



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado
considerando interacción suelo estructura en el distrito San
Antonio, Moquegua 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Falcon Nina, Noelia Edith (orcid.org/0009-0005-4669-7442)

ASESOR:

Mg. Huaroto Casquillas, Enrique Eduardo (orcid.org/0000-0002-8757-6621)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedicado a mis abuelos y toda mi familia, por ser ese motivo de ser grandes cada día para así poder aportar a la sociedad con sabiduría, ética profesional y mantener siempre esa humildad en cada paso que doy. A mi pequeña familia que voy formando, por ser ese motor de no rendirme, por darme ese apoyo, por la confianza, por darme ese gran amor, por sentir el orgullo de la persona y profesional que soy.

AGRADECIMIENTO

A Dios y la vida por darme salud y darme la oportunidad de cumplir todas mis metas. A mi familia por su apoyo en los buenos y difíciles momentos, y por darme las facilidades de cumplir mi propósito.

A mis asesores por la dedicación a lo largo de este camino, por enseñanza, paciencia y la motivación de avanzar y culminar esta meta.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUAROTO CASQUILLAS ENRIQUE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023", cuyo autor es FALCON NINA NOELIA EDITH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 03 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUAROTO CASQUILLAS ENRIQUE EDUARDO DNI: 08120578 ORCID: 0000-0002-8757-6621	Firmado electrónicamente por: EHUAROTOC el 04- 04-2024 17:36:09

Código documento Trilce: TRI - 0741547



Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, FALCON NINA NOELIA EDITH estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporricado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
NOELIA EDITH FALCON NINA DNI: 46978217 ORCID: 0009-0005-4669-7442	Firmado electrónicamente por: NEFALCON el 03-04- 2024 21:53:21

Código documento Trilce: TRI - 0741549

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE FÓRMULAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRAC	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	23
3.1. Tipo y diseño de investigación	23
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3. Población, muestra y muestreo	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	26
3.5. Procedimientos	29
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS	32
4.1. Descripción del proyecto	32
4.2. Consideraciones para el análisis sísmico.....	36
4.3. Modelamiento de la estructura – Modelo de Base empotrada	40

4.4. Resultados de la Respuesta Sísmica Dinámica – Modelo de Base Empotrada	56
4.5. Resultados de la Respuesta Sísmica Dinámica – Modelo con Cimentaciones	75
4.6. Modelamiento en Etabs considerando interacción suelo estructura Norma Rusa 85	
4.7. Resultados del modelo con Interacción Suelo Estructura	89
4.8. Análisis de los resultados de los diferentes modelos	100
V. DISCUSIÓN	112
VI. CONCLUSIONES	119
VII. RECOMENDACIONES	121
REFERENCIAS	123
ANEXOS	129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites para las distorsiones de entre piso según Norma E030	16
Tabla 2: Matriz de operacionalización de variables.	25
Tabla 3. Tabla de interpretación de la V de Aiken	28
Tabla 4. Tabla resumen de la validez mediante la V de Aiken	28
Tabla 5. Características de los materiales predominantes de la edificación.....	36
Tabla 6. Características del suelo.....	36
Tabla 7. Cargas muertas asignadas a la edificación.	37
Tabla 8. Cargas vivas asignadas a la edificación.	37
Tabla 9. Factores y Coeficientes hallados de acuerdo a la Norma E. 030	40
Tabla 10. Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando X-X.....	53
Tabla 11. Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Y-Y.....	53
Tabla 12. Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso débil X-X.....	53
Tabla 13. Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso débil X-X.....	54
Tabla 14. Verificación de Irregularidad de Masa o Peso.....	54
Tabla 15. Verificación de Irregularidad Torsional X-X	54
Tabla 16. Verificación de Irregularidad Torsional Y-Y.....	55
Tabla 17. Periodos del análisis dinámico.....	56
Tabla 18. Verificación de las Distorsiones de entrepiso del análisis dinámico en la dirección X.....	57
Tabla 19. Verificación de las Distorsiones de entrepiso del análisis dinámico en la dirección Y.	58
Tabla 20. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X. Tomada de Etabs 21.	59
Tabla 21. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico Y.....	60
Tabla 22. Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Empotrado - Pórtico 3-3.	61
Tabla 23. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado - Pórtico 3-3	62
Tabla 24. Momentos Flectores del pórtico 3-3, Sismo Dinámico X -Modelo Empotrado.....	63
Tabla 25. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado - Pórtico 3-3.....	64

Tabla 26. Datos de la columna en el eje 3/B.	65
Tabla 27. Datos de la Zapata en el eje 3/B.	65
Tabla 28. Datos de la columna en el eje 4/B.	68
Tabla 29. Datos de la zapata en el eje 4/B.	68
Tabla 30. Datos de las columnas de los ejes (3-4) / B.	72
Tabla 31. Datos del terreno y zapata	72
Tabla 32. Periodos del análisis sísmico dinámico.	75
Tabla 33. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico X.	76
Tabla 34. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico Y.	77
Tabla 35. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X	78
Tabla 36. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico Y.	78
Tabla 37. Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.	79
Tabla 38. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.	80
Tabla 39. Momentos Flectores Pórtico 3-3, Sismo Dinámico en X -Modelo con Cimentaciones -	81
Tabla 40. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.	82
Tabla 41. Asentamientos Máximos de Zapatas Combinadas - Carga Última PU=1.4CM+1.7CV.	83
Tabla 42. Presiones en las Zapatas Combinadas.	84
Tabla 43. Propiedades del suelo	85
Tabla 44. Periodos del análisis sísmico dinámico X.	89
Tabla 45. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico X.	90
Tabla 46. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico Y.	91
Tabla 47. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X.	92
Tabla 48. Cortante basal de entrepiso Sismo Dinámico Y.	92
Tabla 49. Fuerzas internas por Carga Última Modelo con ISE - Pórtico 3-3	93
Tabla 50. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo con ISE - Pórtico 3-3	94
Tabla 51. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X Modelo con ISE - Pórtico 3-3.	95

Tabla 52. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3.....	96
Tabla 53. Asentamientos Diferenciales por Carga Última.....	97
Tabla 54. Presiones en las Zapatas Combinadas.	99
Tabla 55. Comparación Periodos de Vibración de la Estructura.....	100
Tabla 56. Comparación de Distorsiones de entrepiso en la Dirección X - Sismo Dinámico X.....	101
Tabla 57. Comparación de Distorsiones de entrepiso en la Dirección Y.....	102
Tabla 58. Comparación de Cortante Basal de entrepiso en la Dirección X - Sismo Dinámico X.....	103
Tabla 59. Comparación de Cortante Basal de entrepiso en la Dirección Y - Sismo Dinámico Y	104
<i>Tabla 60. Comparación de Fuerzas Axiales por Carga Última 1.4CM+1.7CV, Pórtico 3-3.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 61. Comparación de Fuerzas Cortantes por Carga Última Sismo Dinámico en X – Pórtico 3-3.....</i>	<i>107</i>
Tabla 62. Comparación de Momentos Flectores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3	108
Tabla 63. Comparación de Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y – Pórtico 3-3	109
Tabla 64. Comparación de Asentamientos Máximos de Zapatas Combinadas debidos a Carga Última.....	110
Tabla 65. Comparación de Esfuerzos Máximos de Zapatas Combinadas debidos a Carga Última.	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema comparativo modelo base empotrada y modelo con interacción suelo estructura.....	10
Figura 2. Esquema de la idealización de una cimentación con los coeficientes de rigidez.....	11
<i>Figura 3. Clasificación de las zapatas. Tomado de Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.....</i>	<i>20</i>
Figura 4. Esquema de procedimiento.....	29
<i>Figura 5. Ubicación del proyecto, distrito San Antonio.</i>	<i>32</i>
Figura 6. Distribución arquitectónica primera planta. Nota: Elaborada por la autora.	33
<i>Figura 7. Distribución arquitectónica planta típica. Nota: Elaborada por la autora.</i>	<i>34</i>
Figura 8. Distribución arquitectónica de azotea. Nota: Elaborada por la autora...	35
Figura 9. Secciones de vigas. Elaborada por la autora.	38
Figura 10. Secciones de columnas. Elaborada por la autora.	38
Figura 11. Estructuración planta típica. Elaborada por la autora	39
Figura 12. Definición de materiales. Tomada de Etabs 21.	41
Figura 13. Definición de sección de columna rectangular. Tomada de Etabs 21..	41
Figura 14. Definición de sección de columna L. Tomada de Etabs 21.	42
Figura 15. Definición de sección de columna T. Tomada de Etabs 21.....	42
Figura 16. Definición de sección de viga principal. Tomada de Etabs 21.....	42
Figura 17. Definición de sección de viga secundaria. Tomada de Etabs 21.....	43
Figura 18. Definición de sección de viga de borde. Tomada de Etabs 21.	43
Figura 19. Definición de sección de losa aligerada. Tomada de Etabs 21.	44
Figura 20. Definición de muro de corte (placa). Tomada de Etabs 21.....	44
Figura 21. Definición de la sección del descanso de escalera. Tomada de Etabs 21.	45
Figura 22. Definición de sección de la escalera. Tomada de Etabs 21.	45
Figura 23. Modelado de la estructura en Etabs, vista 3D. Tomada de Etabs 21. .	46
Figura 24. Asignación de cargas muertas en losas, piso típico. Tomada de Etabs 21.	47

Figura 25. Asignación de cargas vivas en losas, piso típico. Tomada de Etabs 21.	47
Figura 26. Asignación de cargas distribuidas debido a tabiquería, piso típico. Tomada de Etabs 21.	48
Figura 27. Definición de las cargas sísmicas en las direcciones X e Y. Tomada de Etabs 21.	48
Figura 28. Configuración de las cargas sísmicas estáticas en las direcciones X e Y. Tomada de Etabs 21.	48
Figura 29. Definición del espectro de respuesta. Tomada de Etabs 21.....	49
Figura 30. Definición de las cargas de sismo dinámico en la dirección X. Tomada de Etabs 21.	49
Figura 31. Definición de las cargas de sismo dinámico en la dirección Y. Tomada de Etabs 21.	50
Figura 32. Asignación de la participación de masas. Tomada de Etabs 21.....	50
Figura 33. Asignación de los diafragmas rígidos. Tomada de Etabs 21.	51
Figura 34. Definición del espectro sísmico para la dirección Y. Tomada de Etabs 21.	52
Figura 35. Distorsiones de entrepiso – Sismo Dinámico X, tomada de Etabs 21.	57
Figura 36. Distorsiones de entrepiso - Sismo Dinámico Y, tomada de Etabs 21..	58
Figura 37. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X, tomada de Etabs 21.	59
Figura 38. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico Y, tomada de Etabs 21.	60
Figura 39. Fuerzas axiales por carga última pórtico 3-3, tomada de Etabs 21.....	61
Figura 40. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado - Pórtico 3- 3	62
Figura 41. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X -Modelo Empotrado - Pórtico 3-3.....	63
Figura 42. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado - Pórtico 3-3.....	64
Figura 43. Vista elevación de zapata y columna. Elaborada por la autora.	66
Figura 44. Esquema zapata, columna y zona de punzonamiento. Elaborada por la autora.	67

Figura 45. Esquema zapata, columna y zona de punzonamiento. Elaborada por la autora.	69
Figura 46. Ejemplo de zapatas aisladas superpuestas ejes A y B. Elaborada por la autora.	71
Figura 47. Detalle en planta de la zapata combinada Eje (3-4)/ B. Elaborada por la autora.	72
Figura 48. Detalle en elevación de la zapata combinada Eje (3-4) / B Elaborada por la autora.	73
Figura 49. Distorsiones de entrepiso - Sismo Dinámico X	76
Figura 50. Distorsiones de entrepiso en la dirección Y - Sismo Dinámico Y.....	77
Figura 51. Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.....	79
Figura 52. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.	80
Figura 53. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X -Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3	81
Figura 54. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.	82
Figura 55. Asentamientos por Carga última. Tomada de Etabs 21.....	84
Figura 56. Presiones por carga amplificada $P_u=1.4C_M+1.7C_V$. Tomada de Etabs 21.	85
Figura 57. Asignación de coeficientes de rigidez en Etabs – zapata 1. Tomada de Etabs 21.	87
Figura 58. Asignación de coeficientes de rigidez en Etabs – zapata 2. Tomada de Etabs 21.	88
Figura 59. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico X.....	90
Figura 60. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico Y. Tomada de Etabs 21.	91
Figura 61. Fuerzas internas por Carga Última Modelo con ISE - Pórtico 3-3.....	93
Figura 62. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo con ISE - Pórtico 3-3	94
Figura 63. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X Modelo con ISE - Pórtico 3-3.....	95

Figura 64. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y Modelo con ISE - Pórtico 3-3.....	96
Figura 65. Asentamientos por Carga última. Tomada de Etabs 21.....	98
Figura 66. Presiones por carga última. Tomada de Etabs 21.....	99
Figura 67. Comparación de Periodos de Vibración. Elaborada por la autora.....	101
Figura 68. Comparación de Periodos de Vibración. Elaborada por la autora.....	102
Figura 69. Comparación de Distorsiones en la dirección Y. Elaborada por la autora.	103
Figura 70. Comparación cortante basal en la dirección X. Elaborada por la autora.	104
Figura 71. Comparación cortante basal en la dirección Y. Elaborada por la autora.	105
Figura 72. Comparación fuerzas axiales pórtico 3-3. Elaborada por la autora...	106
Figura 73. Gráfico comparativo de Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X - Pórtico 3-3.....	107
Figura 74. Grafico comparativo de momentos Flectores – por sismo dinámico Y – Pórtico 3-3.....	108
Figura 75. Gráfico comparativo de Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3.....	109
Figura 76. Comparación de los asentamientos Máximos por carga última. Elaborada por la autora.	110
Figura 77. Gráfico comparativo de los esfuerzos en zapatas, bajo carga última.	111

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Fuerzas de reacción horizontal	10
Fórmula 2.. Fuerzas de reacción vertical.	10
Fórmula 3. Fuerzas de reacción rotacional.	10
Fórmula 4. Coeficientes de rigidez de compresión elástica uniforme.....	13
Fórmula 5. Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme.....	13
Fórmula 6. Coeficiente de rigidez de compresión elástica no uniforme.	13
Fórmula 7. Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme.....	13
Fórmula 8. Aceleración espectral.	15
Fórmula 9. Coeficiente de validez de la V de Aiken.	27

RESUMEN

En la presente investigación se evalúa la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando los efectos de interacción suelo estructura mediante el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87 y medir la influencia respecto al modelo de base rígida; para ello se considero como muestra un edificio de 5 niveles de sistema estructural principalmente de pórticos de concreto armado con una cimentación de zapatas combinada asentado en un suelo S2. La metodología utilizada en el presente estudio es de tipo aplicada, no experimental y descriptiva.

Entre los principales resultados encontrados se destaca el incremento de las distorsiones de entrepiso en un 11.56% en la dirección X, un incremento de hasta el 22.88% en la dirección Y; en cuanto al comportamiento de la cimentación se obtuvo una disminución considerable de los asentamientos de hasta el 92.65% en la zapata Z-6, en cuanto a los esfuerzos de presión de la cimentación se tuvo un aumento de hasta el 71.73% en la zapata Z-6 y disminución de hasta el 20.08% en la zapata Z-2. Estos resultados nos indican una influencia significativa al evaluar el modelo de interacción suelo estructura de la norma rusa SNIP 2.02.05-87 respecto al modelo de base empotrada.

Palabras clave: Interacción suelo estructura, respuesta sísmica, edificio aporticado.

ABSTRAC

This research evaluates the seismic response of a portal frame building considering the effects of soil-structure interaction using the model of the Russian standard SNIP 2.02.05-87 and measuring the influence with respect to the rigid base model; for this purpose, a 5-story building with a structural system of mainly reinforced concrete portal frames with a combined footing foundation on S2 soil was considered as a sample. The methodology used in this study was applied, non-experimental and descriptive.

Among the main results found, it is highlighted the increase of 11.56% of the floor distortions in the X direction, an increase of up to 22.88% in the Y direction; regarding the behavior of the foundation, a considerable decrease of up to 92.65% of the settlements was obtained in footing Z-6, regarding the pressure stresses of the foundation, there was an increase of up to 71.73% in footing Z-6 and a decrease of up to 20.08% in footing Z-2. These results indicate a significant influence when evaluating the soil-structure interaction model of the Russian standard SNIP 2.02.05-87 with respect to the embedded foundation model.

Keywords: Soil-structure interaction, seismic response, portal frame building.

I. INTRODUCCIÓN

Como desarrollo y perfeccionamiento en la ingeniería se está en la búsqueda de mejores técnicas de análisis sísmico estructural de los diferentes tipos de edificaciones que permitan obtener resultados lo más reales posibles, una de las condiciones fundamentales es la interacción que relaciona el suelo y la base de la estructura, a pesar de ello, en la mayoría de modelos de análisis estructural se sigue optando por un modelo que considera un suelo rígido, en el que se dividen la super estructura de su cimentación y del suelo, a pesar de haber modelos que si consideran los efectos de flexibilidad del suelo, denominado interacción suelo estructura (ISE). A nivel de América, la mayoría de países de la costa de pacifico se catalogan como países de alta sismicidad; México, Chile, Costa Rica, Alaska, entre otros, registran, por antecedentes, sismos severos ocurridos en su historia recientes, dos de los terremotos de mayor magnitud ocurrió en Chile y Alaska en los año 1960, magnitud 9.5; y de 9.2 en el año 1964 respectivamente, esto ha evidenciado la necesidad de los países por mejorar las técnicas de análisis y diseño sísmico, además de contemplar de manera más profunda factores que influyen en el mismo (Ayala, Delgadillo, Ferrer, 2017).

El Perú, por estar dentro de la región de fuego del pacifico, es también un país altamente sísmico, ejemplo de ello podemos mencionar el terremoto de Pisco (Ica) en el 2007 $M_w = 7.70$. El desarrollo económico y mayor población se encuentra en la costa, esto conlleva a que las mayores construcciones lógicamente estén en estas zonas de alta sismicidad, en consecuencia, es necesario darle una mayor importancia a la seguridad estructural y perfeccionar los modelos de análisis y diseño de las diferentes edificaciones. De acuerdo con nuestra norma técnica E030, en los procesos de análisis sísmico las estructuras se idealizan sobre una base empotrada, dejando a criterio del diseñador considerar o no los efectos de flexibilidad de la cimentación, y en caso considerar estos efectos no indica que modelo y/o metodología se va a utilizar. Considerar los efectos de flexibilidad de suelo adquiere una mayor relevancia al momento de realizar los procesos de obtención de los periodos, vibraciones y las distintas fuerzas internas de las estructuras (Villarreal, 2017).

El distrito San Antonio zona adyacente a la ciudad de Moquegua, según la zonificación por sismo del Perú se encuentra ubicada en la zona de mayor sismicidad y de acuerdo con las condiciones geotécnicas presenta suelos blandos, e Intermedios. Asimismo, en la zona de estudio también se sigue el modelo de análisis normativo considerando que la estructura esta sobre una base empotrada, dejando de lado los efectos de flexibilidad de interacción suelo estructura (ISE).

El análisis planteado por la norma es menos complejo de realizar para el diseñador, asimismo a nivel de norma falta implementar un capítulo donde se tenga en consideración la intervención de los efectos de interacción suelo estructura, así como los procedimientos a seguir, para que los diseñadores tengan una guía normada con la cual trabajar; a nivel de norma hace falta más estudios a nivel nacional en base a las diferentes características de suelos, edificaciones, condiciones de cargas, etc., necesarios conocer para implementar una modificación en esta normatividad. Sumado a esta problemática se tiene la informalidad y las autoconstrucciones que no contemplan en ningún momento los estudios y el asesoramiento adecuado para la construcción de las edificaciones, esta situación provoca el incremento en la vulnerabilidad de las edificaciones de esta zona ante un eventual movimiento sismo severo.

En la actualidad, se entiende que la interacción dinámica entre los suelos y la estructura modifica propiedades importantes, así como el comportamiento de una edificación. Para poder realizar este análisis, se tienen varios modelos internacionales como alternativa de planteamiento, entre los más destacados están, el modelo de D.D. Barkan – Savinov, modelo de Ilichev, también está el modelo Winkler (modelo estático) y el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87. Estas alternativas nos permiten analizar las estructuras de una manera más real, y así buscar comprender como es que interactúan el suelo con las cimentaciones y la superestructura para proponer valores de diseño más aproximados al comportamiento real de las edificaciones (Hernández y Zayas, 2022).

En la investigación estudiada se buscó evaluar los efectos dinámicos de flexibilidad interacción suelo estructura en un proyecto planteado de pórticos,

utilizando el Modelo Dinámico planteado por la Norma Rusa SNIP 2. 02.05 – 87 del cual se resalta la inclusión de seis grados de libertad comprendidos por los coeficientes de rigidez, los cuales determinaron de una manera más real como interactúa el suelo con la estructura. De esta manera se pudo evaluar su respuesta sísmica, y compararla con el modelo tradicional indicado en la norma, donde se considera que la base es rígida, es decir el suelo no se deforma, no se desplaza, ni presenta rotación.

Para el presente estudio se formuló como **problema general**: ¿Cómo es la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura mediante el Modelo Dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?

Asimismo, los problemas específicos se plantearon de la siguiente manera: problema específico 1 ¿Cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis sísmico de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?; problema específico 2 ¿Cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis estructural de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?; problema específico 3 ¿Cómo influye la interacción suelo estructura en el comportamiento de las cimentaciones de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?

La investigación en estudio tiene **justificación teórica**, ya que se buscó agregar e incrementar conocimientos en cuanto a considerar la interacción suelo estructura (ISE) en los procesos de análisis sísmico de edificios aporticados. Se aplicó un modelo de análisis internacional, al ámbito local, específicamente en el distrito San Antonio de la región Moquegua, lugar conocido por presentar suelos deficientes y carecer de estudios sobre este tema y donde no hay una normativa que nos indique el proceso o modelo a seguir.

Asimismo, se tiene justificación práctica porque ayuda a prevenir que se sigan ignorando consideraciones importantes en el análisis sísmico, en este caso el impacto de interacción suelo estructura con la identificación de la influencia en la respuesta sísmica se pudo demostrar la importancia de trabajar con un modelo más real de análisis.

El estudio tiene un beneficio social, mediante la demostración de la importancia de considerar los efectos de ISE en los procesos de análisis y posterior diseño de las edificaciones del distrito de San Antonio y así evitar o aminorar posibles fallas e incremento de la vulnerabilidad en las estructuras.

También se considera una justificación metodológica, ya que se contribuye a mejorar el tipo de análisis sísmico estructural mediante la inclusión en los efectos dinámicos de flexibilidad del suelo en los procesos de análisis.

El **objetivo principal** planteado fue: Determinar cómo es la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura mediante el Modelo Dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.

Asimismo, para los objetivos específicos se planteó de la siguiente manera: objetivo específico 1, determinar cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis sísmico de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. Objetivo específico 2, determinar cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis estructural de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. Objetivo específico 3, determinar cómo influye la interacción suelo estructura en el comportamiento de las cimentaciones de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.

Como **hipótesis** planteada para el problema general se planteó que: La respuesta sísmica de un edificio aporticado es influenciada por la interacción suelo estructura mediante el Modelo Dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. Hipótesis específica 1, la interacción suelo estructura influye significativamente en el análisis sísmico de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. Hipótesis específica 2, la interacción suelo estructura influye significativamente en el análisis estructural de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. Hipótesis específica 3, la interacción suelo estructura influye significativamente en el comportamiento de las cimentaciones de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Antecedentes Internacionales

Para Dhahbia y Khalfallah (2019) en el artículo científico titulado “Soil-structure interaction effects on the seismic performance of frame structures”, basado en un programa numérico sustentado en el método directo de análisis de interacción entre la estructura del suelo y las fuerzas sísmicas. Con una metodología práctica se utilizó la teoría base de elementos finitos. Como objetivo principal de estudio plantearon realizar una prueba cuantitativa donde se estudió los efectos de flexibilidad de la estructura y su cimentación. Otro de sus objetivos fue determinar la influencia conjunta de estos efectos y las fuerzas sísmicas en los pórticos de la edificación. Se ha logrado concluir que todos los tipos de suelo incrementan los movimientos a nivel de interacción, pero con diferentes grados. Asimismo, el valor de la amplificación se ve influenciada por: la flexibilidad (ISE) del suelo, las fuerzas del sismo y las características propias del suelo bajo la base.

Por otro lado, en la investigación de Nelson et al. (2022) titulada “A Structural Design Comparison Between Two Reinforced Concrete Regular 6-Level Buildings using Soil-Structure Interaction in Linear Range” plantearon como objetivo principal, realizar una comparación aplicando interacción suelo estructura al diseño sísmico estructural en concreto armado de dos estructuras dentro del rango elástico. Para ello se idealizó la cimentación a un sistema de resortes, luego se hizo una comparativa en base a resultado dentro del rango. Como resultado del análisis se observó el aumento de los períodos de vibración, asimismo se incrementó las cuantías del refuerzo entre 7% y 25% en vigas, entre 29% y 39% en columnas, también incremento las cuantías de los estribos por fuerza cortante entre 3% y 11% en columnas y cuantías de estribos en vigas entre 5% y 45%, las derivas incrementaron entre un rango de 1% y 14%, y se tuvo una disminución de la cortante basal hasta en un 20%. Finalmente, se concluyó que es necesario considerar los efectos estudiados en el diseño estructural en el rango lineal.

De similar manera Castro y Pérez (2020) hizo un estudio en su tesis titulada “Análisis de la interacción suelo – estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 Tipos de suelos”, donde planteo como objetivo principal, determinar los efectos de interacción suelo estructura en tres tipos de suelo (A, C y E) y luego hacer un comparativo con el modelo de empotramiento perfecto. Se utilizó una metodología basada en las normativas (NEC-SE-CG del 2015), (NEC-SE-HM del 2015), (NEC-SE-DS del 2015) y (ACI 318 versión 2014). Uno de los resultados más resaltantes fue el encontrado en el suelo E donde los esfuerzos en vigas y columnas fue de 38008,37 Kpa para el modelo típico de empotramiento perfecto en la base. Mientras que para el modelo donde se aplicó lo efectos de interacción suelo estructura fue de 56217,07 Kpa. Esto evidencio una variación del 32,38%, el cual es una variación muy importante para el análisis.

Asimismo, Tierra (2022) realizó un estudio sobre el “Análisis de interacción suelo-estructura de una cimentación superficial de un aerogenerador en un perfil de suelo tipo D (NEC)”. Planteo como objetivo de estudio analizar el comportamiento de una cimentación para un aerogenerador, donde se aplicó los efectos de ISE y se consideró un suelo tipo D(NEC). Los resultados indican que al tener estructuras de elevada altitud y donde se exponen a otro tipo de cargas como fuerzas de sismo y viento, producen mayores reacciones en la cimentación de la base de la torre del aerogenerador. Se recomienda que los aerogeneradores sean también analizados en funcionamiento, para poder combinar todas sus cargas actuantes como su peso propio, fuerzas laterales de sismo y viento, lo que originara evidentemente que surjan reacciones adicionales horizontales, verticales y de volteo.

Antecedentes Nacionales

Condorluicho, (2023) en su investigación titulada “Influencia de la Interacción Suelo Estructura en la Respuesta Dinámica de un Edificio Aporticado en Cajamarca”. Planteo como objetivo principal encontrar que modelo de interacción suelo estructura logra tener una mayor influencia en la respuesta sísmica de una estructura de pórticos, los métodos utilizados fueron el de Barkan Savinov y el planteado por la Norma Rusa. Para lo cual plantearon una

metodología descriptiva correlacional. Como conclusión de la investigación indicaron que, dado que este modelo también tiene en cuenta el coeficiente de amortiguación dinámica del suelo producido por el sísmico, del análisis de respuesta sísmica fue el modelo planteado por la Norma Rusa el que tiene mayores variaciones en sus resultados en comparación con el modelo típico de base empotrada.

Para Muñoz y Requejo (2022) en su tesis titulada “Comparación de los efectos de la interacción suelo-estructura considerando el modelo de Barkan y Norma Rusa en una edificación de 10 niveles con sótano”, plantearon como objetivo principal hacer una comparativa de los efectos de flexibilidad de una estructura de diez pisos con el primer piso de sótano, mediante los modelos de análisis dinámicos planteados por la Normativa rusa y el propuesto por Barkan Savinov. En cuanto al tipo de suelo es un S2, ubicada en la zona 4 en referencia al mapa de zonificación sísmica. Utilizaron un tipo de investigación de alcance descriptivo. Como resultados importantes identificaron que se tuvo un 8.95% de mayores efectos de la Norma Rusa en comparación del modelo planteado por Barkan – Savinov. Con lo encontrado se pudo concluir que los resultados variaron a causa de que el planteado por la norma rusa toma en cuenta los seis grados de libertad influenciado por la flexibilidad, mientras que el modelo de Barkan Savinov presenta cinco grados de libertad

Por otro lado, Ccalluchi (2022) investigo la “Influencia de la Interacción Suelo – Estructura en la Respuesta Estructural de un Edificio de Concreto Armado”. Donde uno de sus objetivos motivo de análisis fue encontrar la variación de los desplazamientos y periodo de vibración aplicando los efectos de ISE en un edificio de concreto armado de sistema dual y 4 pisos, el tipo de suelo fue un S2, un dato importante es la presión admisible de 1.59kg/cm^2 . Aplico el modelo de D.D. Barkan – O.A. Savinov. Para ello utilizo una metodología de tipo descriptivo. Obtuvo resultados importantes en los modos de vibración, para el modo 1 un incremento de 9.84%, para el modo 2 un incremento del 9.84 y para el modo 3 un incremento del 10.23%, otro de sus resultados resaltantes fue encontrar un incremento de hasta el 19.29% en los desplazamientos horizontales para el modelo ISE.

Otro antecedente importante es el dado por Quintana (2019) en su investigación titulada “Análisis de la interacción suelo estructura y su influencia en el diseño estructural / sísmico para una edificación de 6 pisos, Jauja 2018”. Uno de sus objetivos planteados estuvo enfocado a aplicar los efectos de ISE y posteriormente hallar su incidencia en las fuerzas internas de una estructura de seis niveles, ubicado en la localidad del distrito Jauja. Quintana aplicó una metodología descriptiva correlacional. Como conclusiones determinó que, en contraste con el modelo convencional de análisis, al aplicar el modelo planteado por Barkan Savinov las fuerzas cortantes se reducen hasta un 82.20% en X y hasta un 56.03% en Y, para el modelo de análisis de Sargisan las fuerzas cortantes tuvieron una reducción de hasta un valor de 74.27% en X y un porcentaje de 37.49% en Y. Asimismo, halló que en comparación al modelo de análisis convencional, los momentos flectores tuvieron una reducción de hasta un 68.68% en X y en la dirección Y se redujo hasta un 76.90%; para el modelo de Sargisan se encontró que momentos flectores tuvieron una reducción de hasta el 43.32% en X y en la dirección Y se redujo hasta un 60.14%.

Por otro lado, Reátegui Fasabi (2020) investigó: Comparación de la respuesta estructural de una edificación aporticada con zapatas aisladas considerando y sin considerar interacción suelo estructura en la ciudad de Trujillo, uno de sus objetivos fue encontrar la efectividad de aplicar interacción suelo estructura en una edificación aporticada con zapatas aisladas, los modelos aplicados fueron el de Barkan Savinov y el modelo de la norma rusa. Como conclusiones resaltantes halló que las fuerzas cortantes disminuyen en un 3.83% con el modelo de Barkan y con el de la norma rusa SNIP 2.02.05-87 disminuyen hasta un 2.43%, por otro lado, en cuanto a los momentos flectores estos se incrementaron en solo un 0.44% aplicando el modelo de Barkan Savinov y aplicando el modelo ruso incrementa en 2.21%.

Por otro lado, Valle (2021) en su estudio sobre “Análisis del comportamiento de la cimentación de una vivienda multifamiliar aplicando la interacción suelo/estructura en Chachapoyas 2021”. Tuvo como objetivo hallar la influencia en el comportamiento de las cimentaciones correspondiente a un edificio multifamiliar, aplicando las consideraciones de ISE, en la localidad del distrito

Chachapoyas. Su muestra fue una edificación de sistema estructural mixto con pórticos y muros estructurales de 3 pisos y cimentada con zapatas conectadas con vigas de cimentación; el tipo de suelo S3, presión admisible de 0.7 kg/cm² y localizado en la zona 2 de acuerdo al mapa de zonas sísmicas. El modelo de empleado en la investigación de Valle fue el de D.D. Barkan – O.A. Savinov. Para el estudio aplico una metodología transversal descriptivo. Logrando concluir que, las presiones se reducen hasta en un 9.76% en las zapatas del perímetro, por otro lado en las zapatas centrales incrementan su valor hasta en un 9.76%; los asentamientos no sufrieron grandes variaciones que sean resaltantes. Otra conclusión importante fue que se encontró una disminución de hasta el 50% en los esfuerzos de la viga de cimentación, tanto para las fuerzas cortantes como para los momentos flexionantes.

Teoría de la investigación

Interacción suelo estructura (ISE)

Se conceptualiza como el conjunto de efectos originados por las fuerzas dinámicas de la estructura con el suelo las cuales influyen entre sí. Es decir, esta interrelación origina cambios en las propiedades de cada componente de la estructura, de similar manera produce cambios en las características propias del suelo, especialmente en las proximidades de la cimentación Avilés y Pérez Rocha, (2004). La interacción suelo-estructura se refiere a la influencia mutua entre las cargas y deformaciones transmitidas por una estructura y la respuesta del suelo sobre el cual se encuentra esa estructura. Esta interacción es especialmente importante en el diseño y análisis de edificios, puentes, cimentaciones y otras infraestructuras, ya que el comportamiento del suelo puede conllevar a un impacto considerable en la respuesta sísmica de la estructura y viceversa (Guerdouh y Khalfallah, 2019).

La consideración de la participación real de las propiedades flexibles de la base de fundación, analizando todos los puntos de contacto, es decir, los apoyos en cada base de la estructura, es el principio fundamental. Se presenta un esquema que compara el modelo tradicional con el modelo de flexibilidad (Ali et al., 2023).

Los cimientos de los edificios suelen estar apoyados en el suelo, es decir, son bases flexibles. Sin embargo, el método tradicional de evaluación de cualquier edificio supone que la base del edificio es rígida (fija), lo cual es una suposición burda ya que, en realidad, la condición local del suelo tiene un efecto profundo en la respuesta de la estructura (Mehraj Wani et al., 2022).

- Gráfico con base empotrada.
- Gráfico con la flexibilidad en la base, a partir de este esquema se desarrollaron varios modelos.

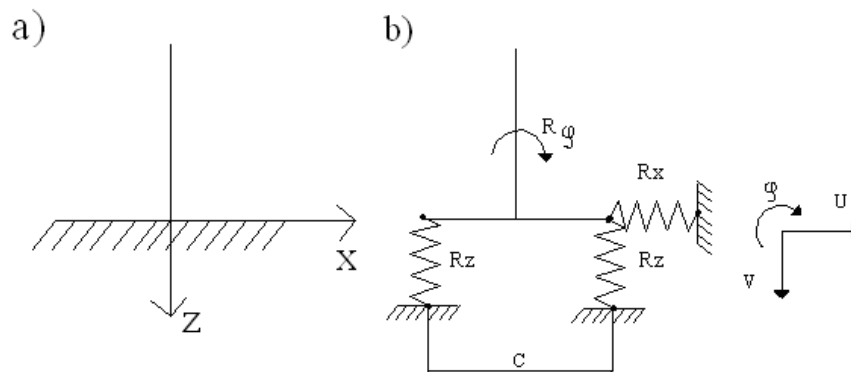


Figura 1. Esquema comparativo modelo base empotrada y modelo con interacción suelo estructura.

Como se mencionó a partir de este primer esquema es que surgen tres fuerzas de reacción.

$$R_x = K_x u$$

Fórmula 1. Fuerzas de reacción horizontal

$$R_z = K_z v$$

Fórmula 2.. Fuerzas de reacción vertical.

$$R_\varphi = K_\varphi \varphi$$

Fórmula 3. Fuerzas de reacción rotacional.

Donde

$K_{(x,z,\varphi)}$: Son coeficientes de rigidez

u, v : son los desplazamientos vertical y lateral (dirección x, z)

φ : Angulo de giro

Como esquema tridimensional de cálculo se tiene la figura siguiente, correspondiente a una zapata aislada típica, asimismo se tiene en consideración que el centro de rigidez (C.R.) de la siguiente idealización de cimentación está en el punto “o”. También se observan gráficamente la ubicación de cada uno de los coeficientes considerados en el modelo (Deepashree R et al., 2020).

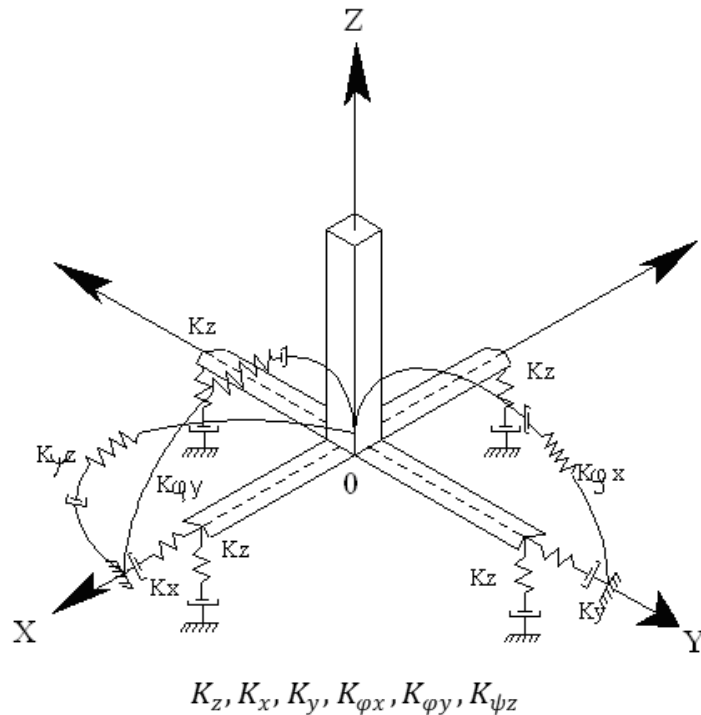


Figura 2. Esquema de la idealización de una cimentación con los coeficientes de rigidez.

Modelo planteado por la Norma Rusa SNIP. 2 .02.05 – 87

La norma rusa SNIP 2.02.05-87 (Norma de Diseño Estructural Cargas y Efectos) es un conjunto de regulaciones y directrices relacionadas con el diseño estructural en Rusia. Esta norma aborda varios aspectos del diseño, incluida la interacción suelo estructura. Esta norma proporciona directrices específicas sobre cómo evaluar y abordar esta interacción en el proceso de diseño (Farajian et al., 2017).

La Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, “Fundaciones de edificios y estructuras”, establece un modelo de interacción suelo estructura para el diseño de edificios en suelos sísmicos (M Munirwansyah et al., 2019). La teoría que sustenta el modelo es que la interacción entre el suelo y las estructuras es lineal y que el suelo actúa como un medio elástico. (Terzi y Athanatopoulou, 2021).

El modelo se estructura en base a los siguientes componentes:

- Modelo de suelo: Representa las propiedades mecánicas del suelo, como rigidez, resistencia al corte y amortiguación.
- Modelo de estructura: Representa propiedades mecánicas de la estructura, como rigidez, resistencia al corte y amortiguación.
- Interacción entre el suelo y la estructura: Se modela mediante la ecuación de equilibrio de fuerzas.

