Y-Y	Eje Z-Z
Modo 1	0.00	0.00	0.00	-86.75	3.08	-65.00	-90.07	3.46	-77.50
Modo 2	0.00	0.00	0.00	-0.89	0.34	6.79	-1.24	0.51	7.12
Modo 3	0.00	0.00	0.00	1.27	0.02	1.57	1.17	0.06	1.53
Modo 4	0.00	0.00	0.00	1.27	0.19	1.20	1.16	0.25	1.10
Modo 5	0.00	0.00	0.00	-3.29	0.25	6.58	-3.91	0.28	7.23
Modo 6	0.00	0.00	0.00	0.28	0.01	0.24	0.26	0.02	0.23
Modo 7	0.00	0.00	0.00	0.28	0.02	0.22	0.26	0.03	0.20
Modo 8	0.00	0.00	0.00	0.07	0.02	0.22	0.12	0.04	0.14
Modo 9	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.14	0.09	0.01	0.16
Modo 10	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.11	0.08	0.01	0.11
Modo 11	0.00	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.17	-0.08	0.00	0.19
Modo 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Considerando estos resultados, en la *Figura 31*, contiene la representación gráfica de la suma de masas participativas en el eje “X” de las tres estructuras, aquí se aprecia fácilmente que en todos los casos a partir del quinto modo de vibración se supera el 90 % requerido.

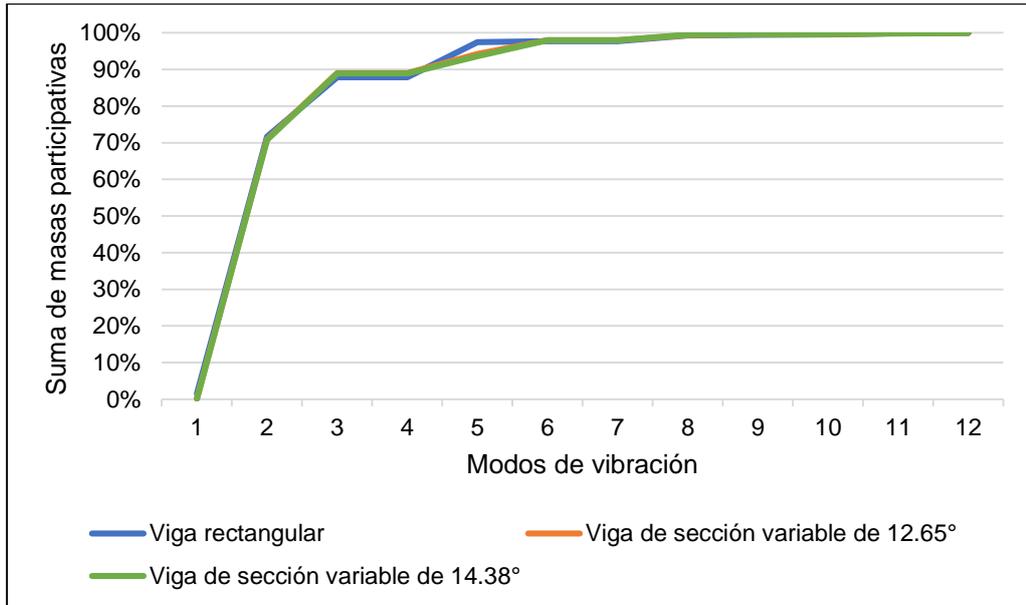


Figura 31. Suma de masas participativas de las estructuras en el eje "X".

En la misma línea, la *Figura 32*, presenta la suma de masas participativas calculada en el eje "Y" de las tres estructuras consideradas en el desarrollo de la presente investigación, aquí se evidencia que en todos los casos se supera el 90 % apenas al cuarto modo de vibración.

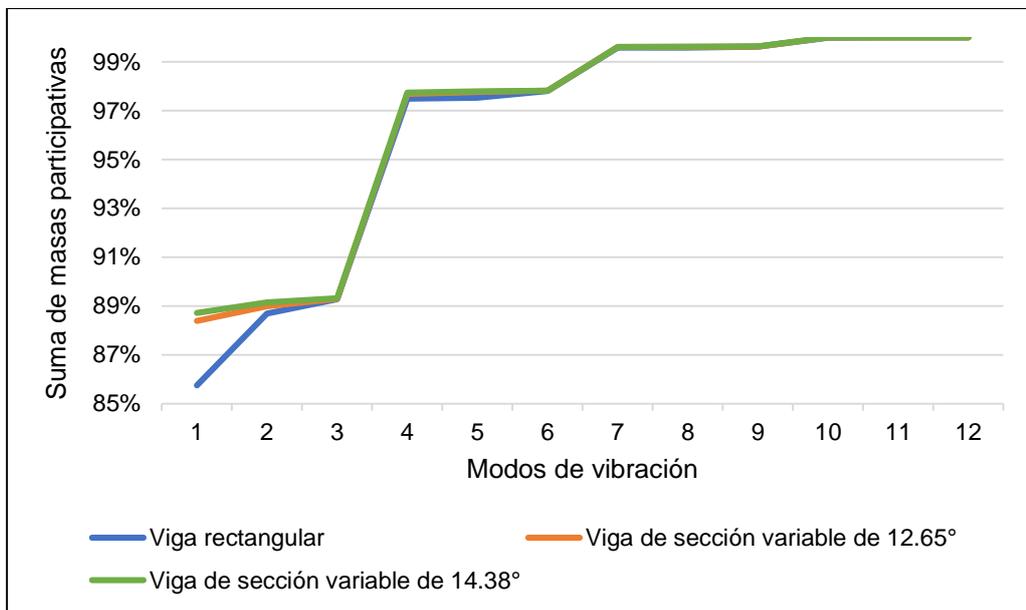


Figura 32. Suma de masas participativas de las estructuras en el eje "Y".

Asimismo, la *Figura 33*, contiene los resultados de la suma de masas participativas en el eje "Z", es así que puede apreciarse que las estructuras con vigas de sección variable llegan al 90 % en el quinto modo de vibración, mientras que la estructura con vigas rectangulares lo hace en el sexto modo.

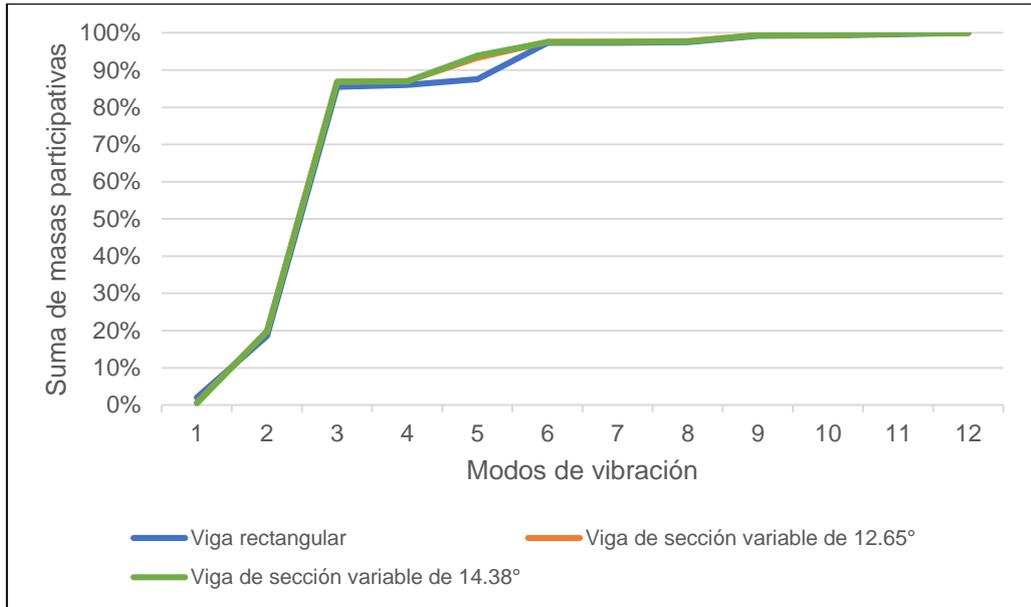


Figura 33. Suma de masas participativas de las estructuras en el eje “Z”.

5.2.2. Objetivo específico 2: Variación de la deriva de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable

Fueron halladas las derivas obtenidas por las estructuras analizadas mediante el software ETABS, en ese sentido, en la Tabla 25 se presentan los resultados de las derivas de cada uno de los cuatro niveles de la edificación en los ejes “X” y “Y”, tanto de la viga rectangular como para las vigas con sección variable. Aquí puede apreciarse que en todos los casos la deriva es inferior a 0.007, tal como es exigido en el artículo 32 de la norma E.030 Diseño Sismorresistente del MVCS (2020) para toda estructura cuyo material predominante es concreto armado, como es el caso.

Tabla 25. Deriva de estructuras.

Sección de viga			Rectangular		Variable de 12.65°		Variable de 14.38°	
Sismo	Nivel	Dirección	Drift	Deriva (0.75R)	Drift	Deriva (0.75R)	Drift	Deriva (0.75R)
Dinámico X	1	X	0.000978	0.005868	0.000846	0.005076	0.000796	0.004776
	2	X	0.001035	0.006210	0.000839	0.005034	0.000794	0.004764
	3	X	0.000758	0.004548	0.000607	0.003642	0.000574	0.003444
	4	X	0.000473	0.002838	0.000365	0.002190	0.000345	0.002070
Dinámico Y	1	Y	0.000917	0.005502	0.000869	0.005214	0.000805	0.004830
	2	Y	0.000870	0.005220	0.000822	0.004932	0.000760	0.004560
	3	Y	0.000705	0.004230	0.000659	0.003954	0.000605	0.003630
	4	Y	0.000416	0.002496	0.000387	0.002322	0.000353	0.002118

A partir de estos resultados es que fueron elaboradas las comparaciones presentadas en las figuras adjuntas a continuación, en ese sentido, en la *Figura 34* se aprecian las derivas alcanzadas en el eje “X” debido a la acción sísmica en el mismo sentido en el modelo estructural con vigas rectangulares, apreciándose que en el segundo nivel es donde se alcanza la mayor deriva.

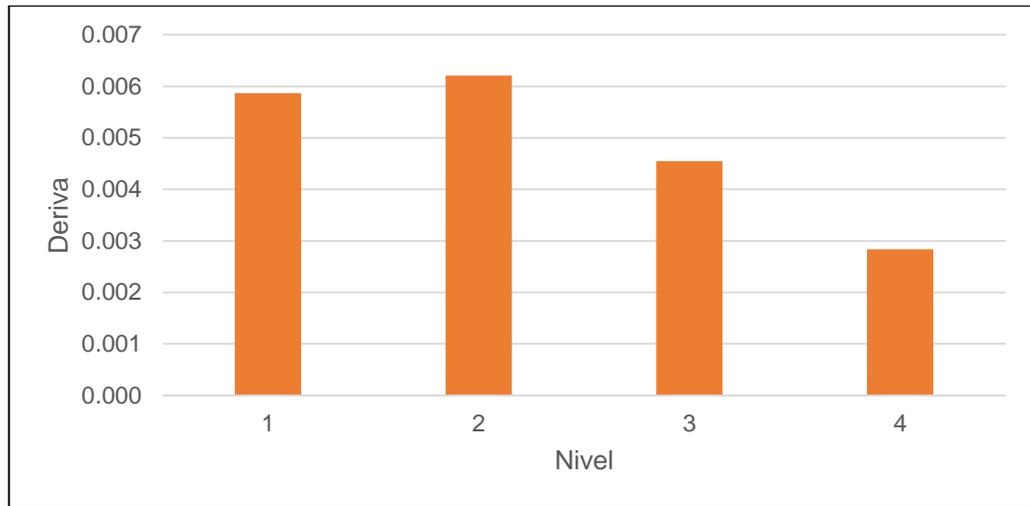


Figura 34. Deriva en el eje “X” de estructura con vigas rectangulares.

En la *Figura 35*, se encuentran los resultados de la evaluación a la misma estructura, pero respecto a su comportamiento en el eje “Y”, en este caso el mayor valor de deriva corresponde al primer nivel, estando también por debajo del valor de 0.007.

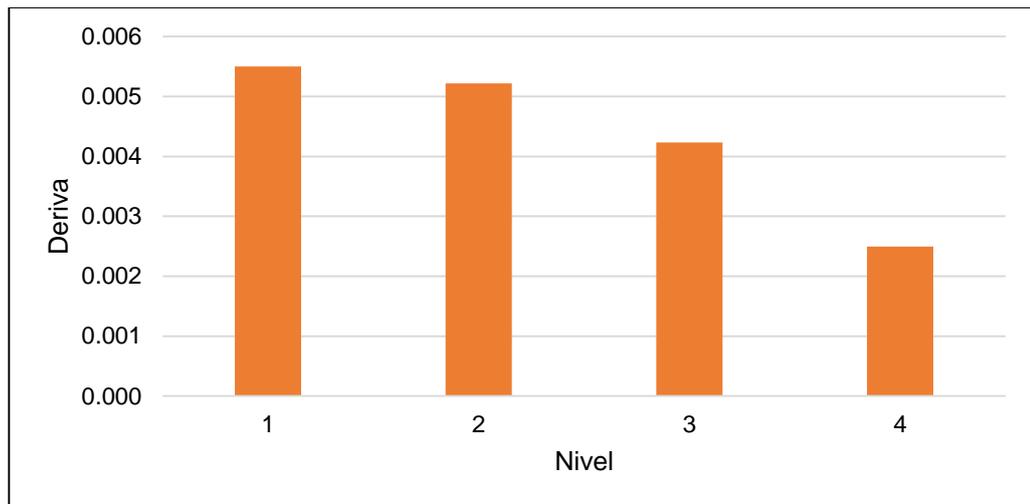


Figura 35. Deriva en el eje “Y” de estructura con vigas rectangulares.

En la figura expuesta a continuación, se expresan los resultados de las derivas encontradas en la estructura cuyas vigas presentan una sección variable a un ángulo de 12.65° , aquí se vuelve a verificar que en ningún caso es superado el límite de 0.007, esto indica que en el eje “X”, la estructura no presenta inconvenientes en su funcionamiento, recordando que es justamente en este eje que se encuentran las vigas principales las cuales fueron cambiadas de rectangulares a sección variable.

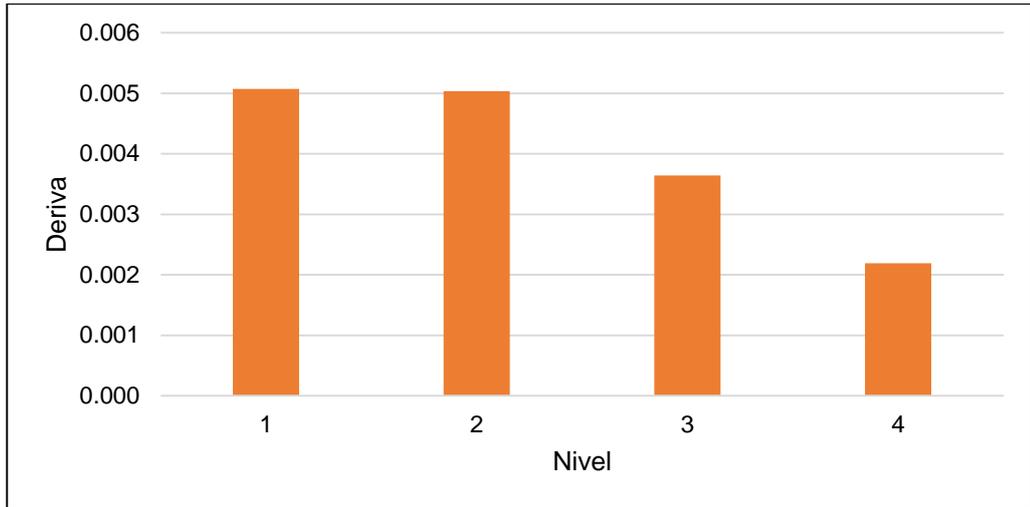


Figura 36. Deriva en el eje “X” con vigas de sección variable de 12.65°.

En la misma línea, la *Figura 37* presenta los resultados la estructura de la evaluación de deriva en el eje “Y” para la estructura con vigas de sección variable de 12.65°, aquí se evidencia que la mayor deriva se genera en el primer nivel, sin embargo, no supera el límite de 0.007 establecido para esta clase de estructuras.

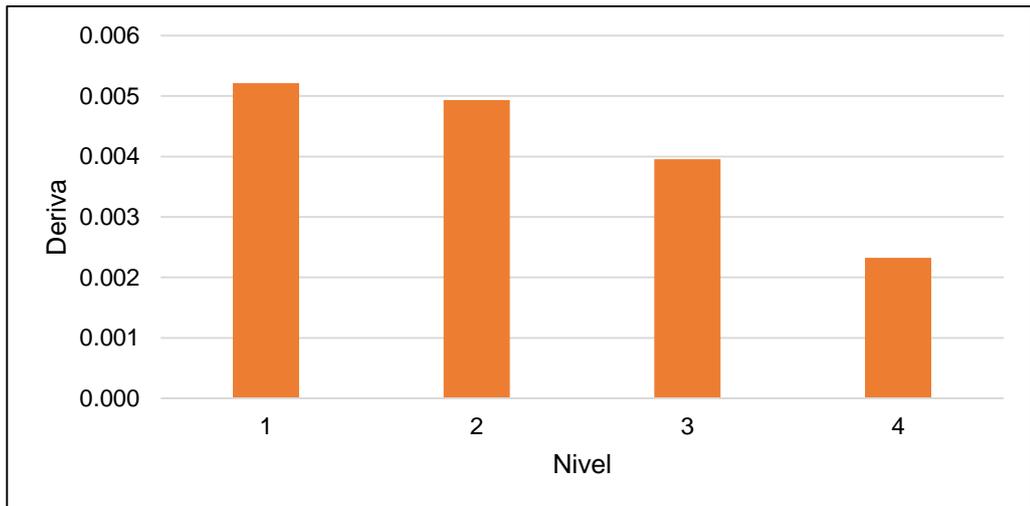


Figura 37. Deriva en el eje “Y” con vigas de sección variable de 12.65°.

La *Figura 38*, presenta los resultados de la evaluación de la deriva para un sismo en el eje “X” de la edificación con vigas de sección variable de 14.38°, de igual forma, la mayor deriva está en el primer nivel el cual no supera el límite de 0.007 para estructuras de concreto armado, siendo algo sumamente positivo.

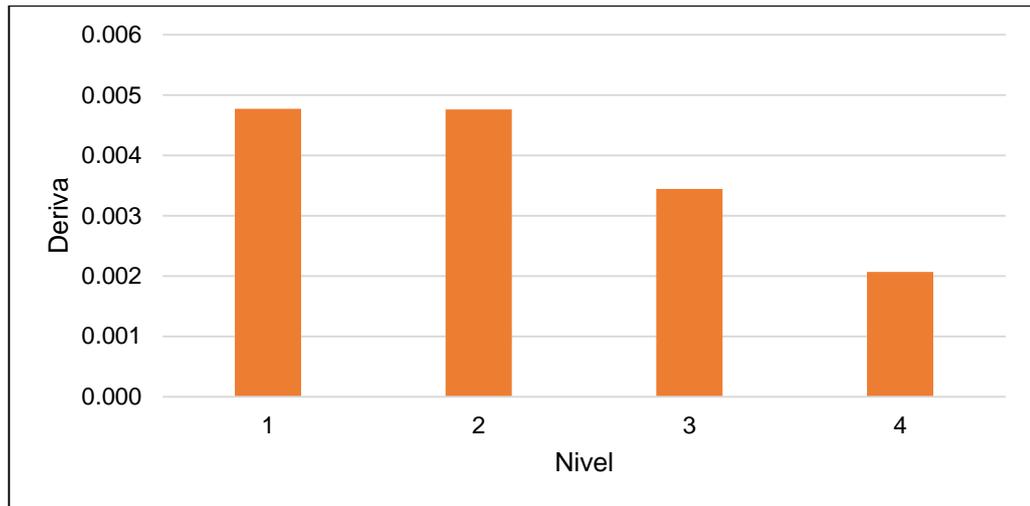


Figura 38. Deriva en el eje “X” con vigas de sección variable de 14.38°.

A continuación, en la *Figura 39* se presenta la evaluación realizada para el eje “Y”, donde de igual forma que en las evaluaciones pasadas, se cumplen los parámetros establecidos por las normas vigentes, teniendo a la mayor deriva en el primer piso, siendo menor incluso que 0.005.

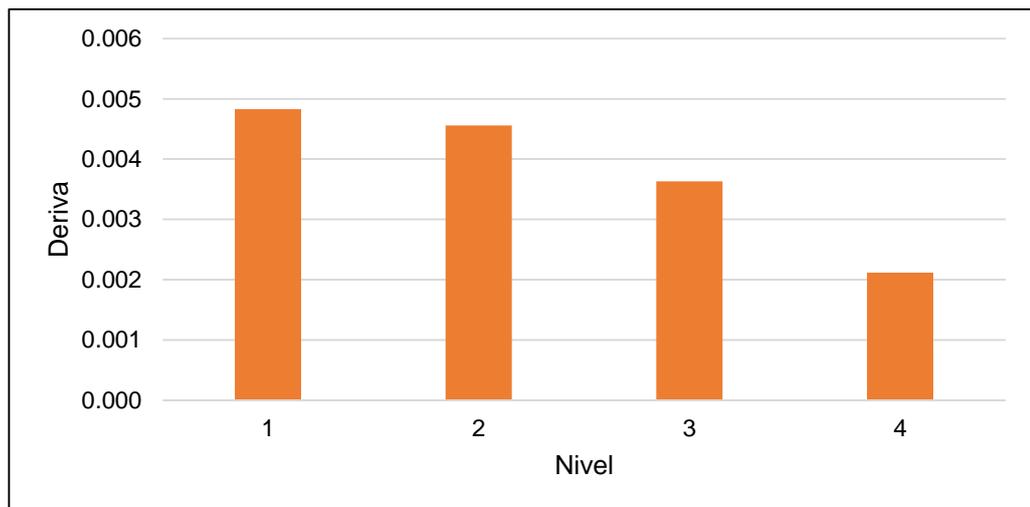


Figura 39. Deriva en el eje “Y” con vigas de sección variable de 14.38°.

Con base en estos resultados, en la *Tabla 26* se adjuntan las variaciones de la deriva de las estructuras con vigas de sección variable respecto a lo obtenido por la estructura conformada solo por vigas rectangulares. Aquí se aprecian grandes reducciones de este comportamiento especialmente en el eje “X”, justamente donde se realizaron las modificaciones, es decir que la sustitución de las vigas rectangulares en ese eje influye en el comportamiento de la estructura ante fuerzas sísmicas que pudieran presentarse en esa dirección, sumado a ello, también se aprecian reducciones de deriva en el eje “Y”.

Tabla 26. Variación de derivas en estructuras.

Sismo	Nivel	Dirección	Sección de viga		
			Rectangular	Variable de 12.65°	Variable de 14.38°
Dinámico X	1	X	0.00	-13.50	-18.61
	2	X	0.00	-18.94	-23.29
	3	X	0.00	-19.92	-24.27
	4	X	0.00	-22.83	-27.06
Dinámico Y	1	Y	0.00	-5.23	-12.21
	2	Y	0.00	-5.52	-12.64
	3	Y	0.00	-6.52	-14.18
	4	Y	0.00	-6.97	-15.14

Considerando todos estos resultados es que en la *Figura 40*, se realizan comparaciones gráficas de las derivas en el eje “X” de cada estructura, es aquí donde se evidencia claramente la reducción de la deriva en cada piso al reemplazar las vigas rectangulares por vigas de sección variable, siendo la reducción aún mayor al presentar un ángulo mayor de variación.

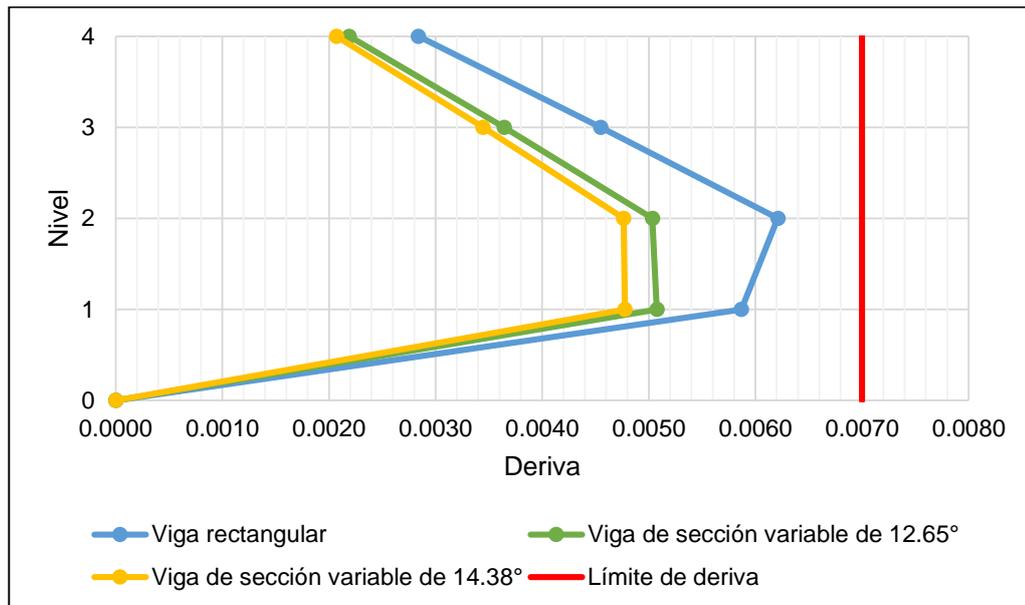


Figura 40. Comparación de derivas en el eje “X”.

En la misma línea, en la *Figura 41* se observa que la viga de sección variable de 14.38° presenta las menores derivas en el eje “Y” en cada nivel en comparación con las estructuras de vigas rectangulares y vigas de sección variable de 12.65°, esto indica que, a pesar de solo haberse cambiado las vigas principales, estas influyen en el comportamiento estructural en el eje transversal a estas.

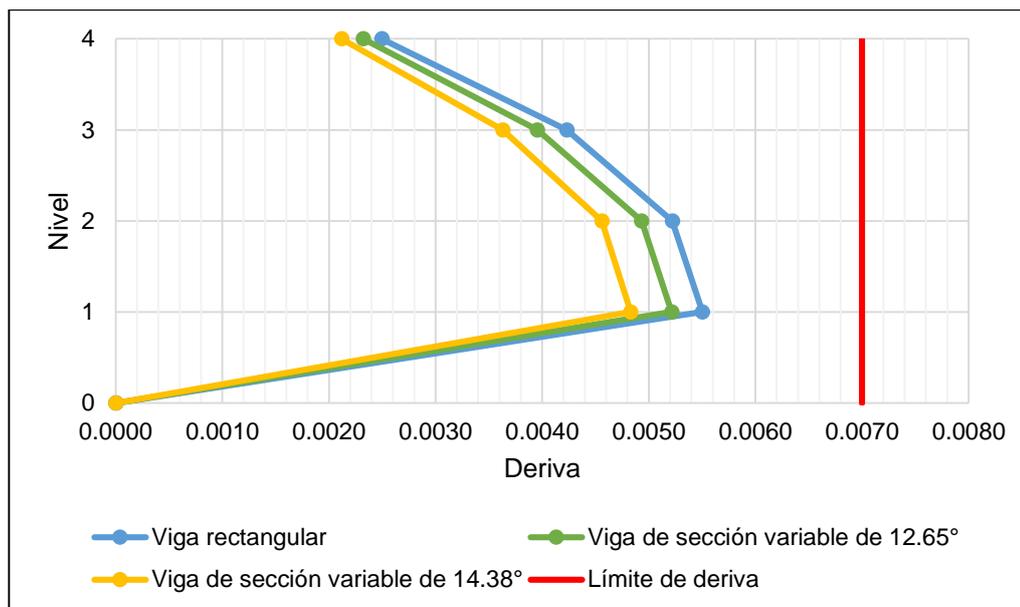


Figura 41. Comparación de derivas en el eje “Y”.

5.2.3. Objetivo 3: Variación de esfuerzos de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable

Cortante basal

Asimismo, en la Tabla 27, se presentan los resultados de la cortante basal determinada a través del análisis estático y dinámico, para las tres estructuras consideradas en el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 27. Cortante basal en estructuras.

Cortante	Estática (t)		Dinámica (t)	
	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y
Rectangular	33.3595	33.3595	25.4165	29.3389
Variable de 12.65°	33.5194	33.5194	26.0365	29.8600
Variable de 14.38°	31.2530	31.2530	24.2636	27.9290

La Tabla 28, presenta la variación de las fuerzas de corte en la base tanto por el análisis estático como por el análisis dinámico, de las edificaciones con vigas de sección variable respecto a la edificación con vigas de sección rectangular. Aquí se aprecia que la presencia de vigas de sección variable de 14.38° propician la reducción de las fuerzas en la base de la estructura a diferencia de la estructura con vigas de 12.65°, donde existen ligeros

aumentos en esta fuerza en comparación de lo sucedido con la vivienda con vigas rectangulares.

Tabla 28. Variación de cortante basal en estructuras.

Cortante	Estática (t)		Dinámica (t)	
	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y
Rectangular	0.00	0.00	0.00	0.00
Variable de 12.65°	0.48	0.48	2.44	1.78
Variable de 14.38°	-6.31	-6.31	-4.54	-4.81

En la *Figura 42*, se presenta la comparación de los resultados de la cortante basal determinada mediante el análisis estático, aquí se aprecia que tanto en el eje “X” como en el eje “Y” las fuerzas son iguales, al comparar los resultados entre los obtenidos para cada estructura, se aprecia una menor cortante basal al tener vigas de sección variable de 14.38°.

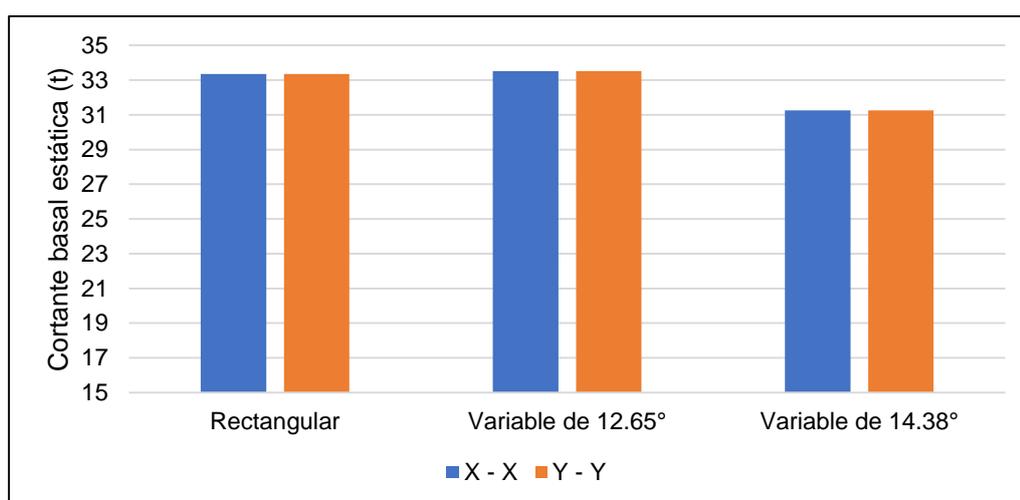


Figura 42. Comparación de cortantes basales por análisis estático en estructuras.

En la misma línea, la *Figura 43* presenta la comparación de los resultados de la cortante basal determinada a través del análisis dinámico, aquí se aprecian fuertes diferencias a los valores obtenidos entre los ejes, sumado a ello se puede apreciar la reducción de los valores en el sistema que presenta vigas de sección variada de 14.38°.

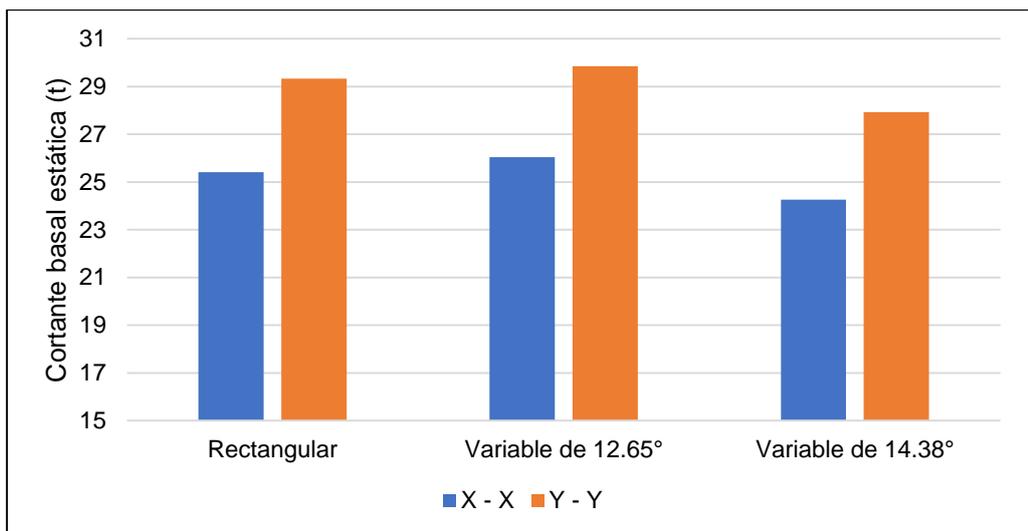


Figura 43. Comparación de cortantes basales por análisis dinámico en estructuras.

Fuerzas cortantes

En la Tabla 29 se adjuntan los resultados referentes a las fuerzas cortantes que actúan en las tres estructuras evaluadas en la presente investigación, en esta tabla se detallan los valores alcanzados al ser evaluadas para fuerzas sísmicas actuantes tanto en los ejes “X” y “Y”.

Tabla 29. Fuerzas cortantes en estructuras.

Sección de viga		Rectangular		Variable de 12.65°		Variable de 14.38°	
Sismo	Nivel	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y
Dinámico X	1	25.4165	4.1924	26.0365	2.2398	24.2636	1.7285
	2	21.7496	3.5795	22.1704	1.9130	20.6420	1.4764
	3	15.7904	2.5239	15.9704	1.3552	14.8180	1.0486
	4	7.8765	1.1977	7.8738	0.6557	7.2272	0.5126
Dinámico Y	1	4.1924	29.3389	2.2398	29.8600	1.7285	27.9290
	2	3.6311	24.9547	1.9300	25.3978	1.4890	23.7050
	3	2.6101	17.7424	1.3853	18.0574	1.0679	16.7714
	4	1.2477	8.5985	0.6614	8.7586	0.5056	8.0375

Como era de esperarse, las fuerzas cortantes son mayores en el eje donde se presenta la fuerza sísmica, en ese sentido, en la Figura 44 se presentan las fuerzas cortantes en el eje “X” de la estructura conformada solo por vigas rectangulares.

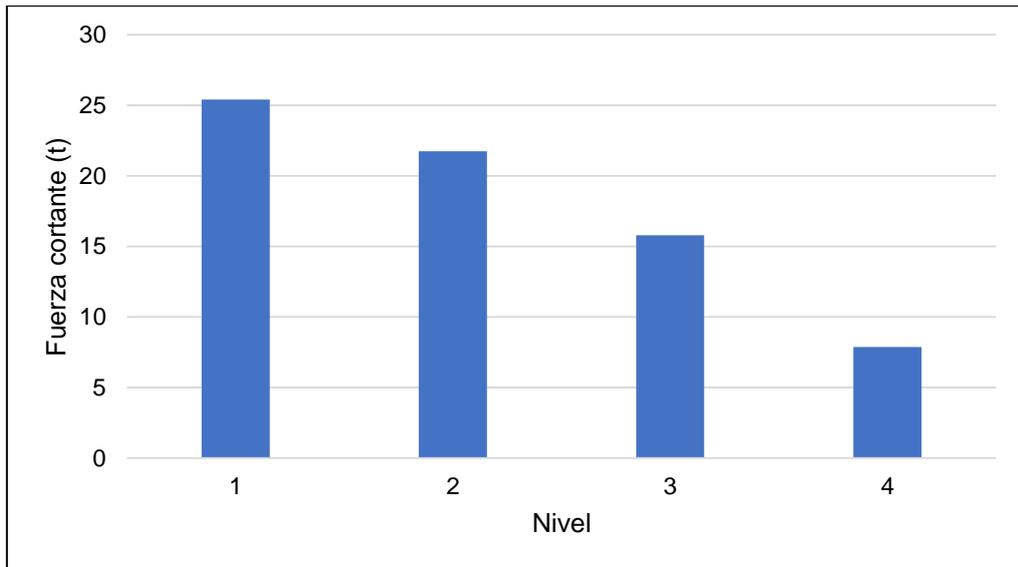


Figura 44. Fuerzas cortantes en el eje “X” de estructura con vigas rectangulares.

Del mismo modo, en la *Figura 45* se presentan las fuerzas en el eje “Y” de la misma estructura ante la acción sísmica en el mismo eje, aquí se evidencian mayores valores en los niveles inferiores de la estructura pasando de tener 29.3 t en el primer nivel a 8.6 t en el cuarto.

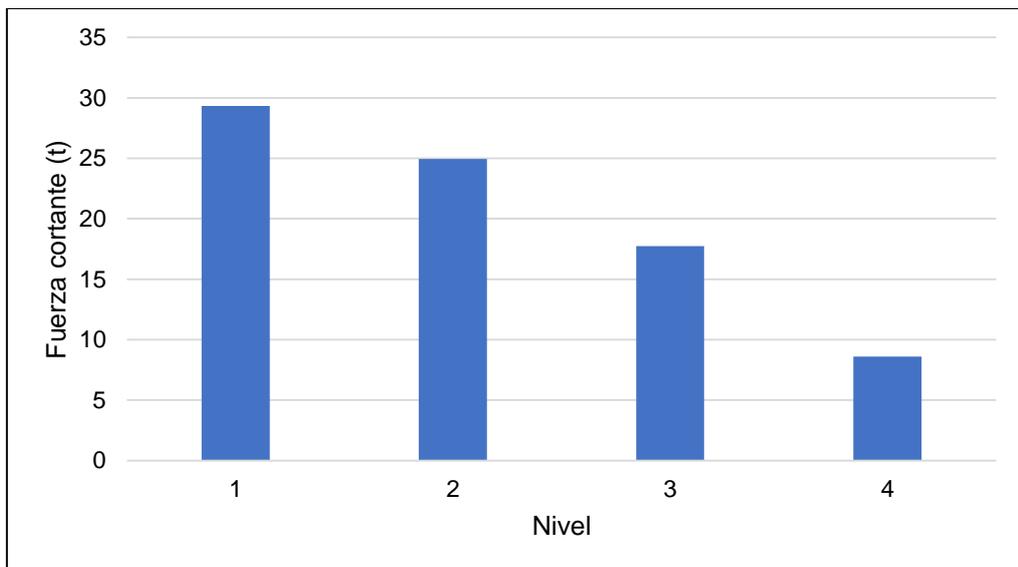


Figura 45. Fuerzas cortantes en el eje “Y” de estructura con vigas rectangulares.

En la *Figura 46*, se presentan las fuerzas cortantes en el eje “X” obtenidos por la estructura con vigas de sección variable de 12.65°, en este caso, también el primer nivel presenta el mayor valor con 26.04 t y el cuarto piso el menor con 7.9 t.

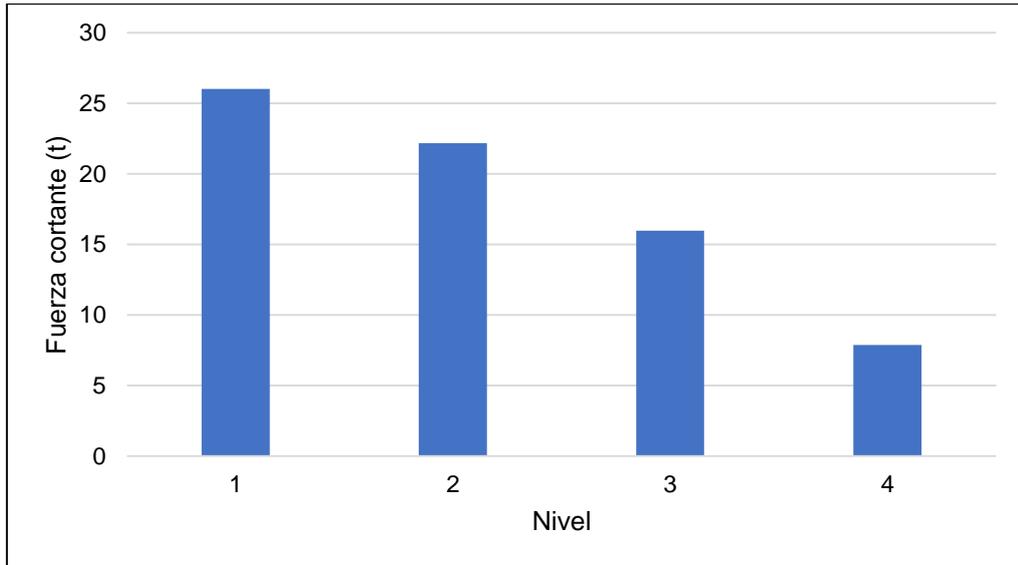


Figura 46. Fuerzas cortantes en eje “X” con vigas de sección variable de 12.65°.

La Figura 47, presenta las fuerzas cortantes en la estructura con vigas de sección variable de 12.65° en el eje “Y”, aquí el valor máximo ocurre en el primer nivel con 29.9 t y en mínimo en el cuarto con 8.8 toneladas.

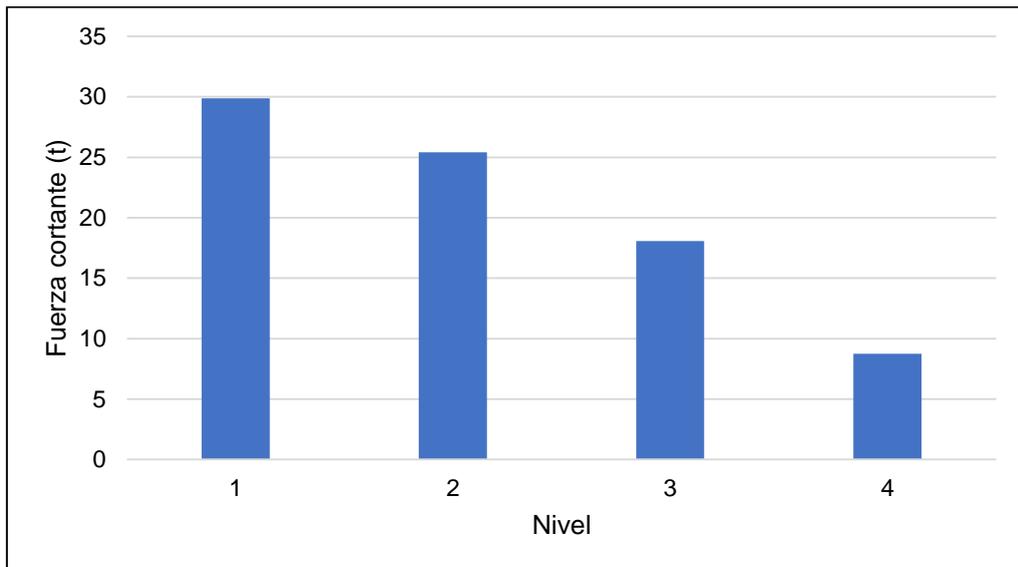


Figura 47. Fuerzas cortantes en eje “Y” con vigas de sección variable de 12.65°.

En la misma línea, en la Figura 48 se exponen las fuerzas cortantes en el eje “X” debido a la acción de fuerzas sísmicas en ese mismo eje, para la estructura compuesta por vigas de sección variable de 14.38°, en esta figura se observa el descenso de los valores entre niveles yendo de 24.2 a 7.2 t para el primer y cuarto nivel respectivamente.

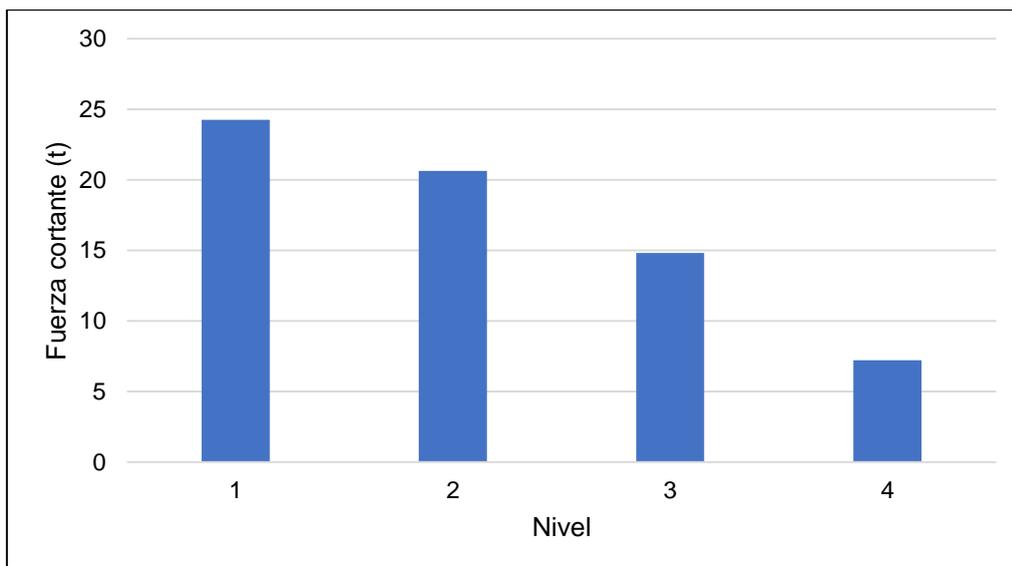


Figura 48. Fuerzas cortantes en eje “X” con vigas de sección variable de 14.38°.

En la *Figura 49*, se presenta de forma gráfica los valores de fuerzas cortantes en el eje “Y” debido a la acción sísmica en el mismo eje para la estructura con vigas de sección variable de 14.38°, en este caso también se presentan valores que se reducen a medida aumenta la altura de la edificación, teniendo 27.9 t en el primer nivel y tan solo 8.04 t en el cuarto.

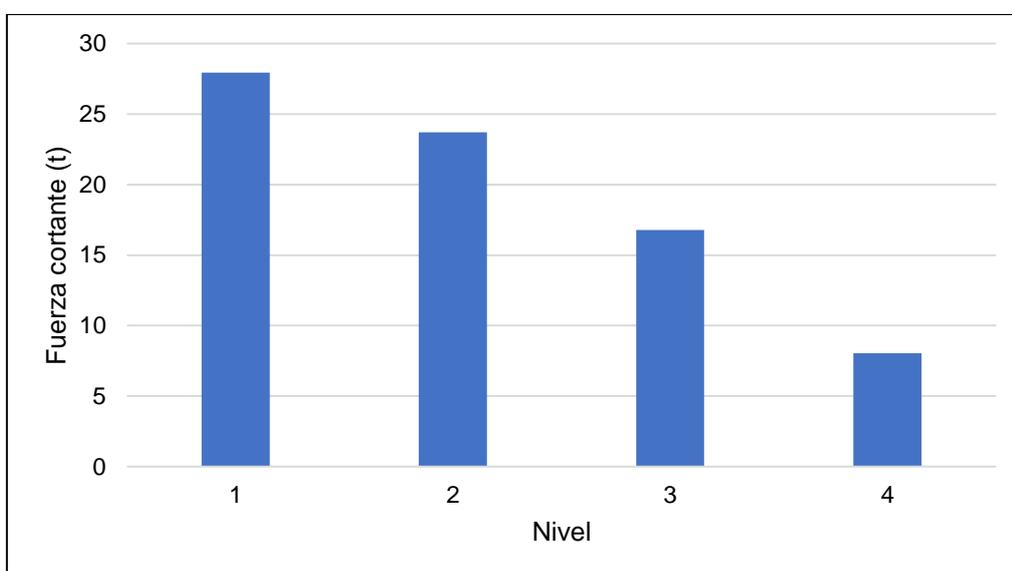


Figura 49. Fuerzas cortantes en eje “Y” con vigas de sección variable de 14.38°.

Considerando estos resultados, fue calculada la variación de fuerzas entre estructuras respecto al valor obtenido en la estructura conformada solo por vigas rectangulares, es así que en los ejes donde los valores son más grandes, es decir el eje de la edificación paralelo al eje de evaluación, se encuentran reducciones de fuerzas en la estructura con vigas de sección variable de

14.38° en el rango del 4 al 9 %. Todo ello se aprecia en la Tabla 30, adjunta a continuación,

Tabla 30. Variación de fuerzas cortantes en estructuras.

Sección de viga		Rectangular		Variable de 12.65°		Variable de 14.38°	
Sismo	Nivel	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y
Dinámico X	1	0.00	0.00	2.44	-46.57	-4.54	-58.77
	2	0.00	0.00	1.93	-46.56	-5.09	-58.75
	3	0.00	0.00	1.14	-46.31	-6.16	-58.45
	4	0.00	0.00	-0.03	-45.25	-8.24	-57.20
Dinámico Y	1	0.00	0.00	-46.57	1.78	-58.77	-4.81
	2	0.00	0.00	-46.85	1.78	-58.99	-5.01
	3	0.00	0.00	-46.93	1.78	-59.09	-5.47
	4	0.00	0.00	-46.99	1.86	-59.48	-6.52

Con el objetivo de realizar una comparación gráfica de los resultados de fuerzas cortantes en el eje “X”, en la *Figura 50* se presenta la comparación por niveles de este factor para las tres estructuras consideradas en la presente investigación, es así que se pueden apreciar ciertos incrementos al incluir vigas de sección variable de 12.65° en la estructura, sin embargo, con un ángulo mayor estas se reducen siendo incluso menores que las fuerzas de la estructura convencional.

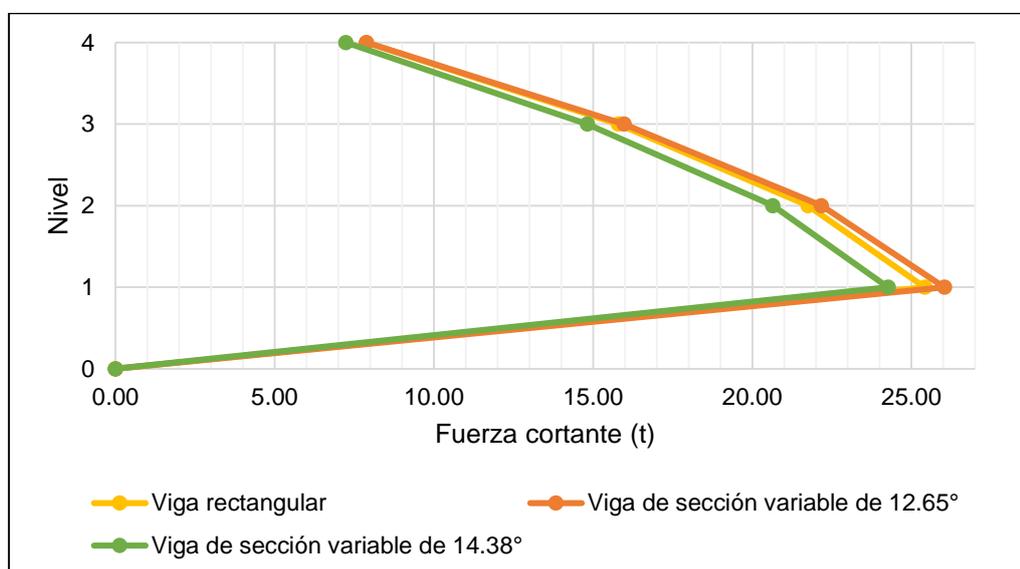


Figura 50. Comparación de fuerzas cortantes en el eje “X”.

La *Figura 51*, presenta la comparación de fuerzas cortantes debido a la acción del sismo en el eje “Y”, al igual que en el eje “X”, aquí se ven pequeños incrementos con las vigas de sección variable de 12.65° y reducciones al tener vigas de sección variable de 14.38°.

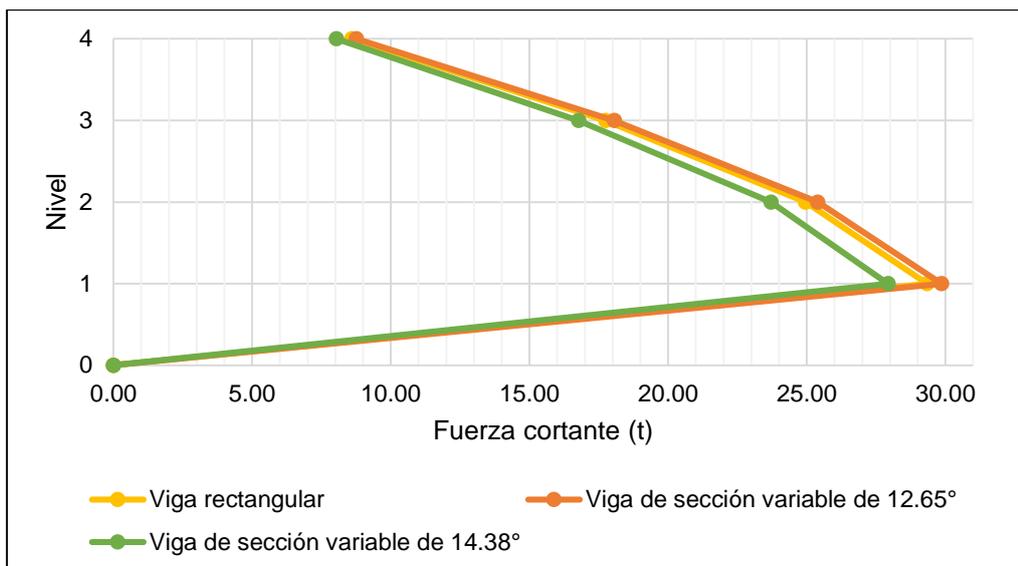


Figura 51. Comparación de fuerzas cortantes en el eje “Y”.