Es necesario aclarar que no hay ningún método establecido disponible para determinar la rigidez elástica del suelo que refleje el comportamiento no lineal del suelo circundante (W.M. Huang et al., 2022). La teoría de la elasticidad lineal sirve como base para el modelo del suelo; el suelo es considerado como un medio homogéneo e isótropo con propiedades constantes en el tiempo. El módulo de elasticidad de Young y el coeficiente de Poisson se utilizan para representar la rigidez del suelo (Baytan Ozmen & Gül Tarakçı, 2022). La resistencia al corte del suelo se representa mediante el coeficiente de cortante. La amortiguación del suelo se representa mediante el coeficiente de amortiguación. La estructura se considera un sistema de elementos finitos con propiedades constantes en el tiempo. La matriz de rigidez global muestra la rigidez de la estructura. La matriz de fuerzas cortantes muestra la resistencia al corte de la estructura, asimismo, la amortiguación se representa mediante la matriz de amortiguación. La interacción entre el suelo y la estructura se modela mediante la ecuación de equilibrio de fuerzas. Según la ecuación de equilibrio de fuerzas, la fuerza total ejercida por el suelo sobre la estructura es igual a la fuerza total ejercida sobre el suelo por la estructura. (Bapir et al., 2023).

Se tomará este modelo para el estudio, donde se plantea la manera de hallar los coeficientes de rigidez planteados por la norma rusa (Villarreal, 2009).

- Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme: Este coeficiente muestra la rigidez del suelo en sentido vertical. La relación entre la fuerza de compresión ejercida por el suelo y la deformación vertical de la base de la fundación se utiliza para calcularlo.

$$K_z = C_z A \text{ kN/m (T/m)}$$

Fórmula 4. Coeficientes de rigidez de compresión elástica uniforme.

- Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme: Este factor muestra la rigidez del suelo en la dirección horizontal. Se determina como la relación entre la fuerza horizontal ejercida por el suelo y la deformación horizontal de la base de la fundación.

$$K_x = C_x A \text{ kN/m (T/m)}$$

Fórmula 5. Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme.

- Coeficiente de rigidez de compresión elástica no uniforme: Este factor muestra la rigidez del suelo en dirección vertical considerando la distribución de la carga en la base de la fundación. Se determina como la relación entre la fuerza de compresión ejercida por el suelo y la deformación vertical de la base de la fundación, teniendo en cuenta la distribución de la carga.

$$K_\varphi = C_\varphi I_\varphi \text{ kN/m (T/m)}$$

Fórmula 6. Coeficiente de rigidez de compresión elástica no uniforme.

- Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme: Este factor denota la rigidez del suelo en la dirección horizontal, pero teniendo en cuenta la distribución de la carga en la base de la fundación. Es determinada como la relación entre la fuerza horizontal ejercida por el suelo y la deformación horizontal de la base de la fundación, teniendo en cuenta la distribución de la carga.

$$K_\psi = C_\psi I_\psi \text{ kN/m (T/m)}$$

Fórmula 7. Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme.

Donde:

A: Área inferior de la cimentación (m^2);

I_φ : momento de inercia (m^4) con respecto al eje horizontal, perpendicular al plano de vibración;

I_ψ : momento de inercia (m^4) con respecto al eje vertical, el cual pasa por el centro de gravedad de la cimentación (momento polar de inercia).

Coeficientes de desplazamiento elástico uniforme: $C_x = 0.7C_z \text{ kN/m}^3 \text{ (T/m}^3\text{)}$;

Coeficientes de compresión elástica no uniforme: $C_\varphi = 2C_z \text{ kN/m}^3 \text{ (T/m}^3\text{)}$ y

Coeficientes de desplazamiento elástico no uniforme: $C_\varphi = 2C_z$ kN/m³ (T/m³)

Respuesta sísmica de un edificio aporticado

Para Villarreal (2009) la respuesta sísmica es la rama encargada del realizar metodologías de cálculo, para obtener los valores asociados a la rigidez y resistencia de estructura, asimismo determinar la estabilidad y durabilidad para un diseño óptimo en seguridad y costo.

Un aspecto importante en el presente estudio es considerar las fuerzas sísmicas en el análisis, y así evaluar un comportamiento más real de la estructura ante los diversos tipos de solicitaciones (Gams et al., 2023).

Análisis sísmico

El análisis sísmico es un proceso de evaluación y predicción de cómo las estructuras y sistemas responderán a las fuerzas y movimientos generados por un terremoto o sismo. El objetivo principal es asegurar la seguridad e integridad de las estructuras durante los eventos sísmicos, minimizando el riesgo de daños o colapsos. El análisis sísmico involucra la consideración de factores geofísicos, ingenieros y estructurales para comprender y predecir cómo las fuerzas sísmicas afectarán las edificaciones y otras infraestructuras (Masciotta y Lourenco, 2022).

Para Delgado (2011) un reto que tienen los ingenieros es determinar el comportamiento que tienen las estructuras en reacción a terremotos o sismos, el reto aumenta debido a que las estructuras presentan muchos grados de libertad. En el análisis sísmico se estudia las características de las estructuras frente a las fuerzas sísmicas, estas características vienen dadas por la frecuencia, modos de vibración y amortiguamiento (Alvarado Mamani & Aguilar Chuquimia, 2019).

Análisis Dinámico Modal Espectral

Periodos de vibración

Son también conocidos como períodos naturales o frecuencias propias, son conceptos fundamentales en el análisis de vibraciones y en la ingeniería estructural, especialmente en el contexto de terremotos y respuesta sísmica. Es

el tiempo en el que un sistema vibra en un ciclo completo y vuelva a su posición inicial después de una perturbación (Inel et al., 2019). En el contexto de estructuras y sismología, los períodos de vibración son especialmente importantes porque están relacionados con la respuesta de la estructura durante un terremoto (Noor et al., 2021).

Modos de Vibración

Viene a ser los diferentes patrones o formas de vibrar de una estructura ante un evento sísmico.

De acuerdo a la norma técnica E.030 (2018), en las direcciones X e Y se considerarán los modos en donde la sumatoria de todas las masas efectivas sea como mínimo el 90% de la totalidad de masas, asimismo, se tomará los tres modos iniciales predominantes como mínimo.

Aceleración espectral

De acuerdo a norma técnica E.030 (2018), para cada una de las direcciones de análisis se hará uso de espectros de pseudo/ aceleraciones.

Dado por:

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

Fórmula 8. Aceleración espectral.

Por otro lado, en el sentido vertical este espectro estará dado por los valores equivalentes a 2/3 del espectro de orientación horizontal.

Requisitos de rigidez, resistencia y ductilidad

De acuerdo a Norma Técnica E.030 (2018) se presentan dos casos para la obtención de los desplazamientos laterales. Para los casos de edificios regulares e irregulares viene dado por 0.75R y 0.85R respectivamente de los resultados calculados.

Distorsiones de entrepiso

También conocidas por torsiones de entrepiso o torsiones en plantas de edificios, se refieren a la rotación o torsión de los pisos de un edificio en respuesta a las fuerzas horizontales aplicadas, como las generadas por un terremoto (Cornelio

G. et al., 2023). Estas distorsiones ocurren cuando hay una desalineación angular entre las plantas superiores e inferiores de un edificio durante un movimiento sísmico o bajo otras cargas horizontales. Las distorsiones de entrepiso pueden ser un fenómeno crítico en edificios altos o estructuras con una rigidez lateral significativa (Guo et al., 2020).

a) Desplazamientos laterales relativos admisibles

De acuerdo a la norma E.030, se tiene la tabla siguiente donde la relación desplazamiento y altura (distorsión) en ningún motivo podrá exceder el valor dado por Δ_i/h_{ei} .

Tabla 1. Límites para las distorsiones de entre piso según Norma E030

Límites para la distorsión del entrepiso	
Material predominante	(Δ_i/h_{ei})
Concreto armado	0.007
Acero	0.10
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota: Tomado de Norma E.030 Diseño Sismorresistente, 2020.

Cortante basal

La cortante basal, es un término utilizado en ingeniería estructural y sismología para referirse a la fuerza que actúa en la base de cada entrepiso durante un evento sísmico. Esta fuerza cortante es una consecuencia de la aceleración horizontal del suelo durante un terremoto y es responsable de inducir desplazamientos y deformaciones en la estructura (Alvarado y Aguilar, 2023).

- **Generación del cortante basal:** Durante un terremoto, el suelo se acelera horizontalmente en diferentes direcciones. Esta aceleración del suelo transmite fuerzas horizontales a la base de una estructura. El cortante basal es proporcional a la masa de la estructura y a la aceleración del suelo (Raikar et al., 2023).

- **Impacto en la estructura:** El cortante basal puede ser una fuerza significativa y potencialmente destructiva en una estructura. Puede causar desplazamientos laterales, torsiones y distorsiones en la estructura, lo que a su vez puede generar tensiones y deformaciones en los elementos de la misma (Varzandeh & Mahsuli, 2023).
- **Diseño sísmico:** Para asegurar la resistencia de las estructuras ante las fuerzas sísmicas, los ingenieros deben calcular y diseñar adecuadamente para el cortante basal. Esto implica tener en cuenta la capacidad de la estructura para absorber las fuerzas debidas al sismo y distribuir las a través de sistemas de resistencia sísmica, como muros estructurales, marcos resistentes y otros sistemas de refuerzo de toda la estructura.
- **Cálculos y análisis:** Los ingenieros utilizan modelos matemáticos y análisis de elementos finitos para calcular el cortante basal y evaluar cómo se distribuyen las fuerzas en toda la estructura durante un terremoto. Estos cálculos son fundamentales para asegurar la seguridad estructural y a su vez el adecuado desempeño (Tabrizikahou et al., 2023).

En conclusión, el cortante basal es una fuerza horizontal que se genera durante un terremoto y que afecta la base de una estructura. Comprender y diseñar para el cortante basal es esencial para garantizar que las estructuras sean seguras y capaces de resistir las fuerzas sísmicas y los efectos del movimiento del suelo.

Análisis estructural

Son los procedimientos de análisis que implica el estudio y la evaluación de cómo una estructura, un edificio, puente o cualquier otra construcción, responde a las diferentes cargas y fuerzas que actúan sobre ella. El objetivo del análisis estructural es garantizar que la estructura sea segura, estable y capaz de soportar su carga de diseño de manera eficiente y sin colapsar. El análisis estructural de un edificio es la rama de la ingeniería orientada a calcular las magnitudes de las diferentes fuerzas en los elementos estructurales, ocasionados por la deformación a causa de la aplicación de las distintas cargas en la estructura (Nelson y McCormac, 2006).

En este proceso, se aplican principios de la mecánica y la teoría de estructuras para calcular cómo se deformará y responderá la estructura bajo diferentes situaciones de carga. Esto incluye factores como las propiedades mecánicas de los materiales, las condiciones de apoyo, la distribución de cargas, las reacciones en los apoyos, las tensiones internas y las deformaciones resultantes (Joanicjusz et al., 2017).

El análisis estructural implica el uso de herramientas matemáticas y computacionales para modelar y resolver las ecuaciones que describen el comportamiento de la estructura. Los resultados del análisis se utilizan para verificar si la estructura cumple con los criterios de seguridad y rendimiento establecidos por códigos de construcción y normativas, así como para hacer ajustes en el diseño si es necesario (Abd-Elhamed et al., 2023).

Fuerzas que actúan en una estructura

Las fuerzas estructurales son las cargas y las tensiones que actúan sobre una estructura o sus componentes individuales debido a diversas fuerzas externas y cargas aplicadas. Estas fuerzas son cruciales para el análisis y el diseño de estructuras en la ingeniería civil y estructural (Samuel Lambe & Joseph, 2023). Las fuerzas que intervienen en una estructura se clasifican en dos, fuerzas externas e internas. Las fuerzas externas están conformadas por las cargas actuantes en la estructura, así como las reacciones en los apoyos. Mientras que las fuerzas internas son aquellas que se originan a partir de las fuerzas externas en cada uno de los elementos (Ndahi, 2002).

Las fuerzas internas en una estructura son las tensiones y los momentos que se generan en los diferentes elementos estructurales debido a las cargas aplicadas. Estas fuerzas actúan dentro de los elementos y son el resultado de la interacción de las cargas externas con la resistencia del material y la geometría de la estructura, estas pueden ser:

Tensión axial: Es la fuerza de tracción o compresión que actúa a lo largo del eje longitudinal de un elemento, como una columna o una viga. La tensión axial es generada por las cargas verticales y su distribución a lo largo del elemento (Ndahi, 2002).

Momento flector: Es el momento de flexión que actúa en una viga o un elemento similar debido a cargas que inducen flexión. Puede causar deformaciones y tensiones en la viga (Ndahi, 2002).

Momento torsional: Es el momento que causa una torsión o giro en un elemento estructural debido a cargas aplicadas. Es especialmente importante en elementos no simétricos (Ndahi, 2002).

Fuerza cortante: Es la fuerza que actúa perpendicularmente a la sección transversal de un elemento, como una viga. La fuerza cortante puede causar cortes en el material y puede ser relevante en el diseño de conexiones y uniones (Ndahi, 2002).

Comportamiento de la cimentación

El comportamiento de la cimentación se refiere a cómo una base o cimentación interactúa con el suelo subyacente y cómo transmite las cargas de la estructura al suelo. Las cimentaciones estructurales son elementos fundamentales en la ingeniería civil y estructural que proporcionan un soporte estable y seguro para las construcciones. Estas cimentaciones transfieren las cargas y fuerzas de la estructura al suelo subyacente de manera que eviten asentamientos excesivos, hundimientos y deformaciones inaceptables (Janusz y Marek, 2017).

Cimentaciones. Se define como cimentación al conjunto de elementos ubicados en la parte inferior de una estructura, su función principal es transmitir todas aquellas las cargas recibidas de la superestructura hacia el suelo sobre el cual se apoya. Se debe lograr un diseño de la cimentación de tal manera que esta logre transferir las cargas hacia el suelo sin sobrecargarlo. (Das, 2015)

Las cimentaciones superficiales vienen a ser las que cumplen la siguiente relación:

$$\frac{D_f}{B} \leq 5$$

D_f : Profundidad desde el nivel de terreno hasta la base.

B : Ancho o diámetro del cimientto.

Pueden ser zapatas aisladas, conectadas y combinadas, asimismo plateas de cimentación y las conocidas como cimientos corridos.

A su vez las zapatas pueden clasificarse de la siguiente manera:

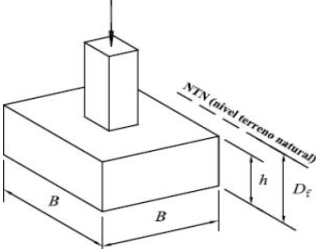
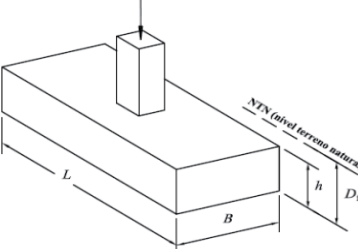
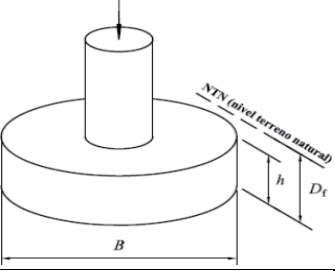
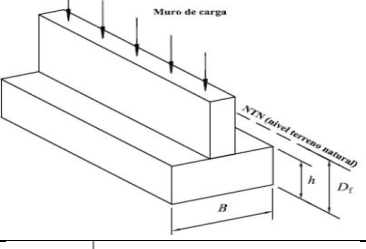
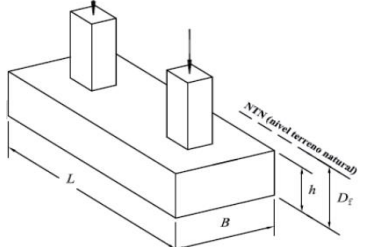
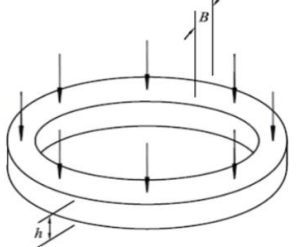
Zapata	Dimensiones	Forma
Zapata Cuadrada	$L=B$	
Rectangular	$L \leq 10B$	
Circular	Diámetro=B	
Continua	$L \geq 10B$	
Combinada	$L \leq 10B$	
Anillo continuo	Perímetro medio $P \geq 10B$	

Figura 3. Clasificación de las zapatas. Tomado de Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

Esfuerzos internos de la cimentación. – Vienen originados por las cargas verticales Q y los momentos M_x , M_y actuantes en los ejes X e Y respectivamente.

Asentamiento de la cimentación

Los asentamientos de la cimentación se refieren a las deformaciones verticales que experimentan una estructura debido a la carga aplicada sobre ella y a la respuesta del suelo subyacente. Los asentamientos pueden ser naturales, es decir, debidos a la consolidación gradual del suelo, o pueden ser causados por la aplicación de cargas adicionales debido a la construcción o al uso de la estructura (Ter-Martirosyan et al., 2023).

Los tipos de asentamiento que se pueden generar en una edificación son:

- **Asentamientos naturales:** Cuando una carga se aplica sobre el suelo, este tiende a compactarse con el tiempo debido a la consolidación. Los asentamientos naturales ocurren gradualmente a medida que el agua es expulsada de los poros del suelo y las partículas se comprimen. Estos asentamientos pueden continuar durante un período de tiempo largo después de la construcción inicial (Ter-Martirosyan et al., 2023).
- **Asentamientos inmediatos:** Estos son asentamientos que ocurren casi instantáneamente después de que una carga se aplica a la estructura. Pueden ser causados por la compresión elástica del suelo y la redistribución de las tensiones (Ter-Martirosyan et al., 2023).
- **Asentamientos diferenciales:** Cuando las cargas no se distribuyen de manera uniforme sobre una estructura o cuando el suelo tiene propiedades heterogéneas, pueden ocurrir asentamientos diferenciales. Esto significa que algunas partes de la estructura se hundén más que otras, lo que puede causar problemas en la nivelación y en la integridad de la estructura (Ter-Martirosyan et al., 2023).
- **Asentamientos por consolidación:** Estos ocurren cuando el suelo arcilloso o limoso expulsa el agua de sus poros bajo carga, provocando una compresión gradual. Los asentamientos por consolidación pueden seguir ocurriendo durante años después de la construcción (Ter-Martirosyan et al., 2023).

- Asentamientos por carga puntual: Cuando una carga se aplica directamente sobre un punto o una pequeña zona de la cimentación, los asentamientos pueden ser más pronunciados en esa área (Ter-Martirosyan et. al, 2023).
- Asentamientos por carga distribuida: Cuando las cargas se distribuyen uniformemente en una amplia área, los asentamientos suelen ser más uniformes (Ter-Martirosyan et al., 2023).

Los ingenieros pueden tomar medidas para mitigar los asentamientos, como el preconsolidado del suelo antes de la construcción, el uso de técnicas de mejora del suelo y el diseño de cimentaciones adecuadas. Los asentamientos excesivos pueden causar grietas en paredes, techos y pisos, afectar la operación de puertas y ventanas, y en casos extremos, comprometer la estabilidad de la estructura.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

El presente estudio tuvo un planteamiento de tipo aplicada, la investigación aplicada es un enfoque de investigación científica que tiene como objetivo resolver problemas prácticos o aplicar el conocimiento teórico existente en el desarrollo de soluciones concretas y prácticas (Arias, 2020). En base a conocimientos establecidos se busco describir la influencia de la interacción suelo estructura en el Análisis de la edificación, para así conocer y comprender sus efectos con los resultados que se obtengan.

Enfoque de Investigación

Para el presente estudio se planteó un enfoque cuantitativo, este enfoque se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos, para responder a preguntas de investigación, objetivos y probar hipótesis. Asimismo, mediante mediciones numéricas y análisis estadísticos se podrán sacar conclusiones (Hernandez et al., 2014). Para llegar a las hipótesis planteadas y poder demostrarlas se hizo un análisis sísmico de la estructura sometida a los efectos de interacción suelo estructura, de donde se obtuvo los resultados correspondientes a cada indicador, como son fuerzas internas, periodos de vibración, distorsiones de entrepiso, entre otros, correspondientes a la estructura, con ello se pudo llegar a conclusiones importantes para la investigación.

Diseño de la Investigación

Se planteó un diseño no experimental, es un enfoque de investigación que implica observar, describir y analizar fenómenos tal como ocurren en su entorno natural, sin manipular deliberadamente variables ni establecer un control directo sobre las condiciones del estudio (Hernandez et al., 2014). En la investigación se trabajó con las variables de interacción suelo estructura y respuesta sísmica de un edificio aporticado, la primera fue la variable independiente y la segunda la dependiente; no se manipuló intencionalmente

las variables, sino que se evaluó el grado de influencia de la independiente sobre la dependiente.

Nivel de investigación

La investigación fue descriptiva, porque se indagó la influencia de una variable sobre una determinada población (Hernandez et al., 2014). Para el tema planteado se evaluó la incidencia de la interacción suelo estructura en la respuesta sísmica de una determinada estructura, se describió su influencia mediante la comparación de los distintos indicadores, entre un modelo tradicional de análisis y uno considerando interacción suelo estructura.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Interacción suelo estructura.

Variable dependiente: Respuesta sísmica de un edificio aporticado.

Matriz de Operacionalización

Tabla 2: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1 Interacción Suelo Estructura	La interacción suelo estructura (ISE) se define como un conjunto de efectos debidos a las fuerzas dinámicas y estáticas que ocurren entre la estructura y el suelo, las cuales influyen entre sí. Es decir, esta interrelación origina cambios en las propiedades de cada componente de la estructura, de similar manera produce cambios en las características propias del suelo, especialmente en las proximidades de la cimentación. (Avilés y Pérez, 2004)	Para la interacción suelo estructura, en primer lugar, se identificó las características y propiedades de la cimentación y del suelo. Posteriormente se halló los coeficientes de rigidez de acuerdo al modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87, estos coeficientes serán utilizados en el modelo con ISE en el análisis sísmico estructural.	Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	Coefficiente de compresión elástico uniforme (vertical)	Razón
				Coefficiente de desplazamiento elástico uniforme (horizontal)	Razón
				Coefficientes elástico rotacional	Razón
Variable 2 Respuesta Sísmica de un edificio aporticado	Se puede conceptualizar a la respuesta sísmica como la rama encargada del análisis del comportamiento total de una estructura sometido a las diferentes fuerzas, cargas y a las características propias de sus elementos. (Villarreal, 2009)	Para determinar la respuesta sísmica de la edificación, se analizó y modeló el edificio principalmente bajo dos aspectos. Un modelo de estructura se analizó y modelo considerando una base rígida y se determinó los indicadores como periodos de vibración, distorsiones de entrepiso, fuerzas internas, asimismo los asentamientos y esfuerzos de la cimentación. Posteriormente se analizó otro modelo considerando los coeficientes de rigidez hallados de acuerdo a la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 y se hallaron los mismos indicadores del modelo de base rígida. Finalmente, se comparó, evaluó y describió la influencia mediante las variaciones de los indicadores mencionados. Se utilizó el programa de Etabs para el modelado de la superestructura y cimentaciones	Análisis Sísmico	Periodos de Vibración, Distorsiones de entrepiso, Cortante Basal	Razón
			Análisis Estructural	Fuerzas Internas (fuerzas de corte, momentos flectores, axiales, torsión)	Razón
			Comportamiento de la cimentación	Asentamiento de la cimentación, Esfuerzos internos de la cimentación	Razón

Nota: Elaborada por la autora.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población. Viene a ser el grupo de casos que comparten ciertas características para un estudio, es importante establecer de una manera clara las características de la población para poder delimitarla (Hernandez et al., 2014). Para el estudio la población estuvo definida por todos los edificios aporticados de 5 pisos cimentados sobre zapatas y ubicados en el distrito San Antonio, Moquegua.

- **Criterios de inclusión:** Edificaciones donde predominaron el sistema de concreto armado.
- **Criterios de exclusión:** Edificaciones con elementos de albañilería, elementos metálicos y cimentaciones profundas.

Muestra. Aquella que represente la población en cuanto a sus características, (Hernandez et al., 2014). En el estudio se planteó como muestra una edificación aporticada de 5 pisos cimentada sobre zapatas, ubicada en la asociación Alto Tiwinza Mz. E, lote 6 del distrito San Antonio, Moquegua.

Muestreo. En el presente estudio se tomó una muestra no probabilística, definida como aquella que es elegida intencionalmente de acuerdo a los objetivos del investigador (Hernandez et al., 2014).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Son el medio para los investigadores, con el cual podrán obtener datos sobre la muestra, cada técnica tiene su manera de aplicación y se debe adaptar de acuerdo al problema y objetivos planteados (Arias, 2020). Para el estudio, se utilizó la técnica de la observación, el cual esta caracterizado por registrar de una manera sistemática, valida y confiable todos los comportamientos a través de categorías (Hernandez et al., 2014). En la investigación planteada se observó características del sitio de estudio, propiedades del suelo, análisis del procesamiento de datos en programas computacionales; estos a su vez se registraron en listas, tablas o fichas de observación.

También se hizo uso de la técnica del análisis documental, cuyo objetivo es evaluar bibliografías importantes para el estudio (Bernal, 2010). Para el estudio se analizó principalmente normas como NTP E.030 Diseño sísmorresistente.

Instrumentos de recolección de datos

Se definen como herramientas que toman los investigadores para poder recopilar información sobre los fenómenos que estudian (Hernandez et al., 2014). Para la investigación se plantó el uso de fichas de observación, el cual permite registrar información del objeto de estudio, tales como sus características, su funcionamiento, comportamiento, entre otros (Arias, 2020). En la investigación planteada se utilizó fichas de observación para los ensayos de mecánica de suelos, asimismo para recopilar los resultados de los programas Etabs. También se utilizó fichas de registro documental, definidas como un instrumento para recabar información de fuentes existentes, tales como normas, artículos, trabajos, etc. (Arias, 2020). Para el estudio se registró información de normativas peruana vigentes.

Validez

Se refiere a la capacidad de medir o evaluar de manera precisa y apropiada el concepto o constructo que se supone que están midiendo. En otras palabras, un instrumento válido mide lo que pretende medir y producir resultados que son significativos y útiles para los objetivos de la investigación (Hernandez et al., 2014). Para el cálculo de la validez, en la presente investigación se aplicó la V de Aiken, el cual consiste en determinar un coeficiente a partir de valoraciones de un número de jueces. En la investigación se hizo uso de un formato de validación por juicio de expertos aplicado para cada instrumento, donde tres profesionales especialistas evaluaron los formatos de instrumentos presentados, posteriormente se aplicó la V de Aiken para obtener el coeficiente de validez para cada formato de instrumento.

$$v = \frac{\bar{X} - l}{k}$$

Fórmula 9. Coeficiente de validez de la V de Aiken.

Donde:

\bar{X} : Promedio de las calificaciones de todos los jueces.

L: Calificación mínima.

K: Resta de la calificación máxima menos la calificación mínima.

Tabla 3. Tabla de interpretación de la V de Aiken

V de Aiken	Interpretación
0.0 – 0.79	Débil
0.80 – 0.89	Aceptable
0.90 – 1.00	Fuerte

Nota: Tomado de V de Aiken.

Tabla 4. Tabla resumen de la validez mediante la V de Aiken

Ítem	Instrumento	Resultado V de Aiken	Descripción
1	Ficha Resumen de Mecánica de Suelos	0.93	Fuerte
2	Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	0.93	Fuerte
3	Verificación de distorsiones de entre piso	1.00	Fuerte
4	Periodos de vibración	0.85	Aceptable
5	Análisis de fuerzas internas	0.85	Aceptable
6	Asentamientos en las cimentaciones	0.85	Aceptable
7	Esfuerzos en las cimentaciones	0.93	Fuerte

Nota: Elaborada por la autora.

En el Anexo 4 se muestra el detalle de validaciones de los expertos mediante la V de Aiken.

3.5. Procedimientos

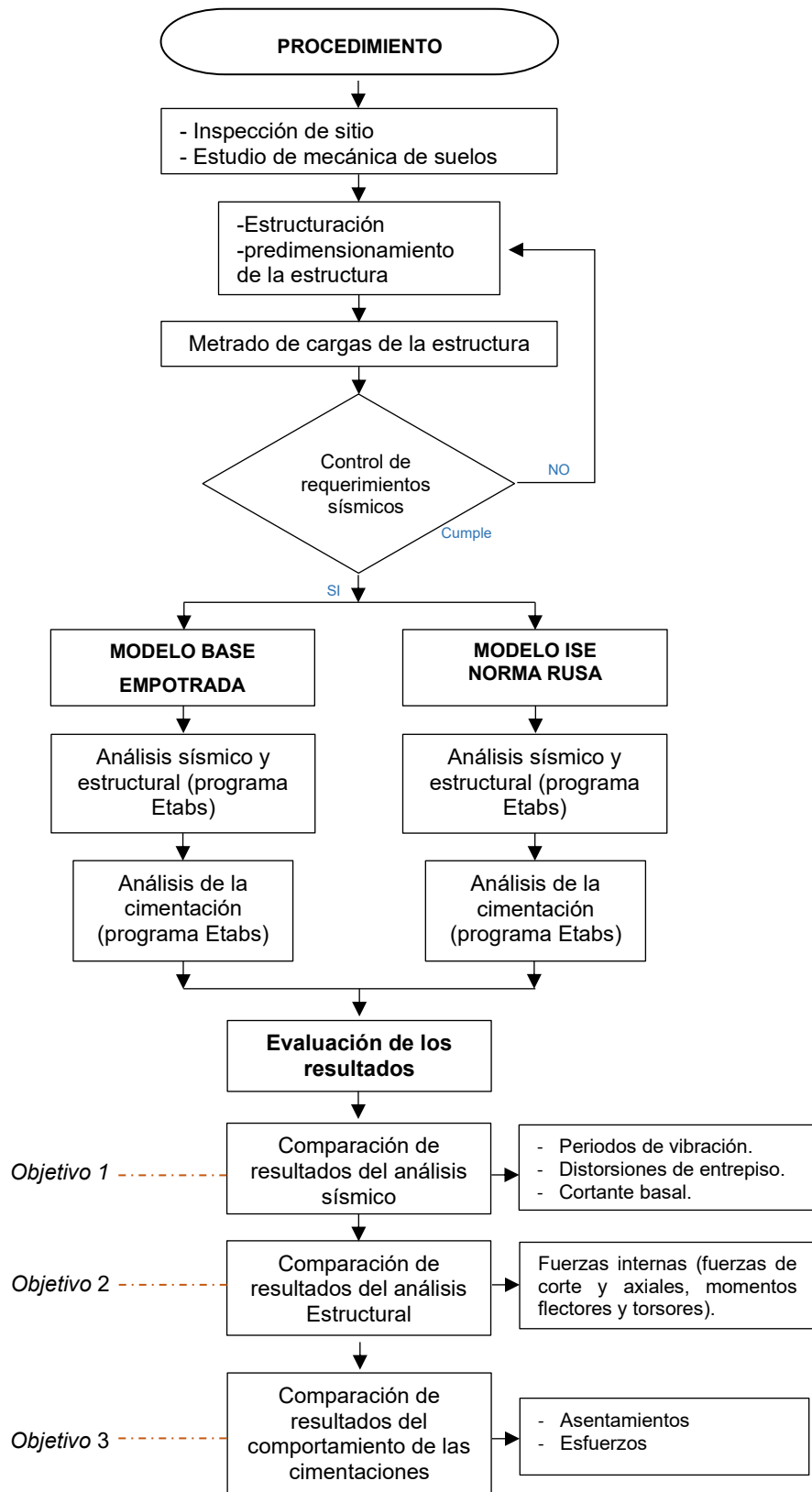


Figura 4. Esquema de procedimiento.

Detalle del procedimiento

- a) Inspección de sitio y estudio de mecánica de suelos:** Como inicio del estudio, se hizo una inspección al sitio, se realizó una calicata y el respectivo estudio de suelos. Previo a ello se pidió autorización del propietario para poder realizar los estudios pertinentes, se tiene el Anexo 5 Carta de autorización para estudios en propiedad privada.
- b) Estructuración y predimensionamiento de la estructura:** Con los planos de arquitectura se hizo una estructuración inicial y predimensionamiento de columnas, vigas, losas, escaleras y placas.
- c) Metrado de cargas de la estructura:** Para determinar el peso de la estructura se realizó el metrado de cargas, correspondientes a carga viva, carga muerta y cargas de sismo.
- d) Control de requerimientos sísmicos:** Se utilizó la norma E.030 diseño sismorresistente.
- e) Análisis sísmico y estructural (programa Etabs):** Se hizo el modelamiento de dos estructuras en el programa Etabs, el primer modelo fue considerando una base empotrada y el segundo modelo considerando los coeficientes de rigidez hallados con el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87.
- f) Análisis de la cimentación (programa Etabs):** De similar manera se hizo dos modelamientos, para las cimentaciones de la estructura.
- g) Comparación de resultados del análisis sísmico:** Asimismo, se realizó un análisis comparativo de los dos modelos, este análisis se basó en los indicadores de periodos de vibración, distorsiones de entrepiso y cortante basal.
- h) Comparación de resultados del análisis Estructural:** De similar manera se comparó los indicadores de fuerzas internas (fuerzas de corte y axiales, momentos flectores y torsores).
- i) Comparación de resultados del comportamiento de las cimentaciones:** Se hizo una comparación de los resultados correspondientes a los asentamientos y esfuerzos de las cimentaciones de los dos modelamientos.

3.6. Método de análisis de datos

En el presente estudio se hizo uso de los programas computacionales siguientes:

- Etabs: Se utilizó para el proceso de análisis sísmico y estructural de la estructura.
- Excel: Se utilizará para procesos complementarios del análisis.

3.7. Aspectos éticos

En el desarrollo del presente estudio se aplicó fundamentos como la ética, respeto y autonomía.

Todas las citas y referencias bibliográficas fueron citadas de acuerdo al estilo ISO 690. Asimismo, todas las consideraciones indicadas en la guía de elaboración de tesis de la universidad fueron aplicados en la presente investigación.

La originalidad es avalada con la utilización de la herramienta antiplagio turnitin.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción del proyecto

Ubicación

El edificio estudiado se ubica en la asociación Alto Tiwinza Mz. E, lote 6 del distrito San Antonio.

- Región: Moquegua
- Provincia: Mariscal Nieto
- Localización: -17.202789, -70.946470

La superficie del terreno es plana, no se requiere un tratamiento previo como relleno. Asimismo el terreno se encuentra en esquina por lo que favorece la iluminación dentro de los ambientes de la edificación.



Figura 5. Ubicación del proyecto, distrito San Antonio.

Descripción arquitectónica

El proyecto es un edificio multifamiliar de 5 pisos, el primer nivel está destinado a tienda y restaurante multiusos.

- Área del terreno: 200.00 m²
- Medidas del terreno: 20m x 10m
- Número de pisos: 5 pisos.
- Altura de los pisos: 1er piso 3.20m, pisos típicos 2.60m.
- Usos de la edificación: Departamentos, zona de tienda y restaurante.