Momentos flectores

Así como fueron halladas las fuerzas cortantes de cada una de las estructuras analizadas en la presente investigación, también fueron hallados los momentos flectores debido a la acción sísmica tanto en el eje “X” como en el eje “Y”, por ello, en la Tabla 31 se presentan los momentos flectores de acuerdo a los ejes de las estructuras y las vigas que conforman cada una.

Tabla 31. Momentos flectores en estructuras.

Sección de viga		Rectangular		Variable de 12.65°		Variable de 14.38°	
Sismo	Nivel	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y
Dinámico X	1	32.3749	196.6650	17.3378	200.5086	13.3963	186.3547
	2	19.1870	118.1744	10.3038	119.9050	7.9730	111.2317
	3	9.7831	61.9347	5.2842	62.4418	4.1020	57.7278
	4	3.1500	20.7152	1.7244	20.7082	1.3482	19.0074
Dinámico Y	1	225.1876	32.8908	229.2018	17.4959	213.5238	13.4787
	2	133.9200	19.6903	136.3179	10.4508	126.6515	8.0458
	3	69.0156	10.1445	70.2612	5.3814	65.0007	4.1369
	4	22.6141	3.2814	23.0352	1.7396	21.1387	1.3296

Dado que los momentos flectores son mayores en el eje transversal al de la acción sísmica, a continuación, se presentan los momentos flectores en el eje “Y” debido a la acción del sismo en el eje “X” para la estructura con vigas rectangulares.

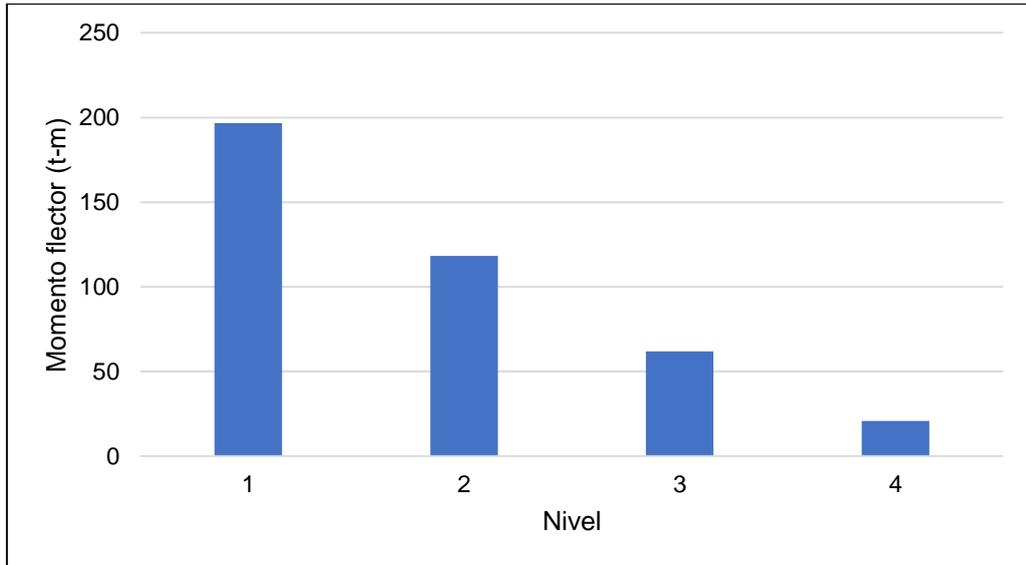


Figura 52. Momentos flectores en el eje “Y” con vigas rectangulares.

En la *Figura 53*, siguiendo la tendencia del análisis en propiedades anteriores, los mayores valores son alcanzados apenas en el primer nivel, teniendo así valores de momento flector en el eje “X” de 225.2 t en el primer nivel y de 22.61 en el cuarto.

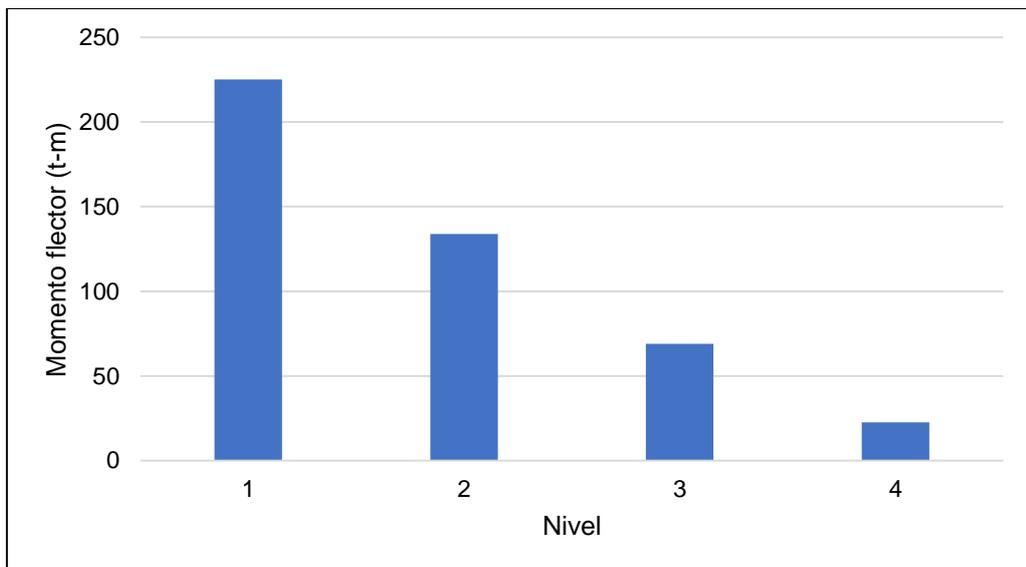


Figura 53. Momentos flectores en el eje “X” con vigas rectangulares.

Los valores de momento flector en el eje “Y” debido al sismo en el eje “X” de la edificación con vigas de sección variable de 12.65° se encuentran representadas en la figura a continuación.

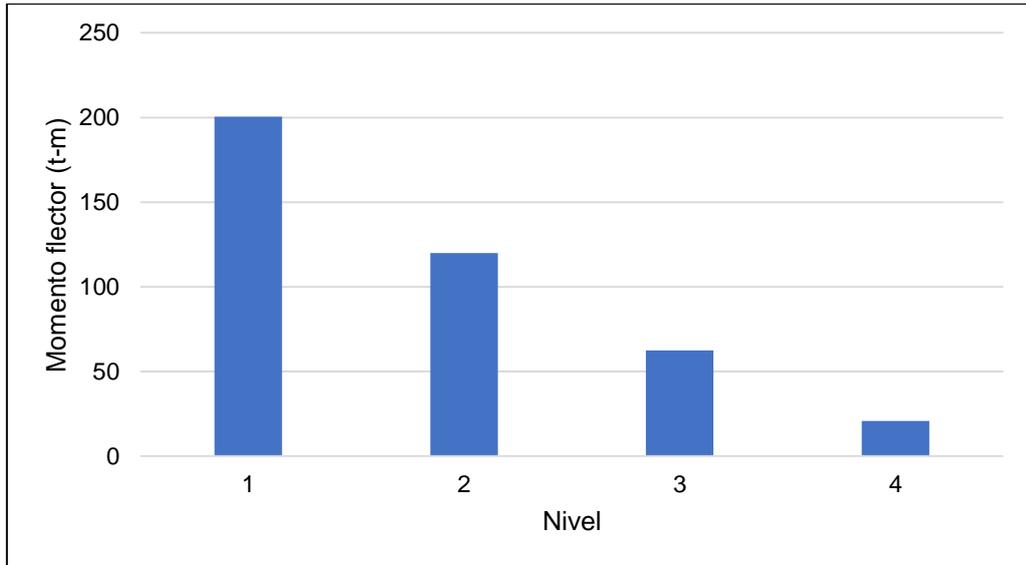


Figura 54. Momentos flectores en eje “Y” con vigas de sección variable 12.65°.

La Figura 55, contiene los valores del momento flector en el eje “X” por el sismo en el eje en “Y” de la estructura cuyas vigas principales presentan vigas de sección variable de 12.65°, nuevamente se aprecia la reducción de los valores a medida que se evalúan mayores alturas de la edificación, pasando de tener 229.2 t en el primer nivel a 23.04 t en el cuarto nivel.

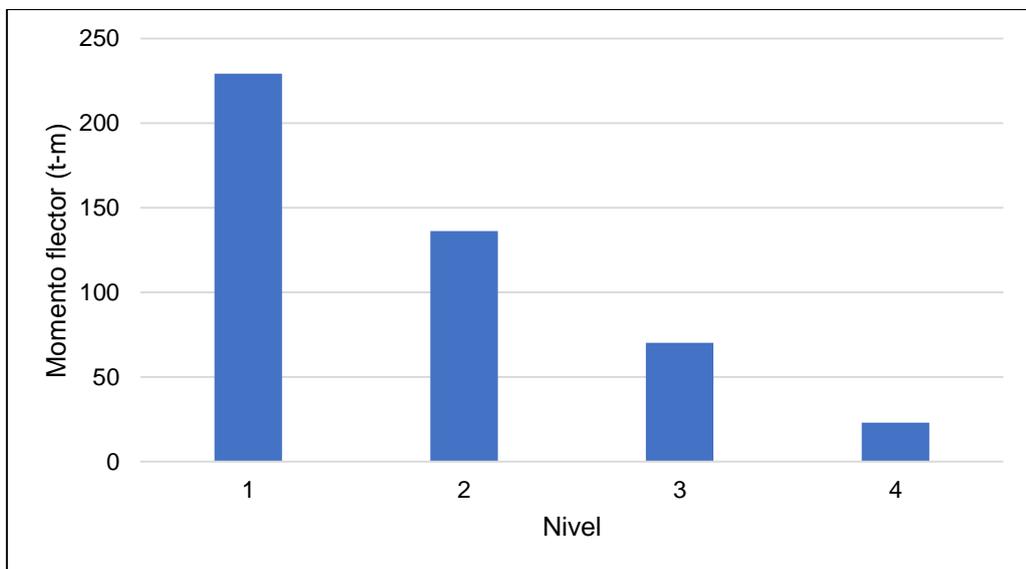


Figura 55. Momentos flectores en eje “X” con vigas de sección variable 12.65°.

Del mismo modo, para la edificación con vigas de sección variable de 14.38°, se tienen los resultados de los momentos flectores en el eje “Y” por el sismo en “X” presentados en la Figura 56.

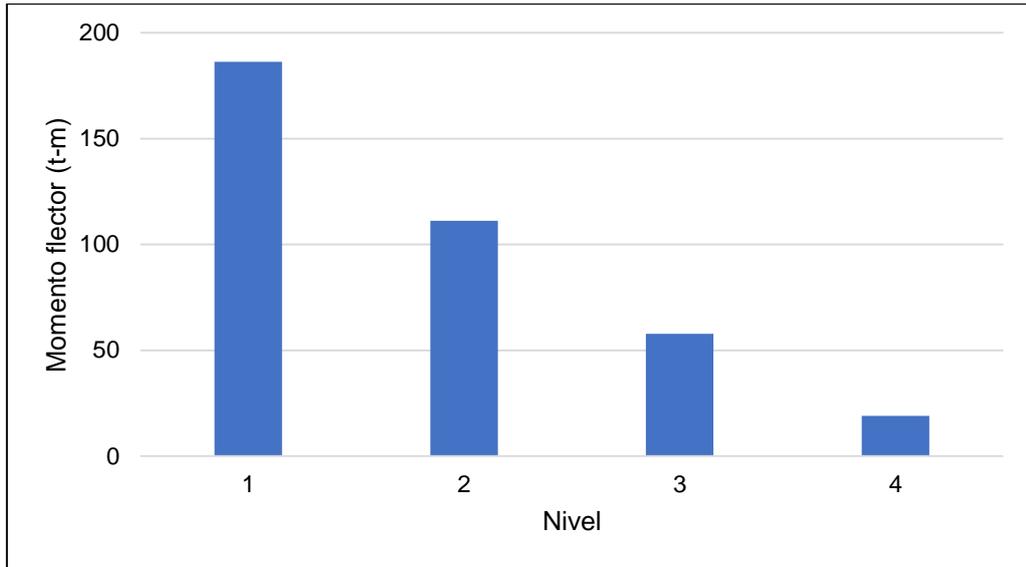


Figura 56. Momentos flectores en eje “Y” con vigas de sección variable 14.38°.

Asimismo, en la *Figura 57* se tiene la representación gráfica de los resultados de los momentos flectores en el eje “X” debido a la acción sísmica en el eje “Y”, donde se destaca que el mayor momento se da en el piso 1, mientras que el menor en el piso 4.

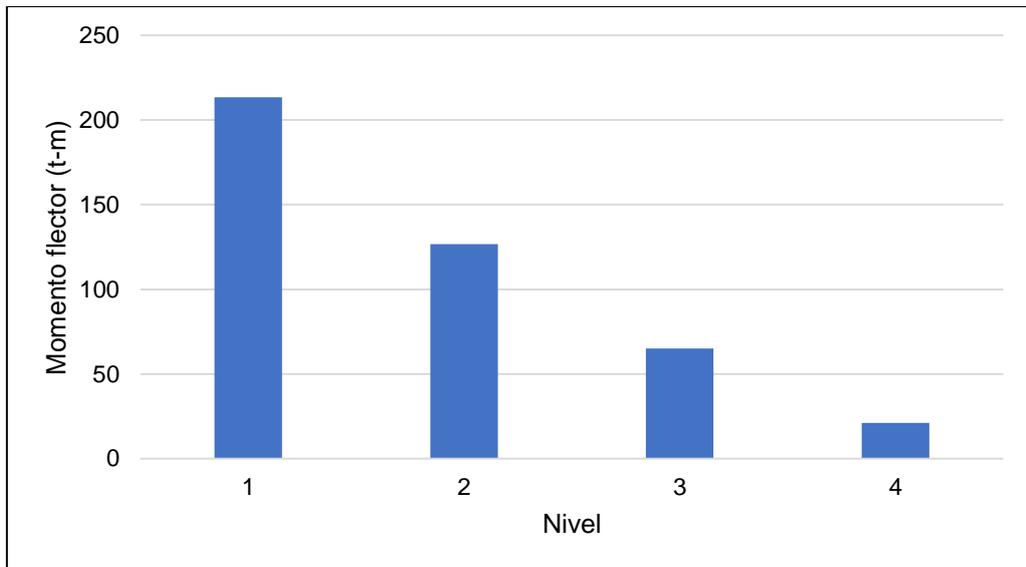


Figura 57. Momentos flectores en eje “X” con vigas de sección variable 14.38°.

A modo de comparación, se presenta la Tabla 32 donde se tienen las variaciones de momentos por nivel y eje para las estructuras con vigas de sección variable respecto a la estructura conformada solo por vigas rectangulares. Aquí se aprecia que, con los momentos mayores, los momentos en dirección perpendicular al eje de evaluación sísmica, existen reducciones de entre 5 a 8 % al utilizar vigas de sección variable de un ángulo de 14.38°.

Tabla 32. Variación de momentos flectores en estructuras.

Sección de viga		Rectangular		Variable de 12.65°		Variable de 14.38°	
Sismo	Nivel	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y	X - X	Y - Y
Dinámico X	1	0.00	0.00	-46.45	1.95	-58.62	-5.24
	2	0.00	0.00	-46.30	1.46	-58.45	-5.87
	3	0.00	0.00	-45.99	0.82	-58.07	-6.79
	4	0.00	0.00	-45.26	-0.03	-57.20	-8.24
Dinámico Y	1	0.00	0.00	1.78	-46.81	-5.18	-59.02
	2	0.00	0.00	1.79	-46.92	-5.43	-59.14
	3	0.00	0.00	1.80	-46.95	-5.82	-59.22
	4	0.00	0.00	1.86	-46.99	-6.52	-59.48

En la *Figura 58* se adjuntan los resultados del momento flector en el eje “Y” de cada una de las estructuras evaluadas en la presente investigación debido a la acción del sismo en el eje “X”, es así que puede apreciarse la reducción de los momentos en la estructura con vigas de sección variable de 14.38° en comparación con los valores de los momentos obtenidos por las otras dos estructuras.

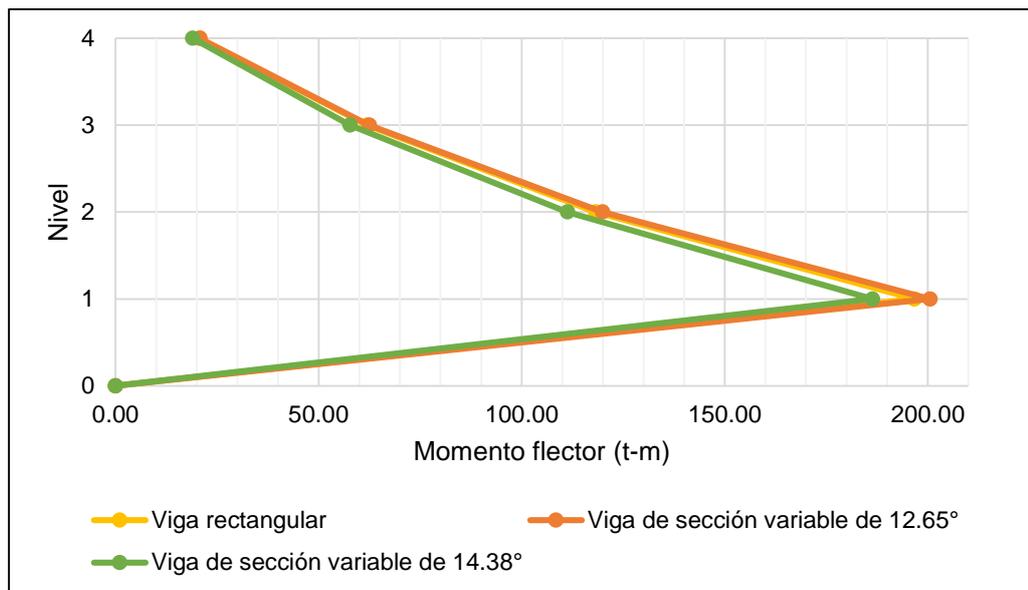


Figura 58. Comparación de momentos flectores en el eje “Y”.

Finalmente, en la *Figura 59* se presenta esta comparación, pero referida a los momentos flectores obtenidos para el eje “X” debido a la acción del sismo en el eje “Y”, siguiendo la misma línea, aquí se aprecia de forma clara la tendencia a la reducción de los valores de esta propiedad al conformar la edificación con vigas de sección variable de 14.38° en la mayor luz del eje “X”.

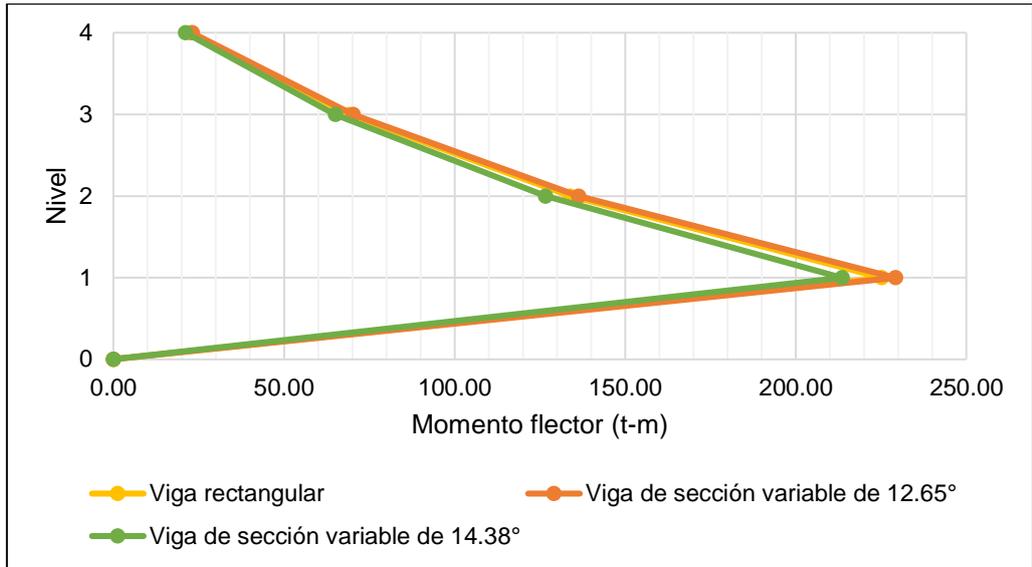


Figura 59. Comparación de momentos flectores en el eje "X".

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el desarrollo de la presente investigación, fueron reemplazadas las vigas principales entre los ejes “B” y “D”, pasando de ser rectangulares a tener secciones variables con cartelas de ángulos de 12.65° y 14.38° , esto se hizo de esta manera debido a las grandes dimensiones que manejan estos elementos en comparación con las vigas secundarias, dado que tienen una mayor responsabilidad estructural, buscando que los resultados sean lo más confiables posibles. Respecto a los ángulos de las cartelas, estos son resultado del cálculo de peralte y longitud, buscando que los ángulos estén comprendidos entre 3° y 15° , tal como señalan los antecedentes consultados.

6.1. Variación del periodo de vibración del comportamiento estructural de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable

La determinación del periodo natural de vibración de una edificación es fundamental en el desarrollo del análisis de una edificación, pues permite conocer la respuesta de la estructura ante eventuales movimientos sísmicos, este periodo es distinto en cada edificación considerando su altura, configuración y rigidez, ya que incluso al realizar pequeñas modificaciones en una estructura este valor puede variar, es por ello que la norma E.030 Diseño Sismorresistente del MVCS (2020) da a conocer ciertos parámetros para su determinación, sin embargo, al usar el software de modelado “ETABS”, estos valores son calculados automáticamente.

En ese sentido, los resultados obtenidos por el análisis dieron a conocer ligeras reducciones del periodo entre los modos de vibración de cada estructura, así como también durante la comparación de los resultados entre estructuras, especialmente

al comparar las estructuras con vigas rectangulares y las vigas con sección variable, teniendo para los tres primeros modos de vibración valores de 0.43, 0.40 y 0.32 segundos respectivamente para la estructura convencional y de 0.41, 0.35 y 0.29 segundos respectivamente para la estructura con vigas de sección variable, es decir son entre un 6.45 a 11.87 % menores, estos resultados verifican que existen cambios en el comportamiento y características de la estructura al haber modificado las características de sus vigas principales en su luz más larga. Estos resultados coinciden con lo obtenido por Jolly y Vijayan (2016) y también con lo expuesto en la investigación de Kumar (2017).

Los hallazgos proporcionan datos importantes sobre cómo la reacción en movimiento de la construcción puede cambiar notablemente según la forma y propiedades de las vigas, al analizar esta variación, se puede determinar su impacto en la firmeza y la habilidad de la estructura para absorber energía. Para investigaciones posteriores, sería prudente abordar elementos como la amortiguación y la influencia de los suelos.

6.2. Variación de la deriva de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable

El cálculo de las derivas entre pisos en la elaboración del análisis estructural de una edificación permite establecer el desplazamiento de cada nivel que la conforma, pudiendo así verificar si es que un diseño estructural es correcto o no, es por ello que en el artículo 32 de la norma E.030 del MVCS (2020), se establecen límites máximos para la deriva en una edificación de acuerdo al sistema y materiales que la conforman.

En el desarrollo de la presente investigación fueron halladas y comparadas las derivas de las edificaciones con vigas rectangulares y vigas de sección variable, a fin de establecer de manera precisa la influencia de la modificación de las vigas en el comportamiento de la estructura ante la ocurrencia de un sismo, es así que fueron apreciadas que las mayores derivas se presentan en los primeros niveles de la edificación, tanto en el eje “X” como en el eje “Y”, al comparar los valores, se encontró que las edificaciones modificadas con las vigas de sección variable de 14.38° presentaban derivas menores que la edificación con vigas rectangulares,

siendo por ejemplo para el primer nivel en el eje “X” de 0.0048 contra 0.0059 respectivamente teniendo reducciones en las derivas desde un 12 % hasta poco más del 27 %, estos resultados en general son positivos, pues en primera instancia se encuentran debajo del límite de 0.007 establecido para esta clase de edificaciones por el MVCS (2020), y en segunda instancia porque al presentar un menor deriva, indica que la utilización de vigas de sección variable propician mejores comportamientos en edificaciones.

En esa línea, estos resultados coinciden con lo propuesto por Herrera (2017) respecto a la reducción de la deriva, además los resultados indican que un mayor ángulo en la cartela de la viga de sección variable aumenta las capacidades de la estructura tal como establecen Quispe y Vargas (2019), lo cual fue verificado y coincide con los hallazgos de Jolly y Vijayan (2016) Y Kumar (2017).

Los resultados proporcionan un entendimiento del comportamiento del desplazamiento lateral de una estructura en distintos puntos, en respuesta a cargas externas como el viento o los sismos. Se sugiere para futuras investigaciones la evaluación de cómo las derivas impactan en la distribución de cargas en estructuras con luces mayores a 2.5 metros y con un número variable de pisos.

6.3. Variación de esfuerzos de la vivienda con vigas de sección rectangular y sección variable

Las fuerzas internas calculadas en la presente investigación corresponden a la cortante basal, las fuerzas cortantes y el momento flector, el cálculo de estas fuerzas permiten estimar con gran precisión el comportamiento de las fuerzas con la estructura, dependiendo de las cargas a las que se verá sometida y la propia configuración de la misma.

La cortante basal fue determinada a través de los análisis estático y dinámico, representando la fuerza que actuará en la base de la edificación, fueron obtenidas reducciones en estos factores tanto en el eje “X” como en el eje “Y” al variar las vigas principales de la estructura convencional de rectangulares a sección variable de 14.38° , teniendo en el análisis estático en el eje “X” y “Y” un valor de 33.36 t con vigas rectangulares y de 31.25 t con vigas de sección variable, mientras que por el análisis dinámico se obtuvieron valores en el eje “X” de 25.42 t y de 24.26 t

respectivamente, y en el eje “Y” valores de 29.34 y 27.93 t para cada respectivo. Estos resultados coinciden con lo hallado por Herrera (2017) y Jolly y Vijayan (2016).

Las fuerzas cortantes fueron halladas tanto para el eje “X” como para el eje “Y”, en este caso también fueron obtenidos valores menores en todos los casos con la estructura conformada por las vigas de sección variable de 14.38° , teniendo por ejemplo en el eje “Y” en el tercer nivel un valor de 17.74 t para la estructura con vigas rectangulares y de 16.77 t en la estructura con vigas de 14.38° siendo algo positivo, de este modo, estos resultados coinciden con lo obtenido por Herrera (2017), Tena et al. (2018) y Jolly y Vijayan (2016), además obedece a lo expuesto por Kumar (2017) y Quispe y Vargas (2019), pues a mayor ángulo de variación, se presentan mejores comportamientos en la estructura.

Finalmente, los resultados del cálculo de los momentos flectores siguen la tendencia presentada hasta el momento, pues también se ven reducidas en la estructura conformada por vigas de sección variable de 14.38° , señalando por ejemplo que en el segundo nivel del eje “X” la estructura con vigas rectangulares presenta un momento de 118.17 t-m, mientras que la estructura conformada por vigas de sección variable presenta un momento de 111.23 t-m. Estos resultados también indican que las estructuras conformadas con vigas de sección variable se comportan siendo igual a lo descrito por Tena et al. (2018) y Jolly y Vijayan (2016), además confirma que a mayor ángulo de variación de la sección de la viga, mejor será el comportamiento tal como establecen Kumar (2017) y Quispe y Vargas (2019).

Los resultados nos permitirán modificar la forma de las vigas en respuesta a las cargas y momentos a lo largo de su extensión, lo que resulta en una disminución del peso, un fortalecimiento de la resistencia y rigidez, así como una adaptación eficaz a las variaciones en las condiciones de carga. En futuras investigaciones, se pueden evaluar diferentes configuraciones de acero para estas vigas de sección variable.

CONCLUSIONES

1. La comparación del comportamiento de una estructura (con tres variaciones) evaluada mediante análisis estructural, dan a conocer que el reemplazo de las vigas principales de 0.25 x 0.40 m por vigas de sección variable de 0.55 m de peralte máximo en el eje “X” de la estructura, 0.35 m de peralte mínimo con una longitud de 1.37 m y un ángulo de inclinación de 14.38°, produce reducciones considerables de los periodos, derivas y fuerzas internas en las edificaciones tanto en el eje “X” como en el eje “Y” en respuesta a las fuerzas sísmicas en ambas direcciones, lo que confirma la hipótesis propuesta.
2. El análisis estructural reveló una disminución en los períodos de vibración en los doce modos evaluados en la vivienda cuando se reemplazaron las vigas rectangulares por vigas de sección variable. Este hallazgo acepta la hipótesis específica planteada, pues para las vigas con una variación de 12.65°, se observaron cambios en el rango de -2.76 % a 8 %, mientras que para aquellas con una variación de 14.38°, las variaciones oscilaron entre -6.25 % y -11.87 %.
3. Las derivas calculadas mediante el análisis de las estructuras presentan reducciones de entre un 18 % y un 27 % en el eje “X” y de entre un 12 % a 15 % en el eje “Y”, al comparar la vivienda modelada con vigas rectangulares y la modelada con vigas de sección variable de 14.38°. Por su parte, para las vigas con sección variable de 12.65°, las variaciones en el eje “X” comprendieron un rango de reducción de 13.50 % a 22.83%; mientras que en el eje “Y” de 5.23 % a 6.97 %, esto representa una influencia positiva de las vigas de sección variable en el comportamiento de una estructura.
4. La variación de las fuerzas internas calculadas mediante el análisis estructural sigue la misma tendencia a lo encontrado en los resultados anteriores, es decir, el reemplazo de las vigas rectangulares por vigas de sección variable de 14.38° reduce los valores de fuerzas cortantes entre un 4.54 % a 58.75 % y momentos flectores entre un 5.18 % y 59.48 %; valores que son mayores a las vigas con 12.65°, ya que en ella se obtuvieron reducciones de fuerzas cortantes de 0.03 % a 46.99%, mientras que los momentos de 0.03 % a 59.48 %.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere considerar la implementación de vigas con sección variable como método para mejorar la rigidez de edificaciones. Esta sugerencia se basa en pruebas comparativas que muestran un mejor rendimiento estructural en contraste con las vigas de sección constante. La inclusión de esta técnica puede mejorar considerablemente la solidez y estabilidad global de la estructura, no obstante, es crucial considerar las posibles repercusiones de no aplicar adecuadamente los resultados de esta investigación, pues podría incurrirse en reducciones significativas de la rigidez de la estructura, su capacidad de soportar los esfuerzos naturales consecuencia de los sismos o incluso generar deformaciones en la estructura incluso antes de iniciar su uso.
2. Se recomienda que el modelamiento utilizando el programa ETABS sea realizado por investigadores, proyectistas e ingenieros debidamente capacitados tanto sobre las características y funcionalidades del software como acerca de diseño y análisis estructural, pues es indispensable contar con criterio profesional en el desarrollo de alternativas poco comunes en el diseño de vigas con responsabilidad estructural. Además, es crucial que consideren las propiedades geométricas, distribución apropiada de cargas y restricciones de apoyo para simular con precisión el comportamiento estructural en el modelo. En esa línea, también se sugiere realizar verificaciones y análisis de resultados para validar la precisión y la integridad del modelo en ETABS, ajustándolo según sea necesario para asegurar la confiabilidad de los resultados del análisis estructural.
3. Se recomienda para futuras investigaciones tener en consideración que las variaciones en la sección de las vigas principales pueden aplicarse de manera eficaz en estructuras con luces superiores a 2.5 metros, especialmente en el contexto de viviendas de cuatro pisos. Esta consideración debe ser tenida en cuenta al optar para la construcción de edificaciones con un número variable de pisos, ya que la elección entre menor o mayor cantidad de niveles impactará en la distribución de cargas y en la necesidad de adaptar la sección de las vigas para garantizar una estructura segura y eficiente, recomendándose ello a las futuras investigaciones. Sumado a ello, se sugiere el desarrollo de modelos en otros softwares de análisis estructural, a fin de establecer en primera instancia que los resultados obtenidos en esta investigación son similares, y

en segunda instancia identificar a los métodos más eficaces en el diseño de vigas con estas características poco convencionales.

4. En la actualidad, no se cuentan con regulaciones peruanas específicas para el diseño de vigas de sección variable. Además, únicamente se encuentran propuestas sobre la disposición de aceros en este tipo de vigas y sobre la forma en que se conectan con las columnas. Por lo tanto, se sugiere incluir estas pautas en la normativa actual del Reglamento Nacional de Edificaciones, especialmente en la sección correspondiente a la norma E. 060 de Concreto Armado, así como seguir con el estudio de metodologías más óptimas en el cálculo de esta clase de estructuras.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPHABET INC., 2023. Google Maps. [en línea]. [Consulta: 3 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.google.com/maps>.
- ARCHUNDIA, H., 2013. *Recomendaciones de diseño a cortante para trabes acarteladas de concreto reforzado* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/6013>.
- ARCHUNDIA, H. y TENA, A., 2015. Diseño racional a cortante de trabes acarteladas de concreto reforzado. *Concreto y cemento: Investigación y desarrollo* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 2-29. ISSN 2007-3011. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112015000100001&script=sci_abstract&tlng=en.
- BLOSSIERS, M. y JACINTO, F., 2020. *Análisis de fallas estructurales y comportamiento sísmico en las uniones viga-columna en pórticos de concreto armado* [en línea]. S.l.: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3718>.
- BORJA, M., 2016. *Metodología de la investigación científica para ingenieros* [en línea]. 2016. Chiclayo: s.n. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil.
- ESTÉVEZ, J. y REILEY, J., 2006. *Estudio de la influencia de vigas acarteladas en porticos planos de concreto armado* [en línea]. S.l.: Universidad Central de Venezuela. Disponible en: http://bibliogeo.ing.ucv.ve/DB/bfiegucv/EDOCs/SRed/2012/10/T041500005176-0-TEG_ANAYA_RAQUEL_2004-000.pdf.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. Sexta Ed. México: Mac Graw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez_y_Baptista-Metodología_Investigacion_Cientifica_6ta_ed.pdf.
- HERRERA, J., 2017. *Vigas de sección variable y su influencia en el comportamiento*

- estructural en una vivienda multifamiliar de la ciudad de huancayo 2017* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Los Andes. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/972>.
- HIBBELER, R., 2011. *Mécanica de materiales* [en línea]. Octava edi. México: s.n. Disponible en: <https://dokumen.tips/engineering/hibbeler-mecanica-de-materiales-8va-edicion.html>.
- HUANSHA, G., 2019. *Evaluación de la longitud de anclaje del acero de refuerzo en uniones viga-columna reforzadas con cartelas* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Disponible en: <https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4999>.
- INACAL, 2022. *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. 2022. Lima - Perú: Instituto Nacional de Calidad.
- JOLLY, A. y VIJAYAN, V., 2016. Structural behaviour of reinforced concrete haunched beam a study on ANSYS and ETABS. *IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology* [en línea], vol. 3, no. 8, pp. 495--500. Disponible en: https://ijiset.com/vol3/v3s8/IJSET_V3_I8_67.pdf.
- MEJÍA, J., 2022. *Análisis comparativo de comportamiento sísmico entre sistemas estructurales aporticados configurados con acartelamientos de secciones cónicas, y los sistemas estructurales aporticados y dual convencionales; caso edificación «Residencial Kala», Cusco 2021* [en línea]. S.l.: Universidad Andian del Cusco. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/4942>.
- MVCS, 2020. *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)* [en línea]. 2020. S.l.: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>.
- MYTHILEE, V., PAVAN, M., KUMAR, R. y VISHALAKSI, D., 2017. Effect of haunched beams in moment resisting RC frames. *International Journal of Civil Engineering and Technology* [en línea], vol. 8, no. September 2017, pp. 1187-1199. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/320431336>.
- QUISPE, C. y VARGAS, J., 2019. *Relación entre la geometría de acartelamiento y su*

mecanismo de resistencia a flexión en vigas de grandes luces [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Huancavelica. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/66b72874-cba8-4edd-8036-9ffa15c3485d>.

TENA COLUNGA, A., URBINA CALIFORNIAS, L.A. y ARCHUNDIA ARANDA, H.I., 2018. Trabes acarteladas de concreto reforzado continuas diseñadas para fallar por cortante. Parte 1: Descripción de los experimentos Y del comportamiento cíclico. *Revista de Ingeniería Sísmica*, vol. 34, no. 97, pp. 1-34. ISSN 0185-092X. DOI 10.18867/ris.97.451.

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de consistencia

Matriz de consistencia

Tesis: “Comparación entre vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es el resultado de comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo?</p>	<p>Objetivo general: Comparar el comportamiento de vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.</p>	<p>Hipótesis general: Las vigas de sección variable presentan un mejor comportamiento que las vigas rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo.</p>	<p>Variable 1: Vigas</p>	<p>1: - Viga de sección rectangular - Viga de sección variable y ángulo 12.65° - Viga de sección variable y ángulo 14.38°</p>	<p>- Peralte - Peralte - Peralte</p>	<p>Método de investigación: Científico.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo – comparativo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p>
<p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es la diferencia del periodo al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo? b) ¿Qué variación de la deriva existe al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo? c) ¿Cuál es la variación de los esfuerzos al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo?</p>	<p>Objetivos específicos: a) Determinar la diferencia del periodo al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo. b) Establecer la diferencia de la deriva al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo. c) Obtener la variación de los esfuerzos al comparar vigas de sección variable y rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo</p>	<p>Hipótesis específicas: a) El periodo obtenido con vigas de sección variables es menor que las obtenidas con las rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo. b) La deriva obtenida con vigas de sección variable es menor que las obtenidas con las rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo. c) Los esfuerzos determinados mediante vigas de sección variable son menores que las rectangulares en el análisis estructural de una vivienda en la ciudad de Huancayo</p>	<p>Variable 2: Análisis estructural</p>	<p>2: - Periodo natural de vibración. - Deriva. - Esfuerzos</p>	<p>- Tiempo - Altura - Desplazamiento - Fuerzas cortantes de entre pisos. - Momento flector.</p>	<p>Población: La población considerada para el desarrollo de la presente investigación fueron las viviendas de cuatro pisos de la Urbanización Cofradía los Álamos, que abarcan un total de 15, ubicada en el distrito de El Tambo de la provincia de Huancayo del departamento de Junín (ver Figura 12).</p> <p>Muestra: La muestra considerada en el desarrollo de la presente investigación, de acuerdo a un tipo de muestreo no probabilístico, correspondió a una vivienda de cuatro pisos ubicada en la Urbanización Cofradía los Álamos, cuya dirección es Psje. Sagitario N° 130.</p>

Anexo N° 02: Matriz de operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Escala
Variable 1: Vigas	Una viga es un elemento estructural que se utiliza para soportar cargas transversales en una estructura, como edificios o puentes. Las vigas son esenciales para la distribución de cargas y la resistencia de una estructura, transfiriendo el peso y las fuerzas hacia los soportes, como columnas o muros (Archundia y Tena, 2015).	Se modificó la sección de las vigas, donde el primer caso fue rectangular de 0.25 m x 0.55 m (Figura 9), en el segundo caso se mantuvo el peralte inicialmente hasta llegar a 0.35 m encontrándose así un ángulo de inclinación de 12.65° (Figura 10), mientras que, en el tercer caso, igualmente se mantuvo el peralte inicial empleando un ángulo de inclinación de 14.38° (Figura 11).	Viga de sección rectangular	Peralte	m	Razón
			Viga de sección variable y ángulo 12.65°	Peralte	m	Razón
			Viga de sección variable y ángulo 14.38°	Peralte	m	Razón
Variable 2: Análisis estructural	El análisis estructural es un proceso fundamental en la ingeniería civil y estructural que implica estudiar y evaluar el comportamiento de una estructura bajo diversas condiciones de carga (Archundia y Tena, 2015).	La determinación de esta variable depende de la determinación del periodo de vibración, sus derivas y las fuerzas internas que se generan a causa de fuerzas horizontales, para lo cual se empleó el programa ETABS.	Periodo natural de vibración	Tiempo	s	Razón
			Deriva	altura	m	Razón
				desplazamiento	m	Razón
			Esfuerzos	Cortante basal	Tn	Razón
				Fuerzas cortantes de entre piso	Tn	Razón
Momento flector	Tn.m	Razón				

Anexo N° 03: Matriz de operacionalización del instrumento

Nombre de la variable	Dimensiones	Indicadores		Unidad	Escala	Instrumentos
Variable 1: Vigas	Viga de sección rectangular	Sección	<ul style="list-style-type: none"> Ancho de viga Largo de viga Altura de viga 	m m m	Razón	Ficha de recopilación de información
	Viga de sección variable y ángulo 12.65°	Sección	<ul style="list-style-type: none"> Ancho de viga Largo de viga Altura de viga Ángulo de viga 	m m m grados	Razón	Ficha de recopilación de información
	Viga de sección variable y ángulo 14.38°	Sección	<ul style="list-style-type: none"> Ancho de viga Largo de viga Altura de viga Ángulo de viga 	m m m grados	Razón	Ficha de recopilación de información
Variable 2: Análisis estructural	Periodo natural de vibración	Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> Duración del periodo para una viga sección rectangular 	s	Razón	Ficha de recopilación de información
			<ul style="list-style-type: none"> Duración del periodo para una viga sección y ángulo variable. 	s		
	<ul style="list-style-type: none"> Frecuencia de los periodos para una viga sección rectangular Frecuencia de los periodos para una viga sección y ángulo variable. 	s s				
Deriva	Desplazamiento	Altura	<ul style="list-style-type: none"> Altura del entrepiso para una viga sección rectangular Altura del entrepiso para una viga sección y ángulo variable 	m m	Razón	Ficha de recopilación de información
		<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento lateral máximo para una viga sección rectangular. 	m m	Razón	Ficha de recopilación de información	

			<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento lateral máximo para una viga sección y ángulo variable. 			
Esfuerzos	Cortante basal	<ul style="list-style-type: none"> Cortante basal máximo para una viga sección rectangular. Cortante basal máximo para una viga sección y ángulo variable. 	<p>Tn</p> <p>Tn</p>	Razón	Ficha de recopilación de información	
	Fuerzas cortantes de entre piso	<ul style="list-style-type: none"> Distribución de fuerzas cortantes entre pisos para una viga sección rectangular. Distribución de fuerzas cortantes entre pisos para una viga sección y ángulo variable. 	<p>Tn</p> <p>Tn</p>	Razón	Ficha de recopilación de información	
	Momento flector	<ul style="list-style-type: none"> Momento flector negativo para una viga sección rectangular. Momento flector positivo para una viga sección y ángulo variable. 	<p>Tn.m</p> <p>Tn.m</p>	Razón	Ficha de recopilación de información	

Anexo N° 04: Fichas de recolección y validación



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Tesis:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, 2020"

Investigador:

INGA MONTALVÁN, DAVID FLORECIO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Código de muestreo:

Fecha: 22-01-2024

Recolección de información en campo

Fecha	Sección de viga	Sección de columna	Sección de losa	Foto

Recolección de información de suelos

Fecha	Profundidad de calicata	Tipo de suelo	Espesor de estrato	Foto


 Ricardo E. Huanca Olivera
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 43202

FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS					
I. Datos generales					
Fecha:	22-01-2024				
Validador:	Mario E. Acosta Olivera				
Cargo e institución donde labora:	Especialista en Obras de AOTE/C.U.P				
Instrumento a validar:	Ficha de recolección de datos en campo				
Objetivo del instrumento:	Registro de información en campo				
Autor del instrumento:	Inga Moltalbán, David Florencio				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen medianamente con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			1	18	
III. Coeficiente de validez					
$(D+R+B)/20 =$		95 %			


 Mario E. Acosta Olivera
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 48202



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Tesis:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, 2020"

Investigador:

INGA MONTALVÁN, DAVID FLORECIO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Código de muestreo:

Fecha: *20-01-2024*

Recolección de información en campo				
Fecha	Sección de viga	Sección de columna	Sección de losa	Foto
Recolección de información de suelos				
Fecha	Profundidad de calicata	Tipo de suelo	Espesor de estrato	Foto

David Florecio
 **David Florecio**
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 51512

FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS					
I. Datos generales					
Fecha:	22-01-2024				
Validador:	L. AURORA ANTEZANA GOMEZ				
Cargo e institución donde labora:	Especialista en Obras de Arte / C. U. Chachapoyas				
Instrumento a validar:	Ficha de recolección de datos en campo				
Objetivo del instrumento:	Registro de información en campo				
Autor del instrumento:	Inga Moltalbán, David Florencio				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen medianamente con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.		X		
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			1	18	
III. Coeficiente de validez					
$(D+R+B)/20 =$			95%		



 L. Aurora Antezana Gomez
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 51513



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Tesis:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, 2020"

Investigador:

INGA MONTALVÁN, DAVID FLORECIO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Código de muestreo:

Fecha:

22-01-2024

Recolección de información en campo

Fecha	Sección de viga	Sección de columna	Sección de losa	Foto

Recolección de información de suelos

Fecha	Profundidad de calicata	Tipo de suelo	Espesor de estrato	Foto



INGA MONTALVÁN DAVID FLORECIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 285364

FORMATO DE VALIDACIÓN DE CRITERIOS DE EXPERTOS					
I. Datos generales					
Fecha:	22-01-2024				
Validador:	Aldwin Varogas Sarmiento				
Cargo e institución donde labora:	Oficina Técnica ICCFCC-PERU				
Instrumento a validar:	Ficha de recolección de datos en campo				
Objetivo del instrumento:	Registro de información en campo				
Autor del instrumento:	Inga Molalbán, David Florencio				
II. Criterios de validación del instrumento					
Revisar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores de la ficha teniendo en cuenta:					
0	Deficiente (D)	Si menos del 30 % de los ítems cumplen con el indicador.			
1	Regular (R)	Si entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen medianamente con el indicador.			
2	Buena (B)	Si más del 70 % de los ítems cumplen con el indicador.			
Criterios	Indicadores	D	R	B	Observación
		(0)	(1)	(2)	
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.		X		
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
TOTAL			2	16	
III. Coeficiente de validez					
$(D+R+B)/20 =$		90%			



 Aldwin Varogas Sarmiento

 INGENIERO CIVIL

 N.º CIP N° 285364

Anexo N° 05: Modelamiento estructural (vistas)

Anexo N° 05.01: Modelamiento de vivienda con vigas de sección prismáticas

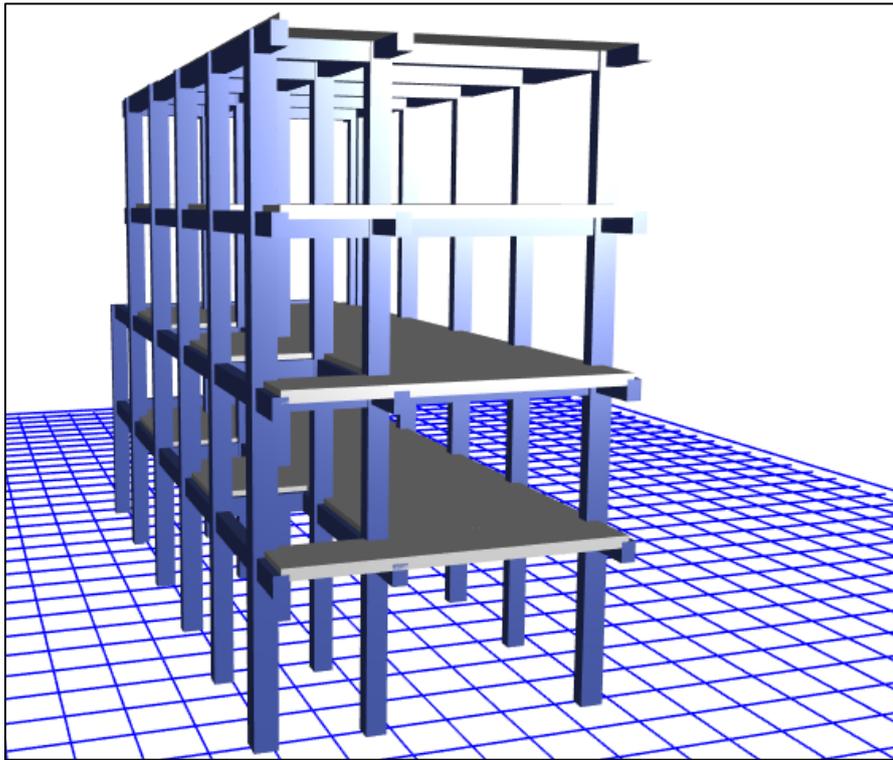


Figura 60. Vista renderizada del modelo 1, con vigas de sección constante.

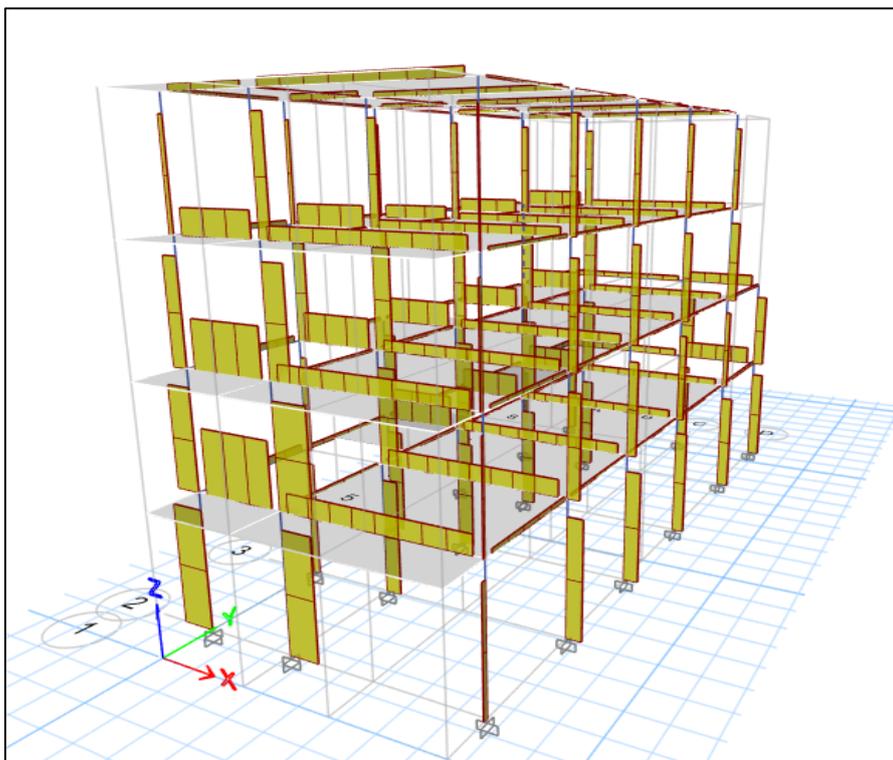


Figura 61. Fuerza cortante de entre piso del modelo 1, sismo en el eje X-X.



Figura 62. Momento flector de entre piso del modelo 1, sismo en el eje X-X.



Figura 63. Fuerza cortante de entre piso del modelo 1, por sismo en el eje Y-Y.

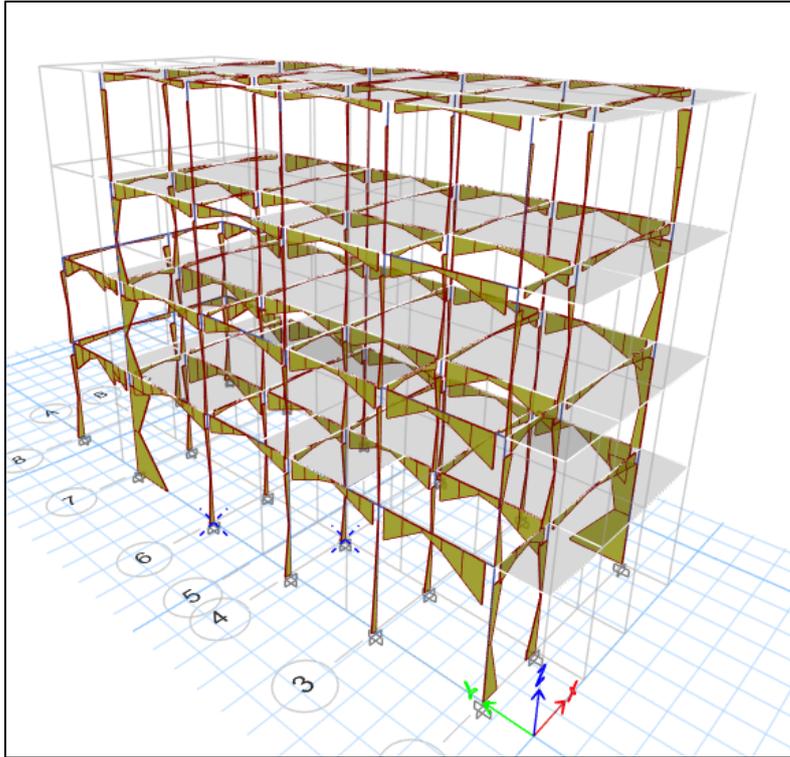


Figura 64. Momento flector de entre piso del modelo 1, por sismo en el eje Y-Y.