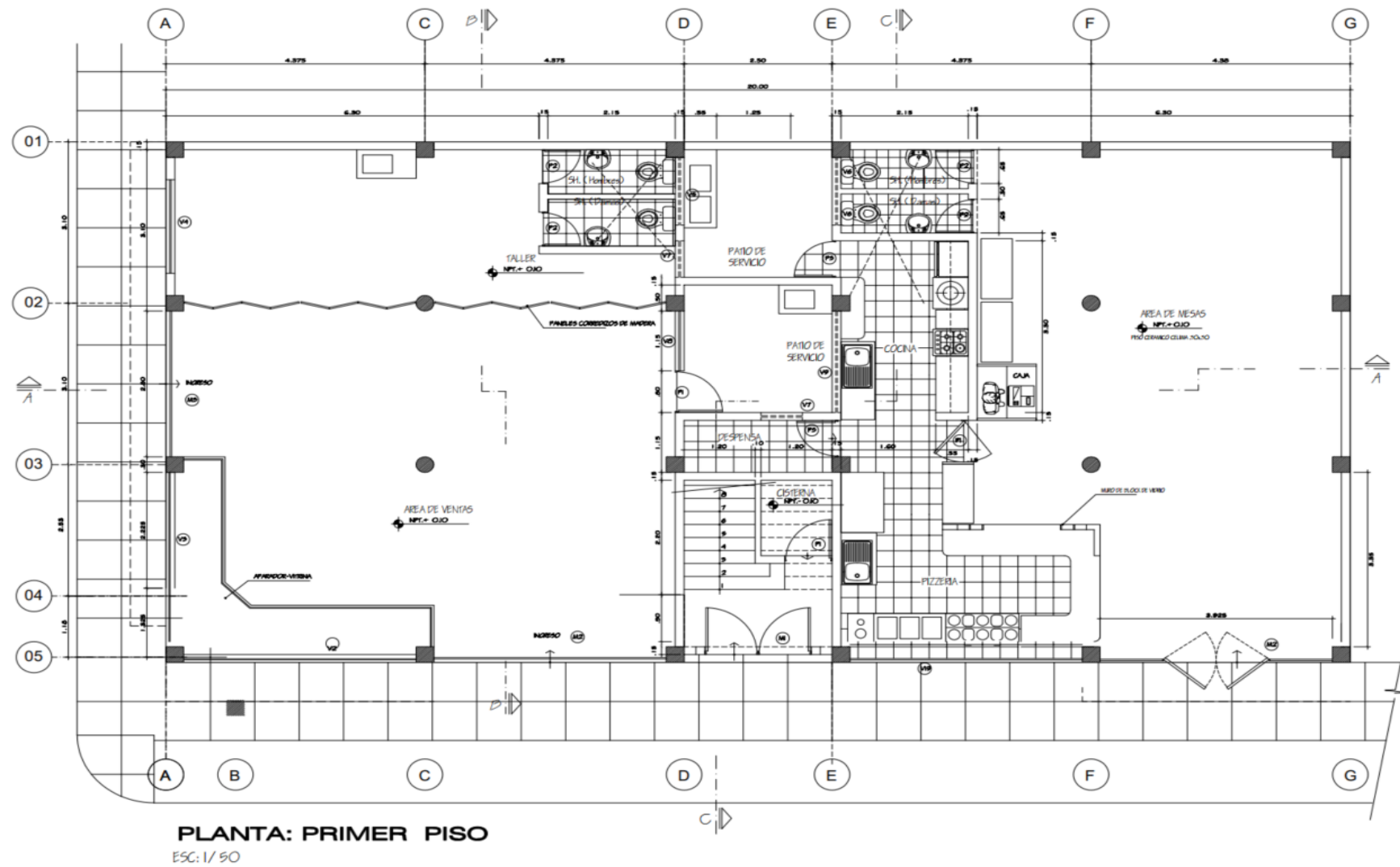
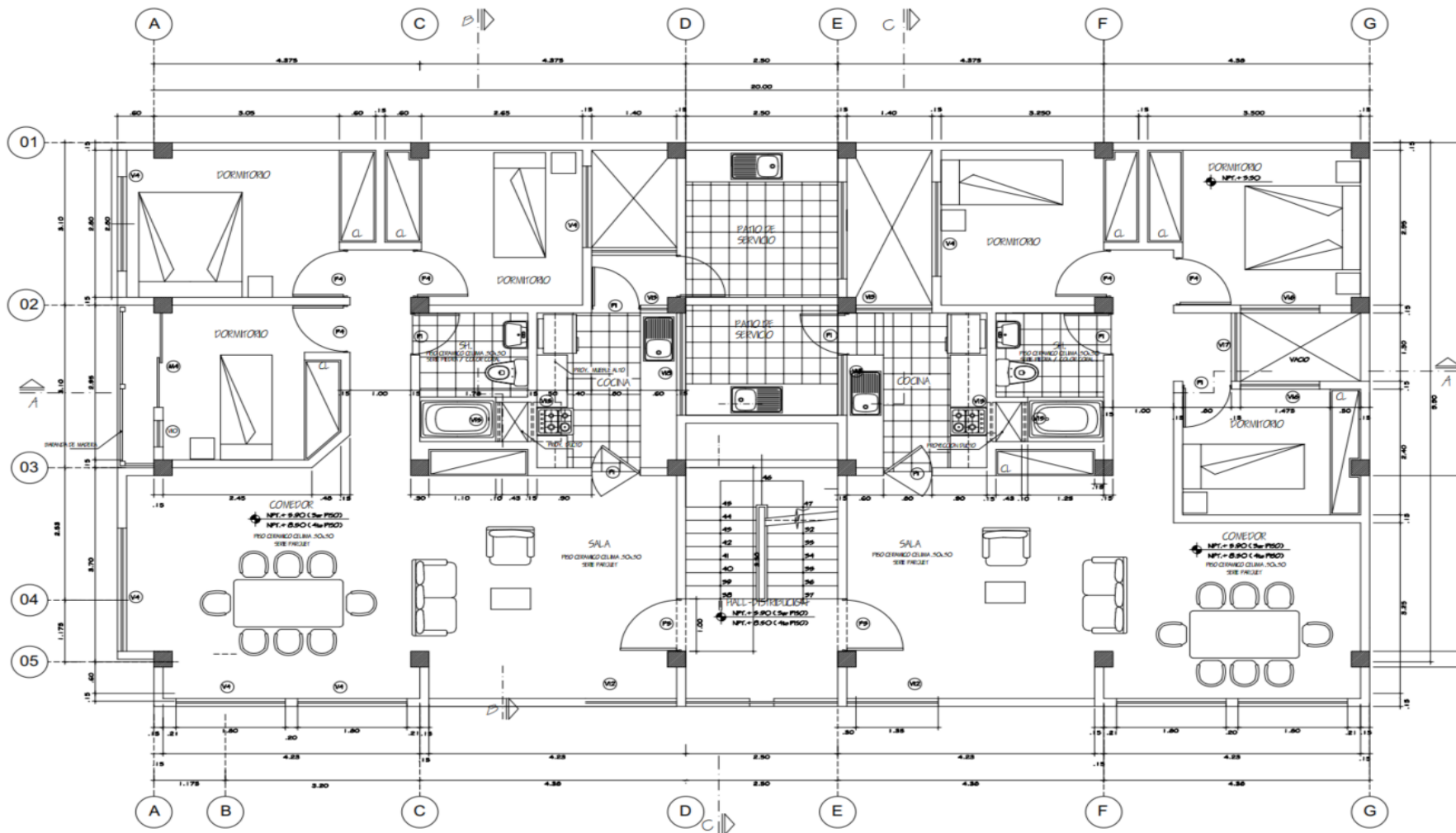
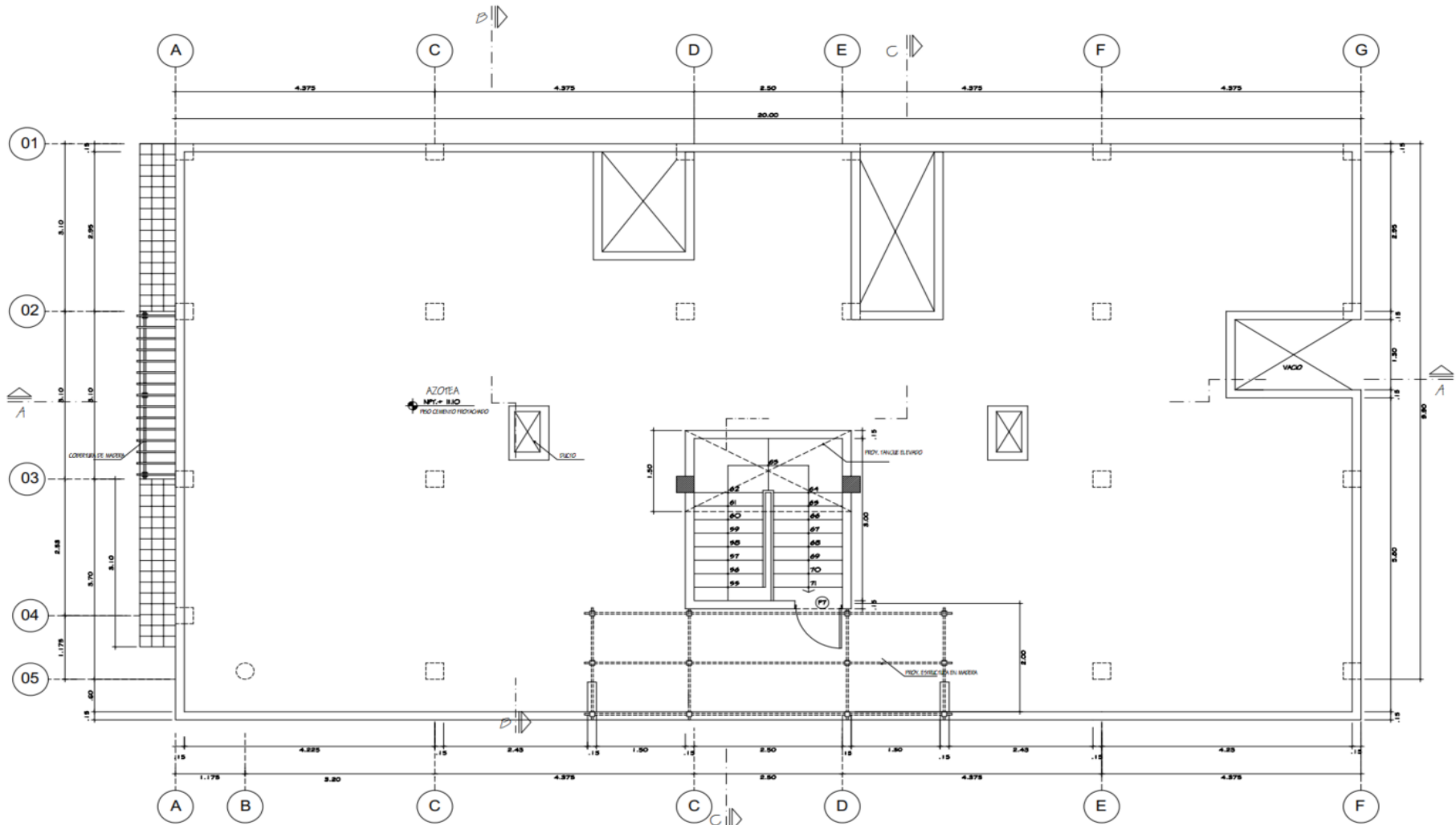


Figura 6. Distribución arquitectónica primera planta. Nota: Elaborada por la autora.



PLANTA: TÍPICA
 ESC: 1/ 50

Figura 7. Distribución arquitectónica planta típica. Nota: Elaborada por la autora.



PLANTA: AZOTEA
 ESC: 1/50

Figura 8. Distribución arquitectónica de azotea. Nota: Elaborada por la autora.

4.2. Consideraciones para el análisis sísmico

Características de los materiales

Tabla 5. Características de los materiales predominantes de la edificación.

Características de los materiales	
Concreto	
Resistencia a la compresión $F'c$:	280kg/cm ²
Módulo de elasticidad E:	15100x $\sqrt{F'c}$ = 252,671.33
Módulo de Poisson μ :	0.2
Peso específico γ	2400 kg/m ³
Acero	
Resistencia a la fluencia F_y :	4200 kg/cm ²
Módulo de elasticidad E:	2100000 kg/cm ²
Peso específico γ :	7800 kg/m ³

Nota: Elaborada por la autora.

Características del suelo

Del estudio de mecánica de suelos realizado al lugar de estudio, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 6. Características del suelo

Ficha Resumen de Mecánica de Suelos	
Límites de Consistencia	
Límite Líquido:	34.24
Límite Plástico:	23.55
Índice de Plasticidad:	10.69
Clasificación del Suelo	
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(2)
Corte Directo Para Capacidad de Carga	
Ángulo de Fricción (ϕ):	29.97°
Cohesión (C):	0.059 kg/cm ²
Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible	
Capacidad de Carga (q_a):	1.14 kg/cm ²
Otros Factores	
Módulo de Poisson μ :	0.25
Módulo de elasticidad E:	3000 tn/m ²
Peso Específico	2.083 kg/cm ³
Tipo de perfil del suelo:	S2

Nota: Elaborada por la autora.

Cargas de análisis

Se definen las cargas verticales a considerar en el análisis de la edificación, estas son cargas vivas y muertas de acuerdo a las tablas siguientes.

Tabla 7. Cargas muertas asignadas a la edificación.

Cargas Muertas			
Tipo de uso	Carga	Unidad	Observación
Losa aligerada en una dirección	300	Kg/m ²	NTP E.030
Piso terminado	120	Kg/m ²	NTP E.030
Tabiquería	1350	Kg/m ³	NTP E.030

Nota: Elaborada por la autora.

Tabla 8. Cargas vivas asignadas a la edificación.

Cargas Vivas			
Tipo de uso	Carga	Unidad	Observación
Corredores y escaleras	200	Kg/m ²	NTP E.030
Baños	200	Kg/m ²	NTP E.030
Ambientes en general	200	Kg/m ²	NTP E.030
Azotea	100	Kg/m ²	NTP E.030

Nota: Elaborada por la autora.

Normatividad

Para el análisis de la edificación se consideró las normas siguientes:

- Norma E.020 Cargas.
- Norma E.030 Diseño sismorresistente.
- Norma E.050 Suelos y cimentaciones.
- Norma E.060 Concreto armado

Predimensionamiento

- **Losas:** Para el caso de las losas, inicialmente se consideró una losa unidireccional, bajo la fórmula típica $h = Ln/25$ da un resultado aproximado de espesor de 17 cm, pero se consideró un espesor de 20cm para asegurar un comportamiento de diafragma rígido.
- **Vigas:** Para el predimensionamiento de vigas se tomó los criterios siguientes:

Peralte: 1/10 a 1/12 de la luz libre

Base: 1/2 a 2/3 veces su altura, mínimo 25 cm

Vigas principales: Bajo estos criterios inicialmente se consideró vigas de 40x25cm.

Vigas secundarias: Bajo estos criterios inicialmente se consideró vigas de 30x30cm.

Luego del análisis con un primer predimensionamiento se verificó que no se cumplían los requisitos de distorsiones de acuerdo a la norma E.030, por lo tanto, se realizó los ajustes necesarios llegando a las secciones mostradas a continuación.

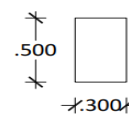
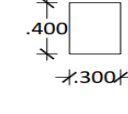
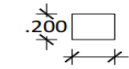
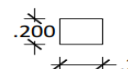
CUADRO DE VIGAS		
TIPO	BASE	ALTURA
VP-1	30cm	50cm
VS-1	30cm	40cm
Vch-1	25cm	20cm
Vb-1	25cm	20cm
SECCIONES DE VIGAS		
VIGA PRINCIPAL 		VIGA SECUNDARIA 
VIGA CHATA 		VIGA DE BORDE 

Figura 9. Secciones de vigas. Elaborada por la autora.

- **Columnas y placas**

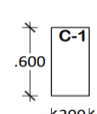
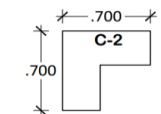
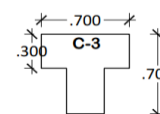
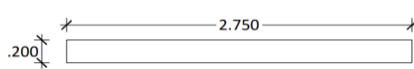
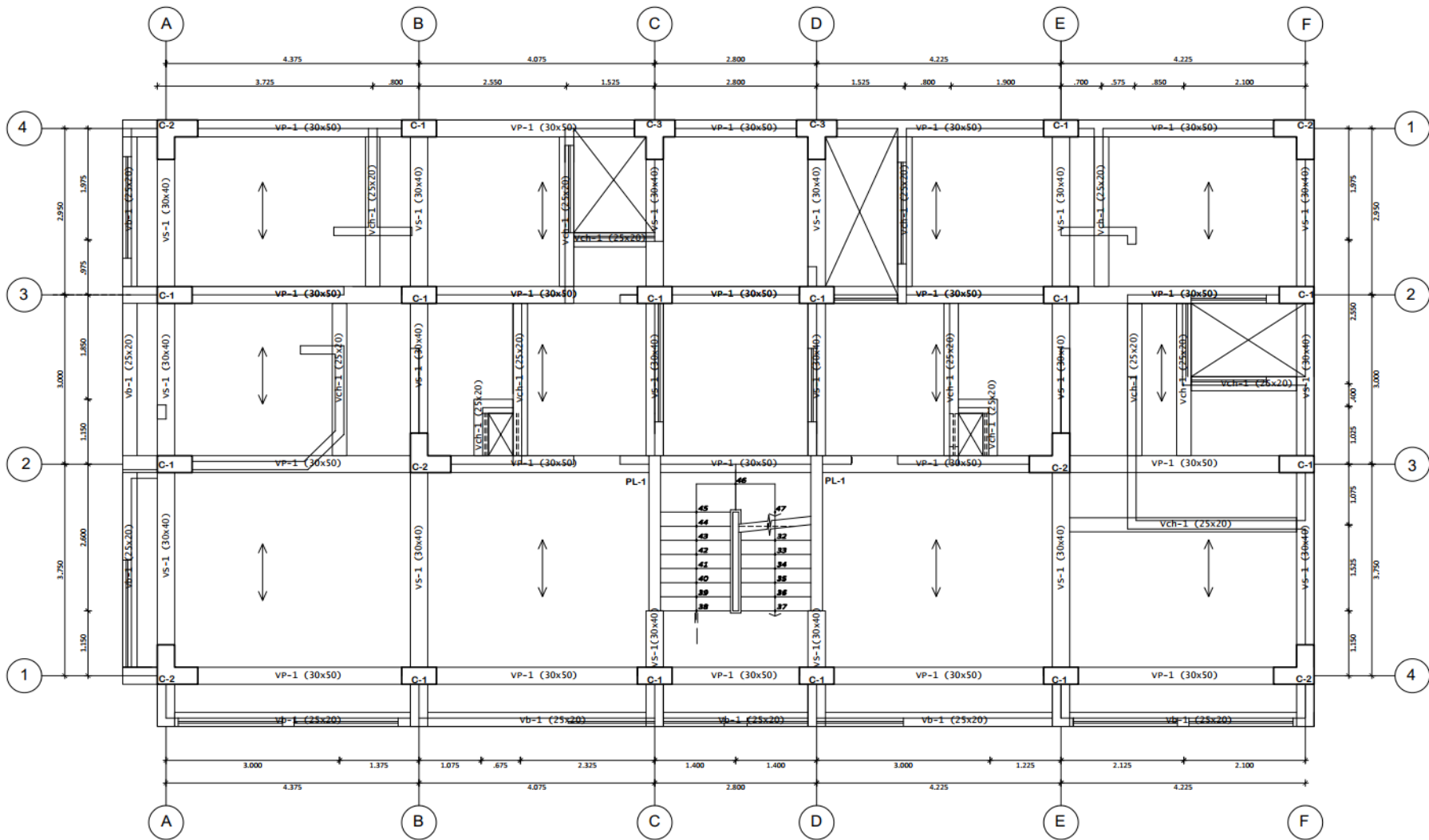
CUADRO DE COLUMNAS Y PLACAS			
SECCIÓN	C-1	C-2	C-3
COLUMNA			
PLACA	DIMENSIONES DE PLACA 		

Figura 10. Secciones de columnas. Elaborada por la autora.



PLANO DE ESTRUCTURAS - PLANTA TÍPICA

Figura 11. Estructuración planta típica. Elaborada por la autora

4.3. Modelamiento de la estructura – Modelo de Base empotrada

Determinación de factores y coeficientes sísmico de acuerdo a norma E. 030

Previo al modelamiento de la edificación se procedió a determinar los Factores ZUCS y otros coeficientes como se detalla a continuación.

Tabla 9. Factores y Coeficientes hallados de acuerdo a la Norma E. 030

Factores y Coeficientes		
Tipo de Factor /Coeficiente	Detalle	Factor
Factor Zona	La edificación se ubica en la Zona 4	0.45
Factor Uso	La estructura e de uso común	1.0
Factor de Amplificación Sísmica	Para las direcciones X e Y	2.5
Factor Suelo	Suelo S2	1.05
Coeficiente básico de reducción sísmica "R ₀ ":	Para ambas direcciones predomina el sistema de pórticos	8.0

Nota: Elaborada por la autora.

Modelamiento en Etabs

Se detalla el proceso desarrollado.

- Definición de grilla: Definido el plano con los elementos estructurales, se procede a configurar y definir en el programa las unidades y grillas del modelo.
- Definición de materiales: De acuerdo a las consideraciones establecidas anteriormente, se configura las propiedades de los materiales.

E Material Property Data

General Data

Material Name: Fc=280

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 2400 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2509.98 kgf/mm²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1045.83 kgf/mm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

Figura 12. Definición de materiales. Tomada de Etabs 21.

- Definición de las secciones de los elementos: De acuerdo al dimensionamiento establecido se definen las secciones en el Etabs.

E Frame Section Property Data

General Data

Property Name: COL30X60

Material: Fc=280

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 600 mm

Width: 300 mm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers... Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

Figura 13. Definición de sección de columna rectangular. Tomada de Etabs 21.

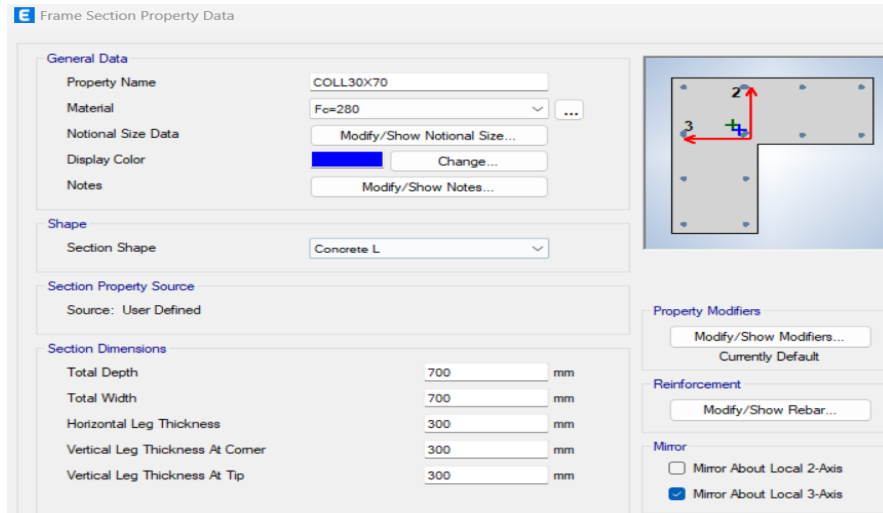


Figura 14. Definición de sección de columna L. Tomada de Etabs 21.

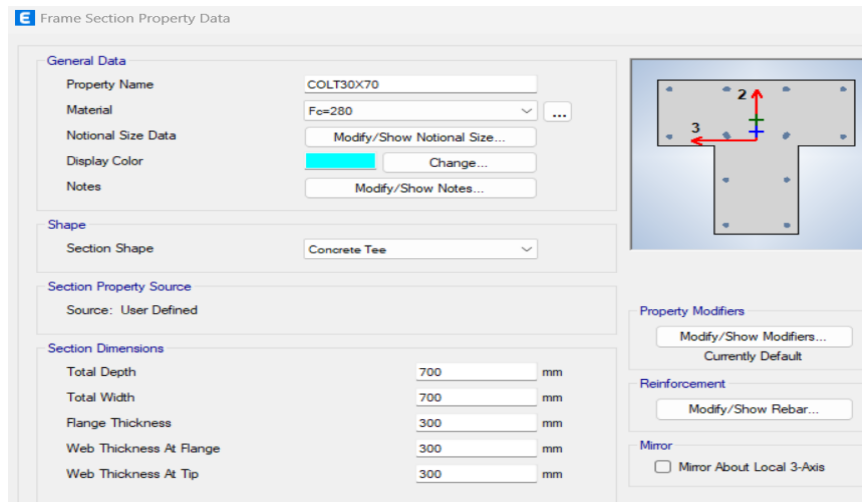


Figura 15. Definición de sección de columna T. Tomada de Etabs 21.

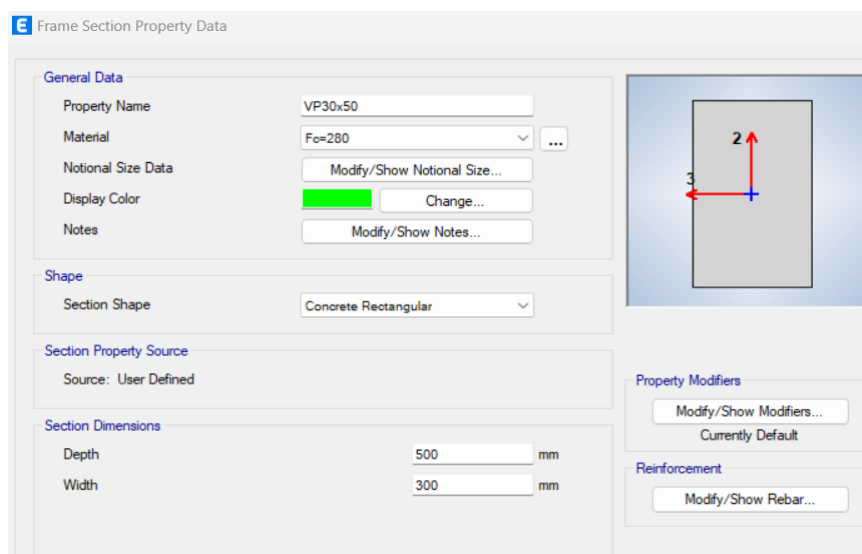


Figura 16. Definición de sección de viga principal. Tomada de Etabs 21.

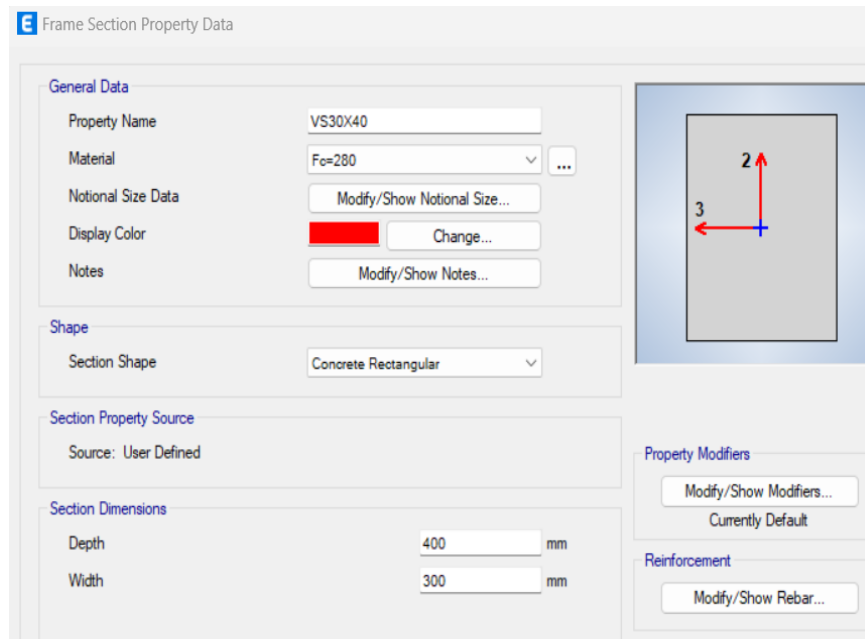


Figura 17. Definición de sección de viga secundaria. Tomada de Etabs 21.

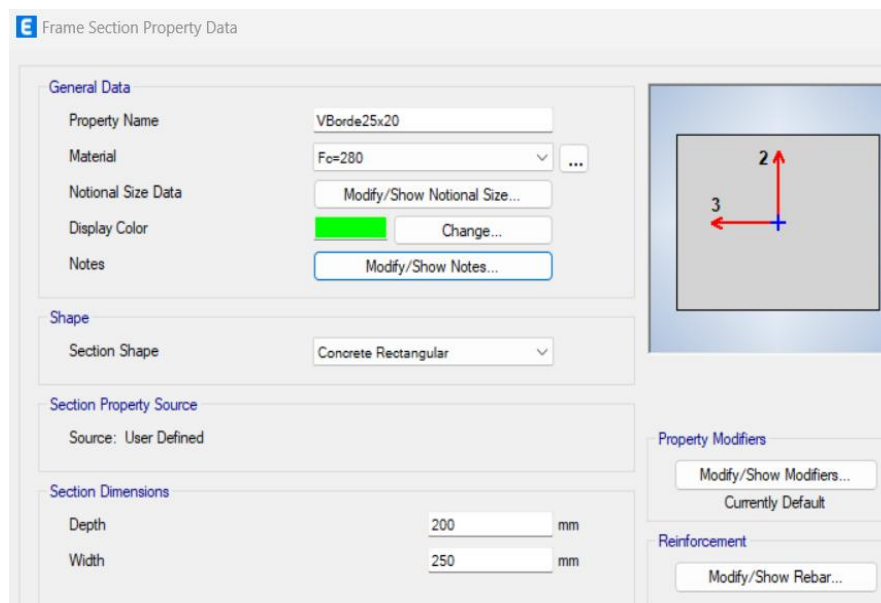


Figura 18. Definición de sección de viga de borde. Tomada de Etabs 21.

E Slab Property Data

General Data

Property Name: Laligerada20cm

Slab Material: Fc=280

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently User Specified): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Type: Ribbed

Overall Depth: 200 mm

Slab Thickness: 50 mm

Stem Width at Top: 100 mm

Stem Width at Bottom: 100 mm

Rib Spacing (Perpendicular to Rib Direction): 400 mm

Rib Direction is Parallel to: Local 2 Axis

Figura 19. Definición de sección de losa aligerada. Tomada de Etabs 21.

E Wall Property Data

General Data

Property Name: Placa2-25cm

Property Type: Specified

Wall Material: Fc=280

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 250 mm

Figura 20. Definición de muro de corte (placa). Tomada de Etabs 21.

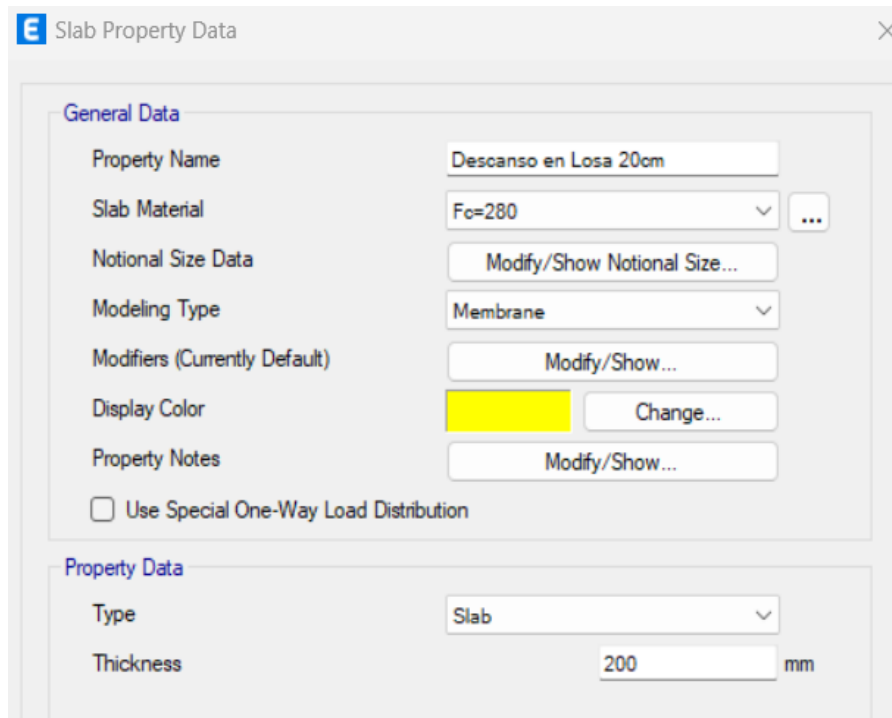


Figura 21. Definición de la sección del descanso de escalera. Tomada de Etabs 21.

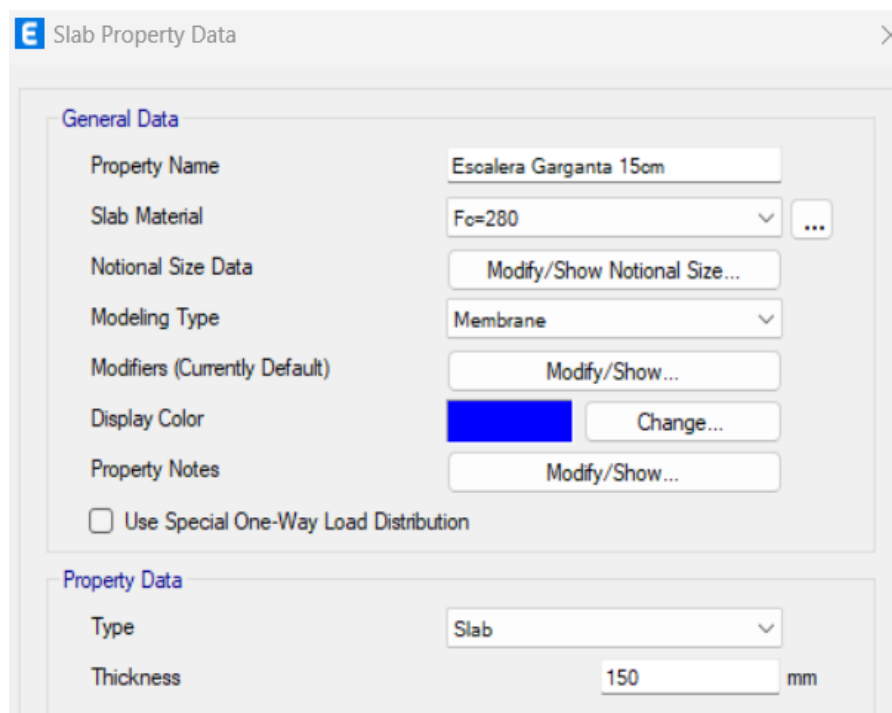


Figura 22. Definición de sección de la escalera. Tomada de Etabs 21.

- Insertar elementos: Una vez definidas las secciones en el Etabs, se procedió a colocarlos de acuerdo al plano estructural en los diferentes niveles. Se inserto columnas, placas, vigas, losas y también se colocó la escalera.

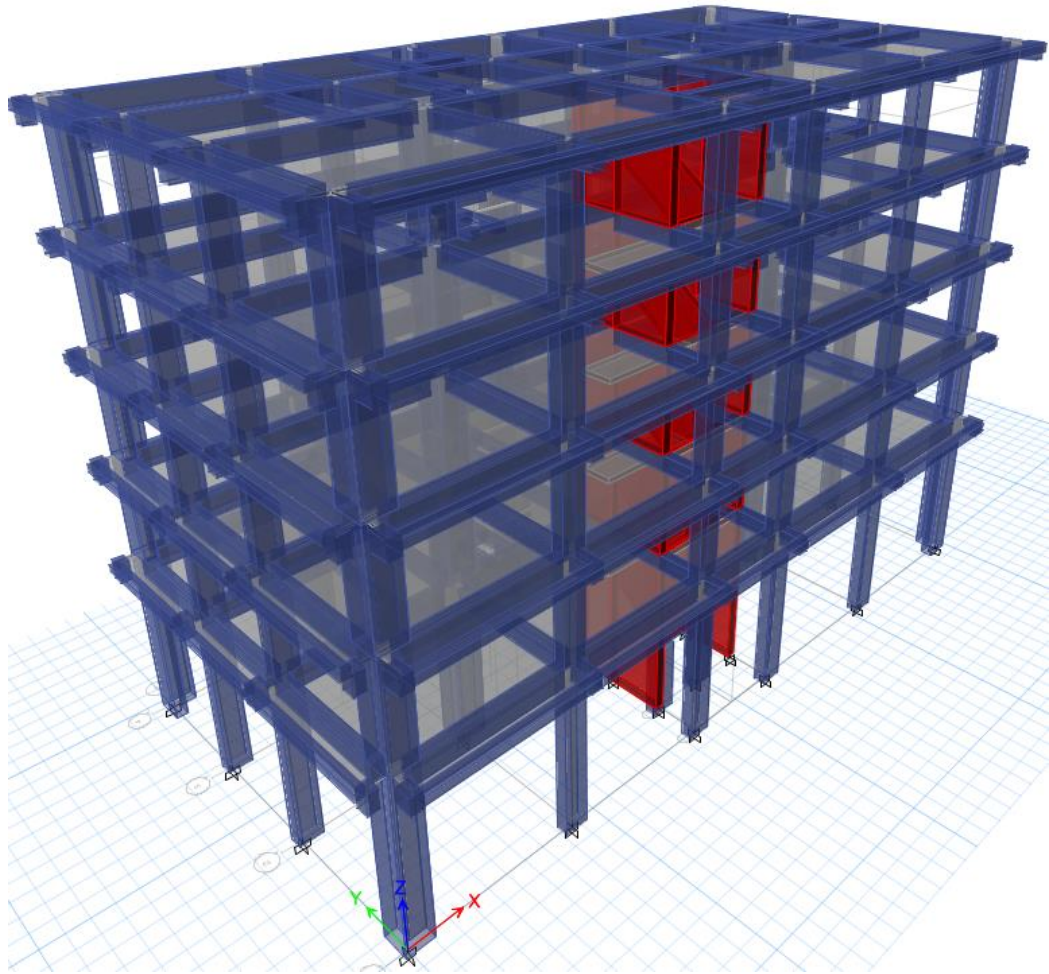


Figura 23. Modelado de la estructura en Etabs, vista 3D. Tomada de Etabs 21.

- **Asignación de cargas:** De acuerdo al cuadro de cargas muertas y vivas establecidos, se procedió a asignar las cargas en las losas de los diferentes niveles. Asimismo, se asignó las cargas correspondientes a la tabiquería ubicadas en las vigas, estas fueron idealizadas como cargas distribuidas y cargas puntuales.

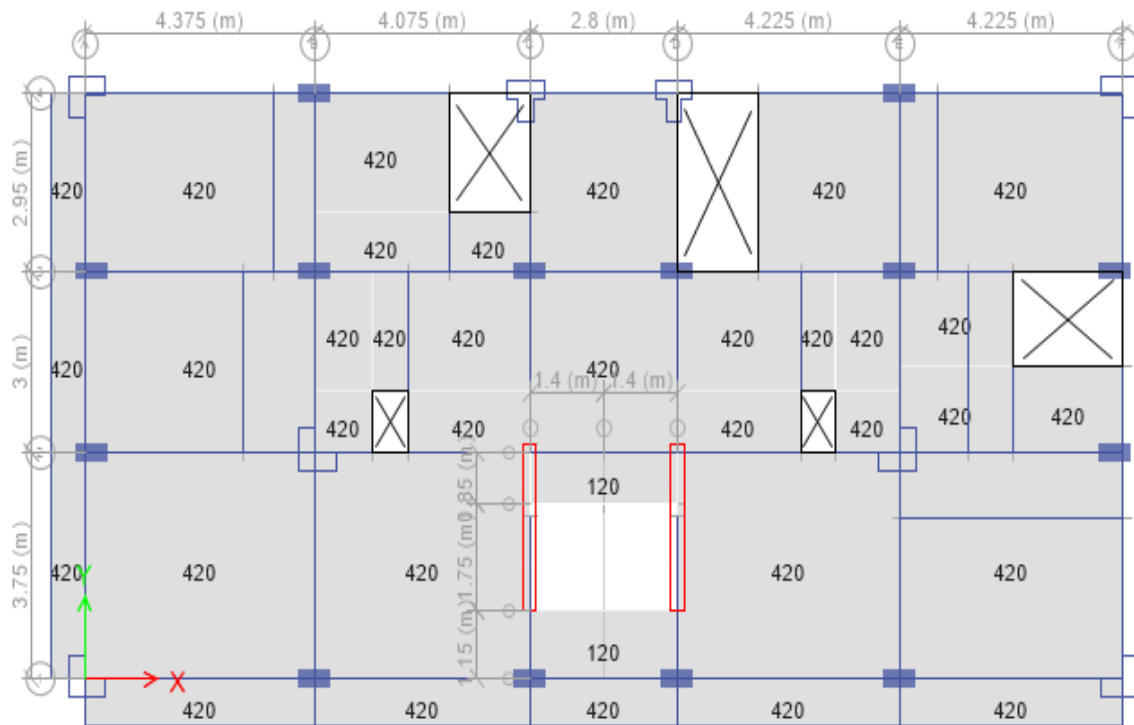


Figura 24. Asignación de cargas muertas en losas, piso típico. Tomada de Etabs 21.

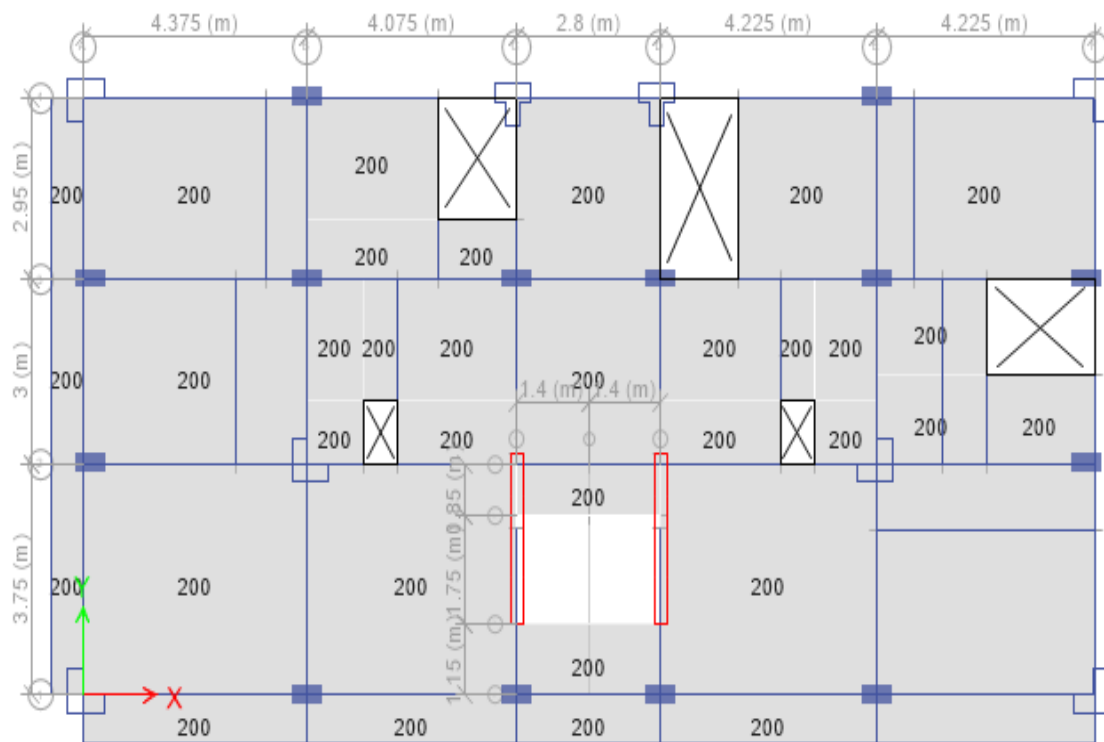


Figura 25. Asignación de cargas vivas en losas, piso típico. Tomada de Etabs 21.

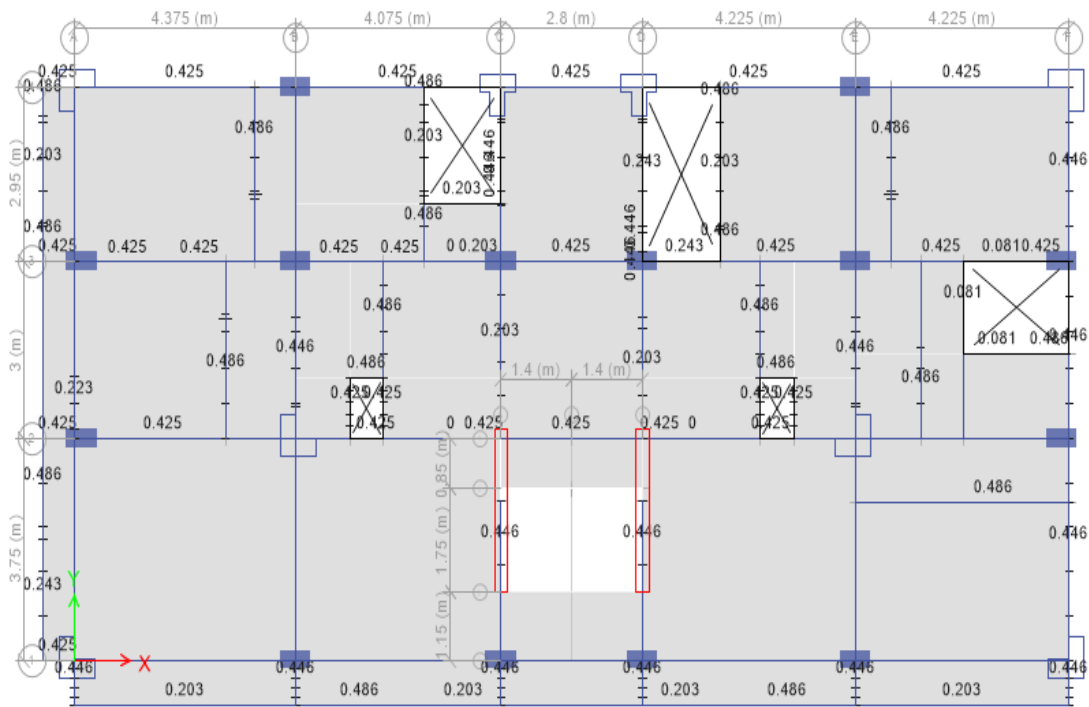


Figura 26. Asignación de cargas distribuidas debido a tabiquería, piso típico. Tomada de Etabs 21.

- Definición de patrones de carga, para el análisis estático.

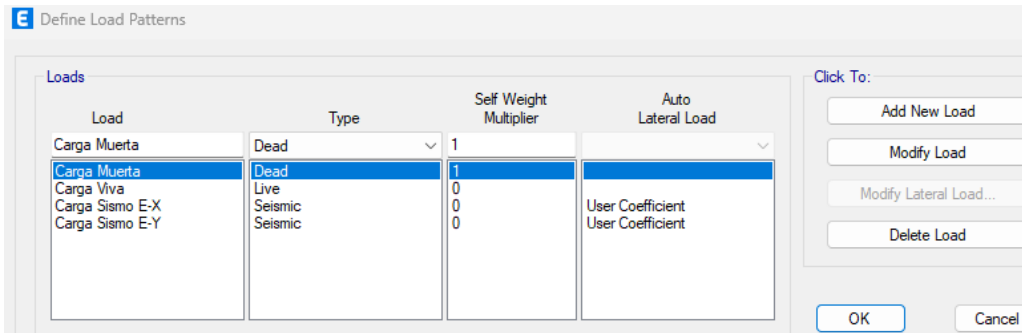


Figura 27. Definición de las cargas sísmicas en las direcciones X e Y. Tomada de Etabs 21.

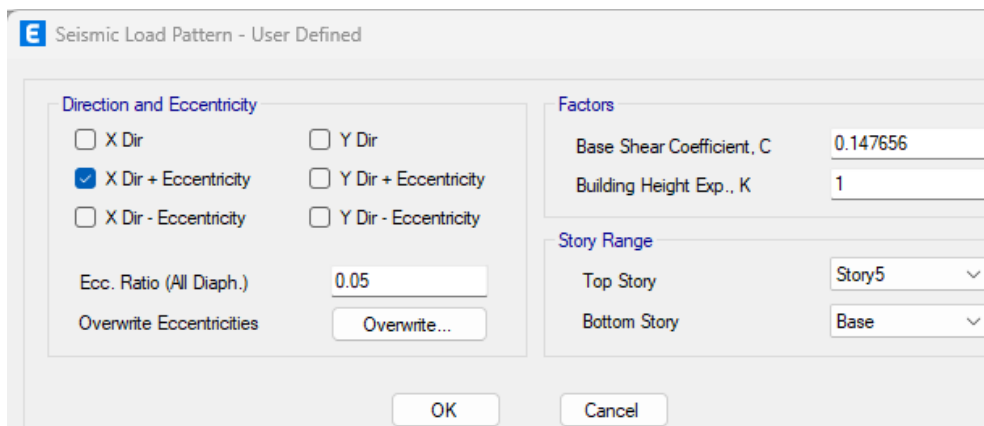


Figura 28. Configuración de las cargas sísmicas estáticas en las direcciones X e Y. Tomada de Etabs 21.

- Definición de espectro de respuesta para el análisis dinámico.

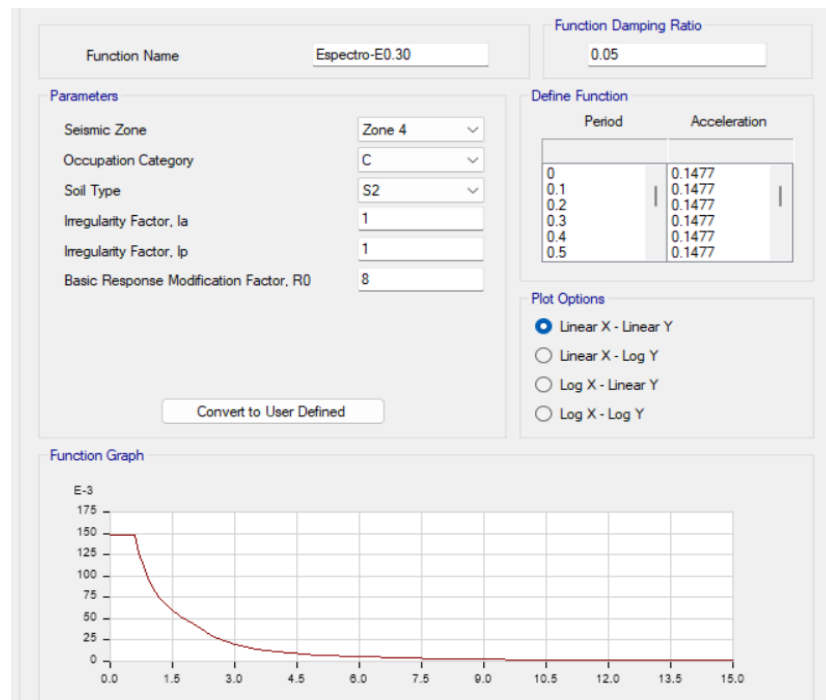


Figura 29. Definición del espectro de respuesta. Tomada de Etabs 21.

- Definición del sismo dinámico: Se define los casos de carga en las direcciones X e Y.

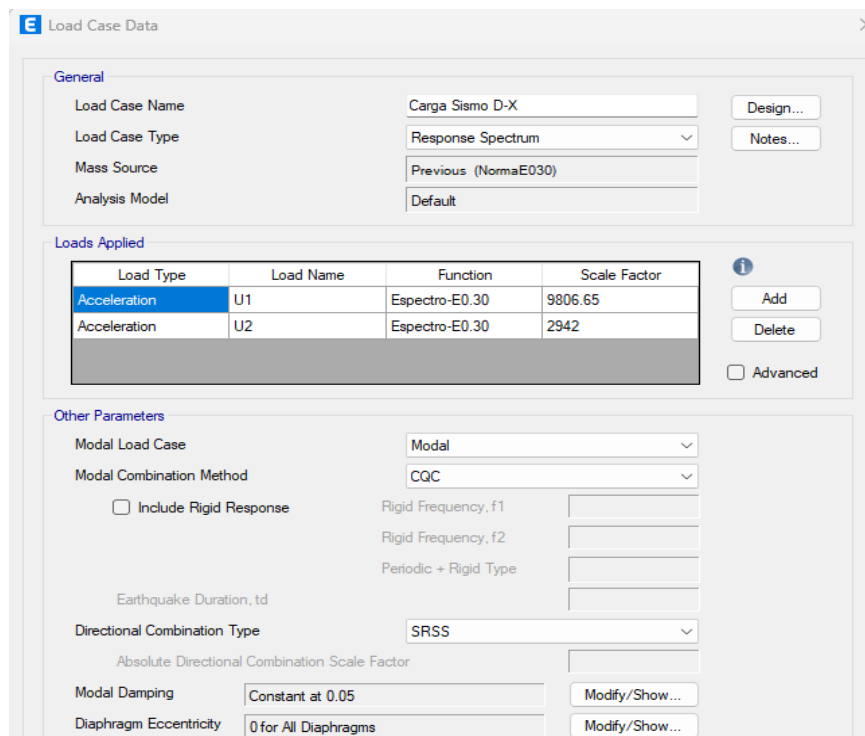


Figura 30. Definición de las cargas de sismo dinámico en la dirección X. Tomada de Etabs 21.

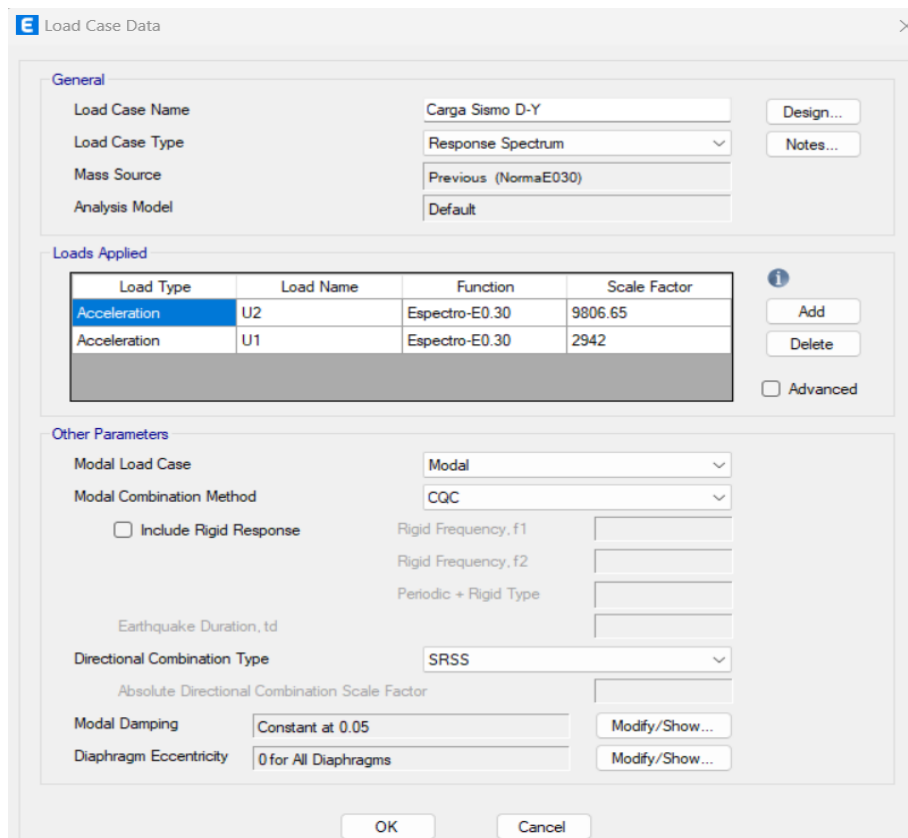


Figura 31. Definición de las cargas de sismo dinámico en la dirección Y. Tomada de Etabs 21.

- Fuentes de masa: Se asigna una participación del 100 % de la carga muerta y un 25 % de la carga viva.

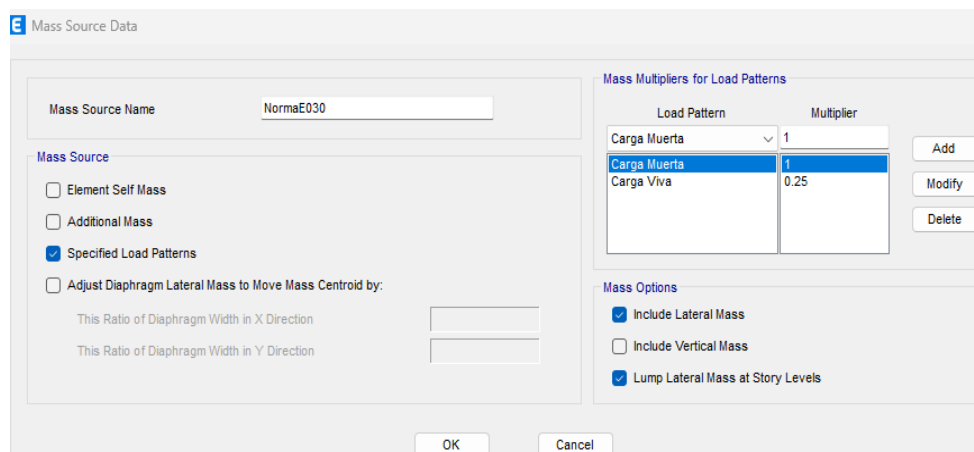


Figura 32. Asignación de la participación de masas. Tomada de Etabs 21.

- Asignación de diafragma rígido: Se crean cinco diafragmas rígidos para cada nivel de la estructura.

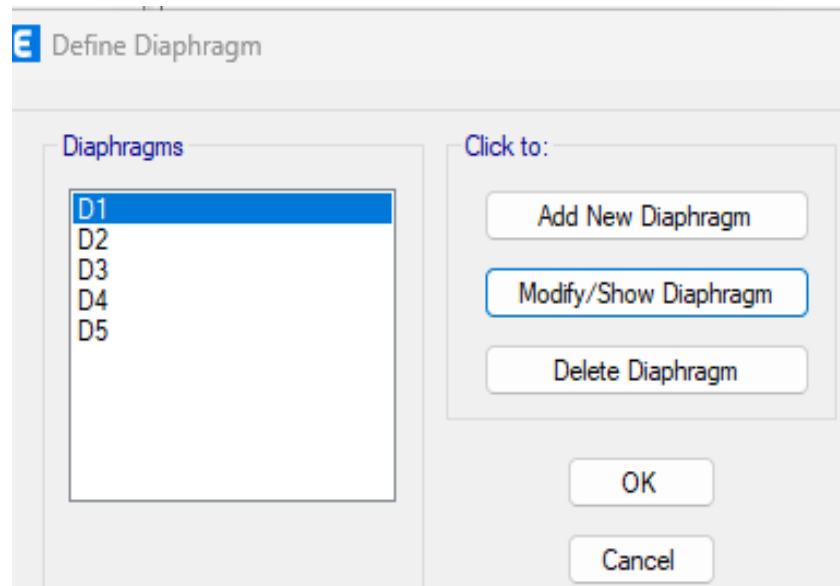


Figura 33. Asignación de los diafragmas rígidos. Tomada de Etabs 21.

- Resultados iniciales: Terminado el modelamiento de la estructura se procedió a correr el programa, luego se realizó verificaciones para ver los ajustes necesarios en la estructuración.

Verificación del coeficiente básico de reducción “R₀”

Para un primer análisis dinámico obtenemos en la dirección Y:

- Cortante dinámica en Y V_y=138.409 tn
- Cortante estática en Y V_y=166.68 tn
- Cortante en las placas V placa= 116.924 tn

$$\% \text{ de cortante} = \%V = \frac{116.924}{138.409} = 84.5\%$$
- Cortante en las columnas V columna= 21.512 tn

$$\% \text{ de cortante} = \%V = \frac{21.512}{138.409} = 15.5\%$$

Entonces de acuerdo a la norma E030, se tiene que en la dirección Y se tiene más del 70% de la cortante en la base, que corresponde al sistema estructural de Muros Estructurales, por lo tanto, en esta dirección el coeficiente “R₀” sería igual a 6.

Se hace una modificación al modelo en Etabs creando un espectro diferente para la dirección Y corrigiendo el valor de “R₀” igual a 6.

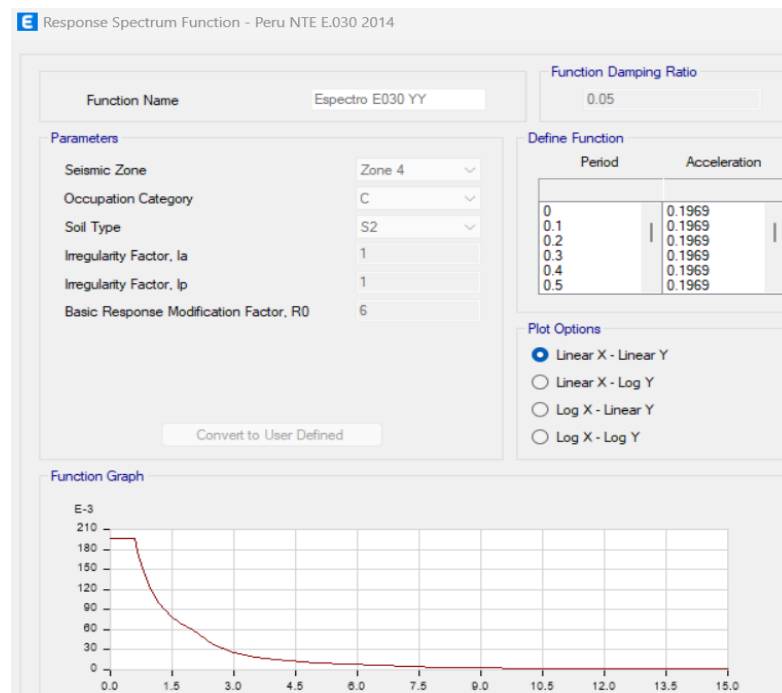


Figura 34. Definición del espectro sísmico para la dirección Y. Tomada de Etabs 21.

Luego de este ajuste, se corrió nuevamente el programa, obteniendo nuevos resultados. A continuación se verifica las irregularidades.

Verificación de Irregularidades

Se verifican las irregularidades para ver el cumplimiento de lo establecido en la norma E.030, así como determinar el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas R .

Irregularidades en Altura: Se determinan los factores I_a por cada tipo de irregularidad y en cada dirección de análisis.

- Irregularidad de Rigidez – Piso blando: Se realizan las verificaciones para cada dirección de análisis, las rigideces en cada nivel no son menores al 70% del entrepiso superior o menores al 80% el promedio de los 3 niveles superiores, determinando así que no se presenta esta irregularidad como se muestra en las tablas a continuación.

Tabla 10. Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando X-X.

Irregularidad de rigidez – Piso Blando Dirección X-X ($I_a=1$)					
Nivel	Rigidez (Tn/mm)	$0.7*K(i+1)$	Verificación 1	$0.8*K(i+1+2+3)/3$	Verificación 2
Nivel 5	39.29	-	-	-	-
Nivel 4	52.91	27.503	Regular	-	-
Nivel 3	58.86	37.037	Regular	-	-
Nivel 2	68.97	41.204	Regular	40.283	Regular
Nivel 1	76.58	48.277	Regular	48.197	Regular

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

Tabla 11. Verificación de Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Y-Y.

Irregularidad de rigidez – Piso Blando Dirección Y-Y ($I_a=1$)					
Nivel	Rigidez (Tn/mm)	$0.7*K(i+1)$	Verificación 1	$0.8*K(i+1+2+3)/3$	Verificación 2
Nivel 5	32.37	-	-	-	-
Nivel 4	55.57	22.661	Regular	-	-
Nivel 3	70.74	38.902	Regular	-	-
Nivel 2	96.11	49.520	Regular	42.317	Regular
Nivel 1	150.19	67.280	Regular	59.315	Regular

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

- Irregularidad de Resistencia – Piso débil: Se realizó las verificaciones para cada dirección de análisis, la resistencia en cada nivel frente a fuerzas cortantes no es menor al 80% del entrepiso superior, determinando así que no se presenta esta irregularidad como se muestra en las tablas a continuación.

Tabla 12. Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso débil X-X.

Irregularidades por Resistencia – Piso Débil Dirección X-X ($I_a=1$)						
Nivel	Cortante Acumulada V (Ton)	Desplazamientos CM	Desplazamientos Relativos CM	Rigidez	$0.8*V(i+1)$	Verificación
Nivel 5	36.040	7.675	0.786	45.852	-	-
Nivel 4	75.665	6.889	1.284	58.929	36.681	Regular
Nivel 3	107.289	5.605	1.745	61.483	47.143	Regular
Nivel 2	129.759	3.860	2.009	64.589	49.187	Regular
Nivel 1	141.804	1.851	1.851	76.609	51.671	Regular

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

Tabla 13. Verificación de Irregularidad de Resistencia – Piso débil X-X

Irregularidades por Resistencia – Piso Débil Dirección Y-Y ($I_a=1$)						
Nivel	Cortante Acumulada V (Ton)	Desplazamientos CM	Desplazamientos Relativos CM	Rigidez	$0.8*V(i+1)$	Verificación
Nivel 5	52.506	8.211	1.570	33.443	-	-
Nivel 4	102.034	6.641	1.810	56.373	26.754	Regular
Nivel 3	137.959	4.831	1.934	71.334	45.098	Regular
Nivel 2	161.617	2.897	1.762	91.723	57.067	Regular
Nivel 1	173.263	1.135	1.135	152.655	73.379	Regular

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

- Irregularidad de Masa o Peso: Se realizó las verificaciones para cada nivel, determinando así que no se presenta esta irregularidad como se muestra en las tablas a continuación.

Tabla 14. Verificación de Irregularidad de Masa o Peso.

Irregularidad de Masa o Peso				
Nivel	Peso Acumulado	Peso por Nivel	$1.5* P(i)$	Verificación
Nivel 5	198.02	198.02	297.02	Regular
Nivel 4	431.66	233.65	350.47	Regular
Nivel 3	666.10	234.44	351.66	Regular
Nivel 2	900.70	234.60	351.90	Regular
Nivel 1	1145.23	244.53	366.80	Regular

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

- Irregularidad Geométrica Vertical: La estructura no presenta esta irregularidad, los elementos son continuos hasta el último nivel.
- Discontinuidad en los Sistemas Resistentes: Todos los elementos presentan la misma sección continua en todos los niveles, por lo tanto, esta irregularidad no aplica.

Irregularidades en planta: Se determinó los factores I_a por cada tipo de irregularidad y en cada dirección de análisis.

- Irregularidad Torsional: Se realizó las verificaciones para cada dirección de análisis, determinando así que no se presenta esta irregularidad como se muestra en las tablas a continuación.

Tabla 15. Verificación de Irregularidad Torsional X-X

Irregularidad Torsional Dirección X-X ($I_p=1$)							
Nivel	Desplaz. $\Delta 1$ (mm)	Desplaz. $\Delta 2$ (mm)	Desplaz. $\Delta 3$ (mm)	Desplaz. $\Delta 4$ (mm)	Desplazamiento Máximo (mm)	1.3*(Prom. Δ)	Verificación
Nivel 5	7.589	7.589	7.78	7.78	7.780	9.948	Regular
Nivel 4	6.824	6.824	6.975	6.975	6.975	8.937	Regular
Nivel 3	5.551	5.551	5.677	5.677	5.677	7.271	Regular
Nivel 2	3.814	3.814	3.919	3.919	3.919	5.004	Regular
Nivel 1	1.821	1.821	1.887	1.887	1.887	2.396	Regular

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

Tabla 16. Verificación de Irregularidad Torsional Y-Y

Irregularidad Torsional Dirección Y-Y ($I_p=1$)							
Nivel	Desplaz. $\Delta 1$ (mm)	Desplaz. $\Delta 2$ (mm)	Desplaz. $\Delta 3$ (mm)	Desplaz. $\Delta 4$ (mm)	Desplazamiento Máximo (mm)	1.3*(Prom. Δ)	Verificación
Nivel 5	8.696	7.813	7.833	8.696	8.696	10.548	Regular
Nivel 4	7.072	6.298	6.315	7.072	7.072	8.530	Regular
Nivel 3	5.181	4.561	4.574	5.181	5.181	6.204	Regular
Nivel 2	3.137	2.718	2.726	3.137	3.137	3.718	Regular
Nivel 1	1.246	1.058	1.061	1.246	1.246	1.458	Regular

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

- Esquinas Entrantes: De acuerdo plano en planta no se encontró esta irregularidad para verificar.
- Discontinuidad de diafragma: Se tiene un mismo de tipo de losa para todos los diafragmas, los ductos y aberturas no superan el 50% del total del área total del diafragma en cada nivel.
- Sistemas no Paralelos: No se encontró esta irregularidad, todos los ejes son paralelos.

Luego de evaluar cada una de las irregularidades en las direcciones X e Y, se determinó que no presenta irregularidades por lo tanto tenemos la siguiente expresión:

$$R = R_0 * I_a * I_p \text{ donde } I_a \text{ e } I_p \text{ toman el valor de } 1.$$

Entonces el valor de R será:

$$R_x = 8 * 1 * 1 = 8, R_y = 6 * 1 * 1 = 6$$

No son necesarios más ajustes en el modelamiento de la estructura, por lo tanto, se muestran los resultados siguientes.

4.4. Resultados de la Respuesta Sísmica Dinámica – Modelo de Base Empotrada

Luego del análisis sísmico estructural de la edificación, se detallan los resultados hallados considerando base empotrada, desglosados en las siguientes dimensiones e indicadores:

Análisis Sísmico

Periodos de vibración

Del análisis realizado se obtuvieron los periodos de vibración para 15 modos, donde los valores más altos fueron para los 3 primeros, siendo el más alto el primer periodo de 0.439 seg.

Tabla 17. Periodos del análisis dinámico.

Periodos de vibración del análisis dinámico - Modelo de Base Empotrada	
Modos	Periodos T (seg) Modelo base empotrada
1	0.439
2	0.401
3	0.347
4	0.134
5	0.126
6	0.091
7	0.071
8	0.068
9	0.045
10	0.043
11	0.042
12	0.034
13	0.032
14	0.026
15	0.019

Nota: Elaborada por la autora. Resultados tomados del Etabs 21.

Distorsiones de entrepiso Sismo Dinámico

Se obtuvo los resultados de las distorsiones de entrepiso por cada nivel y dirección de análisis debido al sismo dinámico, estos a su vez están afectados por un coeficiente de $0.75R$ para estructuras regulares, siendo $R=8$ en la dirección X y 6 en la dirección Y, los cálculos se muestran en las tablas siguientes.

En la dirección X se halló una máxima distorsión de entrepiso de 0.004692 ubicado en el segundo nivel de la edificación, este a su vez es inferior al límite establecido por norma.

Tabla 18. Verificación de las Distorsiones de entrepiso del análisis dinámico en la dirección X.

Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico dirección X – Modelo de Base Empotrada				
N° de Nivel	Drift X	Distorsiones Modelo base empotrada $0.75 \cdot R \cdot \text{Drift X}$	Límite E.030	Verificación
Nivel 5	0.000317	0.001902	0.007	Cumple
Nivel 4	0.000506	0.003036	0.007	Cumple
Nivel 3	0.000680	0.00408	0.007	Cumple
Nivel 2	0.000782	0.004692	0.007	Cumple
Nivel 1	0.000588	0.003528	0.007	Cumple

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

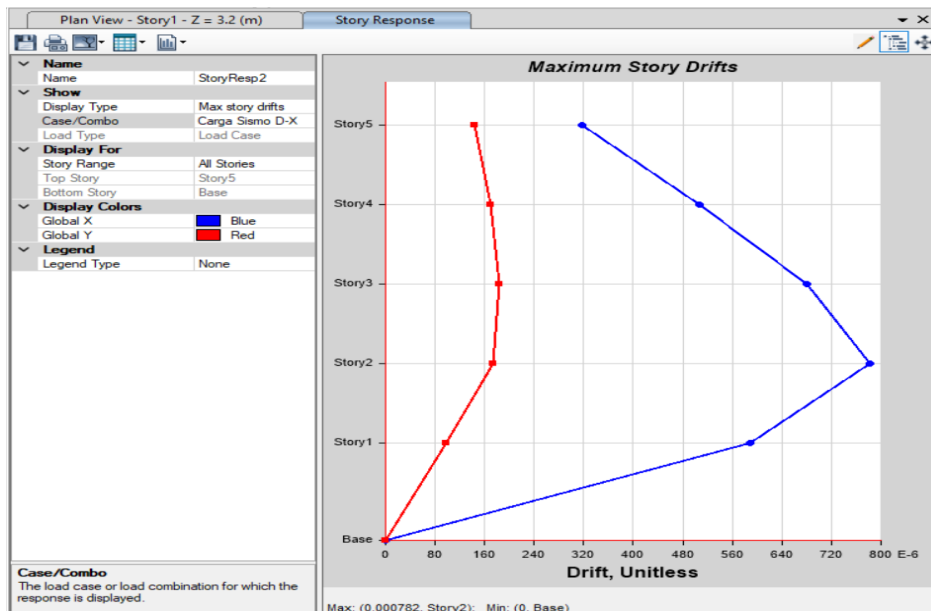


Figura 35. Distorsiones de entrepiso – Sismo Dinámico X, tomada de Etabs 21.

En la dirección Y se halló una máxima distorsión de entrepiso de 0.003551 ubicado en el tercer nivel de la edificación, este a su vez es inferior al límite establecido por norma.

Tabla 19. Verificación de las Distorsiones de entrepiso del análisis dinámico en la dirección Y.

Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico en Y – Modelo de Base Empotrada				
Nº de Nivel	Drift Y	Distorsiones Modelo base empotrada $0.75 \cdot R \cdot \text{Drift Y}$	Límite E.030	Verificación
Nivel 5	0.000630	0.002835	0.007	Cumple
Nivel 4	0.000732	0.003294	0.007	Cumple
Nivel 3	0.000789	0.003551	0.007	Cumple
Nivel 2	0.000728	0.003276	0.007	Cumple
Nivel 1	0.000389	0.0017505	0.007	Cumple

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

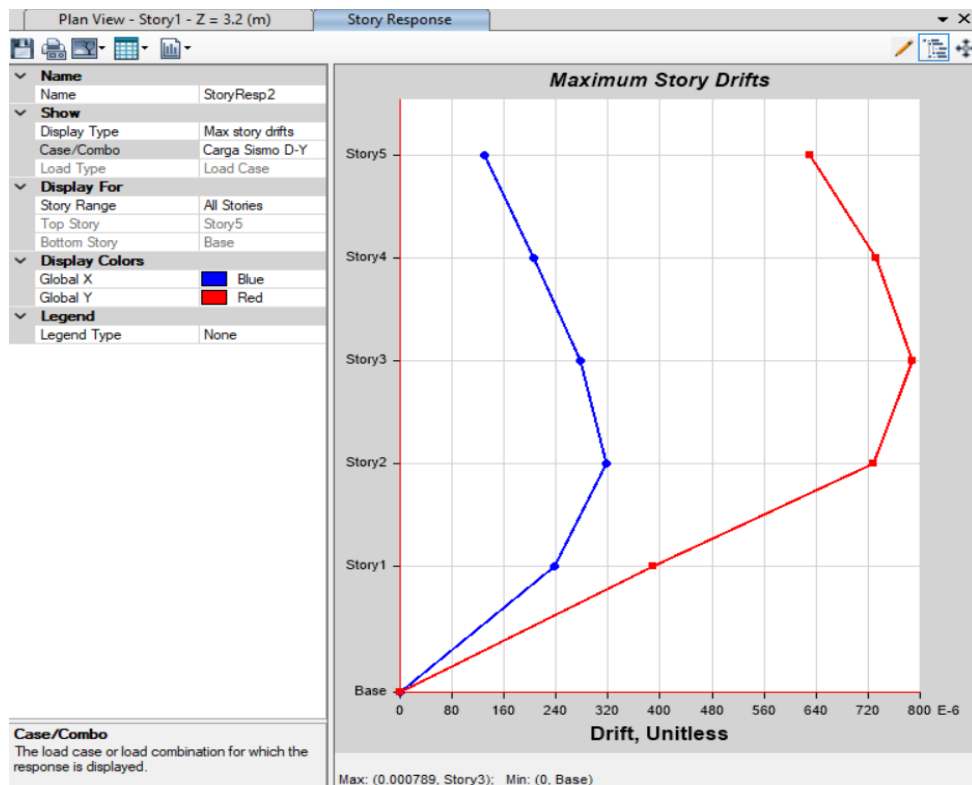


Figura 36. Distorsiones de entrepiso - Sismo Dinámico Y, tomada de Etabs 21.

Cortante Basal

Cortante en la dirección X

Del análisis realizado considerando base empotrada para la estructura en estudio, se obtuvo un máximo valor de cortante basal en la dirección X de 141.804 tn ubicado en el primer nivel de la edificación, es un resultado coherente para la estructura regular donde las masas de los niveles van disminuyendo hasta llegar al último nivel, donde se tiene un cortante de 63.04 tn.

Tabla 20. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X. Tomada de Etabs 21.

Cortante basal de entrepiso por Sismo Dinámico en X - Modelo base empotrada	
N° de Nivel	Cortante por pisos (ton)
Nivel 5	36.040
Nivel 4	75.665
Nivel 3	107.289
Nivel 2	129.759
Nivel 1	141.804

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

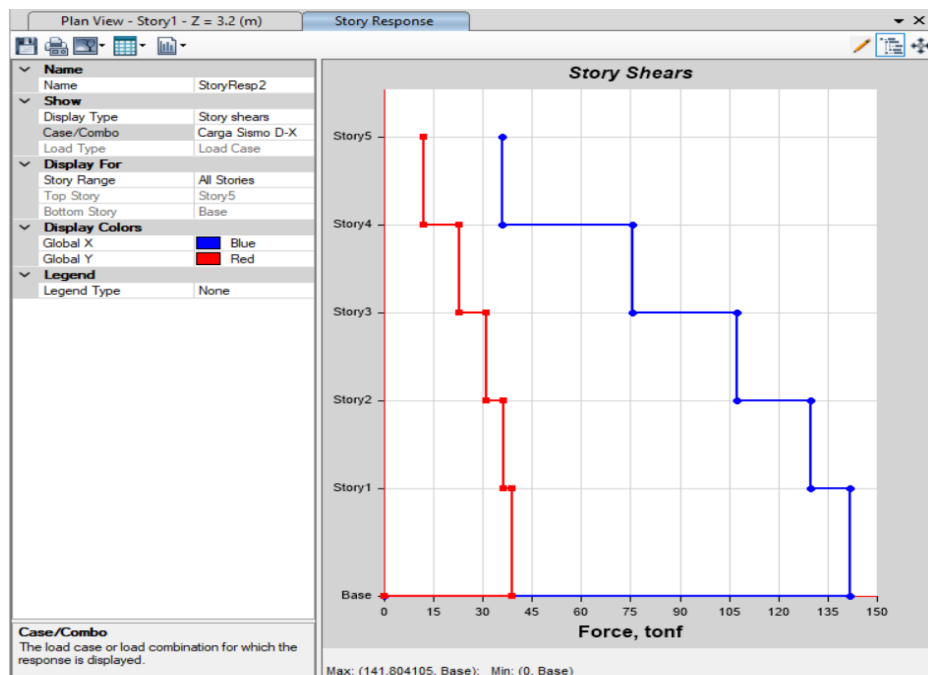


Figura 37. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X, tomada de Etabs 21.

Cortante en la dirección Y

Por otro lado, en la dirección Y, se halló un cortante basal máximo de 173.263 tn ubicado en el primer nivel de la edificación, es un resultado coherente para la estructura regular donde las masas de los niveles van disminuyendo hasta llegar al último nivel, donde se tiene un cortante de 52.506 tn.

Tabla 21. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico Y

Cortante basal de entrepiso por Sismo Dinámico en la dirección Y – Modelo base empotrada	
Nº de Nivel	Cortante por pisos (ton)
Nivel 5	52.506
Nivel 4	102.034
Nivel 3	137.959
Nivel 2	161.617
Nivel 1	173.263

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

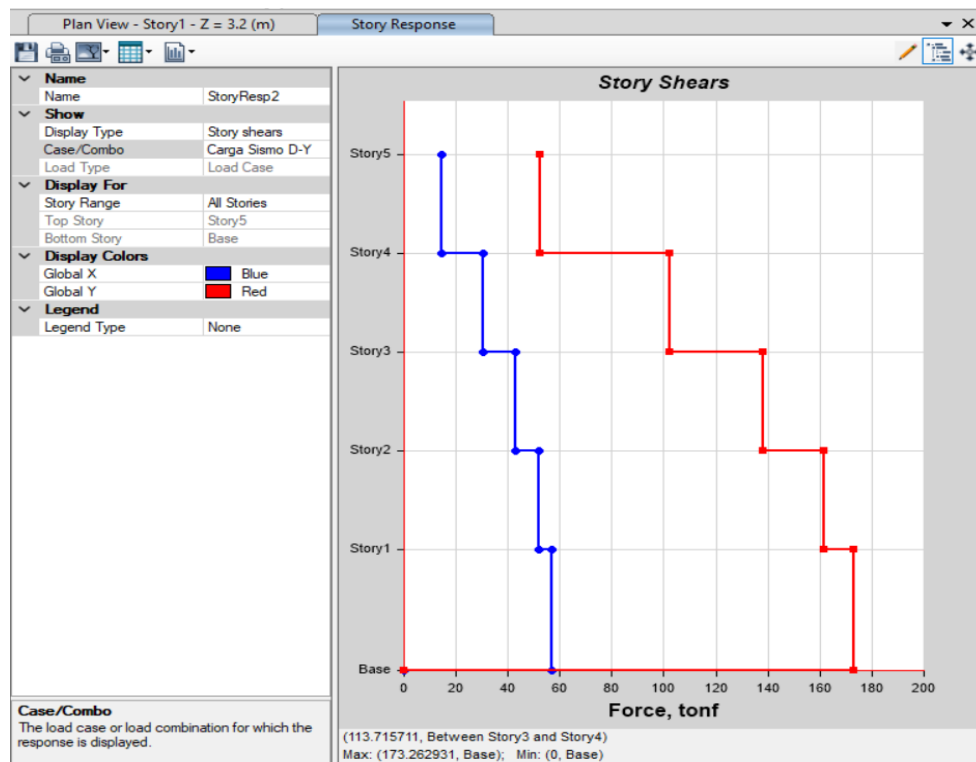


Figura 38. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico Y, tomada de Etabs 21.

Análisis estructural

Fuerzas axiales

Pórtico 3-3

Del análisis realizado considerando base empotrada, se tomaron los resultados debido a la carga última del pórtico 3-3 del primer nivel donde hubo mayores variaciones en los valores obtenidos. Las mayores fuerzas axiales que se generaron fueron a compresión en las columnas del pórtico 3-3, el mayor fue en la columna 3B con un valor de 92.70 tn a compresión.

Tabla 22. Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Empotrado - Pórtico 3-3.

Fuerzas axiales por Carga Última Pórtico 3-3 - Modelo Base Empotrada	
N° de Elemento	Fuerza Axial (ton)
Columna 3A	-66.64
Columna 3B	-92.70
Columna 3C	-69.47
Columna 3D	-66.22
Columna 3E	-88.92
Columna 3F	-50.13

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

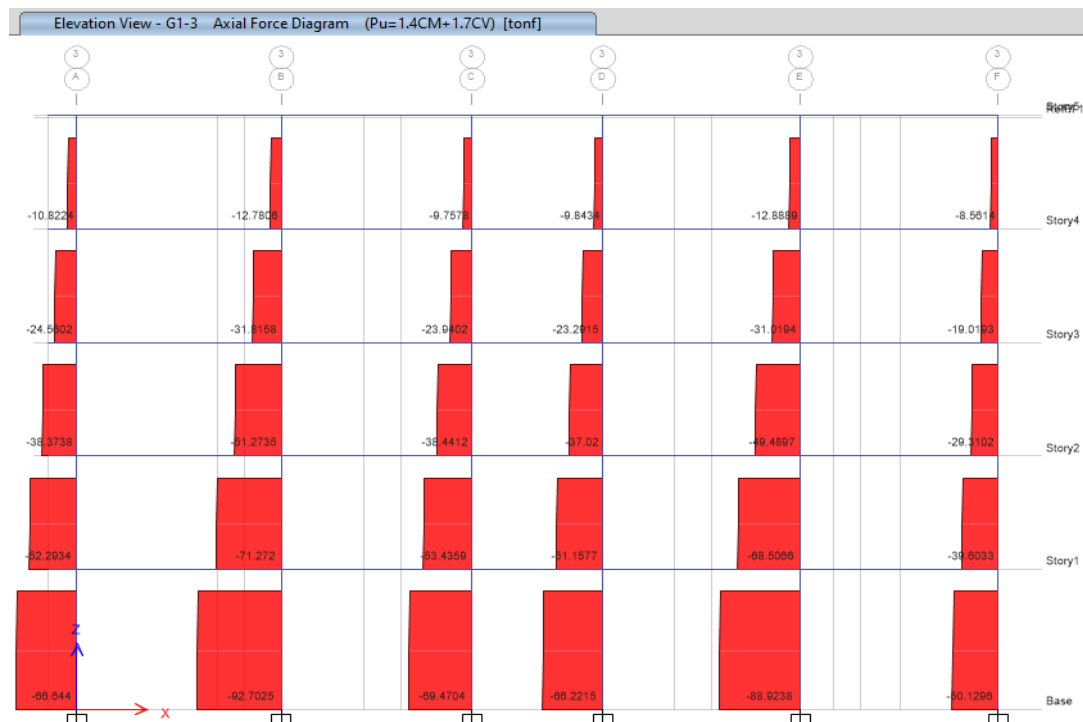


Figura 39. Fuerzas axiales por carga última pórtico 3-3, tomada de Etabs 21.