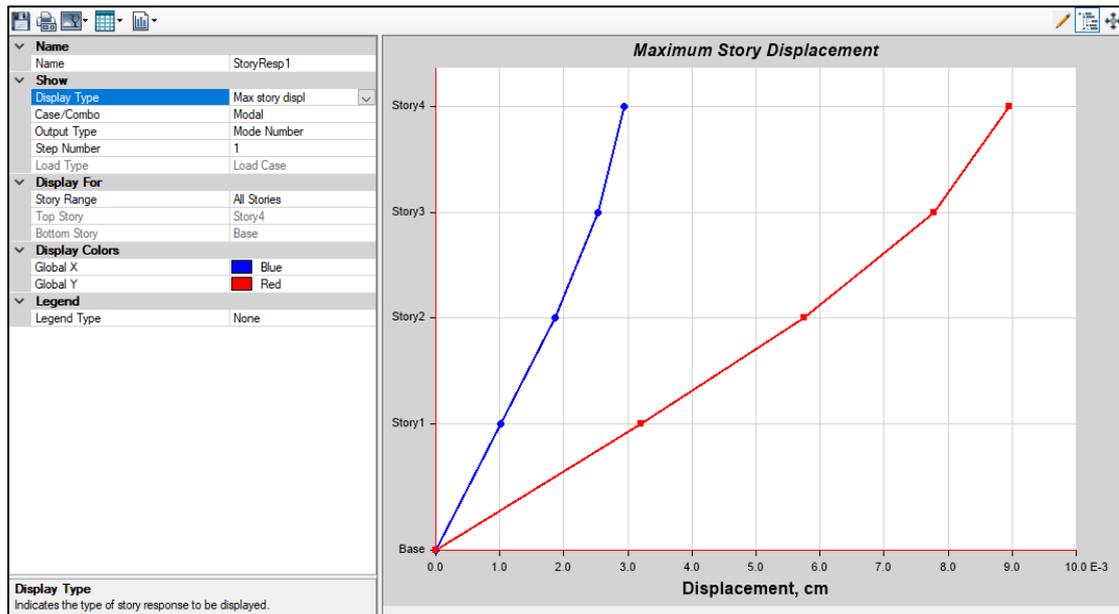


Figura 65. Vista del desplazamiento máximo de entre piso del modelo 1.

Anexo N° 05.02: Modelamiento de vivienda con vigas de sección variable con un ángulo de 12.65°

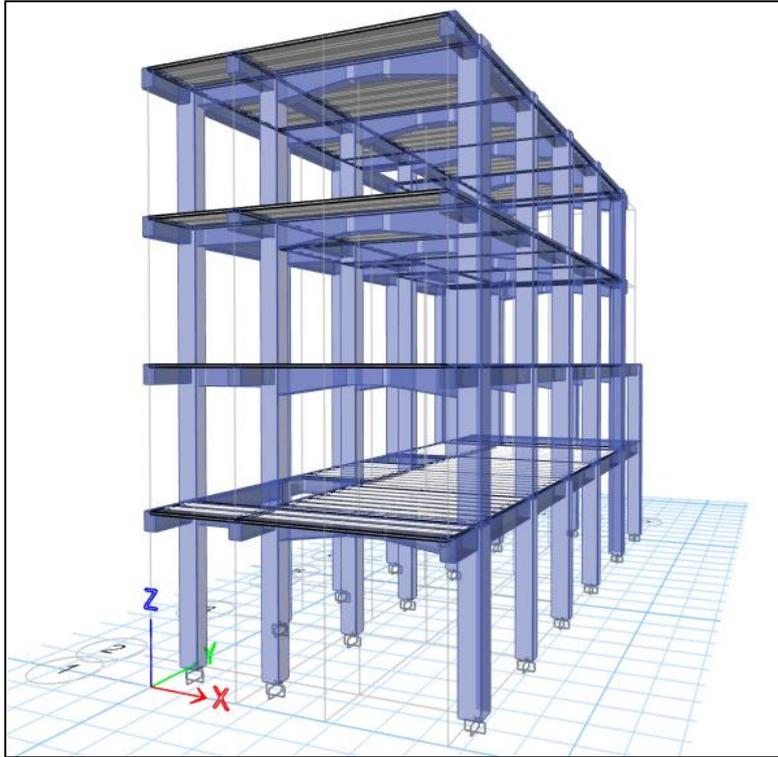


Figura 66. Vista renderizada del modelo 2, vigas de sección variable de 12.65°.

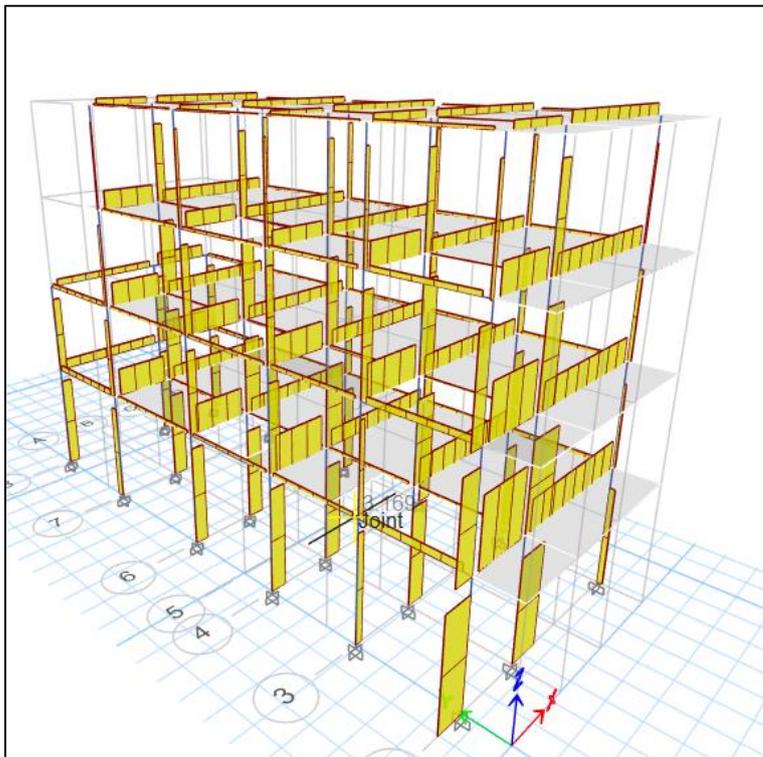


Figura 67. Fuerza cortante de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje X-X.

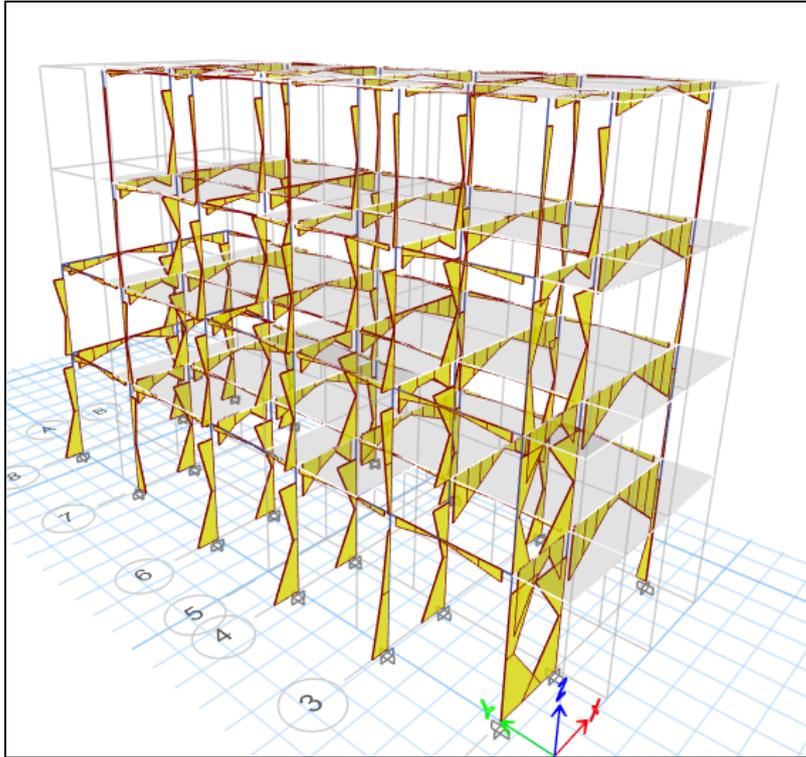


Figura 68. Momento flector de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje X-X.

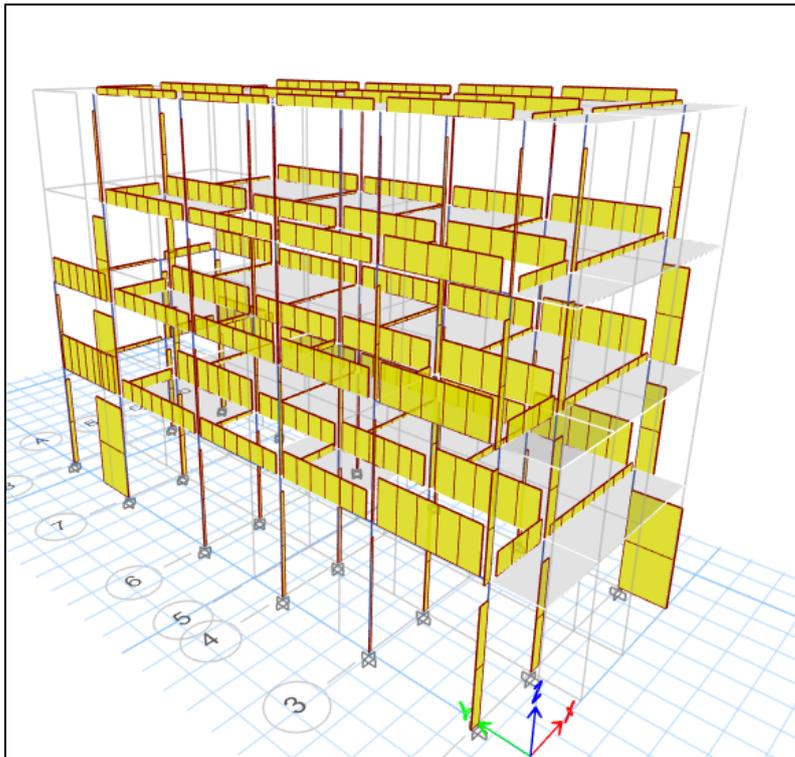


Figura 69. Fuerza cortante de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje Y-Y.

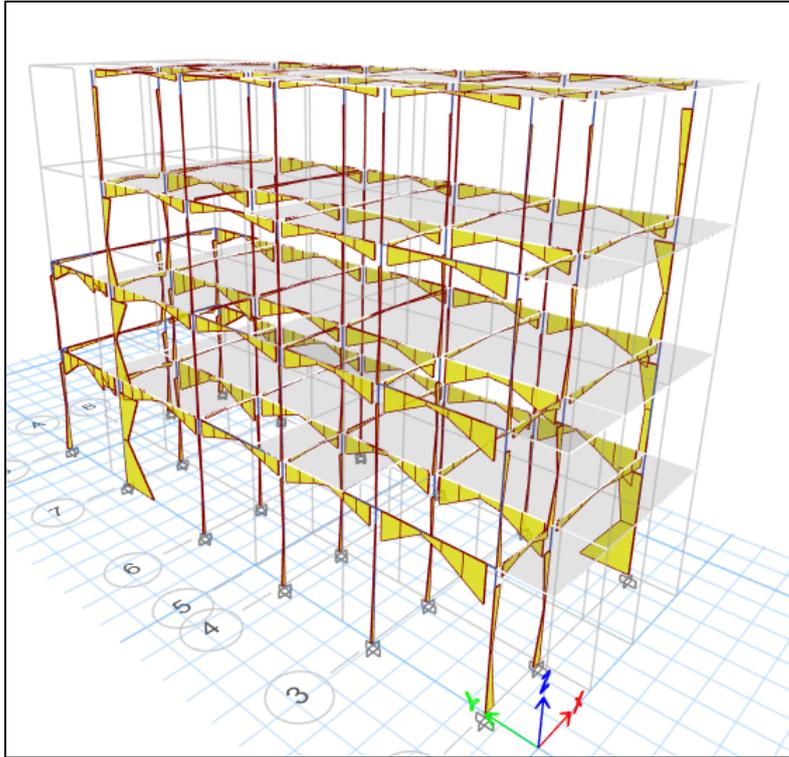


Figura 70. Momento flector de entre piso del modelo 2, por sismo en el eje Y-Y

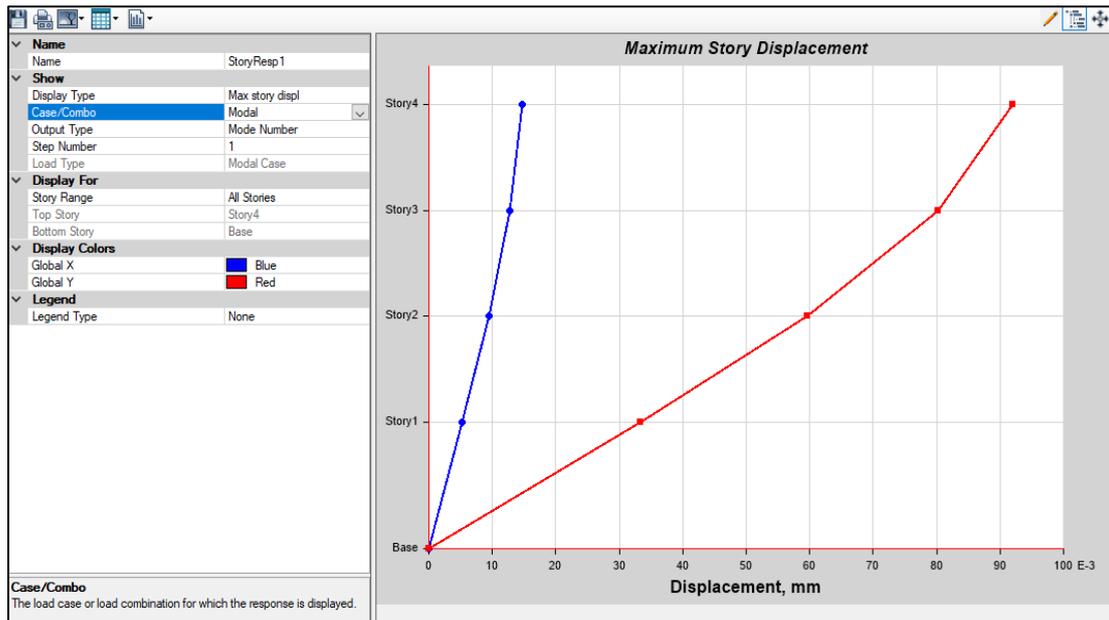


Figura 71. Vista del desplazamiento máximo del modelo 2.

Anexo N° 05.03: Modelamiento de vivienda con vigas de sección variable con un ángulo de 14.38°

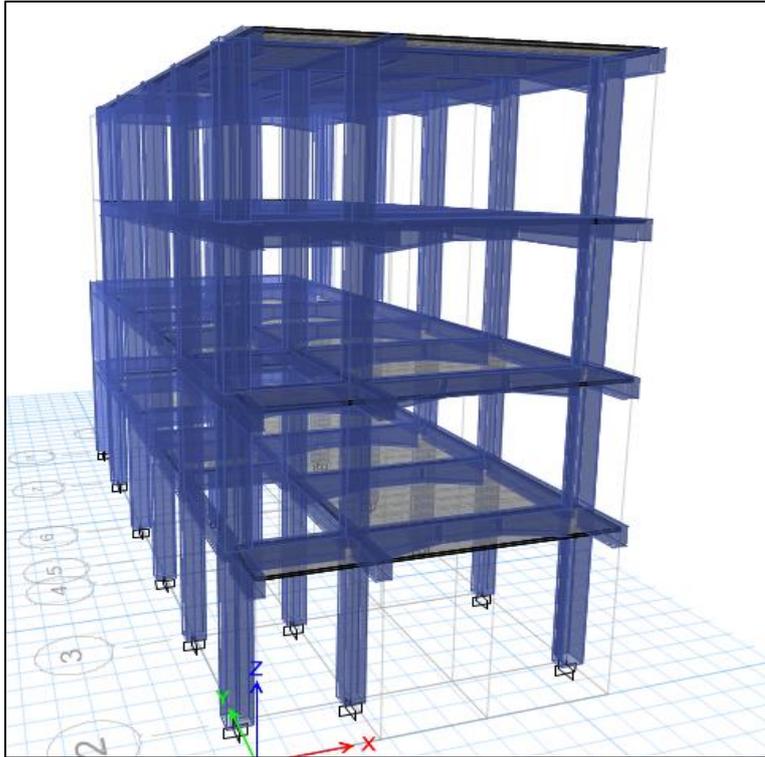


Figura 72. Vista renderizada del modelo 3, vigas de sección variable de 14.39° .

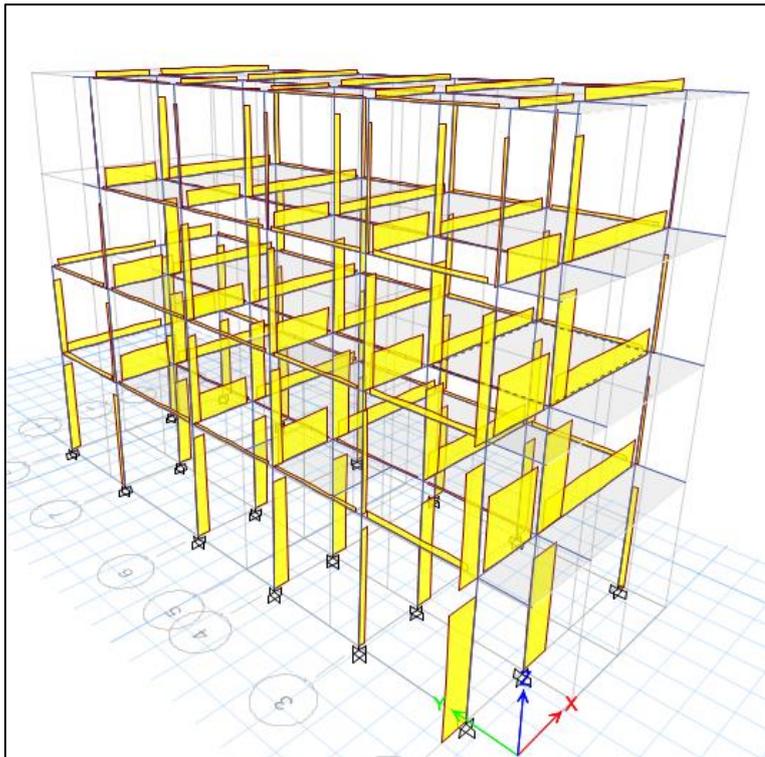


Figura 73. Fuerza cortante de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje X-X.

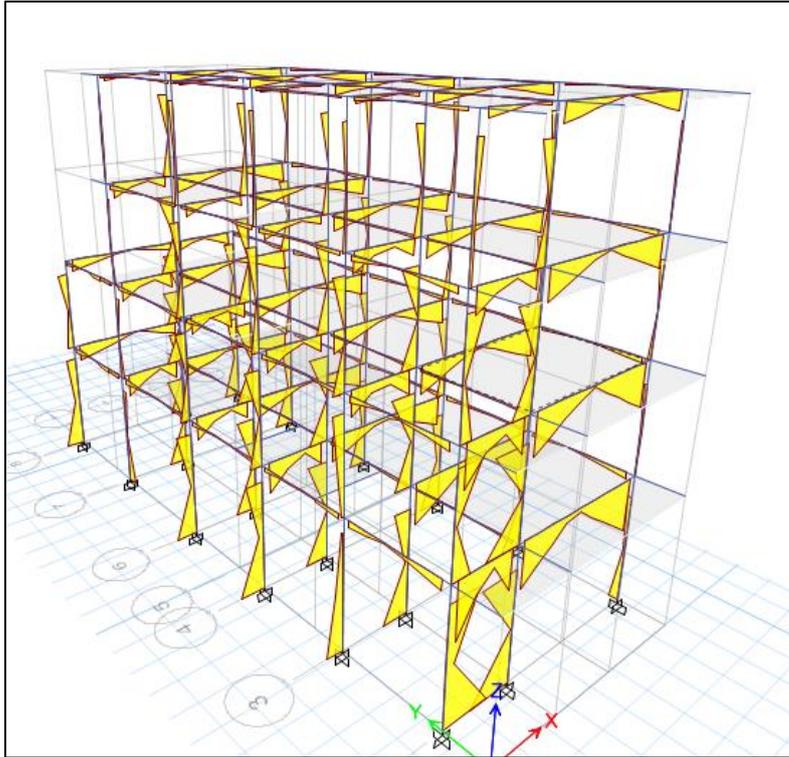


Figura 74. Momento flector de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje X-X.

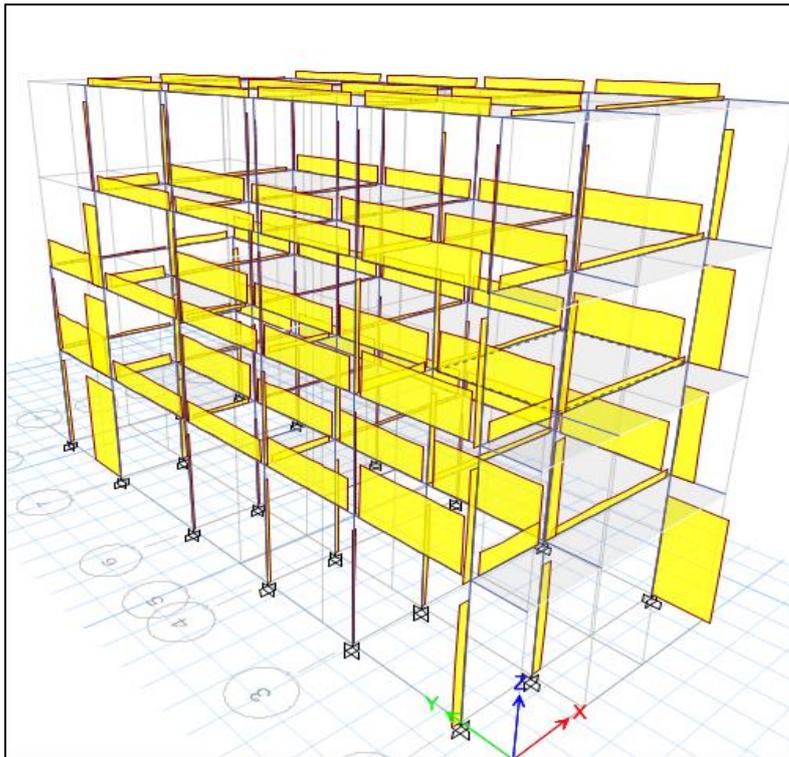


Figura 75. Fuerza cortante de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje Y-Y.

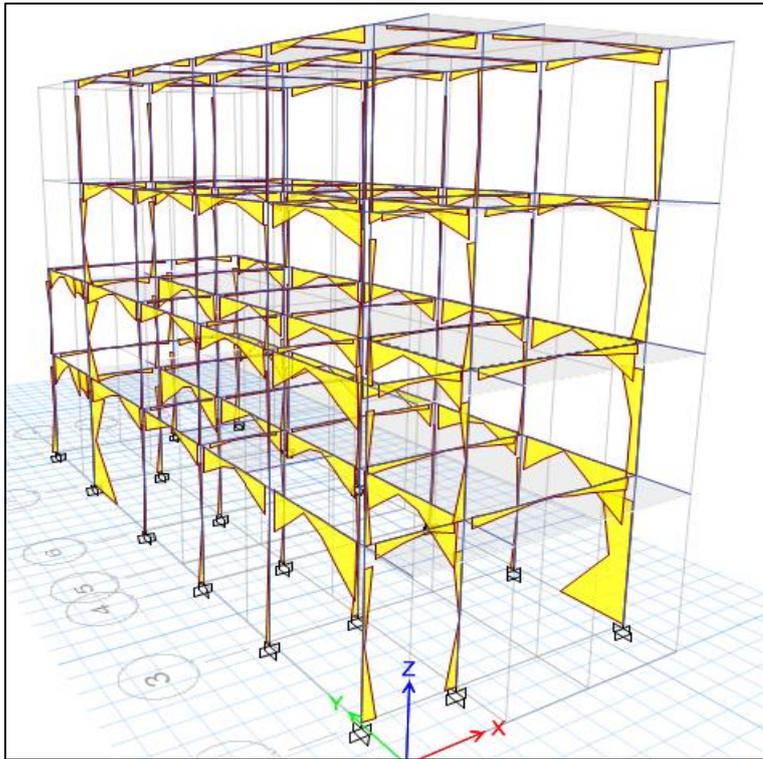


Figura 76. Momento flector de entre piso del modelo 3, por sismo en el eje Y-Y.

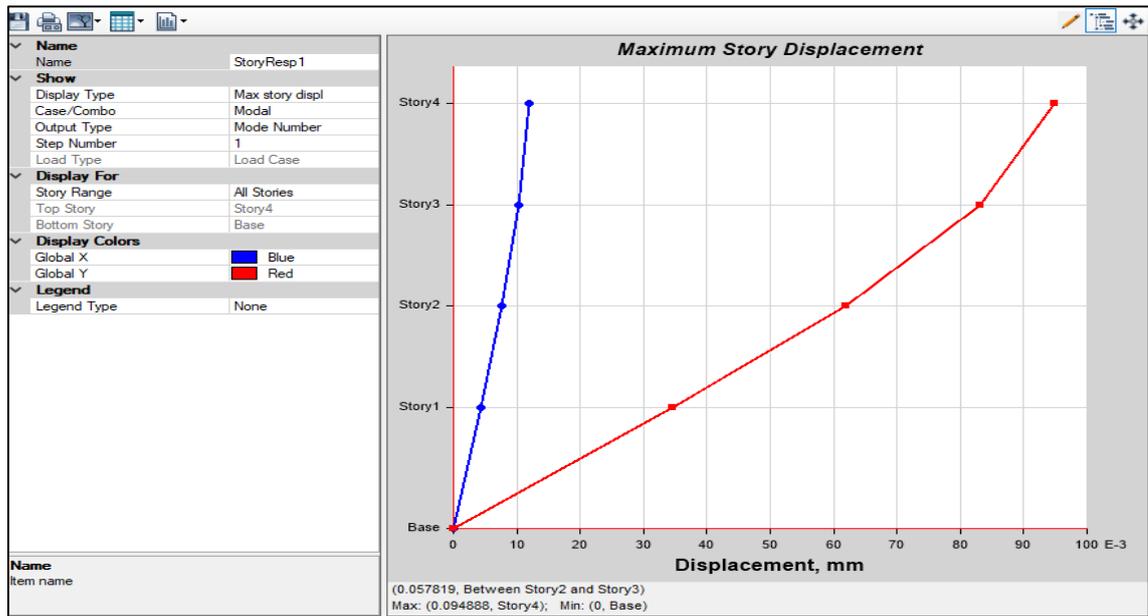


Figura 77. Vista de los desplazamientos máximos de entre piso del modelo 3.

Anexo N° 06: Estudio de mecánica de suelos

ESTUDIO MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
CONTROL DE CALIDAD, ASISTENCIA TÉCNICA EN OBRAS CIVILES, GEOTÉCNIA, MECÁNICA DE ROCAS, EXPEDIENTES TÉCNICOS Y SUPERVISIÓN DE OBRAS



UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10
DISTRITO : EL TAMBO
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

Lima, 06 de julio del 2022

SOLICITANTE:

PROPIETARIO: DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

INFORME SG. N°088/2022

CONTENIDO	2
1 GENERALIDADES	3
1.1 INTRODUCCIÓN	3
1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO	3
1.3 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN	3
1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	3
1.3.2 UBICACIÓN POLÍTICA	4
1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN	4
1.5 NORMATIVIDAD	5
2 GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO	5
2.1 GEOLOGÍA REGIONAL	5
2.1.1 GEOMORFOLOGÍA	5
2.1.2 LITOSTRATIGRAFÍA	5
2.2 PROCESOS GEODINÁMICOS	8
3 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EFECTUADA	12
3.1 ESTUDIO DE CIMENTACIÓN	12
3.1.1 SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA	12
3.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO	12
3.2.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS	12
3.2.2 TOMA DE MUESTRAS DISTURBADAS	13
3.2.3 REGISTRO DE EXPLORACIONES	14
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO	14
3.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - ENSAYOS ESTÁNDAR	14
3.3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ENSAYOS ESPECIALES	15
3.3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS - ENSAYOS QUÍMICOS	15
3.4 DESCRIPCIÓN DE LA CONFORMIDAD DEL SUELOS	16
3.4.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO	16
3.4.2 AGRESIVIDAD DE LOS SUELOS	16
4 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN	17
4.1 TIPO DE CIMENTACIÓN	17
4.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN	17
4.3 CAPACIDAD ADMISIBLE	17
4.4 ASENTAMIENTO ADMISIBLE	18
5 CONCLUSIONES	19
6 RECOMENDACIONES	20
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
ANEXO I - REGISTRO DE EXPLORACIONES	22
ANEXO II - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - ENSAYOS ESTÁNDAR	24
ANEXO III - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ENSAYOS ESPECIALES	27
ANEXO IV - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS - ENSAYOS QUÍMICOS	30
ANEXO V - PANEL FOTOGRÁFICO	32
ANEXO VI - CERTIFICADO DE REGISTRO DE LABORATORIO	38

INFORME TÉCNICO DE SUELOS

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Mecánica de Suelos se desarrolla en el **Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín**. Para los fines de cimentación y de evaluar los suelos adyacentes que conforman las estratigrafías del terreno de fundación del área asignada al proyecto.

Las fases de exploración, análisis de campo y laboratorios efectuados, así como la aplicación de mecánica de suelos han sido desarrolladas con la finalidad de establecer las características físicas y mecánicas de los suelos, además de poder clasificarlos y agruparlos para su mejor estudio y comprensión, esta es una fase importante y decisiva en el diseño de cimentación de las estructuras como también establecer los métodos aplicados en la construcción de la estructura.

1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene por objetivo describir los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, llevados a cabo en el **Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín**, por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas "A cielo Abierto", ensayos de laboratorio a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, asentamientos y labores de gabinete en base a los datos obtenidos de los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad de cimentación, capacidad portante admisible.

El proceso seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:

- Reconocimiento del terreno
- Distribución y ejecución de calicatas
- Tomas de muestras inalteradas y disturbadas
- Ejecución de ensayos de laboratorio
- Elaboración del Perfil estratigráfico
- Análisis de Cimentación Superficial
- Conclusiones y recomendaciones

1.3 UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

El área del proyecto se ubica políticamente como sigue:

1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Sistema Geográfico

Latitud : 12°02'26.24"
Longitud : 75°13'04.58"
Altitud : 3,293.00 m.s.n.m.

Sistema WGS84, UTM



SILVER GEO SAC.
[Geotecnia]
[Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento]

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

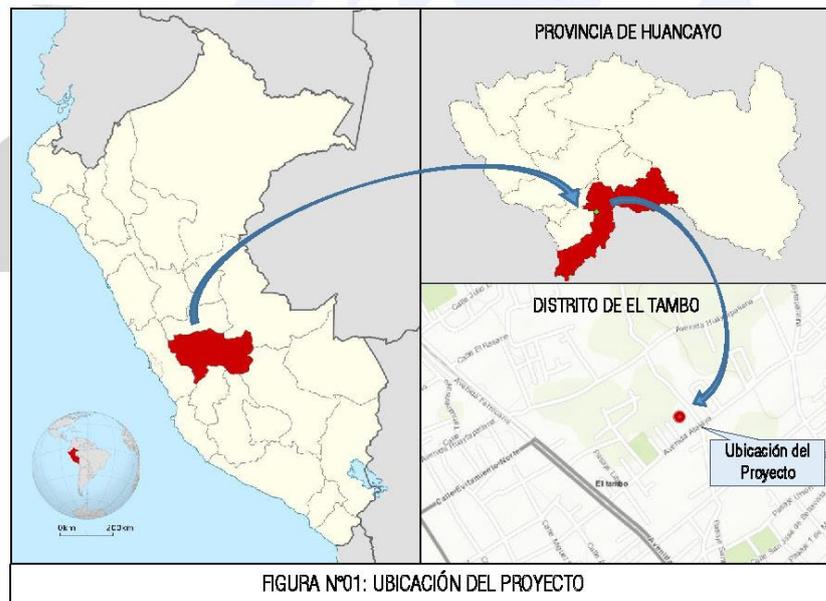
Coordenadas	:	Planas
Zona UTM	:	18S
Cuadrícula	:	L
Este	:	476272.71 m E
Norte	:	8668944.81 m S
Altitud	:	3,293.00 m.s.n.m.

1.3.2 UBICACIÓN POLÍTICA

Departamento	:	Junín
Provincia	:	Huancayo
Distrito	:	El Tambo
Ubigeo	:	120114
Zona	:	Urbana
Lugar	:	Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10

1.4 MAPA DE LOCALIZACIÓN

El proyecto se ubica en el distrito de El tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín; tal como se indica en la FIGURA N° 01.



SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

.....
 Ing. Civil **Johany R. RAYMONDO OLIVERA**
 C.I.P. N° 204352



1.5 NORMATIVIDAD

El presente E.M.S con fines de Cimentación está en concordancia con las Norma Técnicas:

- E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones
- E.030 Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones
- MTC EM-2000 Manual de Ensayo de Materiales y las Normas Técnicas ASTM y NTP.

2 GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La evaluación geológica regional del trazado del área directa fue documentada del estudio geológico realizado por el INGEMENT. Boletín N°15 de la serie A; cuadrángulo de Huarochirí (Hoja 25-k).

2.1.1 GEOMORFOLOGÍA

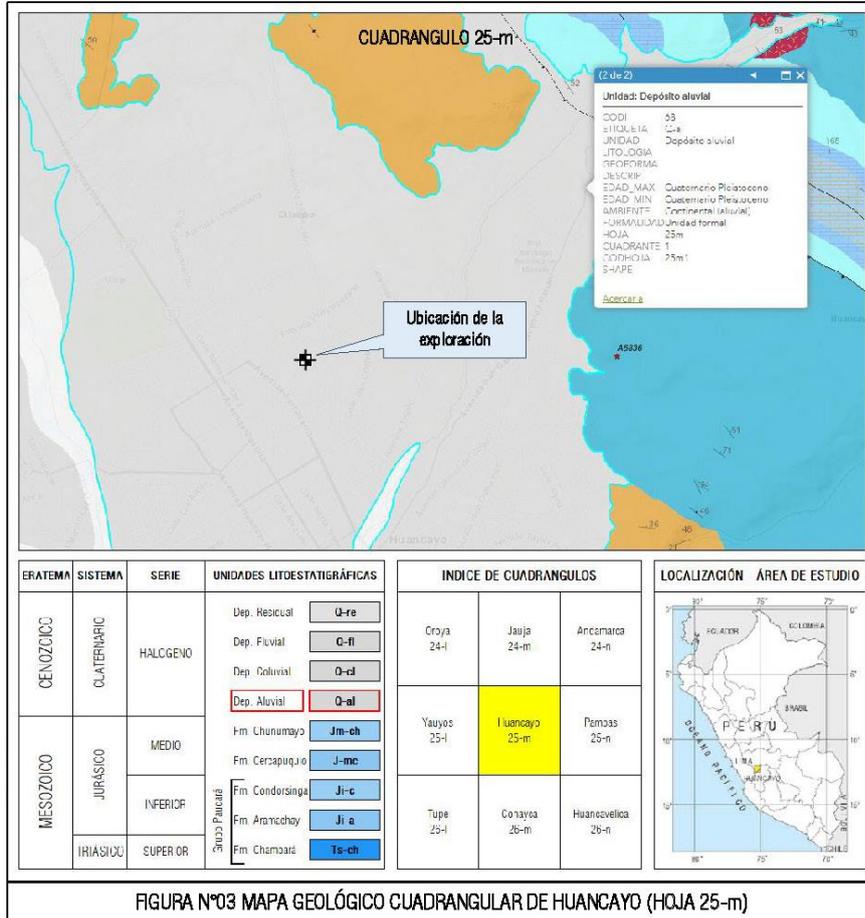
Posee un relieve variado que es el resultado de los procesos tectónicos y plutónicos ocurridos en la zona; así mismo, a la actividad geodinámica que ha modelado los rasgos morfoestructurales de la zona. Fueron reconocidos las siguientes unidades geomorfológicas: valles, quebradas.

2.1.2 LITOSTRATIGRAFÍA

Podemos identificar a continuación las unidades Litológicas cartografiadas en el área de estudio.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geología
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento.

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 2043462



2.1.2.1 MARCO GEOLÓGICO

El cuadrángulo de Huancayo abarca sectores de las Altas Mesetas Centrales y de la Cordillera Central Oriental, además incluye la depresión de Ingahuasi y la parte sur-oriental de la depresión de Huancayo-Jauja, que contienen un espeso relleno cuaternario.

Tanto en las Altas Mesetas como en la Cordillera Oriental, entre 4,000 m. y 4,500 m.s.n.m., se observan restos de la superficie "Puna", la cual fue profundamente erosionada por los glaciares y la escorrentía superficial.

SILVER GEO SAC.
 Geotécnica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentación

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
 C.I.F. N° 204352

La columna estratigráfica principal con Excelsior parcialmente de edad devónica media. Los flyschs fueron plegados a fines del Devónico y están cubiertos por las capas mayormente continentales del Carbonífero y del Pérmico inferior, las cuales infrayacen con discordancia de erosión a las capas rojas y a los volcánicos del Pérmico superior.

A partir del Noriano, cuyos estratos cubren con discordancia de erosión a los del Pérmico superior, se diferenciaron paulatinamente en la región una plataforma suroccidental y un geanticlinal nororiental, disposición paleogeográfica que controló claramente la sedimentación del Liásico superior hasta el Coniaciano. Durante el Triásico y el Liásico, una subsidencia marcada y continua afectó la plataforma y en menor grado el futuro geanticlinal, dando lugar a la deposición de 1,700 m. de calizas en aquella y de una serie calcárea más condensada de 800 m. mínimo en el último. En un mar que ocupaba la parte SW de la hoja se sedimentaron en el lapso Aaleniano-Bajociano las areniscas de la Formación Cercapuquio (750 m. max.) y las calizas de la Formación Chunumayo (250 m. max). Después de una gran laguna deposicional que abarcó el Batonian y el Malm se depositaron las areniscas, en parte marinas y en parte continentales, del Neocomiano-Aptiano (grupo Goyllarisquizga, 700 m) que no se encuentran sobre el geanticlinal. Luego la plataforma fue invadida por un mar somero, en el cual se acumuló la sucesión clásica de estratos calcáreos del Cretáceo medio y superior (formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha); solamente la transgresión Chulec afectó al geanticlinal..

2.1.2.2 ESTRATIGRAFÍA

ERATEMA CENOZOICO

SISTEMA CUATERNARIO - SERIE HALOGENO

Depósitos Aluviales (Q-al)

Están constituidos por los materiales arrastrados por los ríos y depositados a lo largo de su trayecto formando lechos, terrazas y llanuras de inundación.

En el área de estudio se encuentran cubriendo gran parte de los afloramientos rocosos con espesores variables, concentrándose mayormente en los flancos y valles glaciares lo que algunas veces alcanzan varios metros de grosor. Por erosión forman pequeñas terrazas, se caracterizan por la uniformidad litológica siendo en la mayoría de las veces limos y arcillas.

Los aluviales recientes que se encuentran generalmente en los cauces de los ríos, están constituidos por arenas. En el cuadrángulo de Huancayo son importantes los depósitos formados por los ríos Mantaro y Cunas.

En general el material que constituye estos depósitos es un conglomerado constituido por cantos, cascajos, arenas y arcillas provenientes de las rocas aflorantes. Los suelos son por lo tanto arenosos y de composición feldespática cuarzosa.



SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

2.2 PROCESOS GEODINÁMICOS

Geodinámica Interna

El Perú es uno de los países de América del Sur con mayor actividad sísmica en el mundo, debido al proceso de subducción de la placa oceánica (Nazca), bajo la placa continental (Sudamericana). Este proceso genera una constante acumulación de energía que se libera en forma de terremotos de moderada a alta intensidad, los que resultan catastróficos

Zonificación Sísmica

La actividad Sísmica del área se relaciona con subducción de la placa oceánica bajo la placa continental sudamericana.

Se debe tener que un movimiento sísmico puede desencadenar caída de rocas y derrumbes en los sectores escarpados de las colinas y laderas de pendiente media y empinada, especialmente en aquellos sectores afectados por diaclasamiento o una intensa meteorización.

De acuerdo al nuevo mapa de zonificación sísmica del Perú, según la Norma Sismorresistente de Estructuras (NT E.030-2016) y el Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentadas por el Dr. Alva Hurtado (1984), el cual está basado en isosistas de sismos ocurridos en el Perú y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos resistentes; se concluye que el área de estudio ubicada en el **Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, departamento de Junín**, se encuentra dentro de la zona de sísmica (Zona 3), ocurriendo la posibilidad de que ocurran sismos de intensidades considerables como IX en la escala de Mercalli Modificada. Como se muestra en la **FIGURA N°04** y **FIGURA N°05** respectivamente se desprende que en la **FIGURA N°06** se presenta el mapa de isoaceleraciones del territorio peruano por un periodo de 50 años.

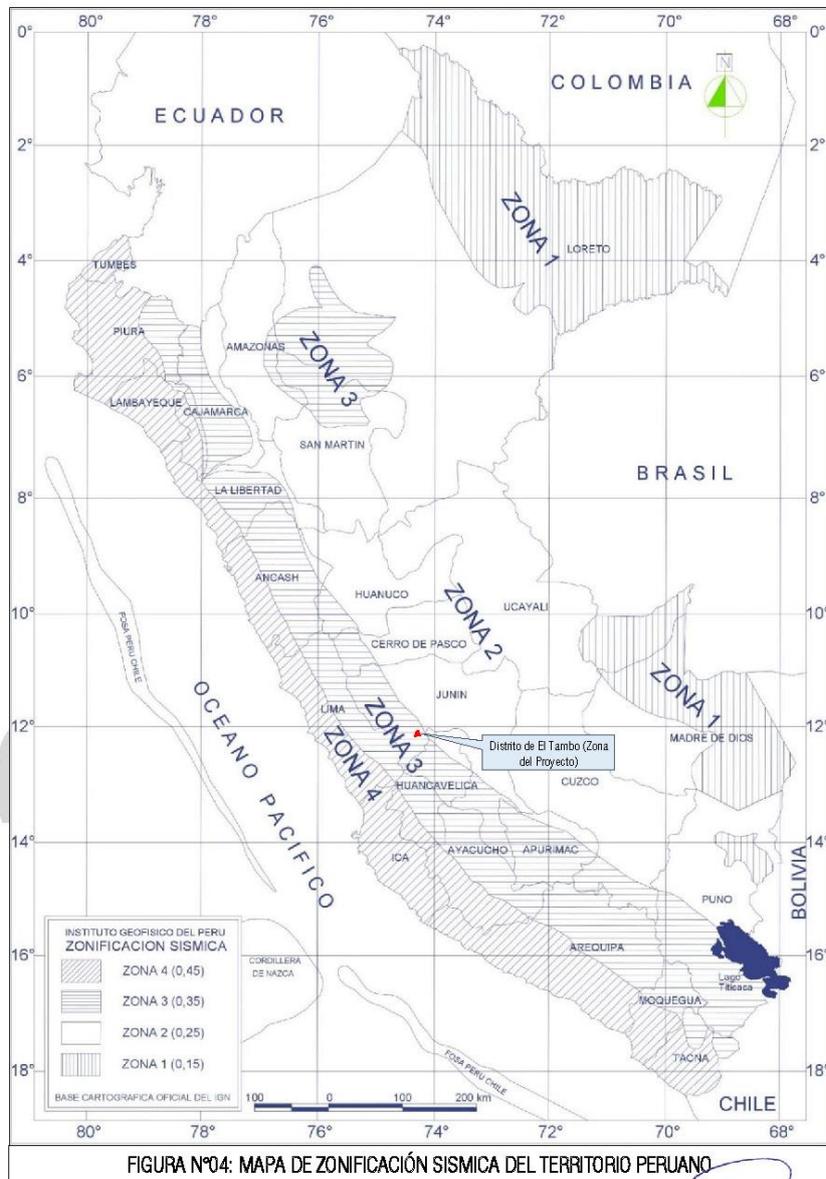
TABLA N°1
FACTORES DE ZONA

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,15

Los perfiles del suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo y el espesor del estrato, los parámetros de sitio S , T_R , T_L , para el proyecto se muestra de la siguiente manera.

Factor de Zona (Z)	: Z = 3 (0.35)
Factor de Suelo (S)	: $S_2 = 1.15$ (Suelos Intermedios)
Periodo Corto $T_R(S)$: $T_R = 0.60s$
Periodo Largo $T_L(S)$: $T_L = 2.00s$
Factor de Uso (U)	: U = 1.0 (Edificaciones comunes. Vivienda, categoría C)
Coefficiente de Reducción	: R = 8 (Concreto Armado, pórticos)


 SILVERA GEO SAC
 Consultoría Geotécnica y Sismológica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO SILVERA
 C.I.P. N° 204362



SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

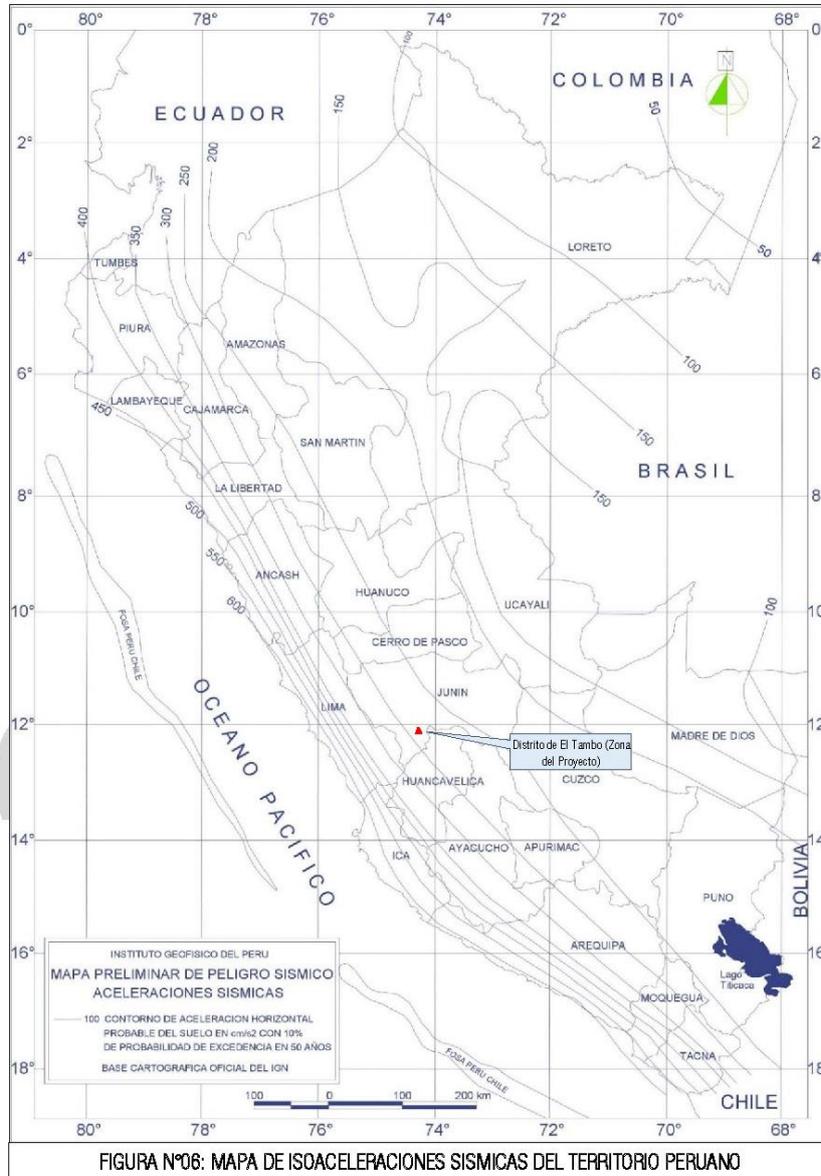
.....
 Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
 C.I.F. N° 204352



FIGURA N°05: MAPA DE INTENSIDADES SISMICAS DEL TERRITORIO PERUANO

SILVER GEO SAC.
Universidad Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

.....
 Ing. Civil **Johany R. RAYMONDO OLIVERA**
 C.I.P. N° 204352



 SILVER GEO SAC.
 Geotecnia, Geodésica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

.....
 Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
 C.I.P. N° 204382

3 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EFECTUADA

3.1 ESTUDIO DE CIMENTACIÓN

El estudio de cimentación del presente proyecto se realizó siguiendo la Norma del Reglamento Nacional de Edificaciones E-050, Artículo 13.0 - Información previa

3.1.1 SELECCIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURA

Para los fines de la determinación del Programa de Exploración Mínimo (PM) del EMS, las edificaciones son clasificadas, según la Tabla 1, donde I, II, III y IV designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la exploración de suelos necesaria para cada tipo de edificación, siendo el I más exigente que el II, éste que el III y éste que el IV.

Se toma como referencia la **Tabla 1** del R.N. Edificaciones - Norma E.050 Suelos y Cimentaciones en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por ésta.

Descripción	Distancia mayor entre apoyos (m)	Número de pisos (Incluido los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
Apertada de acero	< 12	III	III	III	III
Pórticos y/o muros de concreto	< 10	III	III	II	I
Muros portantes de albañilería	< 12	II	I	---	---
Bases de máquinas y similares	Cualquiera	I	---	---	---
Estructuras especiales	Cualquiera	I	I	I	I
Otras estructuras	Cualquiera	II	I	I	I
Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
Tanque elevados y similares		≤ 9m altura II		> 9m altura I	
Plantas de tratamiento de aguas				III	
Instalaciones de agua y alcantarillado en obras urbanas				IV	

Para el EMS del presente proyecto se considera el **tipo de estructura III** en función a la descripción de estructura y número de pisos seleccionados según la Tabla 1.

3.2 INVESTIGACIÓN DE CAMPO

La exploración del suelo se hizo siguiendo la Norma del Reglamento Nacional de Edificaciones E-050 Artículo 15.- Programa de exploración de campo y ensayos de laboratorio.

3.2.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS

El número de puntos de exploración se determina según el **Literales B del artículo 15 de la norma E-050** Suelos y Cimentaciones.

Se toma como referencia la **Tabla 6** del R.N. Edificaciones - Norma E.050 Suelos y Cimentaciones en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por ésta.



SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentación

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.F. N° 201352

Tipo de edificación u obra (Tabla 1)	Número de puntos de exploración (n)
I	uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso
II	uno por cada 450 m ² de área techada del primer piso
III	uno por cada 900 m ² de área techada del primer piso*
IV	uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas
Habitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

*Dentro de esta categoría se incluyen las plantas de tratamiento de agua en la que se considera en lugar de área techada, el área en planta de la misma. n nunca será menor de 3.

Cimentación superficial de edificación sin sótano

La profundidad mínima alcanzar para la investigación es de 3.00 m, este valor viene dado por la siguiente ecuación:

$$P = Df + Z$$

Donde:

$Df = 1.50 \text{ m}$ = En una edificación sin sótano, es la distancia vertical desde la superficie del terreno o desde el nivel del piso terminado, hasta el fondo de la cimentación, la que resulte menor.

$Z = 1.50 \text{ m} = 1,5 B$; siendo B el ancho de la cimentación prevista de mayor área

$$P = 3.00 \text{ m} = Df + Z$$

En consideración de la Tabla 6, se realizó 01 calicata que se ubicó convenientemente a fin de abarcar geoméricamente el área de estudio, y descripción por parte del presente informe técnico, se realizó 01 perforaciones con herramientas manuales (pala y pico) hasta alcanzar una profundidad suficiente, según exigido por las normas técnicas a saber de 3.00 metros de profundidad. El trabajo de la extracción de muestras se ha realizado siguiendo la Norma Técnica NTP 339.162.2001 (ASTM D420) Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción, el mismo que ha seguido los procedimientos para la obtención de muestras, de los suelos a que se refiere la Norma Técnica AASHTO R-13 (Práctica estándar para realizar investigaciones de subsuelo geotécnico)

A continuación, se expone los detalles de las calicatas y/o perforaciones en el Cuadros N° 01.

CUADRO N° 01

Ítem	Distrito	Ubicación Específica	Calicata	Prof. (m)	Napa Freá.	Elevación (m.s.n.m.)	Coordenada UTM (Este)	Coordenada UTM (Norte)
1	El Tambo	Pasaje Sagitario S/N MzH, Lote 10	C-01	3.00	N.P.	3293.00	476272.71	8668944.81

3.2.2 TOMA DE MUESTRAS DISTURBADAS

Se extrajeron muestras disturbadas representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos estándar, especiales y análisis químicos.