Fuerzas Cortantes

Pórtico 3-3 Sismo dinámico X

Para evaluar los resultados de este indicador se tomó el pórtico 3-3 del primer nivel donde hubo mayores variaciones en los valores obtenidos. La mayor fuerza cortante por sismo dinámico se dio en la columna 3D del pórtico 3-3 con un valor de 4.72 tn.

Tabla 23. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado - Pórtico 3-3

Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico en X Pórtico 3-3 - Modelo Base Empotrada	
N° de Elemento	Fuerza cortante (ton)
Columna 3A	3.56
Columna 3B	4.49
Columna 3C	4.70
Columna 3D	4.72
Columna 3E	4.49
Columna 3F	3.60

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

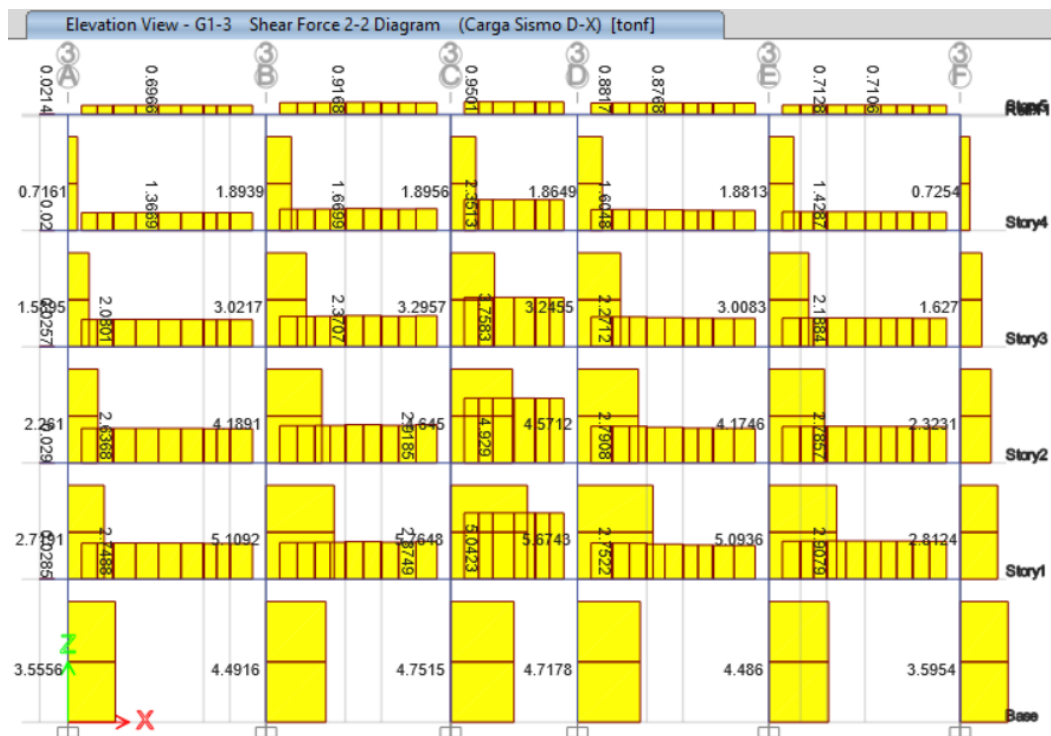


Figura 40. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado - Pórtico 3-3

Momentos flectores

Pórtico 3-3 Sismo Dinámico X

En cuanto a los momentos flectores del análisis por sismo dinámico en la dirección X, el mayor valor se dio en la columna central 3C del pórtico 3-3 con un valor de 9.68 tn.m.

Tabla 24. Momentos Flectores del pórtico 3-3, Sismo Dinámico X -Modelo Empotrado

Momentos Flectores del Pórtico 3-3 – Sismo Dinámico en X Modelo Base Empotrada	
N° de Elemento	Momento Flector(ton-m)
Columna 3A	8.47
Columna 3B	9.42
Columna 3C	9.68
Columna 3D	9.64
Columna 3E	9.41
Columna 3F	8.51

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

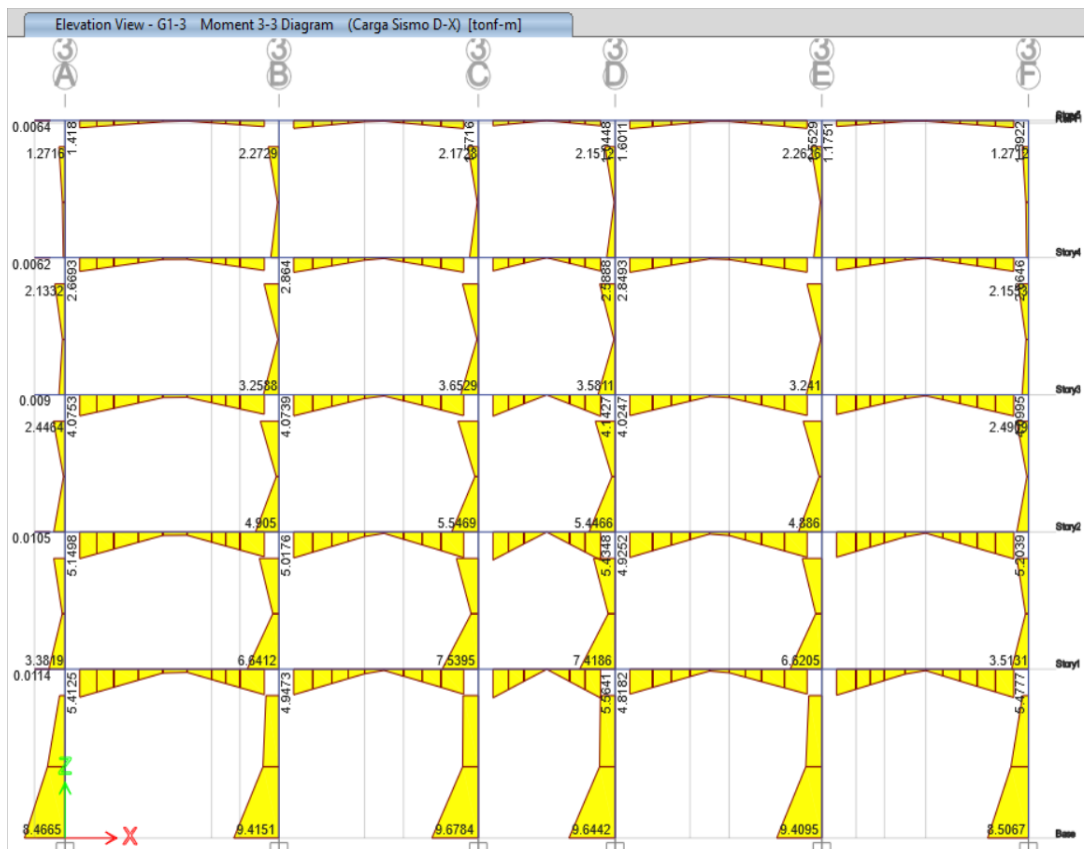


Figura 41. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X -Modelo Empotrado - Pórtico 3-3

Momentos torsores

Pórtico 3-3 Sismo Dinámico en Y

En cuanto a los momentos torsores del análisis, los mayores valores se originaron del sismo dinámico en la dirección Y de análisis, en las vigas de pórtico 3-3 perpendicular al eje de las fuerzas actuantes se obtuvieron los resultados mayores, siendo en la viga central 3-CD donde se tuvo un valor de 0.54 tn.m de momento torsor, en los demás tramos de viga se obtuvieron valores ligeramente menores.

Tabla 25. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado - Pórtico 3-3.

Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y Pórtico 3-3 - Modelo Base Empotrada	
N° de Elemento	Momento torsor (ton-m)
VIGA 3-AB	0.45
VIGA 3-BC	0.52
VIGA 3-CD	0.54
VIGA 3-DE	0.51
VIGA 3-EF	0.52

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

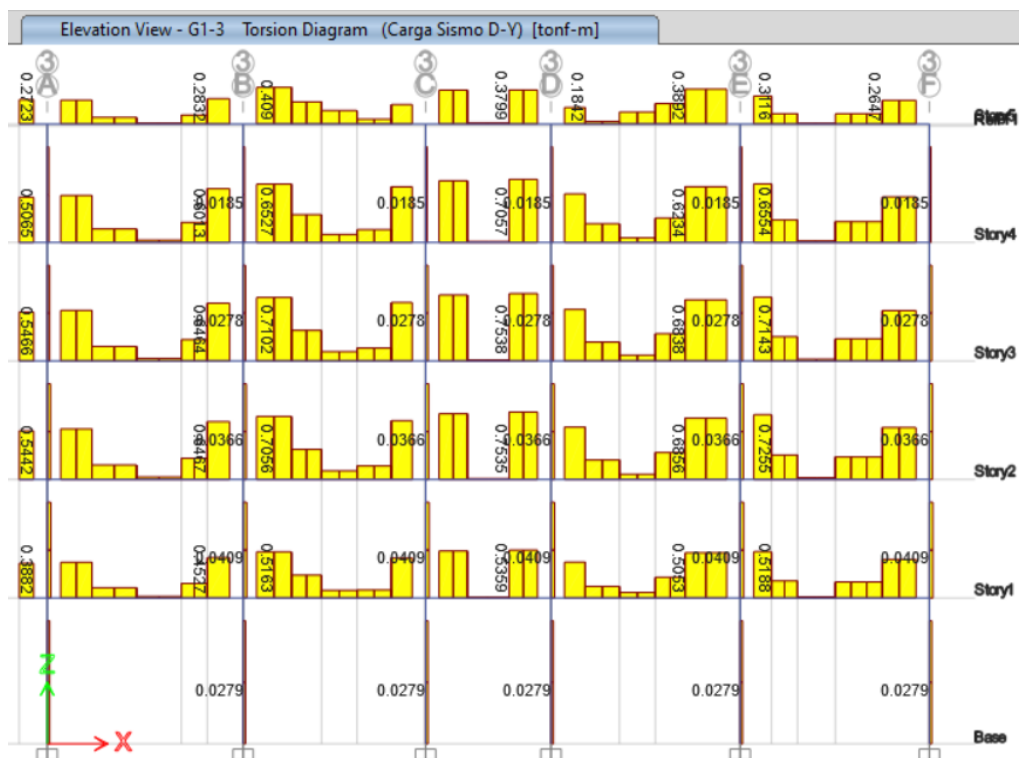


Figura 42. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado - Pórtico 3-3

Análisis de la Estructura con la Cimentación

En esta parte de estudio se incluyó las zapatas en la estructura, inicialmente se planteó zapatas aisladas, a continuación, se muestra un extracto del cálculo de sus dimensiones correspondientes a las zapatas entre los ejes 3/B y 4/B.

Zapata céntrica eje 3/B

Datos Iniciales

Tabla 26. Datos de la columna en el eje 3/B.

Datos de la columna			
Largo (b):	60 cm	Ancho (t):	30 cm
Carga muerta CM:	53.91 ton	Carga viva CV:	10.13 ton
Cargas de diseño:			
Peso de servicio Ps:	64.04 ton	Ps=CM+CV	
Peso total Pt:	69.17 ton	Pt=Ps+Ppzap	
Peso último Pu:	92.70 ton	Pu=1.4CM+1.7CV	

Nota: Elaborada por la autora.

Tabla 27. Datos de la Zapata en el eje 3/B.

Datos de la zapata	
Esfuerzo admisible del terreno σ_a :	1.14 kg/cm ² = 11.4 ton/m ²
Fc:	210 kg/cm ²
Fy:	4200 kg/cm ²
Φ :	0.85

Nota: Elaborada por la autora.

Predimensionamiento

Área de la Zapata dado por la siguiente expresión:

$$Azap = \frac{Pt}{\sigma_a} = 6.07 \text{ m}^2$$

El largo (B) y ancho (T) de la zapata vienen dados por las siguientes expresiones:

$$B = \sqrt{Az} + \frac{1}{2}(b - t) = 2.61 \text{ m} \rightarrow 3.4 \text{ m}$$

$$T = \sqrt{Az} - \frac{1}{2}(b - t) = 2.31 \text{ m} \rightarrow 2.4 \text{ m}$$

El esfuerzo de la zapata se calcula con las dimensiones nuevas:

$$\sigma_z = \frac{Pu}{Az_{nueva}} = 11.36 \text{ ton/m}^2$$

Se cumple que: $\sigma_a \geq \sigma_z$

Determinamos el peralte de la zapata (hz):

Asumimos los valores de (r_e) y (d):

$$r_e = 10 \text{ cm}$$

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

Entonces tenemos que:

$$hz = d + r_e = 30 + 10 = 40 \text{ cm}$$

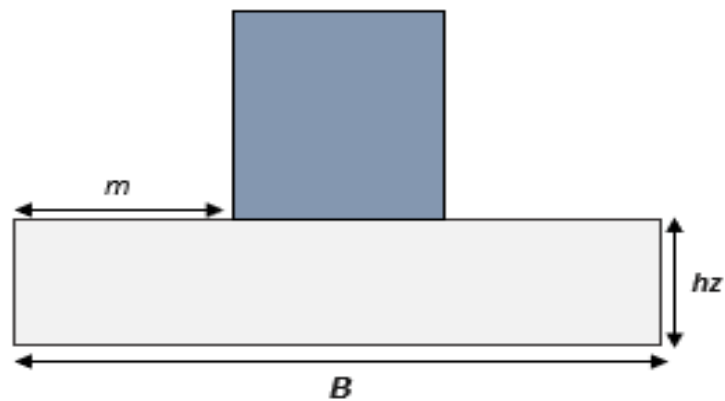


Figura 43. Vista elevación de zapata y columna. Elaborada por la autora.

Perímetro por punzonamiento

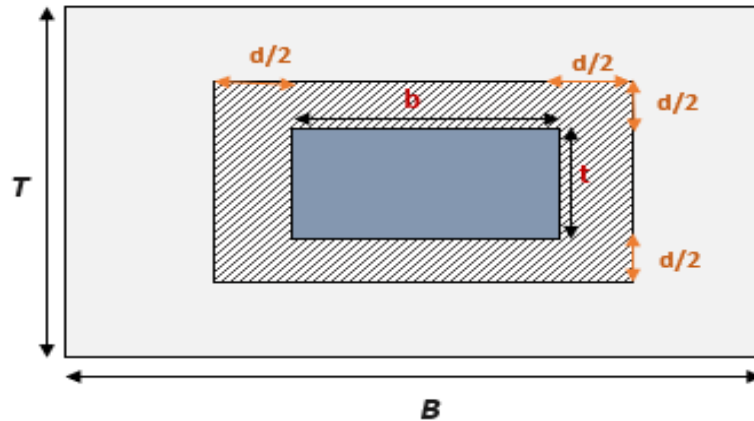


Figura 44. Esquema zapata, columna y zona de punzonamiento. Elaborada por la autora.

Siendo una columna centrada, el perímetro viene dado de la siguiente manera:

$$b_0 = 2(b + d) + 2(t + d) = 3.00m$$

Verificación del esfuerzo por punzonamiento

Se calculó la fuerza cortante por punzonamiento, de la siguiente manera:

$$V_o = Pu - (b + d)(t + d)\sigma_z = 86.57ton$$

Esfuerzo cortante por punzonamiento

$$v_o = \frac{V_o}{b_0d} = 96.19 ton/m^2$$

Esfuerzo resistente al punzonamiento del concreto:

$$v_{oc} = 1.06 \times \phi \times \sqrt{F_c} = 130.57 ton/m^2$$

Se cumple que: $v_{oc} \geq v_o$

Verificación del esfuerzo por flexión

Para ello se determinó las distancias entre la cara de la columna y la zapata, denotado por (m) y (n) en ambas direcciones.

$$m = \frac{B - b}{2} = 1.40m$$

Fuerza cortante amplificada en la sección:

$$Vu = B(m - d)\sigma z = 42.49 \text{ ton}$$

Esfuerzo cortante por flexión:

$$vu = \frac{Vu}{T \times d} = 59.01 \text{ ton/m}^2$$

Esfuerzo Cortante permisible del concreto:

$$vuc = 0.53\phi\sqrt{Fc} = 65.28 \text{ ton/m}^2$$

Se cumple que: $v_{uc} \geq v_u$

Zapata Excéntrica eje 4/B

Datos Iniciales

Tabla 28. Datos de la columna en el eje 4/B.

Datos de la columna			
Largo (b):	60 cm	Ancho (t):	30 cm
Carga muerta CM:	37.88 ton	Carga viva CV:	5.14 ton
Cargas de diseño:			
Peso de servicio Ps:	43.02 ton	Ps=CM+CV	
Peso total Pt:	46.46 ton	Pt=Ps+Ppzap	
Peso último Pu:	61.77 ton	Pu=1.4CM+1.7CV	

Nota: Elaborada por la autora.

Tabla 29. Datos de la zapata en el eje 4/B.

Datos de la zapata	
Esfuerzo admisible del terreno σ_a :	1.14 kg/cm ² = 11.4 ton/m ²
Fc:	210 kg/cm ²
Fy:	4200 kg/cm ²
Φ :	0.85

Nota: Elaborada por la autora.

Predimensionamiento

Área de la Zapata dado por la siguiente expresión:

$$Azap = \frac{Pt}{\sigma_a} = 4.08 \text{ m}^2$$

El largo (B) y ancho (T) de la zapata vienen dados por las siguientes expresiones:

$$B = \sqrt{Az} + \frac{1}{2}(b - t) = 2.17 \text{ m} \rightarrow 2.9 \text{ m}$$

$$T = \sqrt{Az} - \frac{1}{2}(b - t) = 1.87 \text{ m} \rightarrow 1.9 \text{ m}$$

El esfuerzo de la zapata se calcula con las dimensiones nuevas:

$$\sigma_z = \frac{Pu}{Aznueva} = 11.21 \text{ ton/m}^2$$

Se cumple que: $\sigma_a \geq \sigma_z$

Determinamos el peralte de la zapata (hz):

Asumimos los valores de (r_e) y (d):

$$r_e = 10 \text{ cm}$$

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

Entonces tenemos que:

$$hz = d + r_e = 30 + 10 = 40 \text{ cm}$$

Perímetro por punzonamiento

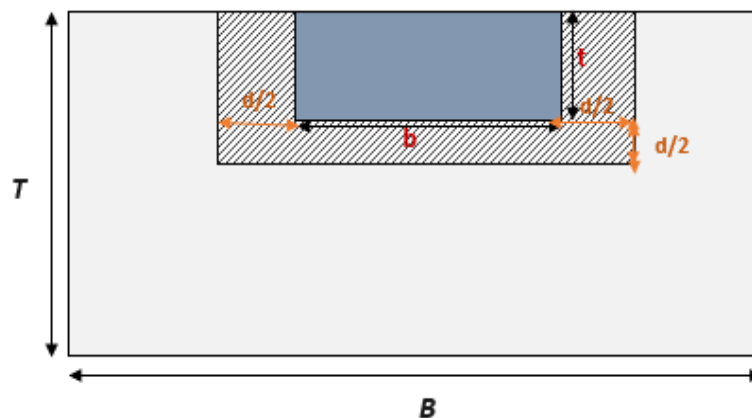


Figura 45. Esquema zapata, columna y zona de punzonamiento. Elaborada por la autora.

Siendo una columna centrada, el perímetro viene dado de la siguiente manera:

$$b_0 = (b + d) + 2 \left(t + \frac{d}{2} \right) = 1.80m$$

Verificación del esfuerzo por punzonamiento

Calculamos la fuerza cortante por punzonamiento, de la siguiente manera:

$$V_o = Pu - (b + d)(t + d)\sigma_z = 55.72ton$$

Esfuerzo cortante por punzonamiento

$$v_o = \frac{V_o}{b_0d} = 103.18 ton/m^2$$

Esfuerzo resistente al punzonamiento del concreto:

$$v_{oc} = 0.27 \left(2 + \frac{30d}{b_0} \right) \sqrt{F_c} = 273.89ton/m^2$$

Se cumple que: $v_{oc} \geq v_o$

Verificación del esfuerzo por flexión

Primero se determinó las distancias (m) y (n) en ambas direcciones.

$$m = \frac{B - b}{2} = 1.15m$$

Fuerza cortante amplificada en la sección:

$$V_u = B(m - d)\sigma_z = 27.63 ton$$

Esfuerzo cortante por flexión:

$$v_u = \frac{V_u}{T \times d} = 48.48 ton/m^2$$

Esfuerzo Cortante permisible del concreto:

$$v_{uc} = 0.53\phi\sqrt{F_c} = 65.28 ton/m^2$$

Se cumple que: $v_{uc} \geq v_u$

Para cumplir los requisitos de esfuerzos las dimensiones de las zapatas aisladas fueron muy grandes, se observó superposiciones y distancias de

separación pequeña, en la imagen siguiente se muestra las zapatas de área achurada.

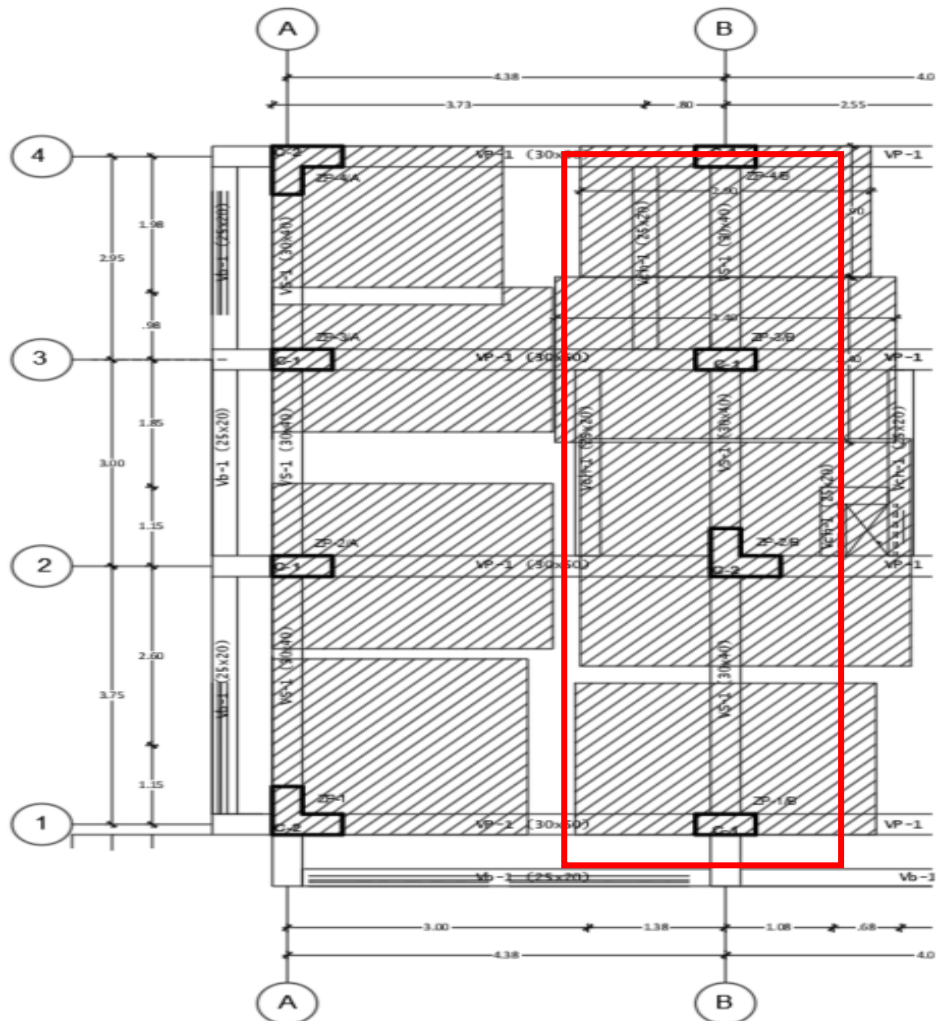


Figura 46. Ejemplo de zapatas aisladas superpuestas ejes A y B. Elaborada por la autora.

Cimentaciones con Zapatas Combinadas

Debido a las grandes dimensiones de las zapatas aisladas se optó por combinar áreas, es decir trabajar con zapatas combinadas. Como muestra del proceso de cálculo de dimensiones se muestra las zapatas para las columnas de los ejes 4/B y 3/B.

Predimensionamiento de zapatas combinadas

Zapata Combinada para las columnas de los ejes 4/B y 3/B.

Datos Iniciales

Tabla 30. Datos de las columnas de los ejes (3-4) / B

Datos de las Columnas		
	Columna Izquierda	Columna derecha
Carga Muerta	Pd=37883.80 kg	Pd=53911.10 kg
Carga Viva	Pl= 5136.40 kg	Pl= 10133.50 kg
Ancho (t1)	0.30 m	0.30 m
Largo t2)	0.60 m	0.60 m
Carga ultima Pu=1.4CM+1.7CV	61769.2 kg	92702.49 kg
Separación entre caras de columnas: l1=2.65 m		

Nota: Elaborada por la autora.

Tabla 31. Datos del terreno y zapata

Datos de la zapata	
Esfuerzo admisible del terreno σ_a :	1.14 kg/cm ² = 11.4 ton/m ²
Fc:	210 kg/cm ²
Fy:	4200 kg/cm ²

Nota: Elaborada por la autora.

La imagen siguiente muestra las variables dadas para la zapata combinada y las columnas.

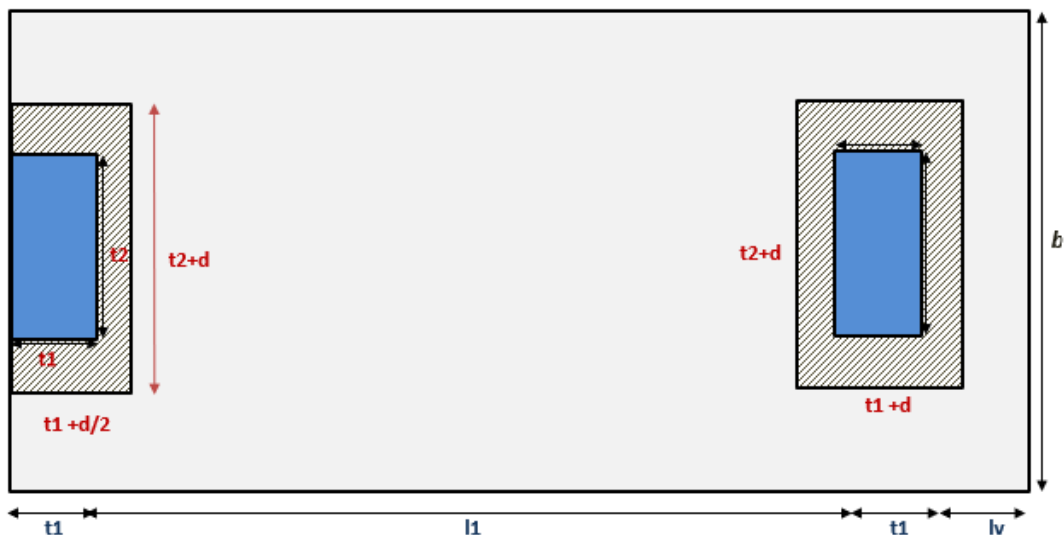


Figura 47. Detalle en planta de la zapata combinada Eje (3-4)/ B. Elaborada por la autora.

Área de la zapata

$$A_{zap} = \frac{P_T}{\sigma_n}$$

Peso Total: $P_T = 107064.80 \text{ kg}$

$A_{zap} = 93916.49 \text{ cm}^2$

$X_o = 1.91 \text{ m}$

$L_z = 3.82 \rightarrow 4.00 \text{ m}$

$L_v = 0.75$

$b = 234.79 \text{ cm} \rightarrow 2.30 \text{ m}$

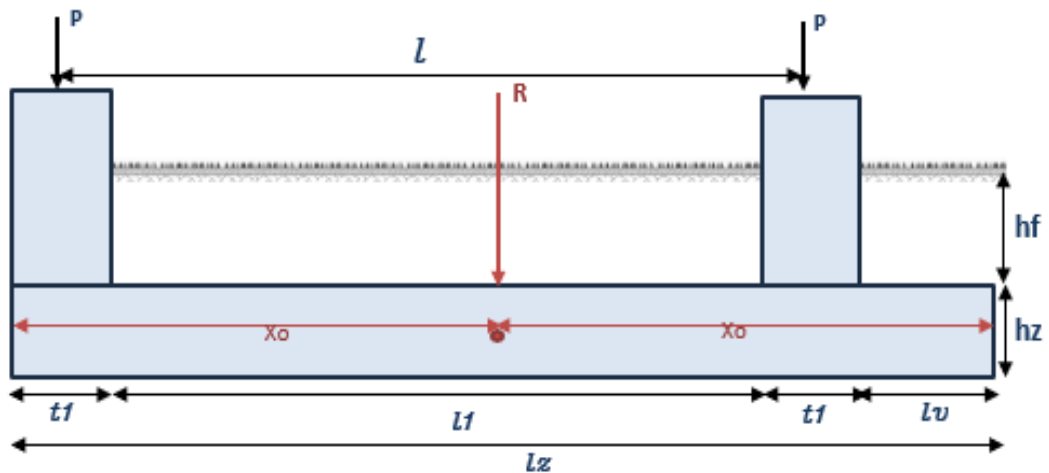


Figura 48. Detalle en elevación de la zapata combinada Eje (3-4) / B Elaborada por la autora.

Reacción neta del Terreno

$$W_{NU} = \frac{P_{1U} + P_{2U}}{l_z} = 38617.923 \text{ kg/m}$$

$$W_{nu} = \frac{W_{NU}}{b} = 1.68 \text{ kg/cm}^2$$

Altura de la Zapata (hz)

$$V_z = -P_{1U} + W_{NU} \cdot X_o = 0 \rightarrow X_o = 1.599 \text{ m}$$

$$M_{m\acute{a}x} = W_{NU} \cdot \frac{X_o^2}{2} - P_{1U} \cdot \left(X_o - \frac{t_1}{2} \right) = -40134.4 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_U = \phi \cdot \rho \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y \cdot \left(1 - 0.59 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

Peralte efectivo Tramo Inferior:

Teniendo varilla de 1", $\Phi=0.9$, recubrimiento $r=5$ cm

Obtenemos: $d=53.73$ cm

Peralte efectivo Tramo Voladizo:

Teniendo varilla de 3/4", $\Phi=0.9$, recubrimiento $r=7.5$ cm

Obtenemos: $d=51.55$ cm

Verificación al Esfuerzo Cortante

Tenemos el cortante mayor $V_u=31415.8$ kg, $\Phi=0.85$

$$V_n = \frac{V_u}{\Phi} = 36959.8 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 94913.98 \text{ kg}$$

Verificación por Punzonamiento

$$V_c \leq \begin{cases} 0.27 \cdot \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ 0.27 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \\ 1.06 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \end{cases}$$

El valor más crítico es $V_c=189828.0$ kg

Columna exterior

$$V_{U1} = P_{1U} - W_{nu} \cdot \left(t_1 + \frac{d}{2}\right) \cdot (t_2 + d) = 53470.71 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\Phi} = 62906.716 \text{ kg}$$

Se cumple que: $V_n < V_c$

Columna interior

$$V_{U2} = P_{U2} - W_{nu} \cdot (t_1 + d) \cdot (t_2 + d) = 76704.5 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\Phi} = 90240.589 \text{ kg}$$

Se cumple que: $V_n < V_c$

Como dimensiones finales se tuvo dos tipos de zapatas:

Zapata 1: 5.80m x 2.30m

Zapata 2: 4.00m x 2.30m

4.5. Resultados de la Respuesta Sísmica Dinámica – Modelo con Cimentaciones

Del análisis sísmico dinámico correspondientes a la estructura con las cimentaciones de zapatas combinadas, se detalla los resultados.

Análisis Sísmico

Periodos de vibración

Del análisis realizado se halló los periodos de vibración para 15 modos, donde los valores más altos fueron para los 3 primeros, siendo el más alto el primer periodo de 0.465 seg.

Tabla 32. Periodos del análisis sísmico dinámico.

Periodos de vibración del análisis sísmico dinámico – Modelo con Cimentaciones	
Modos	Periodos T (seg) Modelo con Cimentación
1	0.465
2	0.429
3	0.421
4	0.139
5	0.129
6	0.099
7	0.073
8	0.07
9	0.046
10	0.045
11	0.044
12	0.034
13	0.032
14	0.027
15	0.02

Nota: Elaborada por la autora. Resultados tomados del Etabs 21.

Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico

Se obtuvo los resultados de las distorsiones de entrepiso por cada nivel y dirección de análisis debido al sismo dinámico.

En la dirección X se obtuvo una máxima distorsión de entrepiso de 0.005142 ubicado en el segundo nivel de la edificación, este a su vez es inferior al límite establecido por norma.

Tabla 33. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico X.

Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico en la dirección X - Modelo con Cimentaciones				
Nº de Nivel	Drift X	Distorsiones Modelo con Cimentaciones $0.75 \cdot R \cdot \text{Drift X}$	Límite E.030	Verificación
Nivel 5	0.000366	0.002196	0.007	Cumple
Nivel 4	0.000561	0.003366	0.007	Cumple
Nivel 3	0.000741	0.004446	0.007	Cumple
Nivel 2	0.000857	0.005142	0.007	Cumple
Nivel 1	0.000740	0.004440	0.007	Cumple

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

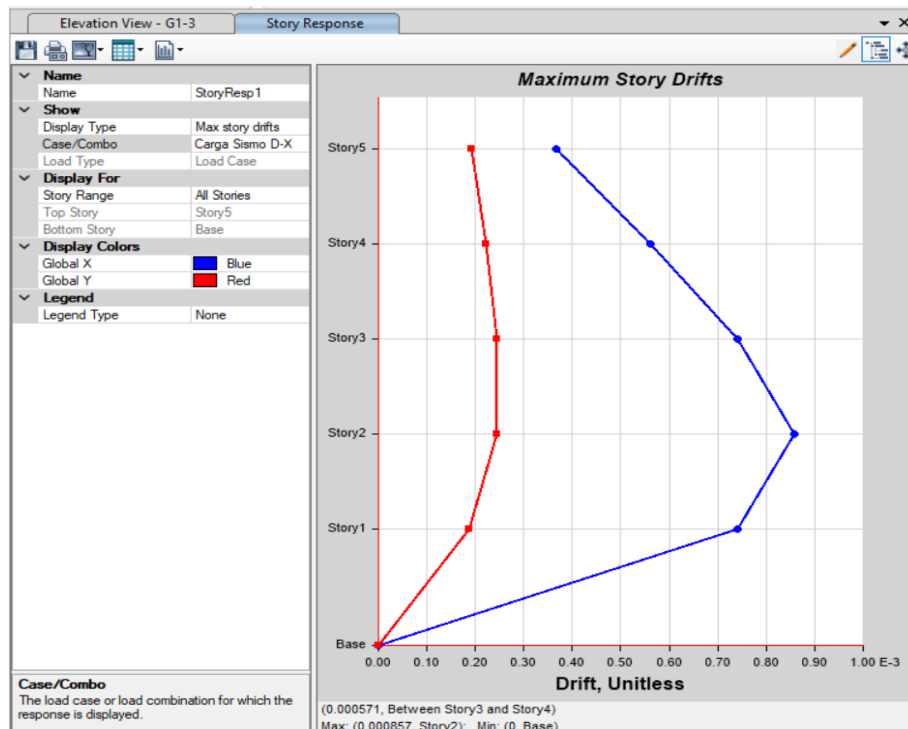


Figura 49. Distorsiones de entrepiso - Sismo Dinámico X

En la dirección Y se obtuvo una máxima distorsión de entrepiso de 0.004811 ubicado en el tercer nivel de la edificación, este a su vez es inferior al límite establecido por norma.

Tabla 34. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico Y.

Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico en la dirección Y - Modelo con Cimentaciones				
N° de Nivel	Drift Y	0.75*R*Drift Y	Límite E.030	Verificación
Nivel 5	0.000849	0.003821	0.007	Cumple
Nivel 4	0.000975	0.004388	0.007	Cumple
Nivel 3	0.001069	0.004811	0.007	Cumple
Nivel 2	0.001061	0.004775	0.007	Cumple
Nivel 1	0.000806	0.003627	0.007	Cumple

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

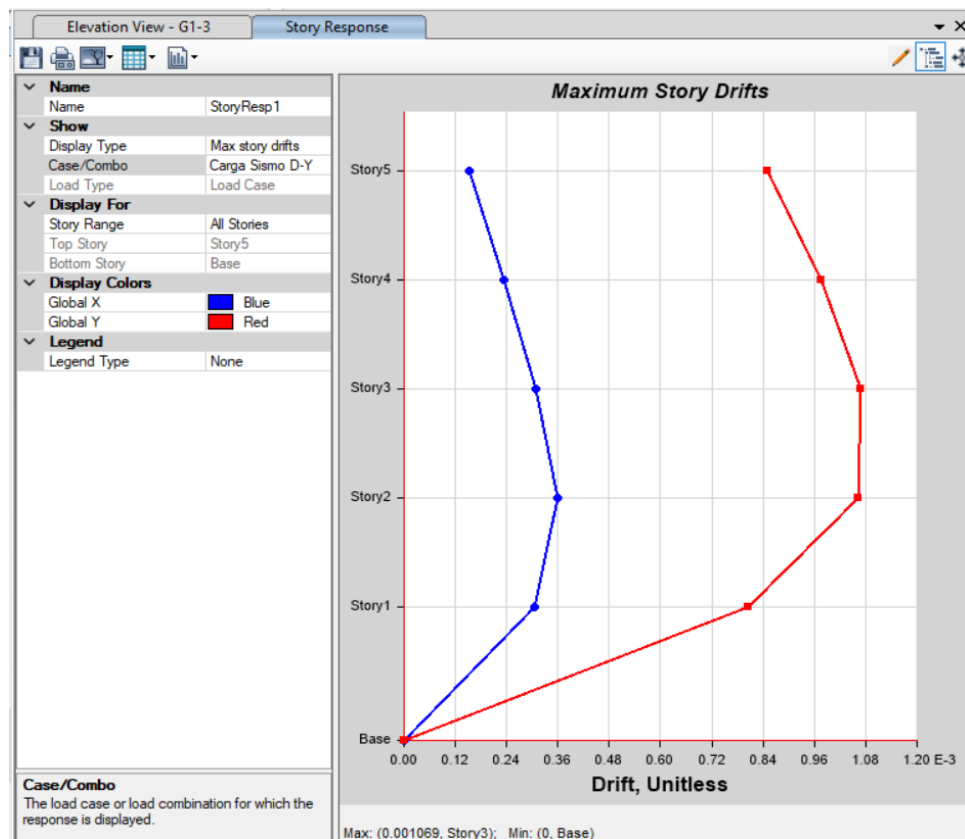


Figura 50. Distorsiones de entrepiso en la dirección Y - Sismo Dinámico Y.

Cortante Basal

En la dirección X – Sismo dinámico X

Del análisis realizado considerando las cimentaciones de la estructura en estudio, se obtuvo un máximo valor de 143.877 tn de cortante basal en la dirección X ubicado en el primer nivel de la edificación, es un resultado coherente para la estructura regular donde las masas de los niveles van disminuyendo hasta llegar al último nivel, donde se tiene un cortante de 35.908 tn.

Tabla 35. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X

Cortante basal de entrepiso por Sismo Dinámico en la dirección X – Modelo con Cimentaciones	
Nº de Nivel	Cortante por pisos (ton)
Nivel 5	35.908
Nivel 4	75.660
Nivel 3	107.554
Nivel 2	130.684
Nivel 1	143.877

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

En la dirección Y – Sismo dinámico Y

Por otro lado, en la dirección Y, se obtuvo un máximo valor de cortante basal de 181.236 tn ubicado en el primer nivel de la edificación, es un resultado coherente para la estructura regular donde las masas de los niveles van disminuyendo hasta llegar al último nivel, donde se tiene un cortante de 51.566 tn.

Tabla 36. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico Y

Cortante basal de entrepiso por Sismo Dinámico en la dirección Y – Modelo con Cimentaciones	
Nº de Nivel	Cortante por pisos (ton)
Nivel 5	51.566
Nivel 4	102.181
Nivel 3	139.985
Nivel 2	166.338
Nivel 1	181.236

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

Análisis estructural

Fuerzas axiales

Pórtico 3-3

Del análisis realizado considerando las cimentaciones de la estructura, se tomaron los resultados debido a la carga última del pórtico 3-3 del primer nivel donde hubo mayores variaciones en los valores obtenidos. Las mayores fuerzas axiales que se generaron fueron a compresión en las columnas del pórtico 3-3, el mayor fue en la columna 3B con un valor de 96.91 tn a compresión.

Tabla 37. Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3

Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3	
Nº de Nodo	Fuerza Axial (ton)
Nodo 3A	-68.31
Nodo 3B	-96.91
Nodo 3C	-73.95
Nodo 3D	-70.77
Nodo 3E	-92.55
Nodo 3F	-52.23

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

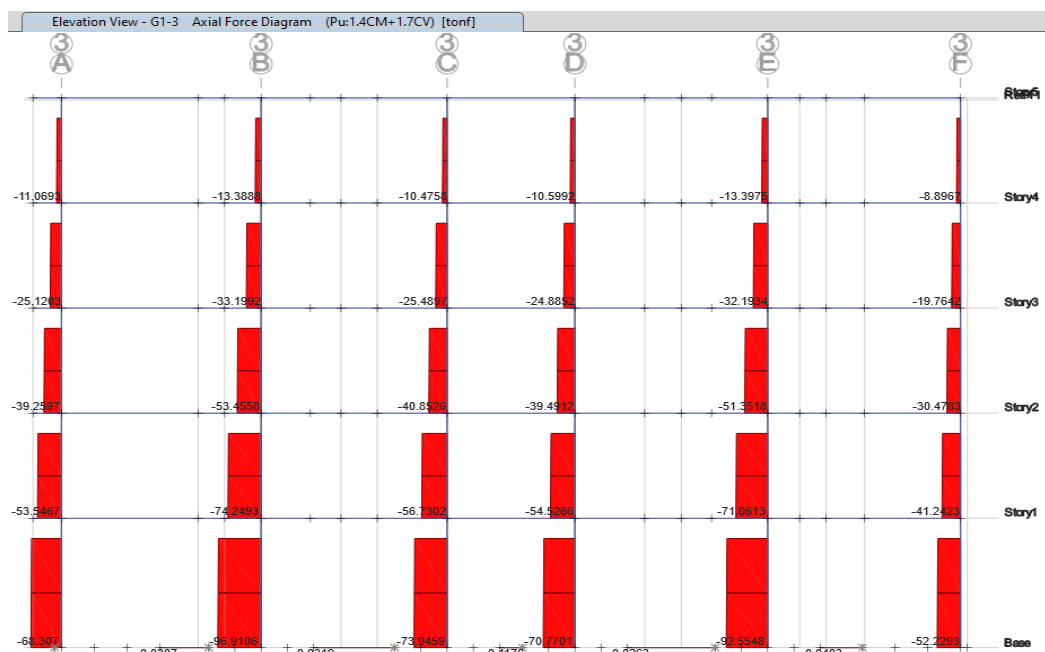


Figura 51. Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3

Fuerzas Cortantes

Pórtico 3-3 por Sismo Dinámico en X

Para el análisis de este indicador se tomó los resultados del pórtico 3-3 del primer nivel donde hubo mayores variaciones. La mayor fuerza cortante se dio en la columna 3C del pórtico 3-3 con un valor de 5.74tn.

Tabla 38. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.

Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo con Cimentaciones - Pórtico 3-3	
N° de Elemento	Fuerza cortante (ton)
Columna 3A	3.40
Columna 3B	5.65
Columna 3C	5.74
Columna 3D	5.71
Columna 3E	5.63
Columna 3F	3.39

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.



Figura 52. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.

Momentos flectores

Pórtico 3-3 Dinámico X

En cuanto a los momentos flectores del análisis por sismo dinámico en la dirección X, el mayor valor se dio en la columna central 3B del pórtico 3-3 con un valor de 11.43 tn.m.

Tabla 39. Momentos Flectores Pórtico 3-3, Sismo Dinámico en X -Modelo con Cimentaciones -

Momentos Flectores en el pórtico 3-3 por Sismo Dinámico en X -Modelo Empotrado con Cimentaciones	
N° de Elemento	Momento Flector(ton-m)
Columna 3A	7.51
Columna 3B	11.43
Columna 3C	11.23
Columna 3D	11.20
Columna 3E	11.40
Columna 3F	7.44

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

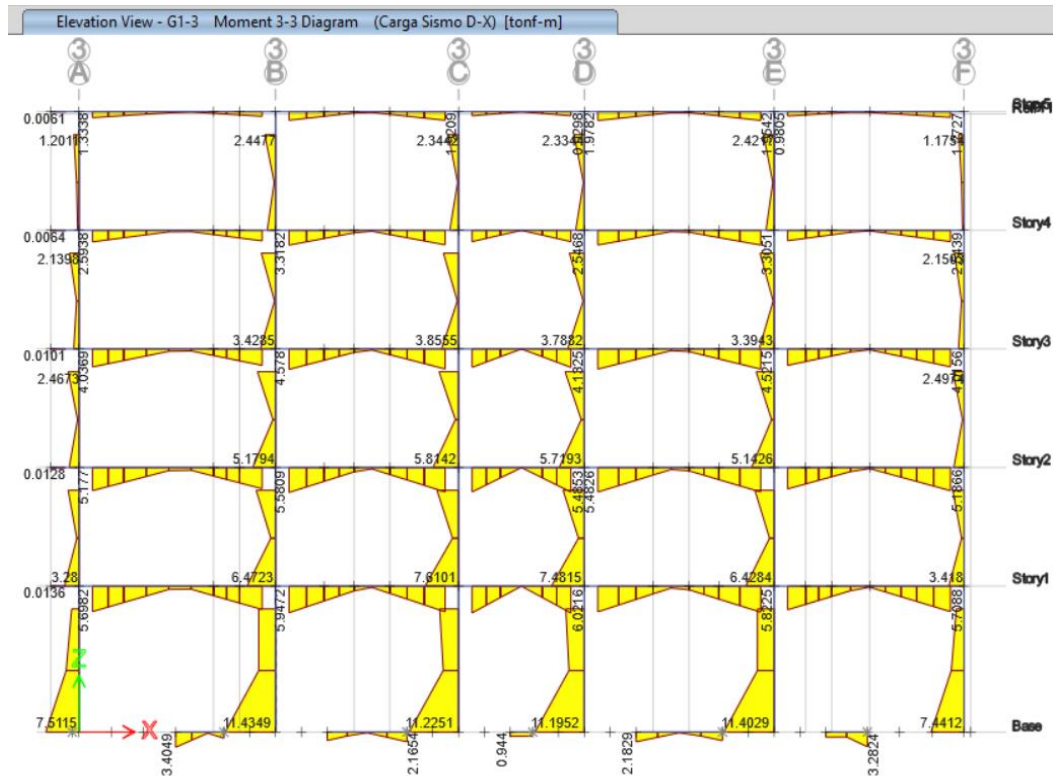


Figura 53. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X -Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3

Momentos torsores

Pórtico 3-3 Sismo Dinámico en Y

En cuanto a los momentos torsores del análisis, los mayores valores se originaron por el sismo dinámico en Y en las vigas del pórtico 3-3 perpendicular al eje de las fuerzas actuantes, siendo en la viga central 3-CD donde se tuvo un mayor valor de 00.82 tn.m de momento torsor, en los demás tramos de viga se obtuvieron valores ligeramente menores.

Tabla 40. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.

Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3	
N° de Elemento	Momento torsor (ton-m)
VIGA 3-AB	0.69
VIGA 3-BC	0.79
VIGA 3-CD	0.82
VIGA 3-DE	0.78
VIGA 3-EF	0.79

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

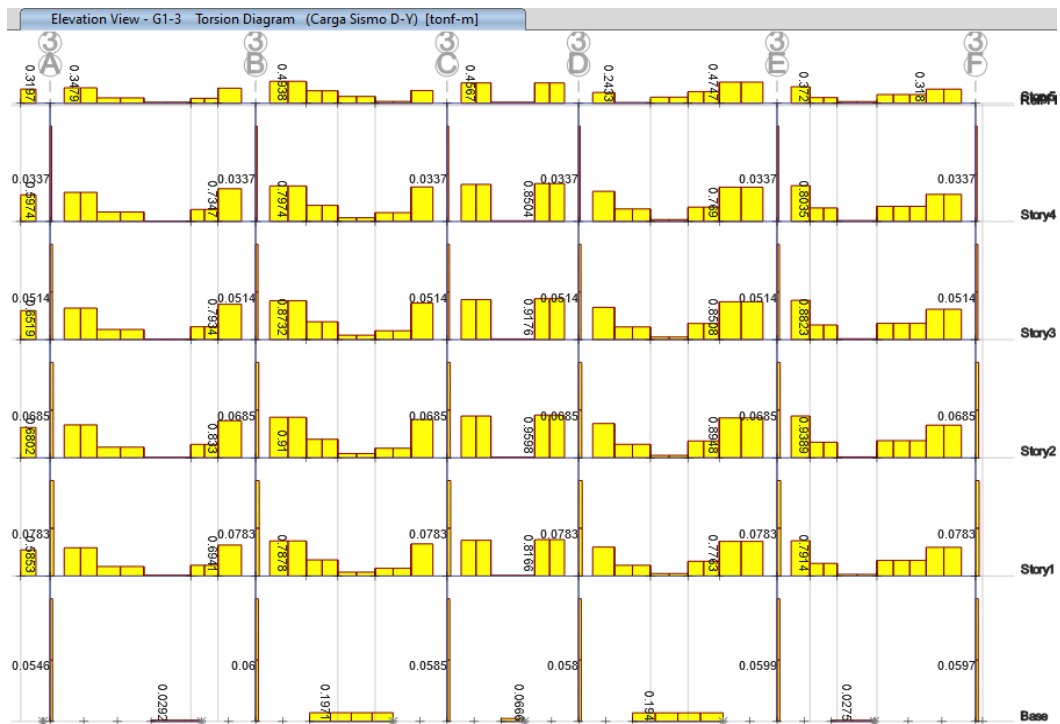


Figura 54. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y -Modelo Empotrado con Cimentaciones - Pórtico 3-3.

Comportamiento de la Cimentación

Asentamientos

Se analizó los asentamientos de las cimentaciones bajo las diferentes cargas, se tomó la carga más crítica que es la carga última.

El mayor asentamiento está en la zapata de la esquina con un valor de 1.985 mm.

*Tabla 41. Asentamientos Máximos de Zapatas Combinadas - Carga Última
PU=1.4CM+1.7CV*

Asentamientos Máximos por Carga Última – Modelo con Cimentaciones	
Zapata	Asentamientos Máximos (mm) Modelo con Cimentaciones
Zapata 1	1.985
Zapata 2	1.363
Zapata 3	1.101
Zapata 4	1.083
Zapata 5	1.335
Zapata 6	1.714
Zapata 7	1.590
Zapata 8	1.074
Zapata 9	1.041
Zapata 10	1.012
Zapata 11	1.053
Zapata 12	1.324

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

La figura siguiente muestran los asentamientos por colores de acuerdo a la guía inferior que va del menor al mayor valor en milímetros.

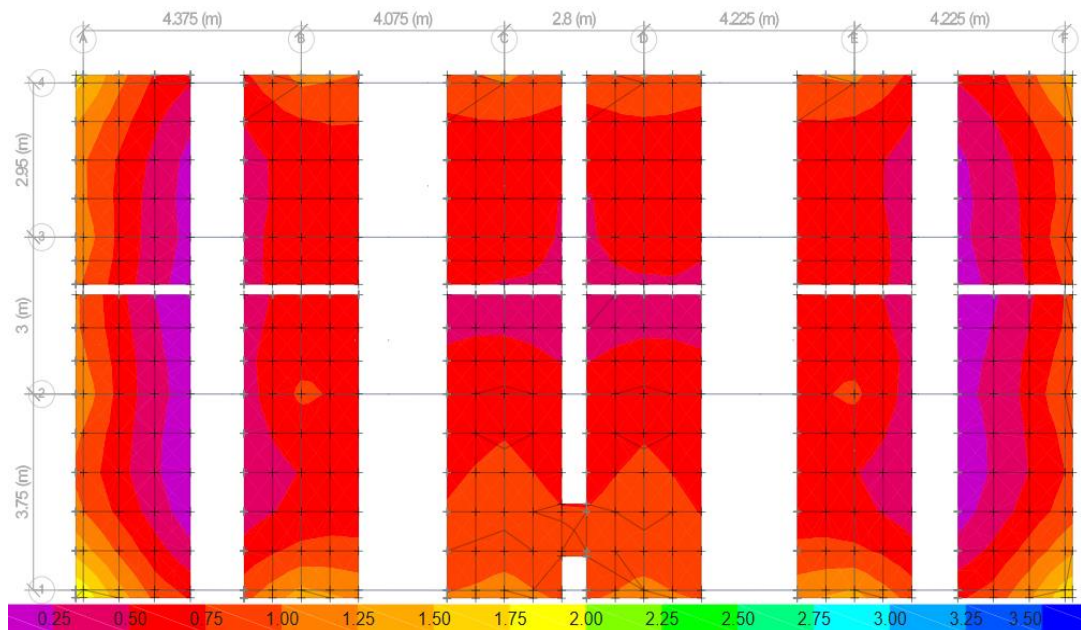


Figura 55. Asentamientos por Carga última. Tomada de Etabs 21.

Esfuerzos de la Cimentación

Otro indicador importante es el esfuerzo de la cimentación, tomaremos las presiones en la cimentación como el de mayor influencia debido a la carga última. En la zapata de la esquina inferior Z-1 se obtiene el mayor esfuerzo de presión con un valor de 64.898 tn/m, por otro lado, la presión menor está en la zapata Z-4 con un valor de 29.058 tn/m.

Tabla 42. Presiones en las Zapatas Combinadas.

Esfuerzos Zapatas Combinadas por Carga Última - Modelo con Cimentaciones	
Ubicación	Esfuerzos de presión máximos (tn/m) Modelo con Cimentaciones
Z - 1	64.898
Z - 2	58.351
Z - 3	29.661
Z - 4	29.058
Z - 5	56.575
Z - 6	51.781
Z - 7	53.797
Z - 8	44.028
Z - 9	32.933
Z - 10	37.536
Z - 11	43.618
Z - 12	42.233

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

La siguiente imagen muestra las presiones (Resultante de fuerzas) en las cimentaciones, denotado por colores de acuerdo a la guía inferior.

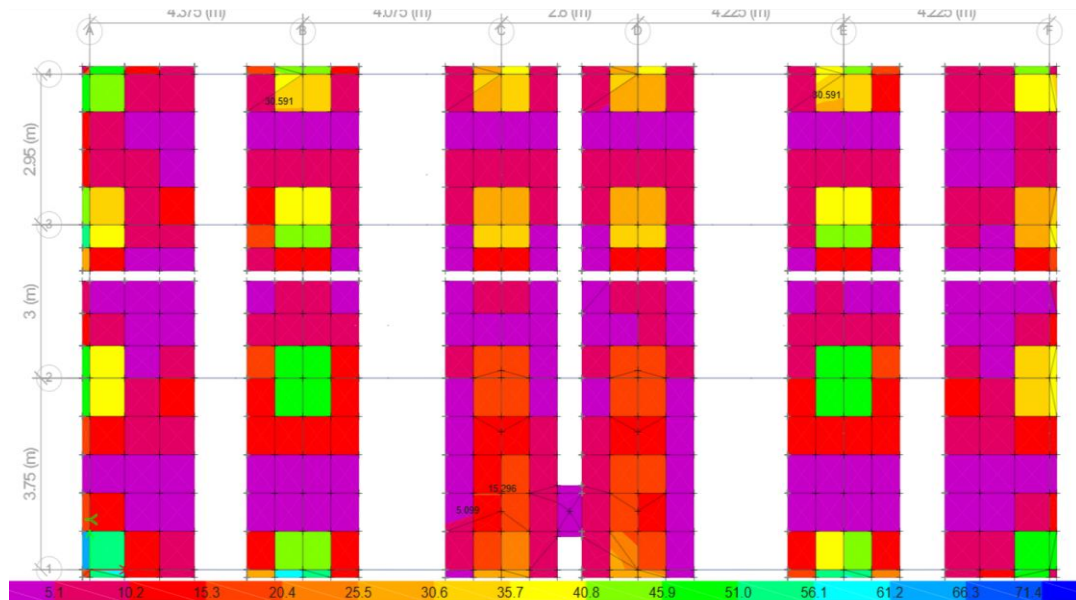


Figura 56. Presiones por carga amplificada $P_u=1.4CM+1.7CV$. Tomada de Etabs 21.

4.6. Modelamiento en Etabs considerando interacción suelo estructura Norma Rusa

Determinación de los Coeficiente de Rigidez de acuerdo al modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87

Para el cálculo se tomó los datos siguientes.

Tabla 43. Propiedades del suelo

Propiedades del Suelo	
Módulo de Elasticidad (E)	3000 ton/m ²
Densidad (ρ)	2.086 tn/m ³
Módulo de Poisson (μ_s)	0.25
Ángulo de Fricción (Φ_s)	29.97

Nota: Elaborada por la autora.

Zapata 1:

Coeficiente de Compresión Elástica Uniforme

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

$$b_0 = 1.5$$

$$A_{10} = 10 \text{ m}^2$$

$$A = 2.3 \times 5.8 = 13.34 \text{ m}^2 \dots\dots \text{Área de la zapata 1}$$

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right) = 8396.1404 \text{ tn/m}^3$$

Coeficientes de desplazamiento elástico

$$C_x = C_y = 0.7 C_z = 5877.2983 \text{ t/m}^3$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 C_z = 16792.2808 \text{ t/m}^3$$

$$C_{\psi} = C_z = 5877.2983 \text{ t/m}^3$$

Cálculo de los coeficientes de rigidez

$$K_z = C_z A = 112004.513 \text{ t/m}$$

$$K_x = C_x A = 78403.1591 \text{ t/m}$$

$$K_y = C_y A = 78403.1591 \text{ t/m}$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} I = 98750.6456 \text{ t/m}$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} I = 98750.6456 \text{ t/m}$$

$$K_{\psi} = C_{\psi} I_{\psi} = 363361.3075 \text{ t/m}$$

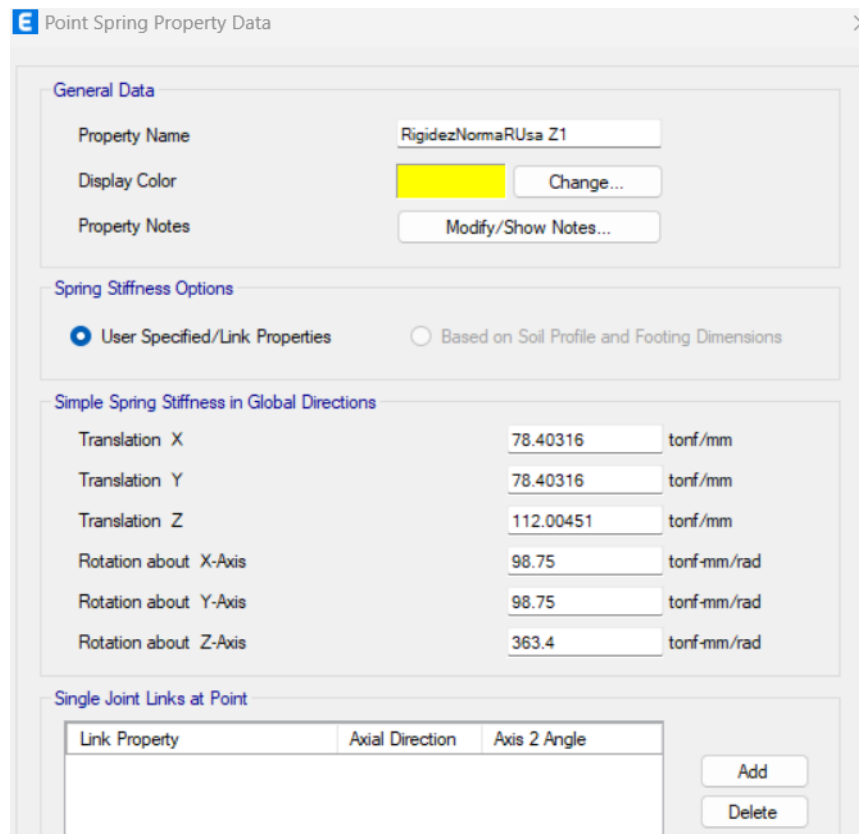


Figura 57. Asignación de coeficientes de rigidez en Etabs – zapata 1. Tomada de Etabs 21.

Zapata 2:

Coeficiente de Compresión Elástica Uniforme

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right)$$

$$b_0 = 1.5$$

$$A_{10} = 10 \text{ m}^2$$

$$A = 2.3 \times 4.0 = 9.2 \text{ m}^2 \dots\dots \text{Área de la zapata 2}$$

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right) = 9191.574 \text{ tn/m}^3$$

Coeficientes de desplazamiento elástico

$$C_x = C_y = 0.7 C_z = 6434.1020 \text{ t/m}^3$$

$$C_{\phi x} = C_{\phi y} = 2 C_z = 18383.1486 \text{ t/m}^3$$

$$C_{\psi} = C_z = 9191.5743 \text{ t/m}^3$$

Cálculo de los coeficientes de rigidez

$$K_z = C_z A = 84562.4837 \text{ t/m}$$

$$K_x = C_x A = 59193.7386 \text{ t/m}$$

$$K_y = C_y A = 9193.7386 \text{ t/m}$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} I = 74555.9231 \text{ t/m}$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} I = 74555.9231 \text{ t/m}$$

$$K_{\psi} = C_{\psi} I_{\psi} = 150027.9398 \text{ t/m}$$

Point Spring Property Data

General Data

Property Name: RigidezNormaRUsa Z2

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Spring Stiffness Options

User Specified/Link Properties Based on Soil Profile and Footing Dimensions

Simple Spring Stiffness in Global Directions

Translation X	59.19374	tonf/mm
Translation Y	59.19374	tonf/mm
Translation Z	84.56248	tonf/mm
Rotation about X-Axis	74.56	tonf-mm/rad
Rotation about Y-Axis	74.56	tonf-mm/rad
Rotation about Z-Axis	150.03	tonf-mm/rad

Single Joint Links at Point

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle

Add Delete

Figura 58. Asignación de coeficientes de rigidez en Etabs – zapata 2. Tomada de Etabs 21.

4.7. Resultados del modelo con Interacción Suelo Estructura

Del análisis sísmico dinámico correspondientes a la estructura aplicando el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87, se muestran los resultados desglosados en las siguientes dimensiones e indicadores.

Análisis sísmico

Periodos de vibración

Del análisis realizado se obtuvieron los resultados de los periodos de vibración para 15 modos, donde los valores más altos fueron para los 3 primeros, siendo el más alto el primer periodo de 0.452 seg.

Tabla 44. Periodos del análisis sísmico dinámico X.

Periodos de vibración del análisis sísmico dinámico X.	
Modos	Periodos T (seg) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87
1	0.452
2	0.410
3	0.361
4	0.137
5	0.128
6	0.094
7	0.072
8	0.069
9	0.046
10	0.044
11	0.043
12	0.034
13	0.032
14	0.026
15	0.019

Nota: Elaborada por la autora. Resultados tomados del Etabs 21.

Distorsiones de entrepiso debido al Sismo Dinámico

Se obtuvo los resultados de las distorsiones de entrepiso por cada nivel y dirección de análisis debido al sismo dinámico y en conjunto a las zapatas combinadas, estos a su vez están afectados por un coeficiente de $0.75R$ para

estructuras regulares, siendo R=8 en la dirección X y 6 en la dirección Y, los cálculos se muestran en las tablas siguientes.

En la dirección X se obtuvo una máxima distorsión de entrepiso de 0.004824 ubicado en el segundo nivel de la edificación, este a su vez es inferior al límite establecido por norma.

Tabla 45. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico X.

Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico en X – Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87				
N° de Nivel	Drift X	Distorsiones $0.75 \cdot R \cdot \text{Drift X}$	Límite E.030	Verificación
Nivel 5	0.000324	0.001944	0.007	Cumple
Nivel 4	0.000515	0.003090	0.007	Cumple
Nivel 3	0.000693	0.004158	0.007	Cumple
Nivel 2	0.000804	0.004824	0.007	Cumple
Nivel 1	0.000656	0.003936	0.007	Cumple

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

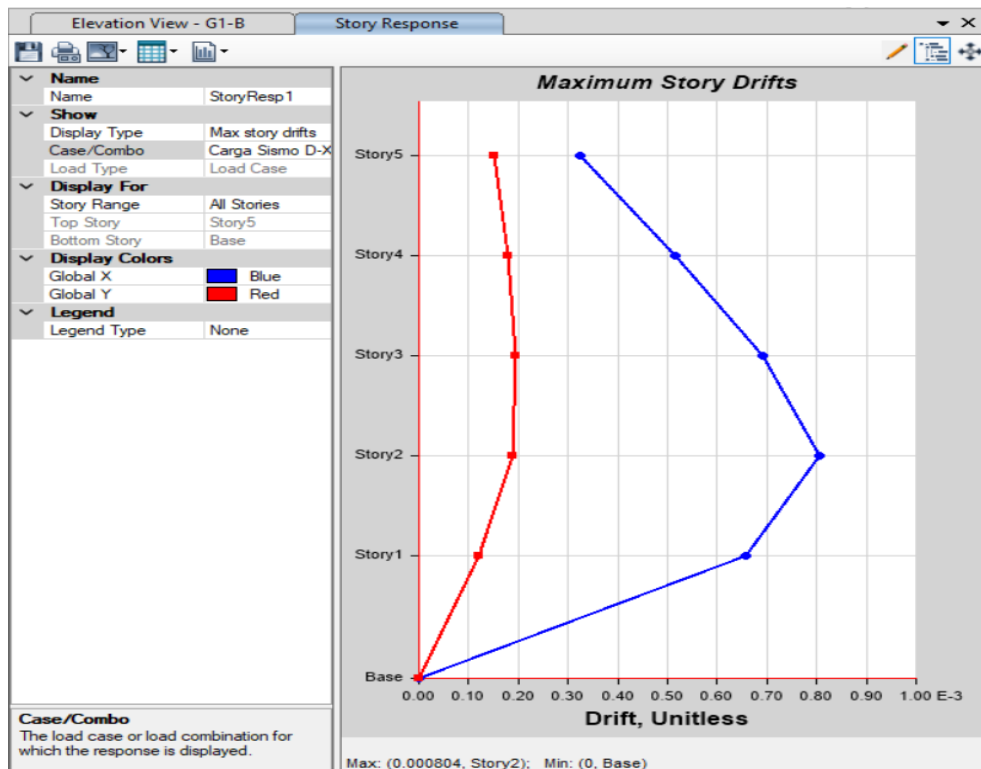


Figura 59. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico X.

En la dirección Y se obtuvo una máxima distorsión de entrepiso de 0.003749 ubicado en el tercer nivel de la edificación, este a su vez es inferior al límite establecido por norma.

Tabla 46. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico Y.

Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico en Y – Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87				
Nº de Nivel	Drift Y	0.75*R*Drift Y	Límite E.030	Verificación
Nivel 5	0.000660	0.002970	0.007	Cumple
Nivel 4	0.000767	0.003452	0.007	Cumple
Nivel 3	0.000833	0.003749	0.007	Cumple
Nivel 2	0.000787	0.003542	0.007	Cumple
Nivel 1	0.000478	0.002151	0.007	Cumple

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

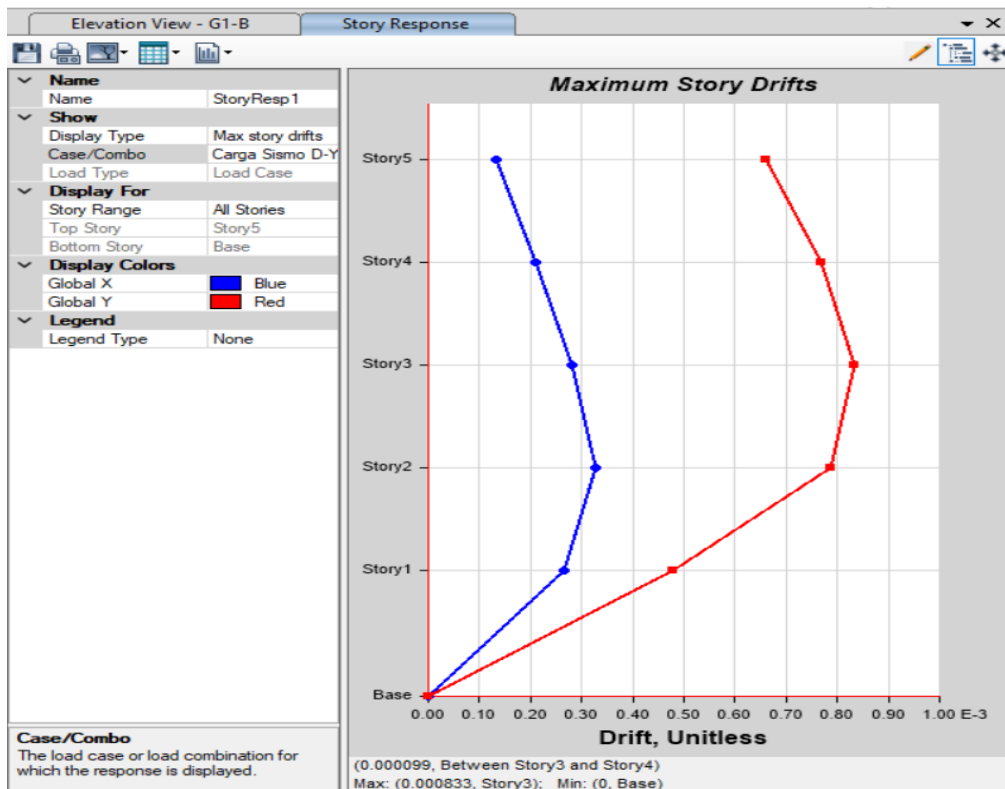


Figura 60. Distorsiones de entrepiso por Sismo Dinámico Y. Tomada de Etabs 21.

Cortante Basal

Cortante por Sismo dinámico X

Del análisis realizado se obtuvo un máximo valor de cortante en la dirección X de 143.196 tn ubicado en el primer nivel de la edificación, es un resultado coherente para la estructura regular donde las masas de los niveles van disminuyendo hasta llegar al último nivel, donde se tiene un cortante de 35.859 tn.

Tabla 47. Cortante basal de entrepiso - Sismo Dinámico X.

Cortante basal por Sismo Dinámico en X – Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
N° de Nivel	Cortante basal por pisos (ton)
Nivel 5	35.859
Nivel 4	75.581
Nivel 3	107.473
Nivel 2	130.427
Nivel 1	143.196

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

En la dirección Y – Sismo dinámico Y

Por otro lado, en la dirección Y, se obtuvo un cortante máximo de 176.310 tn ubicado en el primer nivel de la edificación, es un resultado coherente para la estructura regular donde las masas de los niveles van disminuyendo hasta llegar al último nivel, donde se tiene un cortante de 52.281 tn.

Tabla 48. Cortante basal de entrepiso Sismo Dinámico Y.

Cortante basal por Sismo Dinámico en Y - Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
N° de Nivel	Cortante por pisos (ton)
Nivel 5	52.281
Nivel 4	102.313
Nivel 3	138.944
Nivel 2	163.530
Nivel 1	176.310

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

Análisis estructural

Fuerzas axiales

Pórtico 3-3.

Del análisis realizado se tomaron los resultados debido a la carga última del pórtico 3-3 del primer nivel donde hubo mayores variaciones en los valores obtenidos. La mayor fuerza axial fue en el elemento columna 3B con un valor de 92.54 tn a compresión.

Tabla 49. Fuerzas internas por Carga Última Modelo con ISE - Pórtico 3-3

Fuerzas axiales por Carga Última Modelo Pórtico 3-3 – Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
N° de Elemento	Fuerza Axial (ton)
Columna 3A	-66.72
Columna 3B	-92.54
Columna 3C	-69.33
Columna 3D	-66.18
Columna 3E	-88.78
Columna 3F	-50.45

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

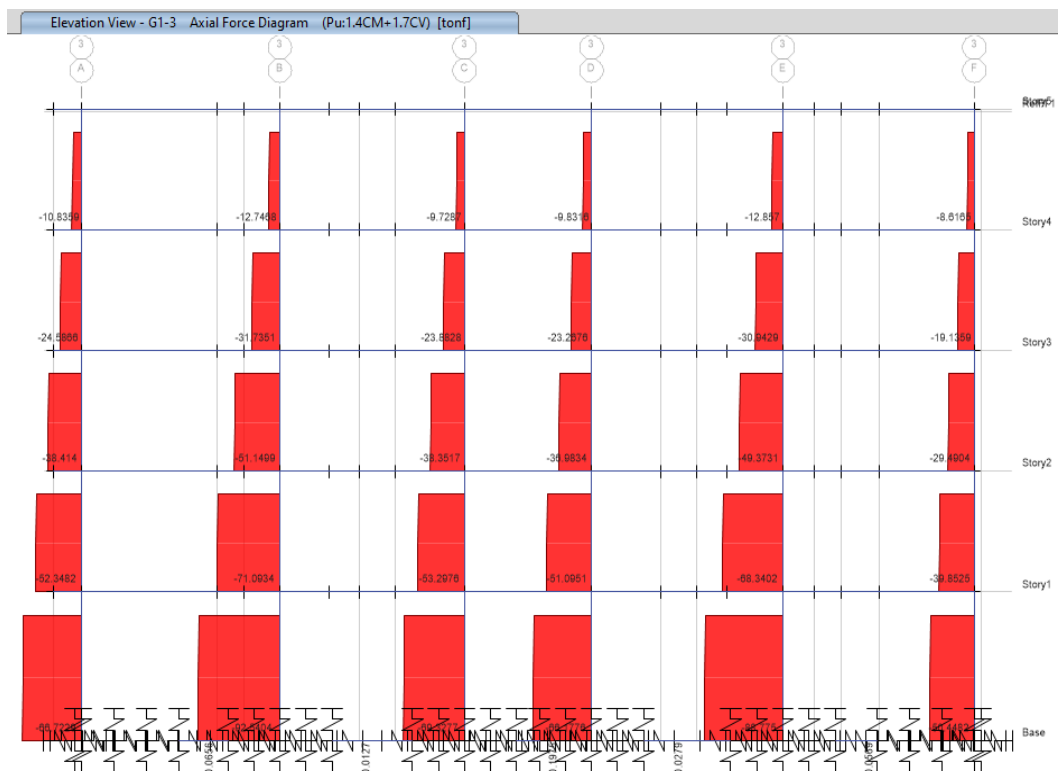


Figura 61. Fuerzas internas por Carga Última Modelo con ISE - Pórtico 3-3.

Fuerzas de Corte

Pórtico 3-3 Sismo dinámico X

Se tomó el pórtico 3-3 del primer nivel donde hubo mayores variaciones en los resultados. La mayor fuerza cortante se dio en la columna 3C del pórtico 3-3 con un valor de 5.18 tn.

Tabla 50. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo con ISE - Pórtico 3-3

Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Pórtico 3-3 – Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
N° de Elemento	Fuerza cortante (ton)
Columna 3A	3.71
Columna 3B	4.91
Columna 3C	5.18
Columna 3D	5.14
Columna 3E	4.90
Columna 3F	3.75

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

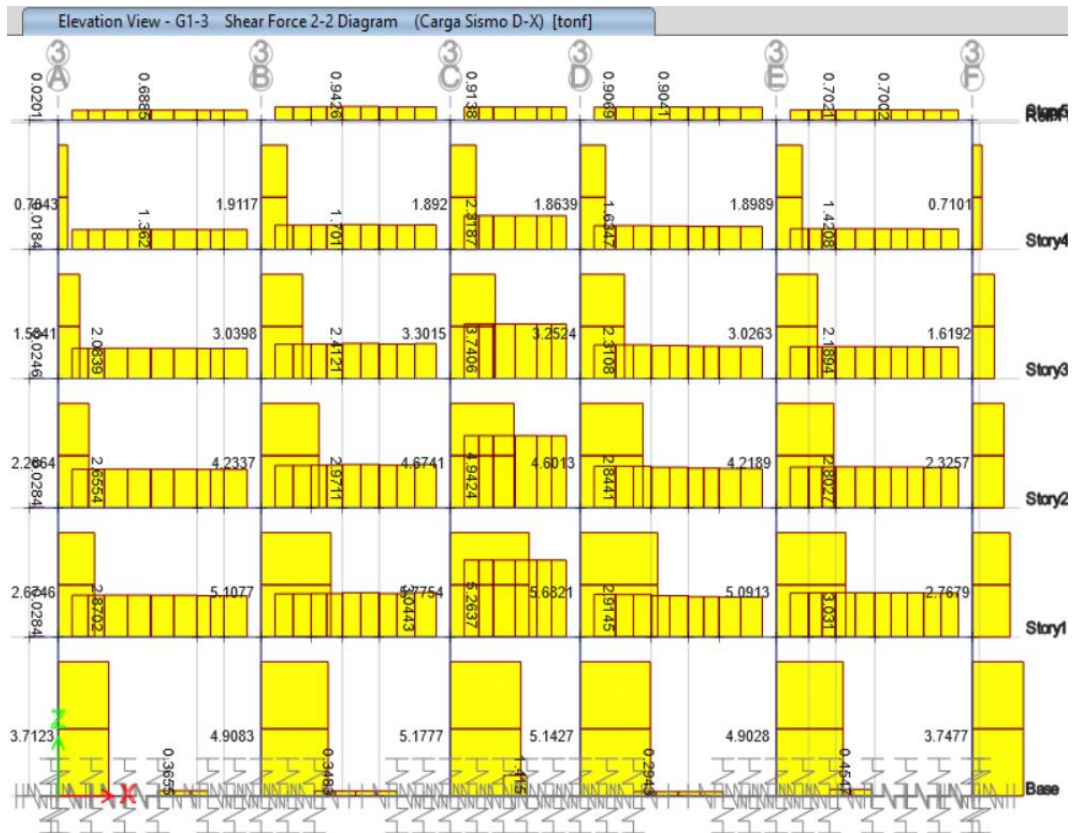


Figura 62. Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X Modelo con ISE - Pórtico 3-3

Momentos Flectores

Pórtico 3-3 Sismo dinámico X

En cuanto a los momentos flectores del análisis por sismo dinámico en la dirección X, el mayor valor se dio en la columna central 3C del pórtico 3-3 con un valor de 10.28 tn.m.

Tabla 51. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X Modelo con ISE - Pórtico 3-3.

Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X Pórtico 3-3 - Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
N° de Elemento	Momento flector (ton-m)
Columna 3A	8.51
Columna 3B	10.02
Columna 3C	10.28
Columna 3D	10.25
Columna 3E	10.01
Columna 3F	8.54

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

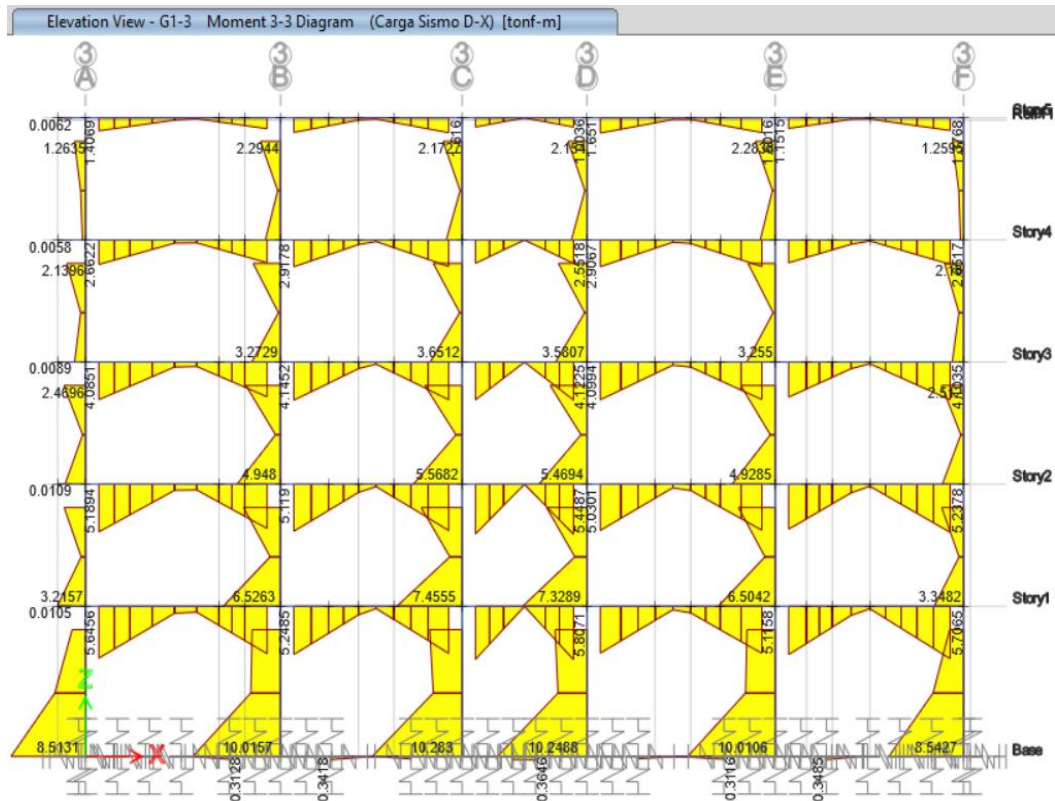


Figura 63. Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X Modelo con ISE - Pórtico 3-3.

Momentos torsores

Pórtico 3-3 Sismo Dinámico en Y

En cuanto a los momentos torsores del análisis, los mayores valores se originaron por el sismo dinámico en la dirección Y en las vigas del pórtico 3-3 perpendicular al eje de las fuerzas actuante, siendo en la viga central 3-CD donde se tuvo un mayor valor de 0.60 tn.m de momento torsor, en los demás tramos de viga se obtuvieron valores ligeramente menores.

Tabla 52. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3.

Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y Pórtico 3-3 – Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
N° de Elemento	Momento torsor(ton-m)
VIGA 3-AB	0.51
VIGA 3-BC	0.58
VIGA 3-CD	0.60
VIGA 3-DE	0.57
VIGA 3-EF	0.58

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

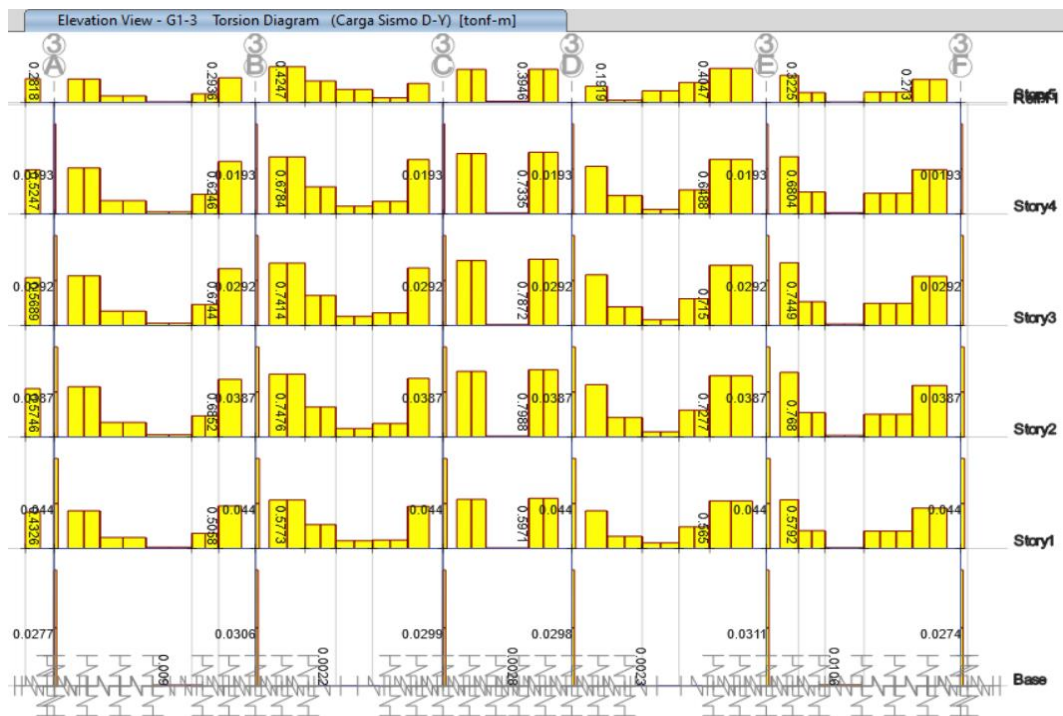


Figura 64. Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y Modelo con ISE - Pórtico 3-3.

Análisis de la cimentación

Asentamientos

Se realizó el análisis de los asentamientos de las cimentaciones bajo las diferentes cargas, se tomó la carga más crítica que es la carga última.

El mayor asentamiento está en la zapata Z-5 con un valor de 0.200 mm.

Tabla 53. Asentamientos Diferenciales por Carga Última

Asentamientos Máximos en Zapatas Combinadas por Carga Última - Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
Zapata	Asentamientos Máximos (mm)
Z - 1	0.148
Z - 2	0.199
Z - 3	0.093
Z - 4	0.093
Z - 5	0.200
Z - 6	0.126
Z - 7	0.143
Z - 8	0.165
Z - 9	0.132
Z - 10	0.128
Z - 11	0.158
Z - 12	0.111

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

La figura siguiente muestran los asentamientos por colores de acuerdo a la guía inferior que va del menor al mayor valor en milímetros.

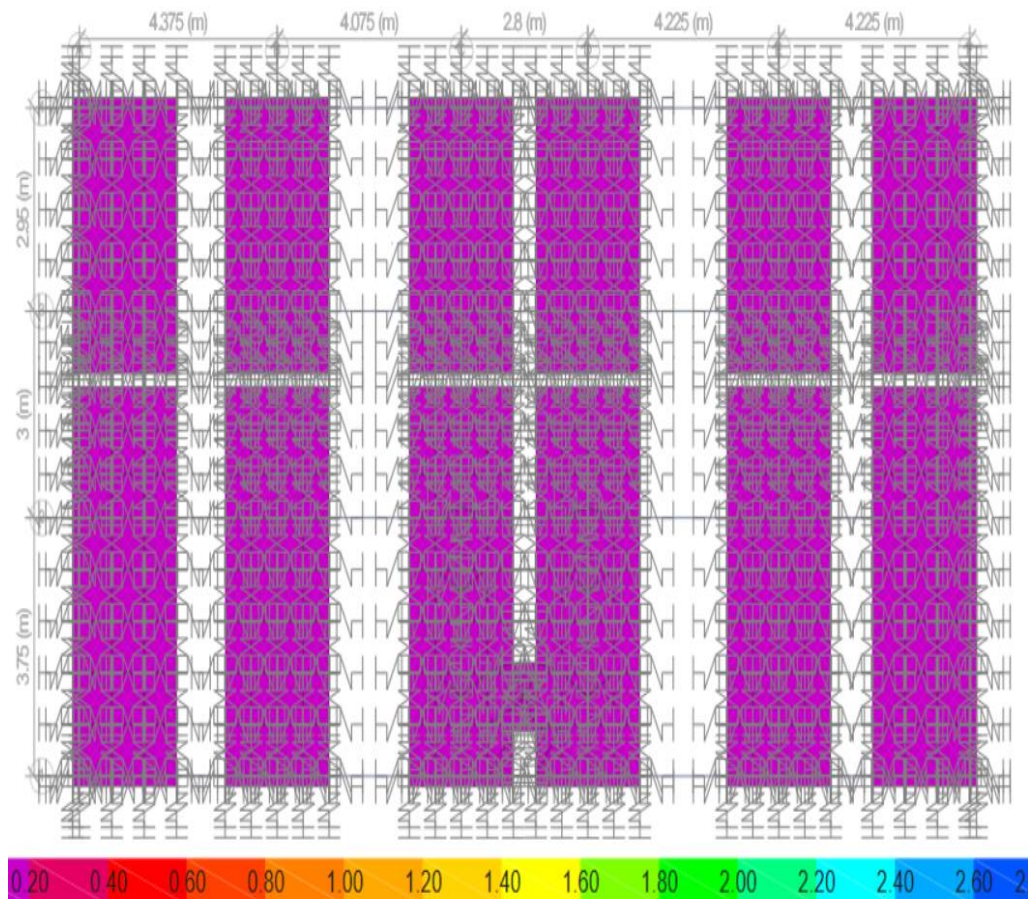


Figura 65. Asentamientos por Carga última. Tomada de Etabs 21.

Esfuerzos de la Cimentación

Otro indicador importante es el esfuerzo de la cimentación, tomaremos las presiones en la cimentación como el de mayor influencia debido a la carga última. En la zapata de la esquina inferior Z-1 se obtiene el mayor esfuerzo de presión con un valor de 103.104 tn/m, por otro lado, la presión menor está en la zapata Z-3 con un valor de 28.348 tn/m.

Tabla 54. Presiones en las Zapatas Combinadas.

Esfuerzos de Presión en Zapatas Combinadas por Carga Última - Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	
Ubicación	Esfuerzos de presión Máximos (Resultante de fuerza) (ton/m)
Z - 1	103.104
Z - 2	46.635
Z - 3	28.348
Z - 4	28.586
Z - 5	46.094
Z - 6	88.924
Z - 7	82.602
Z - 8	38.756
Z - 9	37.079
Z - 10	36.032
Z - 11	37.195
Z - 12	69.888

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

La siguiente imagen muestra las presiones (resultante de fuerza) en las cimentaciones formado por zapatas combinadas, denotado por colores de acuerdo a la guía inferior, expresado en tn/m.

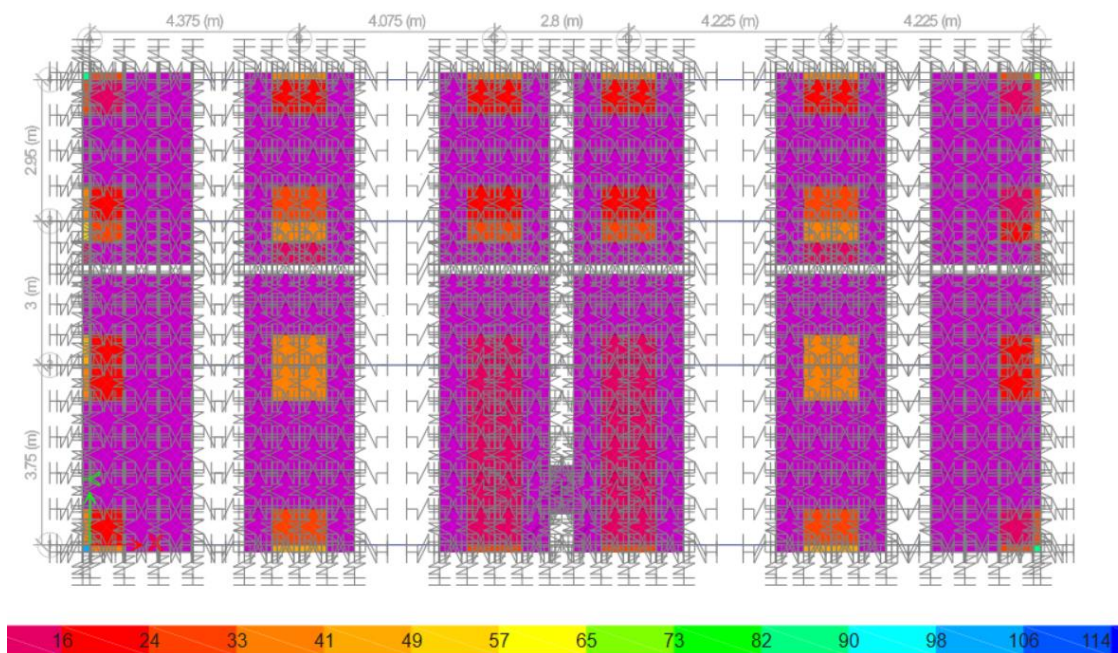


Figura 66. Presiones por carga última. Tomada de Etabs 21.

4.8. Análisis de los resultados de los diferentes modelos

De los resultados obtenidos del análisis sísmico dinámico de los modelos de base empotrada y el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87, se analizó la influencia en las diferentes dimensiones como el análisis sísmico, análisis estructural y comportamiento de la cimentación, por medio de los porcentajes de variación entre los modelos.

Objetivo 1: Análisis Sísmico

Para el análisis sísmico se tomó como indicadores los periodos, distorsiones y cortante basal.

Comparación Periodos de Vibración

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró influencia en el periodo de vibración donde se obtuvo incrementos entre ambos modelos de hasta el 4.03% en el 3er modo.

Tabla 55. Comparación Periodos de Vibración de la Estructura.

Comparación de Periodos de Vibración de la Estructura			
Modos	Periodos (seg) Modelo base empotrada	Periodos (seg) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Periodos
1	0.439	0.452	2.96%
2	0.401	0.410	2.24%
3	0.347	0.361	4.03%
4	0.134	0.137	2.24%
5	0.126	0.128	1.59%
6	0.091	0.094	3.30%
7	0.071	0.072	1.41%
8	0.068	0.069	1.47%
9	0.045	0.046	2.22%
10	0.043	0.044	2.33%
11	0.042	0.043	2.38%
12	0.034	0.034	0.00%
13	0.032	0.032	0.00%
14	0.026	0.026	0.00%
15	0.019	0.019	0.00%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

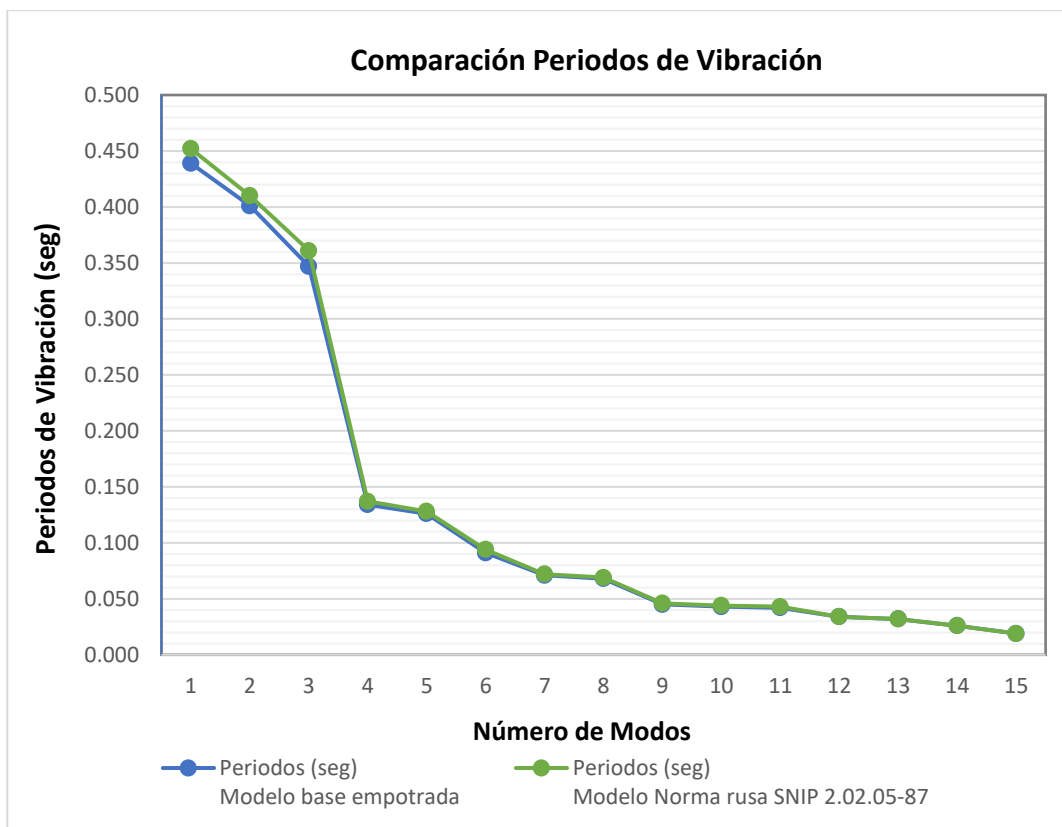


Figura 67. Comparación de Periodos de Vibración. Elaborada por la autora.

Comparación de Distorsiones de Entrepiso – Dirección X

Con respecto a las distorsiones de entrepiso en la dirección X, los mayores valores estuvieron en el segundo nivel, sin embargo, el mayor incremento fue en el primer nivel con una variación porcentual del 11.56%.

Tabla 56. Comparación de Distorsiones de entrepiso en la Dirección X - Sismo Dinámico X

Comparación de Distorsiones de entrepiso en la Dirección X - Sismo Dinámico X			
N° de Nivel	Distorsiones Modelo base empotrada	Distorsiones Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Distorsiones en X
Nivel 5	0.0019	0.0019	2.21%
Nivel 4	0.0030	0.0031	1.78%
Nivel 3	0.0041	0.0042	1.91%
Nivel 2	0.0047	0.0048	2.81%
Nivel 1	0.0035	0.0039	11.56%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

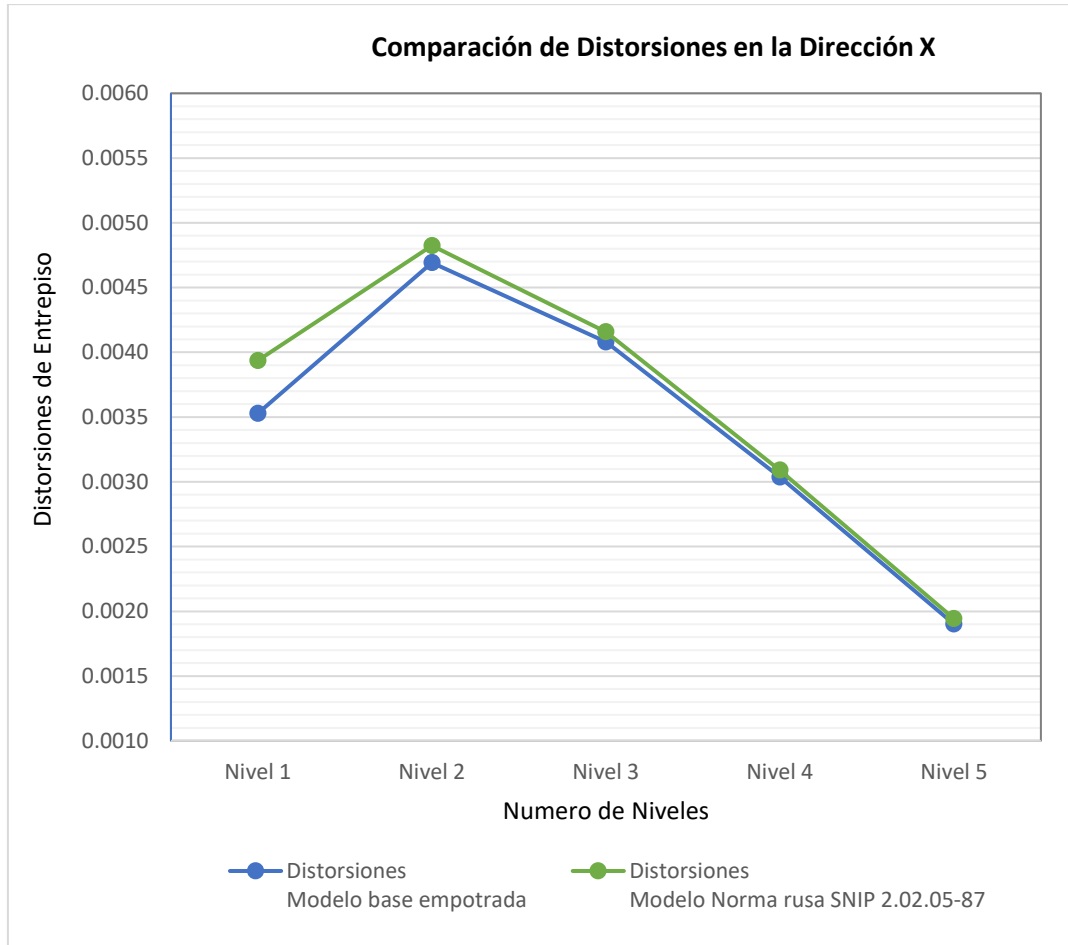


Figura 68. Comparación de Periodos de Vibración. Elaborada por la autora.

Comparación de Distorsiones de Entrepiso – Dirección YY

En la dirección X, los mayores valores estuvieron en el tercer nivel, sin embargo, el mayor incremento fue en el primer nivel con una variación porcentual del 22.88%.

Tabla 57. Comparación de Distorsiones de entrepiso en la Dirección Y.

Comparación de Distorsiones de entrepiso en la Dirección Y - Sismo Dinámico Y			
N° de Nivel	Distorsiones Modelo base empotrada	Distorsiones Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Distorsiones en Y
Nivel 5	0.0028	0.0030	4.76%
Nivel 4	0.0033	0.0035	4.78%
Nivel 3	0.0036	0.0037	5.58%
Nivel 2	0.0033	0.0035	8.10%
Nivel 1	0.0018	0.0022	22.88%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

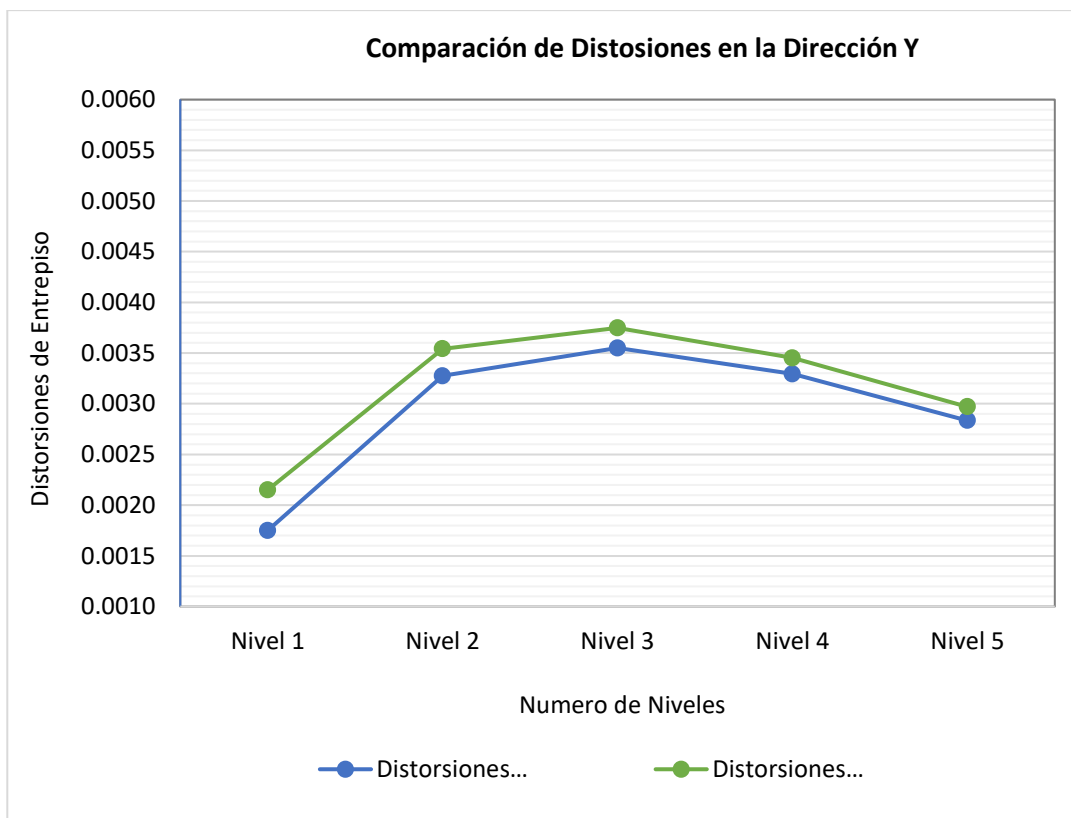


Figura 69. Comparación de Distorsiones en la dirección Y. Elaborada por la autora.

Comparación de Cortante Basal

En la dirección X-X

Con respecto a la cortante basal los mayores valores estuvieron en el primer nivel de la estructura, el mayor incremento que se tuvo entre un modelo y el otro fue del 0.98% en la dirección X.

Tabla 58. Comparación de Cortante Basal de entrepiso en la Dirección X - Sismo Dinámico X

Comparación de Cortante Basal en la Dirección X - Sismo Dinámico X			
N° de Nivel	Cortante Basal (tn) Modelo base empotrada	Cortante Basal (tn) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Cortante Basal en X
Nivel 5	36.040	35.859	-0.50%
Nivel 4	75.665	75.581	-0.11%
Nivel 3	107.289	107.473	0.17%
Nivel 2	129.759	130.427	0.51%
Nivel 1	141.804	143.196	0.98%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

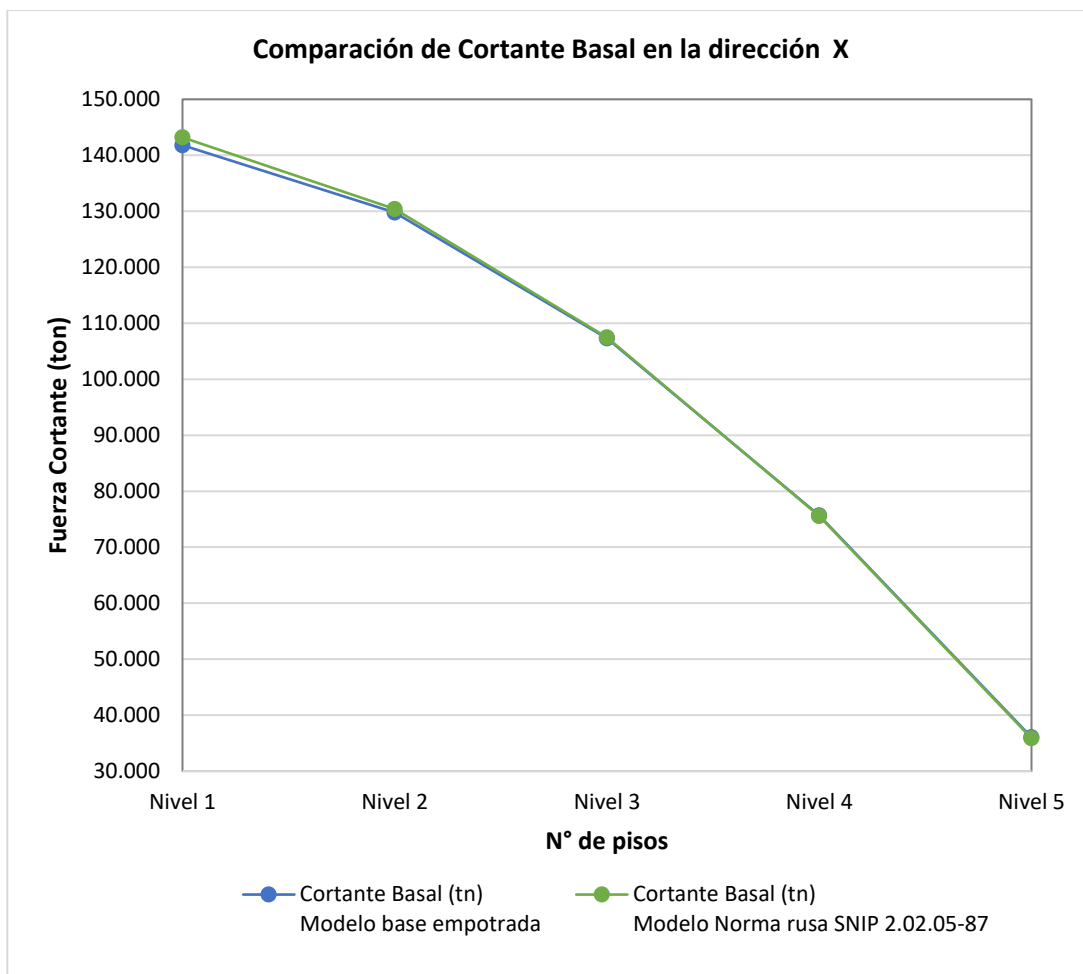


Figura 70. Comparación cortante basal en la dirección X. Elaborada por la autora.

En la dirección Y-Y

En la dirección Y los mayores valores estuvieron en el primer nivel de la estructura y el mayor incremento que se tuvo entre un modelo y el otro fue de 1.76%.

Tabla 59. Comparación de Cortante Basal de entrepiso en la Dirección Y - Sismo Dinámico Y

Comparación de Cortante Basal en la Dirección Y - Sismo Dinámico Y			
Nº de Nivel	Cortante Basal (tn) Modelo base empotrada	Cortante Basal (tn) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Cortante Basal en Y
Nivel 5	52.506	52.281	-0.43%
Nivel 4	102.034	102.313	0.27%
Nivel 3	137.959	138.944	0.71%
Nivel 2	161.617	163.530	1.18%
Nivel 1	173.263	176.310	1.76%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

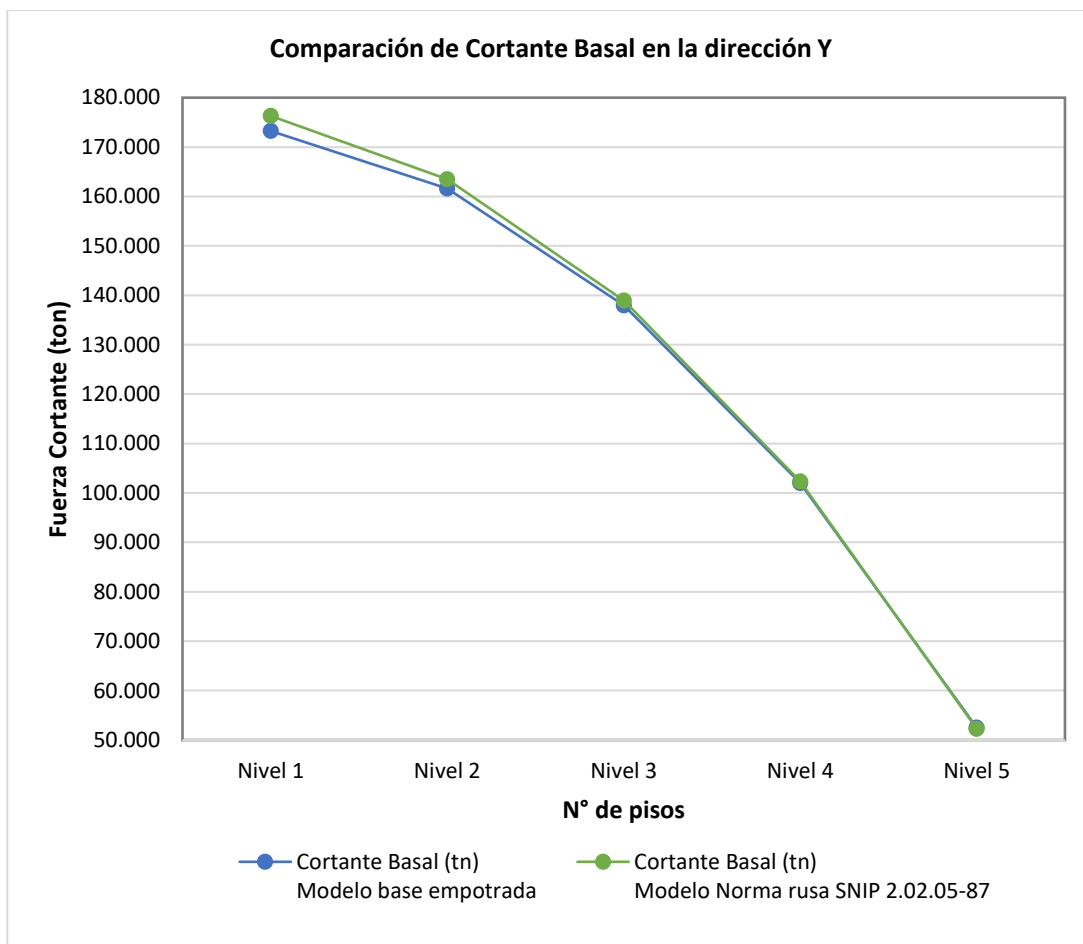


Figura 71. Comparación cortante basal en la dirección Y. Elaborada por la autora.

Objetivo 2: análisis estructural

Para el análisis estructural se tomó como indicadores las fuerzas internas axiales, de corte, flexión y torsión. Se tomó el pórtico 3-3 del primer piso para la evaluación de resultados, los cuales se muestran a continuación.

Comparación de Fuerzas Axiales por Carga Última

En cuanto a las fuerzas axiales se observó un mayor incremento del 0.64% en la columna 3F a compresión, por otro lado, en otras columnas del pórtico la fuerza axial disminuyó como el caso de la columna 3C con 0.20% menos que en el modelo de base empotrada, estas variaciones son mínimas, pero también necesarias considerarla.

Tabla 60. Comparación de Fuerzas Axiales por Carga Última 1.4CM+1.7CV, Pórtico 3-3

Comparación de Fuerzas axiales por Carga Última - Pórtico 3-3 (Ton)			
N° de Elemento	Fuerzas axiales (tn) Modelo base empotrada	Fuerzas axiales (tn) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Fuerzas axiales
Columna 3A	-66.64	-66.72	0.12%
Columna 3B	-92.70	-92.54	-0.17%
Columna 3C	-69.47	-69.33	-0.20%
Columna 3D	-66.22	-66.18	-0.06%
Columna 3E	-88.92	-88.78	-0.16%
Columna 3F	-50.13	-50.45	0.64%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

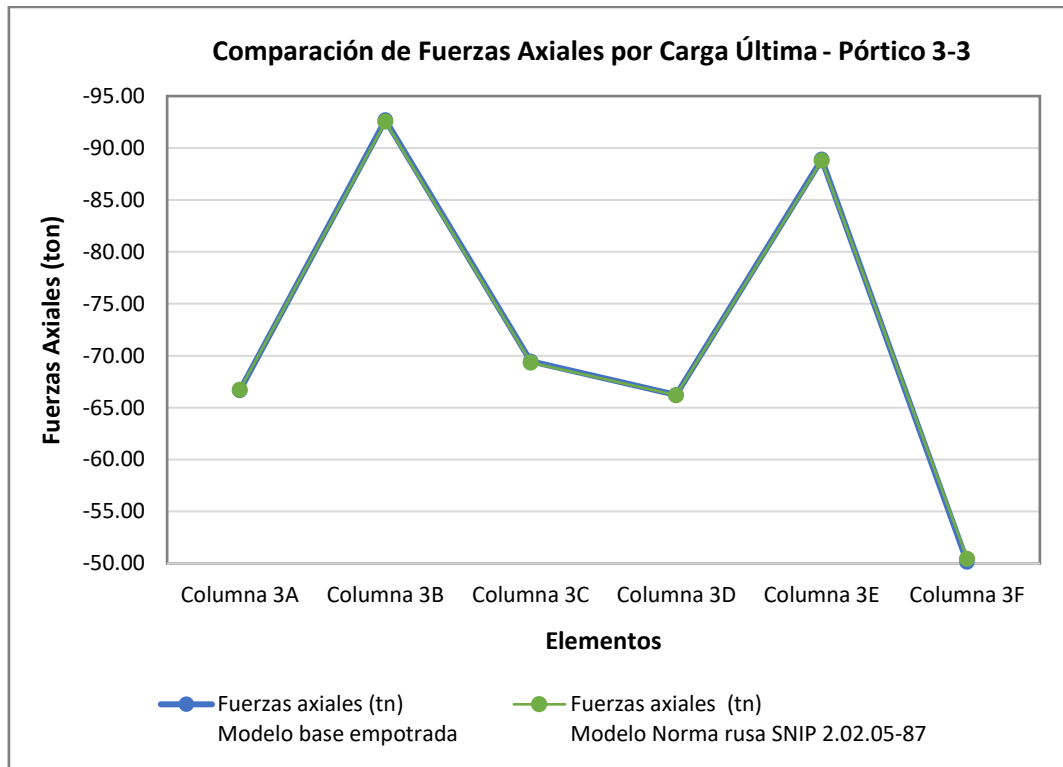


Figura 72. Comparación fuerzas axiales pórtico 3-3. Elaborada por la autora.

Comparación de Fuerzas Cortantes por Carga Última Sismo Dinámico en X

En general hubo incrementos en las fuerzas cortantes en los elementos, es especial en las columnas, muestra de ello en la columna central 3C del pórtico 3-3 se tuvo un incremento de hasta el 10.16%.

Tabla 61. Comparación de Fuerzas Cortantes por Carga Última Sismo Dinámico en X – Pórtico 3-3

Comparación de Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X - Pórtico 3-3 (Ton)			
N° de Elemento	Fuerzas Cortantes (tn) Modelo base empotrada	Fuerzas Cortantes (tn) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Fuerzas Cortantes
Columna 3A	3.56	3.71	4.28%
Columna 3B	4.49	4.91	9.31%
Columna 3C	4.70	5.18	10.16%
Columna 3D	4.72	5.14	8.96%
Columna 3E	4.49	4.90	9.19%
Columna 3F	3.60	3.75	4.25%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

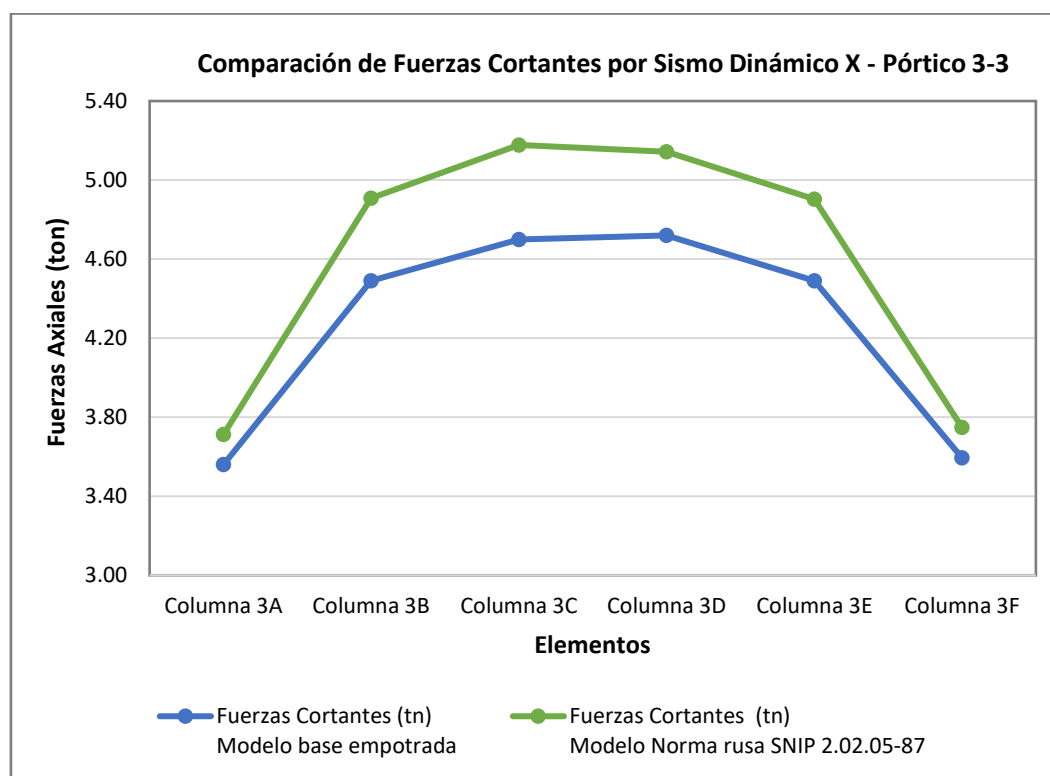


Figura 73. Gráfico comparativo de Fuerzas Cortantes por Sismo Dinámico X - Pórtico 3-3

Comparación de Momentos Flectores por Carga Última Sismo Dinámico en Y

En cuanto a los momentos flectores del pórtico 3-3 de referencia, se tuvo mayores incrementos en las columnas centrales, tal es el caso de la columna 3E donde hubo un incremento en los momentos hasta en un 6.39%.