La toma de muestras se desarrolló en función a las exigencias de la Norma Técnica NTP 339.151 (ASTM D4220), considerando los 4 tipo de muestras se optó por realizar la "Muestra alterada en bolsa de Plástico" (Mab): Este muestreo se realiza de acuerdo al terreno que representa

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geografía
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 2043362

Se toma como referencia la **Tabla 4** del R.N. Edificaciones - Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

TABLA 4				
TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Muestra inalterada en bloque (Mit)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Bloques	Inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento de muestreo (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su clasificación)
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169 SUELOS. Muestreo geotécnico de suelos con tubo de pared delgada	Tubos de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plástico (Mob)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	Con bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento de muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Man)	NTP 339.151 SUELOS. Prácticas normalizadas para la preservación y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua.

3.2.3 REGISTRO DE EXPLORACIONES

Paralelamente al muestreo se efectuó el registro de la exploración, anotándose las características de los suelos tales como espesor, color, humedad, compacidad, plasticidad, etc. Las calicatas exploradas, presentan un registro de excavación, se presenta el resumen de los materiales encontrados en las calicatas exploradas, para ver el registro al detalle revisar el Anexo I (Registro de Exploraciones).

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Luego de la toma de muestras se procedió al desarrollo de los análisis en el Laboratorio de mecánica de suelos de la empresa SILVER GEOTECH S.A.C, de acuerdo al reglamento nacional de edificaciones Norma Técnica E.050, los cuales han sido ceñidos a los procedimientos de la **Norma Técnica Peruana (NTP)** y la norma internacional de la **American Society of Testing Materials (ASTM)**. Los ensayos de laboratorio utilizados son los que se presentan a continuación:

3.3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - ENSAYOS ESTÁNDAR

Los ensayos estándar para la identificación del tipo de suelo se realizaron según las siguientes normas:

<u>Descripción de Ensayo</u>	<u>NTP</u>	<u>ASTM</u>
1. Contenido Humedad Natural	: NTP 339.127	ASTM D2216
2. Análisis Granulométrico por Tamizado	: NTP 339.128	ASTM D422
3. Límite Líquido y Límite Plástico	: NTP 339.129	ASTM D4318
4. Clasificación de Suelos SUCS	: NTP 339.134	ASTM D2487
5. Clasificación de Suelos AASHTO	: NTP 339.135	ASTM D3282

A continuación, en los **Cuadro N° 02** se presentan el resumen de resultados, para ver los ensayos al detalle revisar el Anexo II (Ensayos Estándar)



SILVER GEO SAC.
Geotécnica Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentación
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

3.4 DESCRIPCIÓN DE LA CONFORMIDAD DEL SUELOS

Este análisis es efectivo para dar una idea general de la composición y estructura lito estratigráfica del terreno. Considerando que los suelos son heterogéneos y que no forzosamente serán análogos. A continuación, se describe el suelo donde se desplazarán las estructuras que contemplan el proyecto.

3.4.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Las muestras representativas ensayadas se han clasificado de acuerdo a la **NTP 339.134 Método para la clasificación (SUCS)** y la descripción Visual-Manual de acuerdo a la **NTP 339.150 Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual**, se procedió a desarrollo del perfil estratigráfico definitivo el que se muestra a continuación y con mayor detalle en los anexos.

Terreno Normal: S2: Suelos Intermedios

CUADRO N° 05

Tipo Suelo	Sub tipo I	Sub tipo II	Sub tipo III	Perfil de Estratigrafía	Ubicación	Calic	Prof. (m)
SUELOS GRANULARES (Más del 50 % es retenido en el Tamiz No. 200)	GRAVAS (más del 50 % de fracción gruesa retiene el Tamiz No. 4)	Gravas con finos (Entre 5-12% finos)	≥ 15 % arena	GW-GC - Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)	Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10	C-01	0.00 3.00

3.4.2 AGRESIVIDAD DE LOS SUELOS

Los problemas de durabilidad ocasionados en elementos de concreto que están en contacto con el suelo, son debido al deterioro y destrucción de los materiales de concreto por agresividad del medio. Por lo que, una vez conocido la zona, se identificó los agentes agresivos probables, sobre la base de las observaciones realizadas en las construcciones cercanas, para definir las medidas de previsión más convenientes. Según los resultados de ensayo de análisis químico, la concentración de sustancias perjudiciales al concreto y acero son las que se muestran en el cuadro N° 04.

Se muestra los límites permisibles para concreto expuesto a soluciones con sulfato según se indica en la tabla 2.3 de la norma de ACI 201.2R-08 Guía para la Durabilidad del Hormigón.

Severidad de la potencial exposición	Sulfato soluble en agua (SO ₄) ²⁻	Sulfato (SO ₄) ²⁻ en agua, ppm	w/c en masa, máx. ^{1,2}	Materiales cementicios requeridos
Exposición Clase 0	0,00 a 0,10	0 a 150	Ningún requisito especial para resistencia a los sulfatos	Ningún requisito especial para resistencia a los sulfatos
Exposición Clase 1	> 0,10 y < 0,20	> 150 y < 1500	0,50 ²	C 150 Tipo II o equivalente ³
Exposición Clase 2	0,20 a < 0,20	1500 a < 10.000	0,45 ²	C 150 Tipo V o equivalente ³
Exposición Clase 3	$\geq 0,20$	≥ 10.000	0,40 ²	C 150 Tipo V más puzolana o escoria ³
Exposición al agua de mar	–	–	Ver Sección 2.4	Ver Sección 2.4

SILVER GEO SAC.
 Consultoría Geotécnica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
 C.I.F. N° 204352

A continuación, se presenta el **Cuadro N° 06** donde determinaremos la agresión que ejerce el subsuelo a los elementos de concreto y acero tomando como referencia la tabla 2.3 de la norma de ACI 201.2R-08. Y a su vez se recomiendan los materiales cementicios más convenientes.

CUADRO N° 06

Detalles de Excavación				Evaluación de agresividad de los suelos a estructura de concreto según norma ACI 201.2R-08		
Ítem	Distrito	Ubicación Específica	Calicata	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Severidad de la Potencial Exposición	Tipo de Cemento Recomendado
1	El Tambo	Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10	C-01	124	Exposición Clase 0	Cemento Portland tipo I

4 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

Se presenta a continuación el análisis de la cimentación para la edificación de las obras civiles, que incluyen recomendaciones para su diseño. Realizada sobre la base de las características del terreno y al tipo de estructuras proyectadas.

4.1 TIPO DE CIMENTACIÓN

Se considera cimentaciones superficiales para las estructuras proyectadas, tal como, zapatas armadas y platea armada de cimentación para la cimentación de las Bocatomas.

4.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

Sobre la base del estudio del perfil estratigráfico, características físicomecánicas del subsuelo y solicitaciones de carga, se recomienda cimentar a una profundidad de no menor de **1.50 m** de desplante.

4.3 CAPACIDAD ADMISIBLE

Se ha determinado la capacidad portante del terreno según las características subyacentes y solicitaciones de carga. Para lo cual se utilizarán los parámetros de corte de suelo, presentado en el **Cuadro N° 03**.

Luego se calcula la capacidad portante con la siguiente ecuación:

$$Q_{ult} = \frac{S_c C N_c + S_y \gamma_t B N_y + S_q \gamma_t D_t N_q}{2}$$

$$Q_{adm} = \frac{Q_u}{F_s}$$

Dónde:

- Q_{ult} = Capacidad última de carga
 Q_{adm} = Capacidad admisible de carga
 F_s = Factor de Seguridad = 3
 γ_t = Peso unitario del suelo (kg/m³)



SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.U.P. N° 204352

- γ_t = Peso unitario del suelo superficial (kg/m^3)
 D_f = Profundidad de cimentación
 B = Ancho o diámetro de la cimentación
 N_c, N_q, N_γ = Parámetros de capacidad portante en función de ϕ

A continuación, se presentan los factores de capacidad de carga para la teoría Terzagui y Peck en función de ϕ en el Cuadro N° 07.

CUADRO N° 07

Detalles de exploración				Ensayo de Corte Directo		Detalles de cimentación				Capacidad admisible	
It	Distrito	Ubicación Específica	Calicata	Cohesión kn/cm^2	Angulo ϕ Fricción	Tipo	Ancho B (m)	Largo L (m)	Despl. D_f (m)	Quit v/m^2	Qadm kg/cm^2
1	El Tambo	Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10	C-01	0.000	33.4 °	Cuadrada	1.00	1.00	1.80	44.02	1.47
							1.50	1.50	1.80	46.17	1.54
							2.00	2.00	1.80	48.33	1.61
							2.50	2.50	1.80	50.49	1.68

4.4 ASENTAMIENTO ADMISIBLE

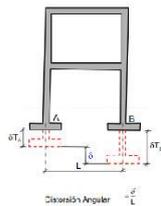
Se busca estimar el asentamiento Total Inicial (δ_T), el asentamiento diferencial ($\delta = 75\% * \delta_T$) y compararlo con el asentamiento admisible (δ_{adm}) calculado mediante la ecuación de Harr (1966).

Ecuación de Harr (1966).

$$S_e = \frac{B * q_0}{E_s} * (1 - \mu_s^2) * \alpha$$

Dónde:

- S_e = Asentamiento Inicial Total (cm)
 q_0 = Esfuerzo Neto Transmitido (kg/cm^2)
 B = Ancho o diámetro de Cimentación
 E_s = Módulo de Elasticidad del suelo (kg/cm^2)
 μ_s = Relación de Poisson
 α = Factor de Influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles, 1977)



- Distorsión Angular $\alpha = \delta/L$
 δ_{TA} = Asentamiento Total de A
 δ_{TB} = Asentamiento Total de B
 δ = Asentamiento Diferencial

SILVER GEO SAC.
 Geotecnia, Geofísica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
 Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
 C.I.F. N° 204352

Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando la distorsión máxima angular ($\alpha = \delta/L$) según el artículo 19, TABLA 8 del reglamento nacional de edificaciones Norma Técnica E.050.

TABLA 8 DISTORSIÓN ANGULAR = α	
$\alpha = \delta/L$	DESCRIPCIÓN
1/150	Límite en el que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales.
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad de edificios altos y rígidos puede ser visible.
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas.
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes.
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permiten grietas.
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas.
1/650	Límite para edificios rígidos de concretos cimentados sobre un solado con espesor aproximado de 1,20 m.
1/750	Límite donde se esperan dificultades en maquinaria sensible a asentamientos.

El asentamiento admisible se calcula por la fórmula ($L \cdot \alpha$)

Reemplazando:

PARA $L_x=500\text{cm}$		
L_x	= Longitud más larga	= 500 cm
$\alpha = \delta/L$	= $1/500 \delta_{adm}$	= 1.00 cm

PARA $L_x=300\text{cm}$		
L_x	= Longitud más corta	= 300 cm
$\alpha = \delta/L$	= $1/500 \delta_{adm}$	= 0.60 cm

A continuación, se presentan los resultados de asentamiento en el Cuadro N° 08, para ver los ensayos al detalle revisar el Anexo IV (Ensayos Especiales).

CUADRO N° 08

Detalles de exploración				Detalles de cimentación				Límite seguro para edificios sin grietas		Capacidad admisible	
ft	Distrito	Ubicación Específica	Muest.	Tipo	Ancho B (m)	Largo L (m)	Despl. Df (m)	$L_x=500\text{cm}$ δ_{adm}	$L_x=300\text{cm}$ δ_{adm}	Asentamiento (cm)	Aceptación Asentamiento
1	El Tambo	Pasaje Sagitario S/N Mz H, Lote 10	M-01	Cuadrada	1.00	1.00	1.80	1.00 cm	0.60 cm	0.47 cm	Cumple
					1.50	1.50	1.80	1.00 cm	0.60 cm	0.48 cm	Cumple
					2.00	2.00	1.80	1.00 cm	0.60 cm	0.48 cm	Cumple
					2.50	2.50	1.80	1.00 cm	0.60 cm	0.49 cm	Cumple

5 CONCLUSIONES

De acuerdo a la exploración realizada, pruebas de campo, ensayos de laboratorio y el análisis efectuado, se concluye con lo siguiente:

- 1) Con el propósito de identificar las características físicas y químicas del suelo de fundación se ubicaron 01 calicata y/o excavación a cielo abierto manual hasta una profundidad de 0.00 m a 3.00 m.
- 2) **Parámetros Sísmicos**, para la aplicación de las normas de diseño sismo resistentes se debe considerar, los siguientes valores:

SILVER GEO SAC.
Geotecnia y Geofísica
Laboratorio de Suelos, Cimentación y Pavimentos

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

Factor de Zona (Z)	: Z = 3 (0.35)
Factor de Suelo (S)	: S ₂ = 1.15 (Suelos Intermedios)
Periodo Corto T _p (S)	: T _p = 0.60s
Periodo Largo T _L (S)	: T _L = 2.00s
Factor de Uso (U)	: U = 1.0 (Edificaciones comunes. Vivienda, categoría C)
Coefficiente de Reducción	: R = 8 (Concreto Armado, pórticos)

- 3) **Identificación Geológica**, la zona geológica identificada en el área del proyecto se clasifica como un suelo con estratigrafía de **Depósito coluvial (Q-al)**. - Están constituidos por los materiales arrastrados por los ríos y depositados a lo largo de su trayecto formando lechos, terrazas y llanuras de inundación. En general el material que constituye estos depósitos es un conglomerado constituido por cantos, cascajos, arenas y arcillas provenientes de las rocas aflorantes. Los suelos son por lo tanto arenosos y de composición feldespática cuarzosa.

6 RECOMENDACIONES

- 1) En relación de la evidencia de cálculo de capacidad admisible del terreno resumido en los **Cuadros N° 07, y N° 08**, con mayor detalle en el **ANEXO III (Ensayos Especiales)**. Se presenta el **Cuadro N° 09** como resumen de recomendación de cimentación cuadrada para bocatomas.

CUADRO N° 09

Ítem	Profundidad de Investigación	Calicata	Material Predominante	Cohesión km/cm ²	Angulo Ø Fricción	Ancho de Cimentación B (m)	Largo de Cimentación L (m)	Desplante Df (m)	Quit t/m ²	Qadm kg/cm ²
PASAJE SAGITARIO S/N MZH, LOTE 10										
1	0.00 - 3.00 m	C-01	Grava/Arena	0.012	33.4 °	1.00	1.00	1.80	44.02	1.47

- 2) Del análisis químico realizado a las muestras de suelo donde irán desplantadas los elementos de concreto y refuerzo de acero y de acuerdo al **Cuadro N° 05** y con mayor detalle en el **ANEXO IV (Ensayos Químicos)**, en general se recomienda el uso de Cemento Portland Tipo I.
- 3) Del resumen de cálculo de capacidad admisible del terreno resumido en el **Cuadro N° 09**, y con mayor detalle en el **ANEXO III (Ensayos Especiales)** se concluye que el terreno de fundación donde irán desplantadas las estructuras de concreto tales como: zapatas tienen una capacidad admisible en el segundo estrato superior a 1.47 Kg/cm², por lo cual se recomienda realizar la cimentación con un mínimo de 1.80 metros.
- 4) Los resultados del presente estudio se recomiendan solo para la zona investigada y no para ningún otro lugar, ni tipo de obra diferente a la estudiada.



SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentación
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Reglamento Nacional de Edificaciones / Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
- Reglamento Nacional de Edificaciones / Norma E.030 Diseño Sismo resistente del Concreto.
- Alva Hurtado Jorge / Dinámica de Suelos. Primera edición, Perú 2002
- Braja M. Das / Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones. Séptima edición 2012
- Braja M. Das / Fundamentos de Ingeniería de Geotécnica. Cuarta edición 2015
- Roy Whitlow / Fundamentos de Mecánica de Suelos. Primera edición 2000
- American Concrete Institute Norma ACI 201.2R-08 Guía para la Durabilidad del Hormigón
- Ralph B. Peck/Walter E. Hanson/Thomas H. Thornburn (2da Edición): Ingeniería de Cimentaciones




SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

ESTUDIO DE MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

REGISTRO DE EXPLORACIONES

UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10

DISTRITO : EL TAMBO

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNÍN

SOLICITANTE:

PROPIETARIO: DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

Lima, 06 de julio del 2022



J. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elio, Lima
 Pje. Naranjos N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Telef. 944466989 / 955303594
 Correo: silvergeosac@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-07-22	06-07-22	C-01	SG-088-2022

SOLICITANTE: PROPIETARIO: SR. DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

PROYECTO: "COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO SIN MZ H, LOTE 10
 DISTRITO : EL TAMBO
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS: CLASIFICACION DE SUELOS SEGÚN NORMAS (NTP 339.134 / ASTM D2487)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente	Profundidad : 0.00 - 3.00 m.	Altitud (Cota) : 3,293.00 m.s.n.m.	Técnica - Exploración
Metodo de Muestreo : Excavación manual	Napa freatica : N.P.	Coordenadas UTM : E.476272.7 N.8668944.8	Calicata
Perfil del Suelo Tipo : S2: Suelos Intermedios	Lugar de Muestreo : Punto medio de la propiedad		

Clasificación de Suelos según normas SUCS (ASTM D2487-17) - AASHTO (ASTM D3282-15)

Prof. (m)	Napa Freatica	Tipo de Excavación	Muestra	Descripción del Material	Clasificación		Granulometría			Símbolo
					SUCS ASTM D2487-17	AASHTO ASTM D3282-15	Grava N°4 < φ < N°20	Arena N°200 < φ < N°4	Limo/Arcilla [φ < N°200]	
0.00 m.										
-0.25 m.										
-0.50 m.	N.P.	Pozo a Cielo	Calicata	Calicata C-01, de 0.00-3.00m. Suelo de color Gris, se clasifica como: GW-GC Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena). Finos CL=6%. Perfil del suelo tipo S2: Suelos Intermedios	GW-GC	A-2-4 (0)	66.20%	28.20%	5.60%	
-0.75 m.		Abierto								
-1.00 m.										
-1.25 m.										
-1.50 m.										
-1.80 m.										
-2.10 m.										
-2.40 m.										
-2.70 m.										
-3.00 m.										

DETALLE DE IDENTIFICACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
 Ingeniería Geotécnica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
 C.I.F. N° 2014352

RUC: 20801685524
 [Pág. 23]

ESTUDIO DE MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS - ENSAYOS ESTÁNDAR

UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10
DISTRITO : EL TAMBO
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

SOLICITANTE:

PROPIETARIO: DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

Lima, 06 de julio del 2022



J. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. El Eco, Lima
 Paje, Nules N° 122-132 Chilca, Huancayo
 Telfax: 964046688 / 913303594
 Correo: silvergeosac@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-07-22	06-07-22	C-01	SG-088-2022

SOLICITANTE: PROPIETARIO: SR. DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

PROYECTO: "COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:
 UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO SIN MZ H, LOTE 10
 DISTRITO : EL TAMBO
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

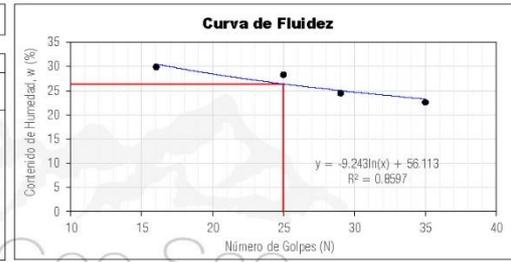
ENSAYOS REALIZADOS:
 LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{c1}
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
 Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 0.00 - 3.00 m. Altitud (Cota) : 3,293.00 m.s.n.m.
 Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.476272.7 N.8668944.8
 Perfil del Suelo Tipo : S2: Suelos Intermedios Lugar de Muestreo : Punto medio de la propiedad

Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{c1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro	Unidad	Golpes			
			01	02	03	04
Numero de Golpes	N	Golpes	16	25	29	35
Recipiente N°	---	---	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	49.00	69.70	45.40	52.40
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHS}	(g)	42.80	59.20	40.80	46.80
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	20.80	37.20	18.80	24.80
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	6.20	10.50	4.60	5.60
(F) Contenido de Humedad (100° E/D)	w	(%)	29.81	28.23	24.47	22.58



Límite Plástico (Método Manual)

Variable	Nro	Unidad	Golpes			
			01	02	03	04
Recipiente N°	---	---	N° 07	N° 08	N° 09	N° 10
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	44.00	43.00	50.10	48.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHS}	(g)	40.30	39.90	45.20	43.70
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	18.30	17.90	23.20	21.70
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	3.70	3.10	4.90	4.30
(F) Contenido de Humedad (100° E/D)	w	(%)	20.22	17.32	21.12	19.82

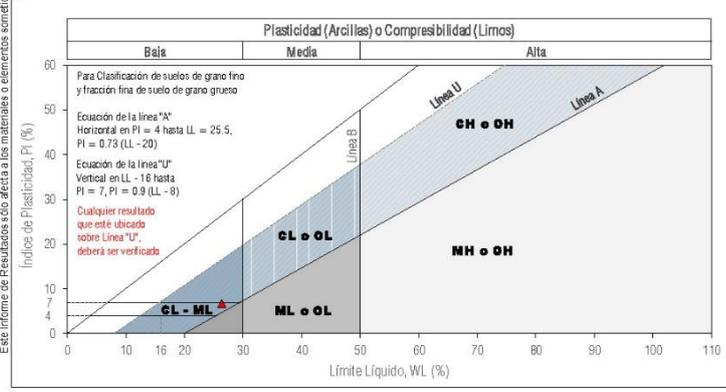
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{c1})

Liquid Limit (LL, w _L)	: 26.3%	Plastic Limit (PL, w _p)	: 19.6%	Plasticity Index (PI)	: 6.7%
------------------------------------	---------	-------------------------------------	---------	-----------------------	--------

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : GW-GC AASHTO (ASTM D3282-15) : A-2-4 (0)

Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)



- LEYENDA**
- Suelo sin cohesión
 - ▨ Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
 - ▩ Limos inorgánicos de baja compresibilidad
 - ▧ Arcillas inorgánicas de media plasticidad
 - ▦ Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
 - ▥ Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
 - ▤ Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas
- Ecuación de la línea "A" **Sobre A**

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

Realizado: Bach. Denis L.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
 Ingeniería Geotécnica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil **Jorge R. RAYMONDO OLIVERA**
 C.I.P. N° 204332

RUC: 2060166524
 [Pág. 26]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, Inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004568-2018/DSD

ESTUDIO DE MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ENSAYOS ESPECIALES

UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10

DISTRITO : EL TAMBO

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNÍN

SOLICITANTE:

PROPIETARIO: DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

Lima, 06 de julio del 2022



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima
 Paje: Huiles N°122-132 Chica, Huancayo
 Telef: 964046688 / 955505584
 Correo: silvergeosac@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-07-22	06-07-22	C-01	SG-088-2022

SOLICITANTE:	PROYECTO:
PROPIETARIO: SR. DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN	*COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANALISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO*
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : PASAJE SAGRARIO S/N MZ H. LOTE 10 DISTRITO : EL TAMBO PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNIN	ENSAYO DE CORTE DIRECTO SEGUN NORMA ASTM D3080/D3080-11
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	

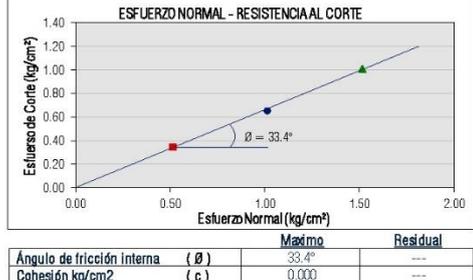
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 0.00 - 3.00 m. Altitud (Cota) : 3.293.00 m.s.n.m.
 Estado : Remoldeado, material < Tamiz N° 4 Símbolo del Suelo : GVI-GC Coordenadas UTM : E.476272.7 N.8668944.8
 Límites de Aterberg : WL 26.3% WP 19.6% PI 6.7% Clasificación del Suelos : Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)

Ensayo de Corte Directo bajo condiciones drenadas ASTM D3080/D3080-11

Especimen N° 01				Especimen N° 02				Especimen N° 03			
Descripción	Unidad	Inicial	Final	Descripción	Unidad	Inicial	Final	Descripción	Unidad	Inicial	Final
Lado	cm	6.00	6.00	Lado	cm	6.00	6.00	Lado	cm	6.00	6.00
Altura	cm	2.00	1.91	Altura	cm	2.00	1.90	Altura	cm	2.00	1.88
Densidad húmeda	gr/cm ³	0.06	-	Densidad húmeda	gr/cm ³	0.06	-	Densidad húmeda	gr/cm ³	0.06	-
Contenido de humedad	%	5.33%	5.87%	Contenido de humedad	gr/cm ³	5.33%	6.13%	Contenido de humedad	gr/cm ³	5.33%	6.21%
Esfuerzo Normal	kg/cm ²	0.51	-	Esfuerzo Normal	kg/cm ²	1.0	-	Esfuerzo Normal	kg/cm ²	1.5	-
Esfuerzo Cortante Máximo	kg/cm ²	0.35	-	Esfuerzo Cortante Máximo	kg/cm ²	0.65	-	Esfuerzo Cortante Máximo	kg/cm ²	1.01	-

Deformación Horizontal (mm)	Fuerza Cortante	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Deformación Horizontal	Fuerza Cortante	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Deformación Horizontal	Fuerza Cortante	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)
0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
0.12	3.43	0.0663	0.08	2.55	0.070	0.10	7.61	0.210
0.24	7.86	0.0984	0.20	4.43	0.122	0.22	11.93	0.328
0.36	11.88	0.0900	0.32	7.49	0.205	0.34	15.84	0.432
0.48	16.63	0.1253	0.44	9.89	0.269	0.46	19.83	0.538
0.63	21.91	0.1637	0.59	12.17	0.328	0.61	23.09	0.622
0.78	27.98	0.2075	0.74	14.31	0.383	0.76	25.70	0.687
0.93	31.94	0.2350	0.89	15.74	0.418	0.91	27.90	0.740
1.08	36.70	0.2679	1.04	17.43	0.459	1.06	30.18	0.794
1.23	40.39	0.2925	1.19	18.99	0.496	1.21	32.46	0.847
1.38	43.56	0.3129	1.34	20.48	0.531	1.36	34.74	0.899
1.53	45.94	0.3273	1.49	21.85	0.562	1.51	36.13	0.928
1.68	47.52	0.3359	1.64	23.08	0.589	1.66	37.84	0.964
1.83	48.58	0.3405	1.79	24.19	0.612	1.81	39.47	0.997
1.98	49.37	0.3432	1.94	25.10	0.630	1.96	39.87	0.999
2.13	50.16	0.3458	2.09	25.94	0.645	2.11	40.44	1.005
2.28	50.95	0.3483	2.24	26.46	0.653	2.26	40.93	1.009
2.43	50.95	0.3454	2.39	26.59	0.650	2.41	41.10	1.004
2.58	51.22	0.3442	2.54	26.72	0.648	2.56	41.18	0.997
2.73	51.48	0.3430	2.69	26.72	0.642	2.71	41.26	0.991
2.88	51.22	0.3383	2.84	26.72	0.637	2.86	41.34	0.984
3.03	51.48	0.3370	2.99	26.66	0.630	3.01	41.42	0.977
3.18	51.74	0.3358	3.14	26.46	0.620	3.16	41.34	0.967
3.33	51.22	0.3294	3.29	26.20	0.608	3.31	41.18	0.955
3.48	50.95	0.3247	3.44	26.14	0.601	3.46	41.01	0.942
3.63	49.90	0.3151	3.59	26.07	0.594	3.61	41.01	0.934

Este informe de resultados sólo afecta a los materiales e elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.



RUC: 20601685524
 [Pág. 28]



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elio, Lima
 Paje. N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Telf: 984066588 / 983303584
 Correo: silvergeosac@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-07-22	06-07-22	C-01	SG-088-2022

SOLICITANTE:	PROYECTO:
PROPIETARIO: SR. DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN	"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10 DISTRITO : EL TAMBO PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE SEGÚN TERZAGUI Y PECK (1967)
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 0.00 - 3.00 m. Altitud (Cota) : 3.293.00 m.s.n.m.
 Estado : Remoldeado, material < Tamiz N° 4 Símbolo del Suelo : GW-GC Coordenadas UTM : E.476272.7 N.8668944.8
 Límites de Atterberg : WL: 26.3% WP: 19.6% PI: 6.7% Clasificación del Suelos : Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)

CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE SEGÚN TERZAGUI Y PECK (1967)

PARÁMETROS DE CÁLCULO	
Ángulo de Fricción interna ϕ	33.4
Corrección por falla local	22.3
Cohesión (kg/cm²) c'	0.00
Corrección por falla local c'	0.0003
Densidad de suelo Natural	1.948
Densidad seca de suelo	1.949
Humedad del Suelo (%)	5.33%
Factor de Seguridad	3.0

Suelo
 Peso específico = γ
 Cohesión = c'
 Ángulo de fricción = ϕ'

$Q_{ult} = Sc \cdot c' \cdot Nc + 0.5 \cdot Sg \cdot g' \cdot B \cdot Ng + Sq \cdot q' \cdot Nq$
 $q_{adm} = q_{ult} / FS$

COEFICIENTE DE EMPUJE DE TIERRAS	
Ka	= 0.45
Kp	= 2.22
Ko	= 0.62

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA (vesic)		FACTORES DE FORMA					
Nc	= 17.17	Nq/Nc	= 0.47	Factor	Cimentación Corrida	Cimentación Cuadrada	Cimentación Rectangular
Nq	= 8.03	$\tan \phi$	= 0.41	Sc	1.00	1.47	1.23
Ng	= 7.39			Sq	1.00	1.41	1.20
				Sy	1.00	0.60	0.80

Ancho - Cimentación	Largo - Cimentación	Desplante	Q_{ult}	Q_{adm}	Δe	Δc	Δadm
B (m)	L (m)	Df (m)	l/m^2	kg/cm^2	cm	cm	cm
1.00	1.00	1.80	35.37	1.18	0.12	0.80	0.46
1.50	1.00	1.80	38.96	1.30	0.13	0.80	0.47
2.00	1.00	1.80	42.56	1.42	0.14	0.80	0.47
4.00	1.00	1.80	56.96	1.90	0.19	0.80	0.50

Ancho - Cimentación	Largo - Cimentación	Desplante	Q_{ult}	Q_{adm}	Δe	Δc	Δadm
B (m)	L (m)	Df (m)	l/m^2	kg/cm^2	cm	cm	cm
1.00	1.00	1.80	44.02	1.47	0.15	0.80	0.47
1.50	1.50	1.80	46.17	1.54	0.15	0.80	0.48
2.00	2.00	1.80	48.33	1.61	0.16	0.80	0.48
2.50	2.50	1.80	50.49	1.68	0.17	0.80	0.49

Ancho - Cimentación	Largo - Cimentación	Desplante	Q_{ult}	Q_{adm}	Δe	Δc	Δadm
B (m)	L (m)	Df (m)	l/m^2	kg/cm^2	cm	cm	cm
1.00	2.00	1.80	39.69	1.32	0.13	0.80	0.47
1.00	5.00	1.80	39.69	1.32	0.13	0.80	0.47
1.00	10.00	1.80	39.69	1.32	0.13	0.80	0.47
4.00	10.00	1.80	56.96	1.90	0.19	0.80	0.50

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
 C.I.T. N° 201352

RUC: 20601685524
 [Pág. 29]

ESTUDIO MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS - ENSAYOS QUÍMICOS

UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10

DISTRITO : EL TAMBO

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNÍN

SOLICITANTE: [Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto]

PROPIETARIO: DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

Lima, 06 de julio del 2022



Ir. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima
 Paje. N° 122-152, Dhuico, Huancaayo
 Telef. 964046688 / 935305384
 Correo: administrado@silvergeosac.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-07-22	06-07-22	C-01	SG-088-2022

SOLICITANTE: PROPIETARIO: SR. DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

PROYECTO: "COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO SIN MZ H, LOTE 10
DISTRITO : EL TAMBO
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

Sales Solubles (S.S.T.) (ppm) según NTP 339.152
 Cloruros Solubles (Cl) (ppm) según NTP 339.177
 Sulfatos Solubles (SO₄²⁻) (ppm) según NTP 339.178

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente **Profundidad :** 0.00 - 3.00 m. **Altitud (Cota) :** 3.293.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual **Napa freática :** N.P. **Coordenadas UTM :** E.476272.7 N.8668944.8
Perfil del Suelo Tipo : S2: Suelos Intermedios **Lugar de Muestreo :** Punto medio de la propiedad

Análisis físico químico de suelos por sales, cloruros y sulfatos

Elementos químicos nocivos para la cimentación

Presencia en el Suelo de:	Símbolo	ppm	Grado de Alteración	Observaciones
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	0 – 1,000 1,000 – 2,000 2,000 – 20,000 > 20,000	Leve Moderado Severo Muy Severo	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación
Cloruros	Cl	> 6,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión a las armaduras o elementos metálicos.
Sales Solubles Totales	S.S.T.	> 15,000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia por problemas de lixiviación.

Parámetro	Número de Muestra	Norma Técnica Peruana	Método
Sales Solubles Totales	M-01	S.S.T. = 12748.00 ppm	Gravimétrico
Cloruros Solubles	M-02	Cl = 5279.00 ppm	Volumétrico
Sulfatos Solubles	M-03	SO ₄ ²⁻ = 124.08 ppm	Turbidimétrico

Evaluación de la Agresividad:

- El Suelo no es agresivo para el concreto

Equipos:

- Balanza de cuerda a los requisitos de la NTP 334.079 (ASTM C1006), de clase II con capacidad máxima de 2,200 gramos y legibilidad de lectura a 0.01g. Marca OHAUS modelo PR2202/E según certificado de calibración MT-LM-329
- Horno eléctrico digital de 76 Litros, AC 220V, precisión ± 1 °C, rango de temperatura de 50 °C a 300 °C. Marca: A&A INSTRUMENT, modelo: STHX-1A calibrado según certificado de calibración MT-LT-002-2020
- Tamices: Usar tamices de los siguientes tamaños: 6,3 mm (N° 4), 4,75 mm (N° 4), 2,00 mm (No. 10), y un fondo (base). Los tamices cumplen con la norma ASTM E11
- Vaso erlenmeyer, de 500 ml de capacidad.
- Aparato de filtración: apropiado para el tipo de filtro elegido (de membrana o papel)
- Filtro de membrana: con una dimensión del poro de 0,45 µm.

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
 Revisado: Ing. Jofany R. O.

SILVER GEO SAC.
 Denominación Geográfica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
 Ing. Civil Jofany R. RAYMUNDO OLIVERA
 C.U.P. N° 204352

RUC: 20601685524
 [Pag. 31]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD

ESTUDIO MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

PANEL FOTOGRÁFICO

UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10

DISTRITO : EL TAMBO

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNÍN

SOLICITANTE: [Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto]

PROPIETARIO: DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

Lima, 06 de julio del 2022



Imagen 01: Detalle de excavación Calicata C-01
 Profundidad de excavación 3 metros



Imagen 02: Detalle de excavación Calicata C-01
 Presencia de grava y arena



Imagen 03: Detalle de excavación Calicata C-01
 Detalle de muestreo

SILVER GEO SAC.
Universidad Politécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

.....
 Ing. Civil Jalay K. RAYMUNDO OLIVERA
 C.I.P. N° 204352



Imagen 04: Lavado de muestras de para separar los suelos finos con un tamiz N° 200



Imagen 05: Secado de muestras en horno para determinar el contenido de humedad según norma ASTM D2216



Imagen 06: Secado de muestras en horno para determinar el contenido de humedad según norma ASTM D2216

Silver Geo Sac
[Ingeniería]
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

SILVER GEO SAC.
Asociación Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto
Ing. Civil **José R. RAYMONDO OLIVERA**
C.I.P. N° 204352



Imagen 07: Análisis granulométrico por tamizado según normas ASTM D422, NTP 339.128



Imagen 08: Determinación de los límites de Atterberg según normas ASTM D4318, NTP 339.129



Imagen 09: Determinación de los límites de Atterberg según normas ASTM D4318, NTP 339.129



SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.F. N° 201352



Imagen 10: Determinación de Sulfatos solubles en Suelos. Según norma NTP 339.178



Imagen 11: Determinación de Sulfatos solubles en Suelos. Según norma NTP 339.178



Imagen 12: Determinación de Cloruros solubles en Suelos. Según norma NTP 339.178

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil **Jenny R. RAYMONDO OLIVERA**
C.I.P. N° 201352



Imagen 13: Determinación de Cloruros solubles en Suelos.
Según norma NTP 339.178



Imagen 14: Ensayo de corte directo según norma
ASTM D3080, NTP 339.171



Imagen 15: Ensayo de corte directo según norma
ASTM D3080, NTP 339.171



SILVER GEO SAC.
Comercio Electrónico
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

.....
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

ESTUDIO MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULARES EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

CERTIFICADO DE REGISTRO DE LABORATORIO

UBICACIÓN : PASAJE SAGITARIO S/N MZ H, LOTE 10

DISTRITO : EL TAMBO

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNÍN

SOLICITANTE:

PROPIETARIO: DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

Lima, 06 de julio del 2022



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS

RESOLUCIÓN N° 004588-2018/DSD-INDECOPI

EXPEDIENTE: 729432-2017
SOLICITANTE: SILVESTRE HUARCAYA EULOGIO
Lima, 05 de marzo de 2018

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 29 de noviembre de 2017, SILVESTRE HUARCAYA EULOGIO, de Perú, solicita el registro de marca de servicio constituida por la denominación SILVER GEO S.A.C. INGENIERÍA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA CONSULTORÍA TÉCNICA y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo, para distinguir servicios de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

2. EXAMEN DE REGISTRABILIDAD:

Realizado el examen de registrabilidad del signo solicitado con relación a los servicios que pretende distinguir, y habiendo tenido a la vista la totalidad de antecedentes fonéticos y figurativos en la clase solicitada, se concluye que cumple con los requisitos previstos en el artículo 134 de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y no se encuentra comprendido en las prohibiciones señaladas en los artículos 135 y 136 del dispositivo legal referido.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36, 40 y 41 de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, concordante con el artículo 4 del Decreto Legislativo N° 1075.

3. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS:

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de servicio de la Propiedad Industrial, a favor de SILVESTRE HUARCAYA EULOGIO, de Perú, la marca de servicio constituida por la denominación SILVER GEO S.A.C. INGENIERÍA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA CONSULTORÍA TÉCNICA y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo que se consignará en el certificado correspondiente; para distinguir servicios de investigación en laboratorio de suelos, topografía, servicios de consultoría de expedientes técnicos, de la Clase 42 de la Clasificación Internacional.

El presente registro queda bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado a partir de la fecha de la presente Resolución.

Regístrese y Comuníquese

CARLOS CAMPOS FRANCO
DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS
INDECOPI

Pág. 1 de 1

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
Calle De la Prosa 194, San Borja, Lima 41 - Perú / Telf.: 224-7900
e-mail: postmaster@indecopi.gob.pe / Web: www.indecopi.gob.pe



Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00106135

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 004588-2018/DSD - INDECOPI de fecha 05 de marzo de 2018, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo : La denominación SILVER GEO S.A.C. INGENIERÍA DE SUELOS Y GEOTECNIA CONSULTORÍA TÉCNICA y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo

Distingue : Servicios de investigación en laboratorio de suelos, topografía, servicios de consultoría de expedientes técnicos

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0729432-2017

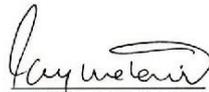
Titular : SILVESTRE HUARCAYA EULOGIO

País : Perú

Vigencia : 05 de marzo de 2028

Tomo : 0531

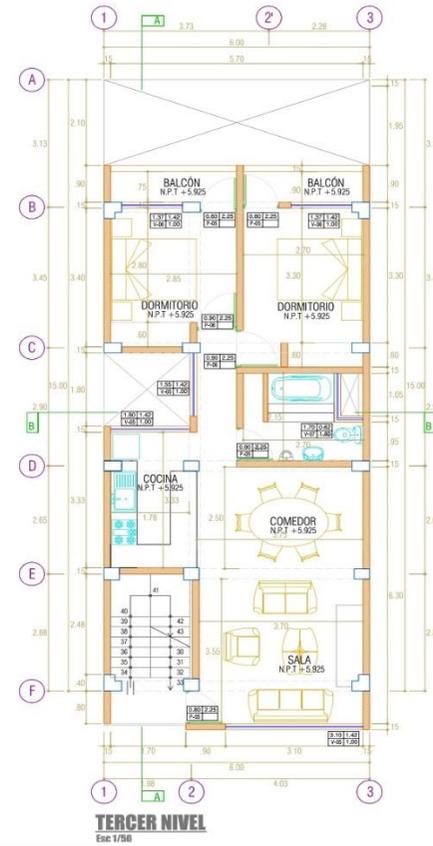
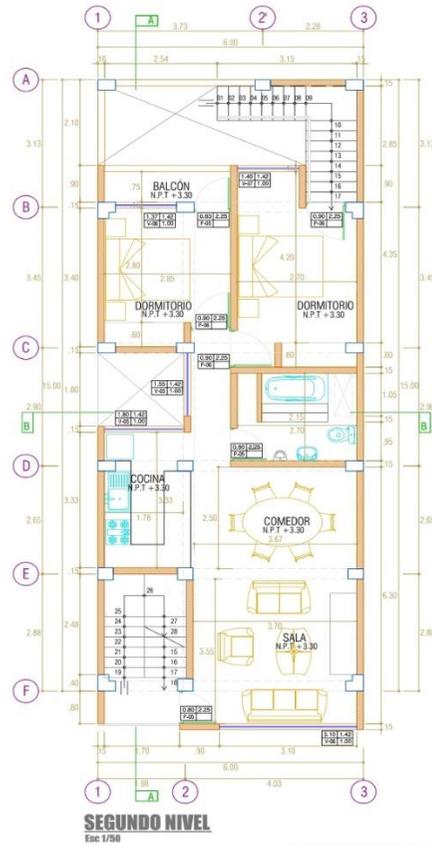
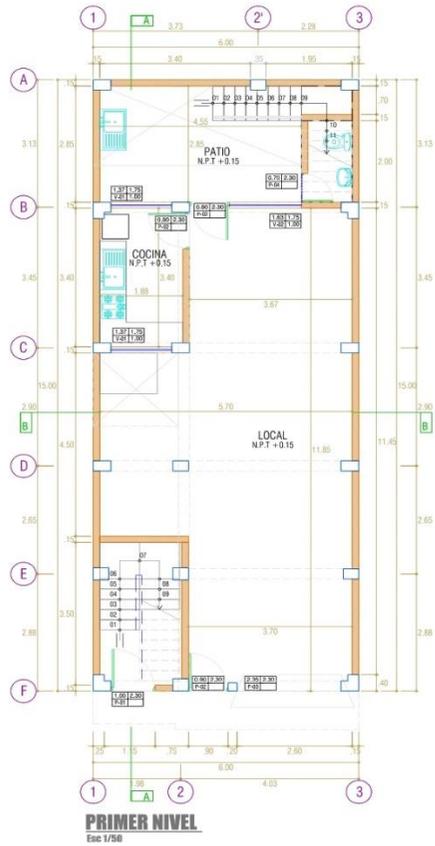
Folio : 149



RAY MELONI GARCIA
Director
Dirección de Signos Distintivos
INDECOPI



Anexo N° 07: Planos



CUADRO DE ACABADOS												
ELEMENTO	CANTIDAD	PISO			PARED			TEJADO			OTROS	
		TIPO	UNIDAD	VALOR	TIPO	UNIDAD	VALOR	TIPO	UNIDAD	VALOR		
1.01	1	1.01	1	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	
1.02	1	1.02	1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	
1.03	1	1.03	1	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	
1.04	1	1.04	1	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	
1.05	1	1.05	1	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	
1.06	1	1.06	1	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	
1.07	1	1.07	1	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	
1.08	1	1.08	1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	
1.09	1	1.09	1	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	
1.10	1	1.10	1	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	
1.11	1	1.11	1	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	
1.12	1	1.12	1	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	
1.13	1	1.13	1	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	
1.14	1	1.14	1	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	
1.15	1	1.15	1	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	
1.16	1	1.16	1	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	
1.17	1	1.17	1	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	
1.18	1	1.18	1	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	
1.19	1	1.19	1	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	
1.20	1	1.20	1	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	
1.21	1	1.21	1	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	
1.22	1	1.22	1	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	
1.23	1	1.23	1	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	
1.24	1	1.24	1	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	
1.25	1	1.25	1	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	
1.26	1	1.26	1	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	
1.27	1	1.27	1	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	
1.28	1	1.28	1	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28	
1.29	1	1.29	1	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	
1.30	1	1.30	1	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	
1.31	1	1.31	1	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	
1.32	1	1.32	1	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	
1.33	1	1.33	1	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	
1.34	1	1.34	1	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	
1.35	1	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	
1.36	1	1.36	1	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	
1.37	1	1.37	1	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	
1.38	1	1.38	1	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	
1.39	1	1.39	1	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	
1.40	1	1.40	1	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	
1.41	1	1.41	1	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	
1.42	1	1.42	1	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	
1.43	1	1.43	1	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43	
1.44	1	1.44	1	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	
1.45	1	1.45	1	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	
1.46	1	1.46	1	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	
1.47	1	1.47	1	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	
1.48	1	1.48	1	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	
1.49	1	1.49	1	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	1.49	
1.50	1	1.50	1	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	

PROYECTO:
"COMPARACIÓN ENTRE VIGAS DE SECCIÓN VARIABLE Y RECTANGULAR EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO"

PLANO:
Arquitectura - Primer, segundo y tercer nivel

UBICACIÓN:
Departamento: Ica
Provincia: Huancayo
Distrito: Huancayo

ESTUDIANTE:
DAVID FLORENCIO INGA MONTALVÁN

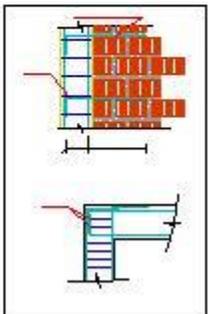
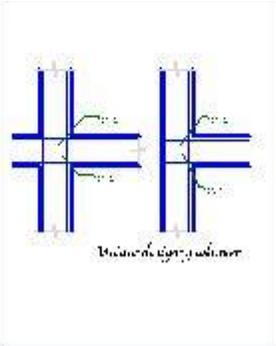
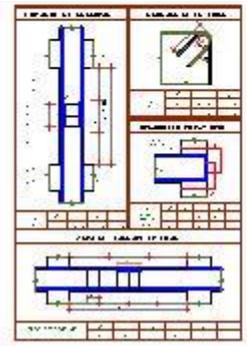
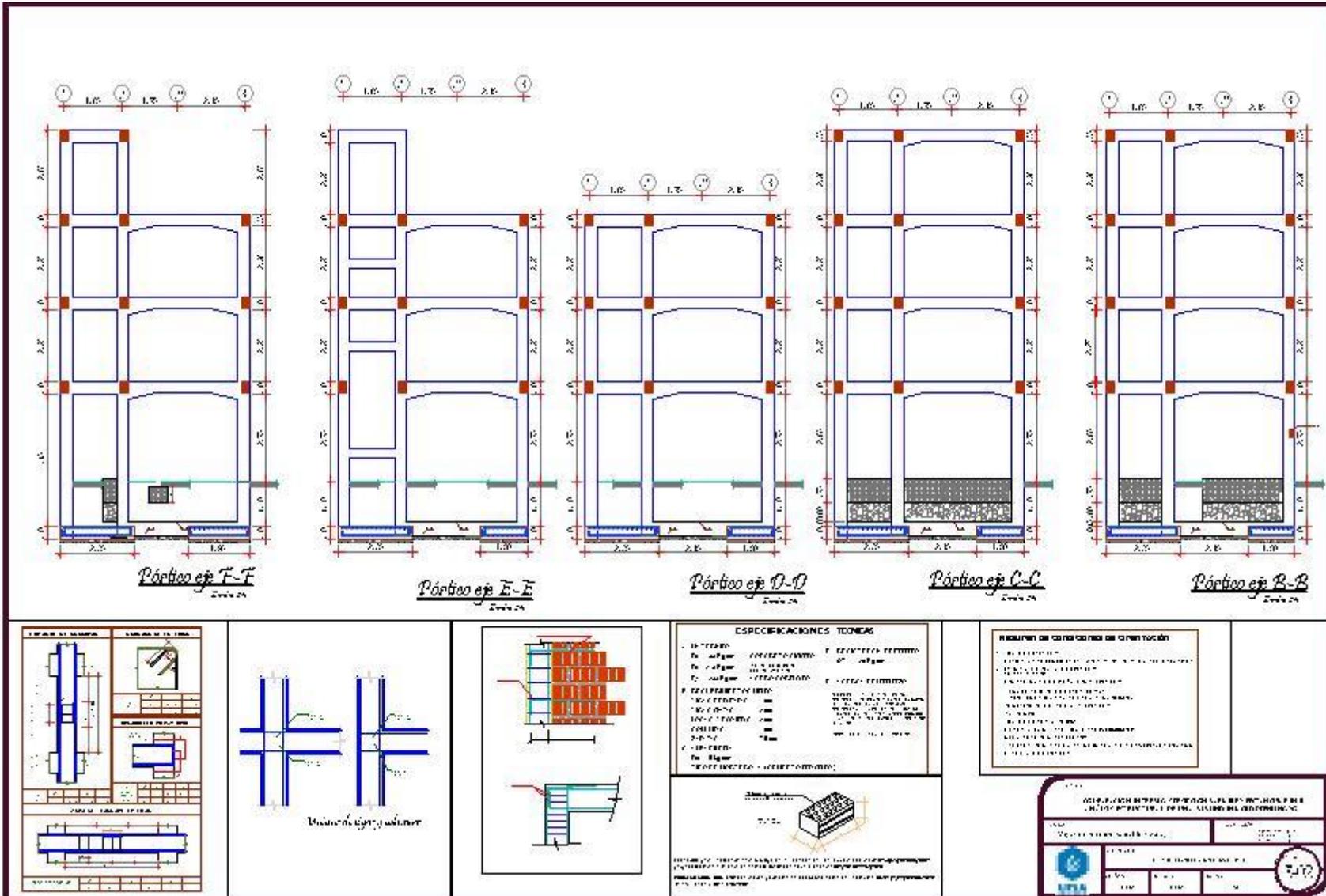
OSIFICIO:
DTM

DEBUIJO:
DTM

ESCALA:
1/50

Alumno:
A-01

UPLA



ESPECIFICACIONES TONICAS

1) TIPO:	2) ESPESOR:
De aliger: CONCRETO ARMADO	De concreto: CONCRETO ARMADO
De aliger: 150 mm	De concreto: 150 mm
De aliger: CONCRETO ARMADO	De concreto: CONCRETO ARMADO
De aliger: CONCRETO ARMADO	De concreto: CONCRETO ARMADO

REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES

1) ACERO: **ACERO ESTRUCTURAL**

2) CEMENTO: **CEMENTO PORTLAND**

3) AGUA: **AGUA POTABLE**

4) AGUJAS: **AGUJAS DE ALUMINIO**

5) ARENA: **ARENA LIMPIA**

6) GRAVA: **GRAVA LIMPIA**

7) FIBRA: **FIBRA DE VIDRIO**

8) FIBRA DE CARBONO: **FIBRA DE CARBONO**

9) FIBRA DE Kevlar: **FIBRA DE KEVLAR**

10) FIBRA DE POLIESTER: **FIBRA DE POLIESTER**

11) FIBRA DE POLIPROPILENO: **FIBRA DE POLIPROPILENO**

12) FIBRA DE POLIETILENO: **FIBRA DE POLIETILENO**

13) FIBRA DE POLIURETANO: **FIBRA DE POLIURETANO**

14) FIBRA DE POLIACRILATO: **FIBRA DE POLIACRILATO**

15) FIBRA DE POLIAMIDA: **FIBRA DE POLIAMIDA**

16) FIBRA DE POLIIMIDA: **FIBRA DE POLIIMIDA**

17) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

18) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

19) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

20) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

REQUISITOS DE CALIDAD DE MATERIALES

1) ACERO: **ACERO ESTRUCTURAL**

2) CEMENTO: **CEMENTO PORTLAND**

3) AGUA: **AGUA POTABLE**

4) AGUJAS: **AGUJAS DE ALUMINIO**

5) ARENA: **ARENA LIMPIA**

6) GRAVA: **GRAVA LIMPIA**

7) FIBRA: **FIBRA DE VIDRIO**

8) FIBRA DE CARBONO: **FIBRA DE CARBONO**

9) FIBRA DE Kevlar: **FIBRA DE KEVLAR**

10) FIBRA DE POLIESTER: **FIBRA DE POLIESTER**

11) FIBRA DE POLIPROPILENO: **FIBRA DE POLIPROPILENO**

12) FIBRA DE POLIETILENO: **FIBRA DE POLIETILENO**

13) FIBRA DE POLIURETANO: **FIBRA DE POLIURETANO**

14) FIBRA DE POLIACRILATO: **FIBRA DE POLIACRILATO**

15) FIBRA DE POLIAMIDA: **FIBRA DE POLIAMIDA**

16) FIBRA DE POLIIMIDA: **FIBRA DE POLIIMIDA**

17) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

18) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

19) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

20) FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE: **FIBRA DE POLIETILÉNFLEXIBLE**

INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

PROYECTO: **PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL TEMPLO DE SAN JUAN DE LOS RIOS**

UBICACIÓN: **BOGOTÁ, COLOMBIA**

CLIENTE: **SECRETARÍA DE CULTURA**

FECHA: **2018**

ESCALA: **1/50**

PROYECTISTA: **ING. JUAN PABLO GONZALEZ**

REVISOR: **ING. JUAN PABLO GONZALEZ**

APROBADO: **ING. JUAN PABLO GONZALEZ**

SEAL: **SEAL OF THE ENGINEER**