Tabla 62. Comparación de Momentos Flectores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3

Comparación de Momentos Flectores por Sismo Dinámico en X - Pórtico 3-3 (Ton-m)			
N° de Elemento	Momentos flectores (tn.m) Modelo base empotrada	Momentos flectores (tn.m) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Momentos flectores
Columna 3A	8.47	8.51	0.55%
Columna 3B	9.42	10.02	6.38%
Columna 3C	9.68	10.28	6.25%
Columna 3D	9.64	10.25	6.27%
Columna 3E	9.41	10.01	6.39%
Columna 3F	8.51	8.54	0.42%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

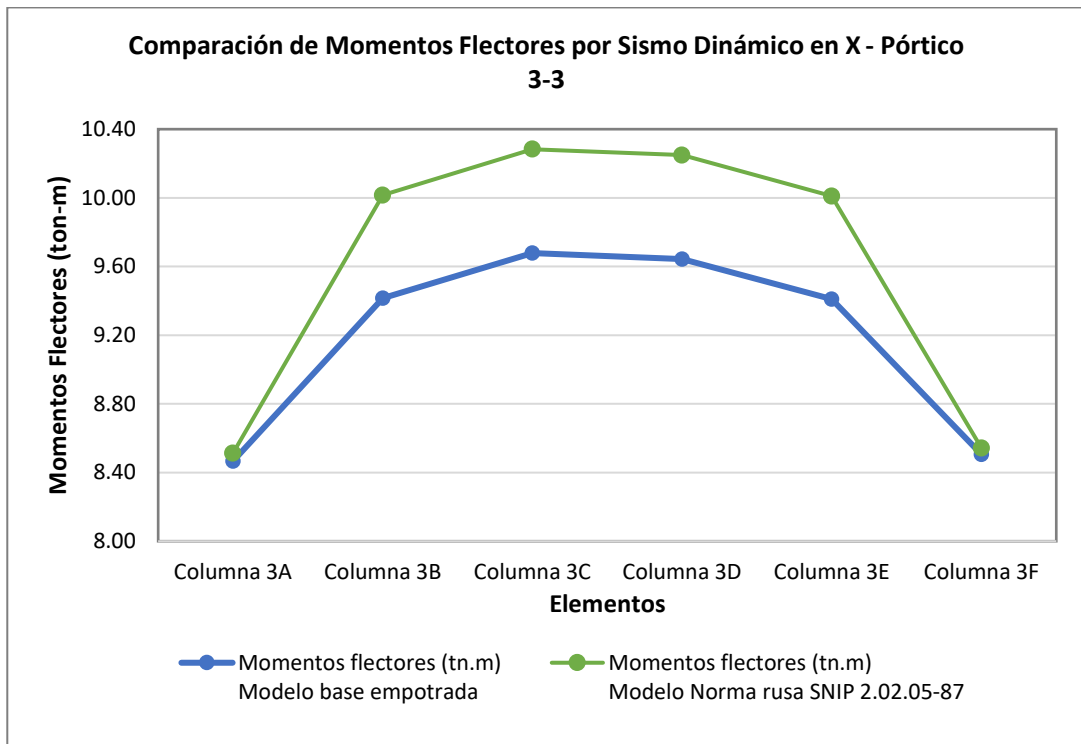


Figura 74. Grafico comparativo de momentos Flectores – por sismo dinámico Y – Pórtico 3-

3

Comparación de Momentos Torsores por Carga Última Sismo Dinámico en Y

En el caso de los momentos torsores de tuvo considerables incrementos, una muestra de ello fue el incremento que se dio en la viga 3-AB con el 11.95%.

Tabla 63. Comparación de Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y – Pórtico 3-3

Comparación de Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3 (Ton-m)			
N° de Elemento	Momentos torsores (tn.m) Modelo base empotrada	Momentos torsores (tn.m) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Momentos torsores
VIGA 3-AB	0.45	0.51	11.95%
VIGA 3-BC	0.52	0.58	11.81%
VIGA 3-CD	0.54	0.60	11.42%
VIGA 3-DE	0.51	0.57	11.81%
VIGA 3-EF	0.52	0.58	11.60%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

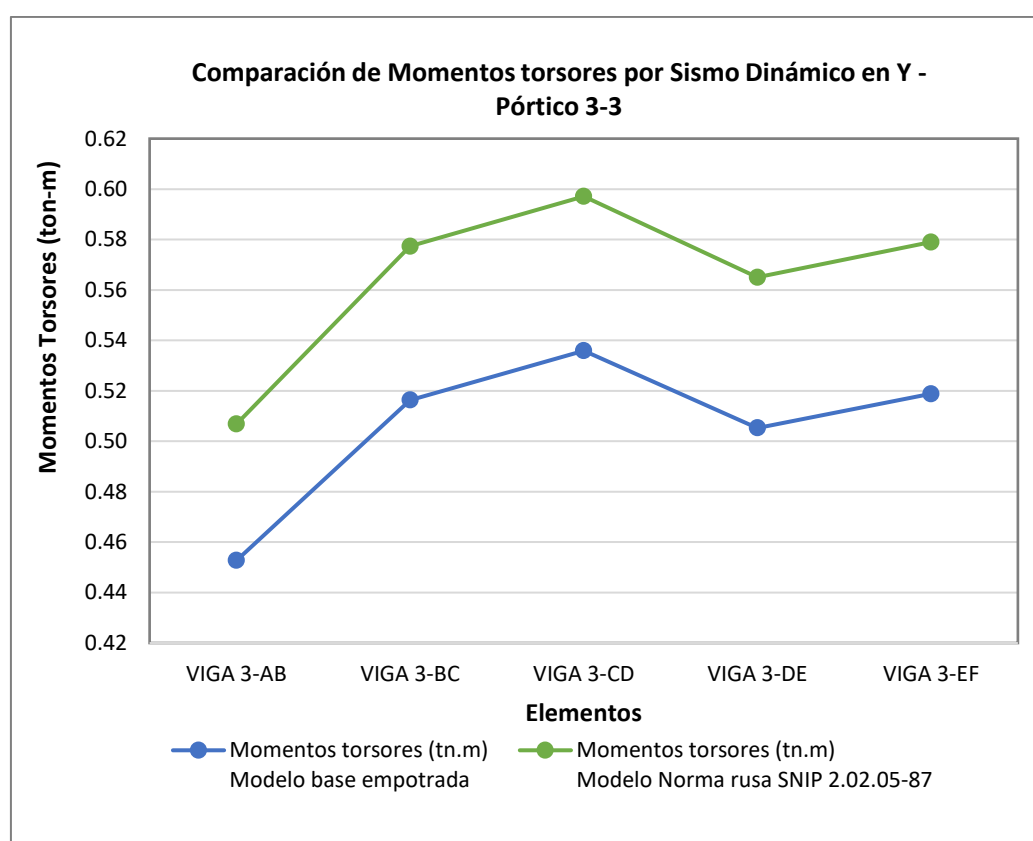


Figura 75. Gráfico comparativo de Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3

Objetivo 3: Comportamiento de la cimentación.

Se trabajó con 2 modelos donde se tomó los resultados debido a carga ultima, en el primer modelo se incluyó en balasto vertical, por otro lado, en el otro modelo se utilizó el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87.

Comparación de Asentamientos de las Cimentaciones

Los asentamientos recibieron gran influencia, muestra de ello fue la disminución considerable de los asentamientos en las zapatas en más del 80%, la mayor disminución se dio en la zapata Z-6 con el 92.65%.

Tabla 64. Comparación de Asentamientos Máximos de Zapatas Combinadas debidos a Carga Última.

Comparación de Asentamientos Máximos de Zapatas Combinadas por Carga Última			
Zapata	Asentamientos (mm) Modelo Base Empotrada (Balasto vertical)	Asentamientos (mm) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Asentamientos
Z - 1	1.985	0.148	-92.54%
Z - 2	1.363	0.199	-85.40%
Z - 3	1.101	0.093	-91.55%
Z - 4	1.083	0.093	-91.41%
Z - 5	1.335	0.200	-85.02%
Z - 6	1.714	0.126	-92.65%
Z - 7	1.590	0.143	-91.01%
Z - 8	1.074	0.165	-84.64%
Z - 9	1.041	0.132	-87.32%
Z - 10	1.012	0.128	-87.35%
Z - 11	1.053	0.158	-85.00%
Z - 12	1.324	0.111	-91.62%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

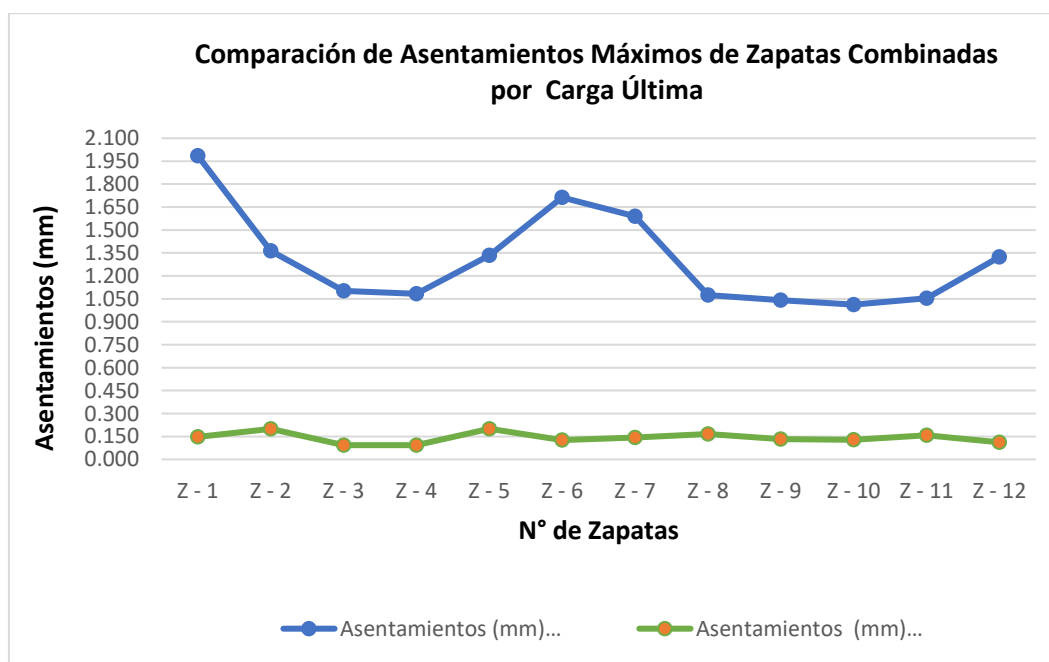


Figura 76. Comparación de los asentamientos Máximos por carga última. Elaborada por la autora.

Comparación de Esfuerzos de presión de las Cimentaciones debido a Carga Última

En el caso de los esfuerzos de presión estas disminuyeron e incrementaron con se muestra en la tabla siguiente, se resalta el incremento en la zapata Z-6 con un 71.73%.

Tabla 65. Comparación de Esfuerzos Máximos de Zapatas Combinadas debidos a Carga Última.

Comparación de Esfuerzos en Zapatas Combinadas por Carga Última			
Ubicación	Esfuerzos de presión (tn/m) Modelo Base Empotrada (Balasto vertical)	Esfuerzos de presión (tn/m) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de esfuerzos de presión
Z - 1	64.898	103.104	58.87%
Z - 2	58.351	46.635	-20.08%
Z - 3	29.661	28.348	-4.43%
Z - 4	29.058	28.586	-1.62%
Z - 5	56.575	46.094	-18.53%
Z - 6	51.781	88.924	71.73%
Z - 7	53.797	82.602	53.54%
Z - 8	44.028	38.756	-11.97%
Z - 9	32.933	37.079	12.59%
Z - 10	37.536	36.032	-4.01%
Z - 11	43.618	37.195	-14.73%
Z - 12	42.233	69.888	65.48%

Nota: Elaborada por la autora. En base a resultados obtenidos del Etabs 21.

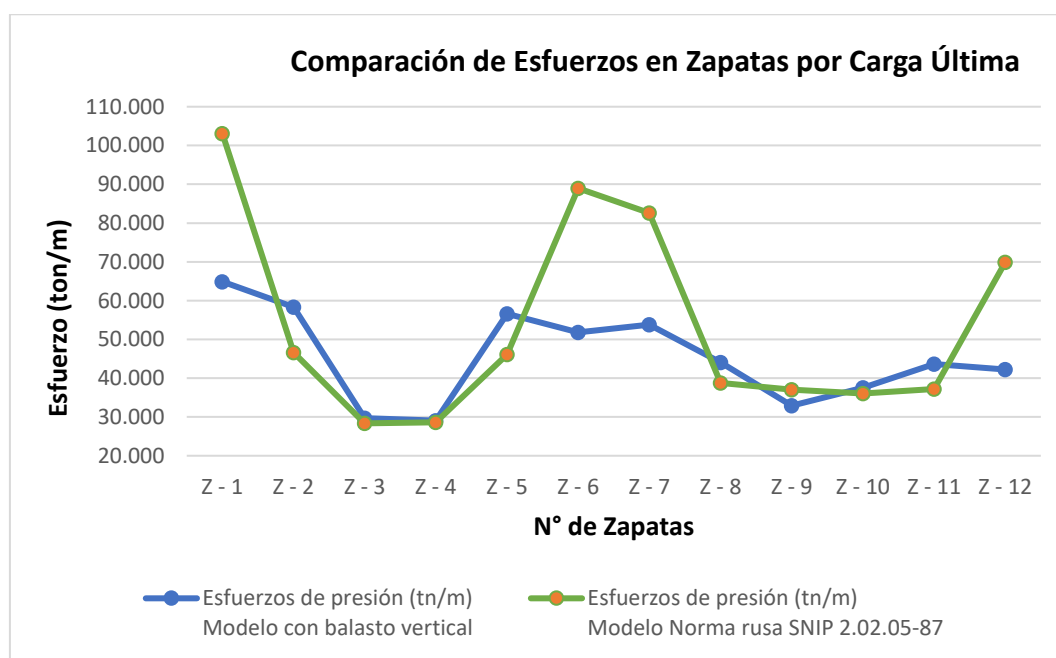


Figura 77. Gráfico comparativo de los esfuerzos en zapatas, bajo carga última.

V. DISCUSIÓN

- En la presente investigación el modelo dinámico de la norma rusa SNIP 2.02.05-87 aplicado al análisis de la respuesta sísmica del edificio de estudio fue determinante al encontrar su influencia en los resultados obtenidos en comparación al modelo tradicional de base empotrada, los indicadores donde se evidencio mayor variación fue en las distorsiones de entrepiso con un incremento de hasta el 22.88%, otra variación más significativa es en los asentamientos de la cimentación con una reducción de hasta el 95.65% y un incremento de hasta el 71.73% en los esfuerzos de la cimentación. Sumado al modelo aplicado se observó que las características de la cimentación influyeron de manera significativa, como es tipo de suelo, tipo de cimentación, así como las características de la superestructura que al ser robusta genero un gran peso a la baja capacidad admisible del terreno, lo que conlleva a plantear zapatas combinadas para poder transmitir las cargas y cumplir con los requisitos de diseño.

En la investigación realizada sobre la "Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el Distrito San Antonio, Moquegua 2023", se abordó el análisis detallado de la interacción suelo-estructura utilizando el modelo dinámico de la norma rusa SNIP2.02.05-87. Los resultados obtenidos revelaron variaciones significativas en varios aspectos clave de la respuesta sísmica del edificio, en comparación con un modelo de análisis tradicional. Una de las observaciones destacadas fue la variación en las distorsiones de entrepiso, que experimentaron un aumento notable de hasta el 22.88%. Este hallazgo sugiere que la consideración de la interacción suelo-estructura según la norma rusa SNIP2.02.05-87 tiene un impacto significativo en el comportamiento lateral del edificio durante un evento sísmico, afectando directamente la deformación en los pisos.

Otra variación destacada se encontró en los asentamientos de la cimentación, donde se registró una reducción notable de hasta el 95.65%. Este resultado sugiere que la interacción suelo-estructura, según el modelo dinámico adoptado, tiene el potencial de mitigar los asentamientos en la cimentación,

lo cual es crucial para la estabilidad y seguridad a largo plazo de la estructura. Sin embargo, el contraste con los resultados obtenidos por Dhahbia y Khalfallah (2019) en su artículo científico "Soil-structure interaction effects on the seismic performance of frame structures" revela un panorama más amplio sobre los efectos de la interacción suelo-estructura en edificaciones aporticadas. Los autores concluyen que la flexibilidad del suelo, junto con las fuerzas sísmicas, influye en los movimientos de los pórticos de la edificación. Es interesante notar que ambos estudios coinciden en que la interacción suelo-estructura tiene un impacto significativo en la respuesta sísmica de los edificios, pero difieren en algunos aspectos. Mientras que Dhahbia y Khalfallah (2019) se centran en la influencia conjunta de la flexibilidad del suelo y las fuerzas sísmicas en los pórticos, la investigación actual se enfoca en un análisis específico para un edificio aporticado, utilizando un modelo dinámico basado en la norma rusa SNIP2.02.05-87.

La variación encontrada en los esfuerzos de la cimentación, con un aumento de hasta el 71.73%, proporciona información valiosa sobre la redistribución de las cargas en la base de la estructura cuando se considera interacción suelo estructura según el modelo ruso. Este hallazgo destaca la importancia de evaluar los efectos de la interacción suelo-estructura en diferentes parámetros, ya que puede tener implicaciones significativas en el diseño y la seguridad de las edificaciones en zonas sísmicas.

Finalmente, tanto la investigación presente como el estudio de Dhahbia y Khalfallah (2019) subrayan la importancia de considerar la interacción suelo estructura en el diseño y análisis sísmico de edificaciones. Aunque hay discrepancias en los detalles específicos, ambos resaltan la complejidad de estos fenómenos y la necesidad de enfoques detallados y específicos para cada tipo de estructura y suelo. Estos hallazgos contribuyen significativamente al avance en la comprensión de la respuesta sísmica de edificios aporticados y proporcionan valiosa información para futuras investigaciones y mejoras en las prácticas de diseño sísmico.

- El estudio propuso como objetivo específico, determinar la influencia de la interacción suelo-estructura en el análisis sísmico de un edificio aporticado en

el distrito San Antonio, Moquegua 2023. Los resultados obtenidos revelan efectos significativos en varios parámetros estructurales, en comparación con un análisis que no considera dicha interacción. En términos de periodos de vibración, se observaron variaciones notables en los tres primeros modos. Al considerar la interacción suelo-estructura, se registró un incremento del 2.96%, 2.24%, y 4.03% en el primer, segundo y tercer modo, respectivamente. Estos hallazgos indican que la interacción suelo-estructura tiene un impacto claro en la respuesta dinámica del edificio, afectando la distribución de la masa y rigidez en los modos de vibración.

Contrastando estos resultados con los obtenidos por Ccalluchi (2022) en su investigación sobre la “Influencia de la Interacción Suelo - Estructura en la Respuesta Estructural de un Edificio de Concreto Armado” con el modelo de D.D. Barkan – O.A. Savinov, se observa una convergencia en la tendencia de incremento en los periodos de vibración debido a la interacción suelo-estructura. Ambos estudios sugieren que la consideración de esta interacción resulta en un comportamiento dinámico diferente en estructuras aporticadas y de concreto armado. En cuanto a las distorsiones de entrepiso, se evidenció un incremento significativo en la dirección X y Y. En la dirección X, se observó un aumento de hasta el 11.56% en el nivel 1, mientras que en la dirección Y, se registró un incremento del 22.88% en el primer nivel. Estos resultados resaltan la importancia de evaluar la respuesta sísmica en ambas direcciones para comprender completamente los efectos de la interacción suelo-estructura en la deformación lateral del edificio.

Al contrastar estos hallazgos con la investigación de Ccalluchi (2022), donde se observaron incrementos del 9.84%, 9.84%, y 10.23% en los modos de vibración, se puede inferir que la interacción suelo-estructura tiene efectos variables en diferentes parámetros, pero en general, tiende a aumentar la respuesta dinámica y la deformación lateral en ambas investigaciones.

No obstante, en cuanto al cortante basal, las variaciones encontradas en esta investigación son más moderadas. Se registró un incremento del 0.98% en la dirección X y un incremento del 1.76% en la dirección Y. Estos resultados sugieren que, aunque la interacción suelo-estructura influye en los periodos

de vibración y las distorsiones de entrepiso, su impacto en el cortante basal es más limitado.

Comparando estos resultados con los obtenidos por Ccalluchi (2022), donde se encontró un incremento de hasta el 19.29% en los desplazamientos horizontales para el modelo ISE, se observa una discrepancia en la magnitud de los efectos de la interacción suelo-estructura en términos de cortante basal. Esto podría deberse a diferencias en la geometría, características del suelo y métodos de análisis entre los edificios estudiados.

En conclusión, ambas investigaciones destacan la importancia de considerar la interacción suelo-estructura en el análisis sísmico de edificios. Aunque hay variaciones en los resultados específicos, la consistencia en la tendencia de aumento en periodos de vibración y deformaciones laterales indica que esta interacción es un factor crucial que debe ser cuidadosamente evaluado en el diseño y análisis de estructuras sísmicamente vulnerables, como los edificios aporricados.

- Con respecto a las fuerzas internas de la estructura se tuvieron resultados importantes para la investigación aplicando el modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87, como es el caso de las fuerzas axiales donde se observó un incremento en la columna 3F de hasta el 0.64%, en las fuerzas cortantes un incremento de hasta el 10.16% en la columna 3C. En los momentos flectores los mayores incrementos se dieron en la columna 3E de hasta el 6.39% y los momentos torsores tuvieron un mayor incremento en las vigas, como es el caso de la viga 3-AB de hasta un 11.95%.

La investigación se propuso determinar cómo influye la interacción suelo-estructura en el análisis estructural de un edificio aporricado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. La conclusión obtenida confirma la significativa influencia de esta interacción en las fuerzas internas, destacando cambios notables en diferentes aspectos estructurales bajo el método de la Norma Rusa. Al contrastar estos resultados con la investigación de Reátegui Fasabi (2020) con el modelo de D.D. Barkan – O.A. Savinov, que examinó una edificación aporricada con zapatas aisladas en la ciudad de Trujillo, se pueden observar similitudes y diferencias interesantes en términos de la interacción

suelo-estructura. En la presente investigación, se observó que la interacción suelo-estructura, bajo el método de la Norma Rusa, generó variaciones sustanciales en las fuerzas internas. En el caso de las fuerzas axiales, se registró un modesto aumento del 0.64% en la columna lateral 3F, indicando que la interacción suelo-estructura tiene un impacto limitado en este aspecto específico. Sin embargo, las fuerzas cortantes experimentaron un incremento más significativo, alcanzando el 10.16% en la columna central 3C. Este hallazgo resalta la importancia de considerar la interacción suelo-estructura en el análisis de las fuerzas laterales, especialmente en columnas específicas.

En cuanto a los momentos flectores, se encontró un aumento del 6.39% en la columna 3E, y los momentos torsores mostraron un incremento notable del 11.95% en la viga del primer nivel 3-AB en comparación con el modelo de base empotrada. Estos resultados indican que la interacción suelo-estructura tiene un impacto considerable en la redistribución de momentos en la estructura, lo que puede afectar la capacidad de resistir momentos flectores y torsionales.

Contrastando estos resultados con la investigación de Reátegui Fasabi (2020), se observan diferencias en los efectos de la interacción suelo-estructura en las fuerzas cortantes y los momentos flectores. Mientras que en la presente investigación se evidenció un aumento significativo en las fuerzas cortantes y momentos torsores, en el estudio de Reátegui Fasabi se encontró una disminución en las fuerzas cortantes bajo diferentes modelos, y un modesto aumento en los momentos flectores bajo el modelo ruso.

Estas discrepancias pueden deberse a las diferencias en la configuración estructural, las características del suelo y los métodos específicos utilizados en cada investigación. Además, la variabilidad en las conclusiones resalta la complejidad de la interacción suelo-estructura y la importancia de evaluarla con detalle en el contexto específico de cada proyecto.

Finalmente, ambas investigaciones confirman la influencia de la interacción suelo-estructura en el análisis estructural de edificios aporticados, pero las variaciones específicas en las fuerzas internas difieren entre los estudios. Estos hallazgos subrayan la necesidad de considerar cuidadosamente la

interacción suelo-estructura en el diseño y análisis estructural, adaptándolo a las condiciones específicas del sitio y la geometría de la estructura.

- En la presente investigación con los efectos de interacción suelo estructura del modelo de la norma rusa SNIP 2.02.05-87 aplicados al análisis de la estructura, se logró encontrar las mayores disminuciones de los asentamientos en las zapatas de las esquinas de la edificación como es el caso de la zapata Z-1 con una reducción del 92.54%, la zapata Z-6 una reducción del 92.65%. En cuanto a los esfuerzos de presión del suelo se tuvo variaciones significativas como el incremento de hasta el 58.87% en la zapata Z-1, en la zapata Z-6 un incremento del 71.73%, en la zapata Z-7 de 53.54% y en la zapata Z-12 un incremento del 65.48%.

La investigación se propuso determinar cómo influye la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las cimentaciones de un edificio aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023. Los resultados obtenidos confirman una influencia sustancial de esta interacción en el comportamiento de la cimentación, destacando cambios significativos en los asentamientos y los esfuerzos de las columnas. Al contrastar estos hallazgos con el estudio de Valle (2021), que analizó la cimentación de una vivienda multifamiliar en Chachapoyas, se pueden observar similitudes y divergencias interesantes en términos de la interacción suelo-estructura.

En la presente investigación, se determinó que la interacción suelo-estructura tuvo un impacto considerable en los asentamientos de la zapata Z-6, con una disminución notable del 92.65%. Este resultado sugiere que la consideración de la interacción suelo-estructura puede ser efectiva para mitigar asentamientos en ciertas partes de la cimentación, lo cual es fundamental para garantizar la estabilidad a largo plazo de la estructura.

Contrastando estos resultados con el estudio de Valle (2021), donde se observa una reducción de hasta el 9.76% en las presiones en las zapatas del perímetro y un aumento en las zapatas centrales, se evidencian diferencias en los efectos de la interacción suelo-estructura en la distribución de presiones en la cimentación. Ambos estudios resaltan la variabilidad en la respuesta de

la cimentación bajo la influencia de la interacción suelo-estructura, lo que puede depender de factores como la geometría de la estructura y las características del suelo.

Además, la investigación actual reveló un incremento del 71.73% en los esfuerzos de la columna Z-6, destacando la influencia directa de la interacción suelo-estructura en la carga transmitida a la cimentación. Este hallazgo resalta la importancia de considerar esta interacción no solo para mitigar asentamientos, sino también para evaluar de manera precisa los esfuerzos en las columnas y garantizar un diseño estructural seguro y eficiente.

En el estudio de Valle (2021), se encontró una disminución de hasta el 50% en los esfuerzos de la viga de cimentación, tanto para las fuerzas cortantes como para los momentos flexionantes. Estos resultados sugieren que la interacción suelo-estructura puede tener efectos variables en diferentes partes de la cimentación, afectando no solo los asentamientos sino también la distribución de esfuerzos en elementos estructurales específicos.

En conclusión, ambos estudios confirman la influencia significativa de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las cimentaciones, pero resaltan diferencias en los detalles específicos. La variabilidad en los resultados subraya la complejidad de estos fenómenos y la necesidad de considerar cuidadosamente la interacción suelo-estructura en el diseño y análisis de cimentaciones, adaptándola a las condiciones específicas de cada proyecto. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para el avance en las prácticas de diseño sísmico y la mitigación de riesgos en estructuras aporticadas.

VI. CONCLUSIONES

1: En la investigación presentada, se llegó a la conclusión general de que la respuesta sísmica de un edificio aporticado es influenciada por la interacción suelo estructura con el modelo dinámico de la norma rusa SNIP2.02.05-87, teniendo variaciones resaltantes en las distorsiones de entrepiso con un incremento de hasta el 22.88%, otra variación más significativa es en los asentamientos de la cimentación con una reducción de hasta el 92.65% y un incremento de hasta el 71.73% en los esfuerzos de la cimentación, con respecto al 2do modelo de análisis tradicional.

2: Al considerar los efectos de interacción suelo estructura se observó variaciones en los periodos de vibración, en el primer modo un incremento del 2.96%, en el 2do modo un incremento del 2.24% y el mayor incremento en el 3er modo con el 4.03%; por otro lado, en las distorsiones de entrepiso en la dirección X se observó un incremento de hasta el 11.56% en el nivel 1, en la dirección Y un incremento del 22.88% en el primer nivel. Con respecto al cortante basal no hubo grandes variaciones encontrándose que, en la dirección X se observó un incremento del 0.98% y en la dirección Y un incremento del 1.76%.

3: Los resultados de la investigación confirman que la interacción suelo estructura influye en el análisis estructural de un edificio aporticado, ya que se ha encontrado que en las fuerzas internas existe una variación significativa entre el modelo de base empotrada y el modelo con interacción suelo estructura bajo el método de la Norma Rusa. Para el caso de las fuerzas axiales se observó solo un incremento del 0.64% respecto al modelo empotrado en la columna 3F, sin embargo, en las fuerzas cortantes se observó un incremento del 10.16% en la columna 3C; con respecto a los momentos flectores se obtuvo un incremento del 6.39% en la columna 3F, con respecto a los momentos torsores se obtuvo un incremento del 11.95% respecto al modelo de base empotrada.

4: En cuanto a la influencia de la interacción suelo estructura en el comportamiento de la cimentación, se determinó una influencia considerable al

tener una disminución de los asentamientos del 92.65% en la zapata Z-6 y un incremento del 71.73% de los esfuerzos en la columna Z-6.

VII. RECOMENDACIONES

- En base a los resultados de la presente investigación, se recomienda que en el diseño y análisis sísmico de edificios aporricados se considere de manera integral la interacción suelo-estructura, utilizando modelos dinámicos específicos, como el propuesto por la norma rusa SNIP2.02.05-87, u otros. Este enfoque se justifica dada la evidencia significativa de variaciones en la respuesta estructural bajo la influencia de la interacción suelo estructura. Particularmente, se sugiere prestar una atención especial a las distorsiones de entrepiso, ya que se identificó un incremento de hasta el 22.88%. Este aspecto es crucial para evaluar la vulnerabilidad y el comportamiento lateral del edificio durante eventos sísmicos.
- Dada la variación en los periodos de vibración, se recomienda optimizar la distribución de masas en la estructura para minimizar los efectos adversos en la respuesta dinámica. Ajustar la ubicación de elementos pesados o redistribuir masas en la estructura puede contribuir a una mejor respuesta frente a eventos sísmicos. Con respecto a la variación en las distorsiones de entrepiso, se recomienda realizar un análisis detallado de las deformaciones laterales en ambas direcciones. Esto permitirá comprender mejor la distribución espacial de las distorsiones y ajustar estrategias de diseño para garantizar la integridad de los elementos y minimizar el riesgo de daños.
- Se recomienda llevar a cabo un análisis detallado de las fuerzas internas, especialmente en las columnas afectadas por la variación significativa. Esto permitirá identificar con mayor precisión las áreas críticas de la estructura y ajustar el diseño de manera específica para mejorar su desempeño ante cargas sísmicas. Dada la variación significativa del 10.16% en las fuerzas cortantes en la columna central 3C, se recomienda realizar una revisión detallada de la resistencia de dicha columna ante cargas laterales. Pueden ser necesarios ajustes en la capacidad resistente o la implementación de refuerzos para garantizar un comportamiento sísmico adecuado, se recomienda extrapolar esta recomendación al resto de elementos.
- Resaltando la disminución significativa del 92.65% en los asentamientos de la zapata Z-6, se recomienda explorar estrategias específicas de optimización para la cimentación. Esto podría incluir la consideración de técnicas de

cimentación mejoradas, como el uso de pilotes o soluciones de geotecnia específicas para mitigar asentamientos. Para validar y ajustar las estrategias implementadas, se sugiere establecer un sistema de monitoreo continuo de asentamientos en la cimentación. Esto permitirá verificar las estrategias y realizar ajustes adicionales de ser necesario.

REFERENCIAS

- Abd-Elhamed, A., Mahmoud , S., & Saqer Alotaibi , K. (2023). Nonlinear analysis of reinforced concrete buildings with different heights and floor systems. *Scientific Reports, Volumen 11(10)*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-023-41656-7>
- Ali, T., Nour Eldin, M., & Haider, W. (2023). The Effect of Soil-Structure Interaction on the Seismic Response of Structures Using Machine Learning, Finite Element Modeling and ASCE 7-16 Methods. *Sensors, Vol 23(4)*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s23042047>
- Alvarado Mamani, J., & Aguilar Chuquimia, H. (2019). Seismic response for a reinforced concrete residential building according to South American standards in the Pacific zone. *tecnia, Volumen 29(2)*, 126-143.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21754/tecnia.v29i2.719>
- Alvarado, J., & Aguilar, H. (2023). Seismic response for a reinforced concrete residential building according to South American standards in the Pacific zone. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 126-143.
<https://doi.org/10.7764/RIC.00057.21>
- Arias Gonzales, J. L. (2020). *Proyecto de Tesis Guía para Elaboración* (Primera ed.). Arequipa, Perú.
- Arias Gonzáles, J. L. (2020). *Técnicas e Instrumentos de Investigación Científica* (Primera ed.). Arequipa, Perú: Enfoques Consulting EIRL.
- Avilés , J., & Pérez Rocha, L. E. (2004). Bases para las nuevas disposiciones reglamentarias sobre interacción dinámica suelo-estructura. *Revista de Ingeniería Sísmica(71)*, 1-36.
<https://doi.org/https://doi.org/10.18867/ris.71.35>
- Ayala Omaña, R. I., Delgadillo Santander, A., & Ferrer Oropeza, C. (2017). Seismic hazard in Latin America. *Revista Geográfica Venezolana, vol. 58*, 258-262.
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347753793001/html/index.html>

- Bapir, B., Abrahamczyk, L., Wichtmann, T., & Prada-Sarmiento, L. (2023). Soil-structure interaction: A state-of-the-art review of modeling techniques and studies on seismic response of building structures. *Frontiers in Built Environment*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1120351>
- Baytan Ozmen, H., & Gül Tarakçı, N. (2022). Effect of soil and foundation stiffness on the seismic behavior of mid-rise RC buildings. *Research on Engineering Structures & Materials*, Vol 8(2), 385-402. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17515/resm2022.380st0219>
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación* (Tercera ed.). Pearson.
- Castro Pilco, C. F., & Pérez Martínez, G. E. (2020). *Análisis de la interacción suelo - estructura estática Para una edificación regular de hormigón armado y 3 Tipos de suelos*. Quito, Colombia: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18193>
- Ccalluchi Carrillo, R. (2022). *Influencia de la Interacción Suelo - Estructura en la Respuesta Estructural de un Edificio de Concreto Armado*. Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89246>
- Cerè, G., Rezgui, Y., Zhao, W., & Petri, I. (2022). Shear walls optimization in a reinforced concrete framed building for seismic risk reduction. *Journal of Building Engineering*, Volume 54(15). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104620>
- Condorluicho Luna, L. A. (2023). *Influencia de la Interacción suelo-estructura en la respuesta dinámica de un edificio aporticado en Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5501>
- Cornelio G., L. E., Díaz A., S. A., Mora O., R. S., & Vásquez M., A. (2023). The ratio of Mezzanine Distortion in Steel Buildings with a new Earthquake Damage Potential Index. *Espacio I+D INNOVACION MAS DESARROLLO*, Vol 12(32), 63-77. <https://doi.org/https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/download/335/1374>

- Das, B. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Cuarta ed.). Cengage Learning Editores S.A.
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (Séptima ed.). Cengage Learning Editores S.A.
- Deepashree R, S Kavitha, MamathaP, & Vishal B V. (2020). Evaluation of the effects of soil structure interaction on a multistorey rc building. *First International Conference on Advances in Physical Sciences and Materials*. <https://doi.org/doi:10.1088/1742-6596/1706/1/012136>
- Delgado Contreras, G. (2011). *Dinámica Estructural* (Primera ed.). Lima, Perú: EDICIVIL.
- Dhahbia, G., & Khalfallah, S. (2019). Soil-structure interaction effects on the seismic performance of frame structures. *Revista de la Construcción*, 349-363. DOI: 10.7764/RDLC.18.2.349
- Farajian, M., Khodakarami, M., & Kontoni, D.-P. (2017). Evaluation of Soil-Structure Interaction on the Seismic Response of Liquid Storage Tanks under Earthquake Ground Motions. *Computation*, 1-12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/computation5010017>
- Gams, M., Starešinič, G., & Isakovič, T. (2023). Seismic Response of Reinforced-Concrete One-Storey Precast Industrial Buildings with Horizontal Cladding Panels. *Buildings*, Vol 13(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/buildings13102519>
- Guerdouh, D., & Khalfallah, S. (2019). Soil-structure interaction effects on the seismic performance of frame structures. *Revista de la Construcción*, 349-363. <https://doi.org/10.7764/RDLC.18.2.349>
- Guo, J., Xiang, Y., Fujita, K., & Takewaki, I. (2020). Vision-Based Building Seismic Displacement Measurement by Stratification of Projective Rectification Using Lines. *Sensors*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s20205775>
- Hernández Columbié, V., & Zayas Núñez, P. M. (2022). Incidencia de la interacción dinámica suelo – estructura en puentes de carretera. *Revista Científica de*

- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México: McGraw-Hill/ Interamericana Editores S.A.
- Inel, M., Ozmen, H., & Tanik Cayci, B. (2019). Determination of Period of RC Buildings by the Ambient Vibration Method. *Hindawi Advances in Civil Engineering*, Volume 19(20). <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/1213078>
- Janusz, A., & Marek, B. (2017). Some aspects of structural design of massive foundations for new power plant buildings. *Procedia Engineering*, 321 – 328 . <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.220>
- Joanicjusz, J., Katarzyna, Ł., & Anna, O. (2017). Structural Analysis as an Instrument for Identification of Critical Drivers of Technology Development. *ScienceDirect*, 474-481. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.137>
- M Munirwansyah, R P Munirwan, M Sungkar, & Z Melinda. (2019). The effect of Soil-structure interaction on Multi-Storey building resonance and Dynamic Shear modulus for Pidie Jaya Aceh earthquake. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/523/1/012038>
- Masciotta, M., & Lourenço, P. (2022). Seismic Analysis of Slender Monumental Structures: Current Strategies and Challenges. *Applied Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app12147340>
- Mehraj Wani, F., Vemuri, J., Rajaram, C., & Babu R, D. (2022). Effect of soil structure interaction on the dynamic response of reinforced concrete structures. *Natural Hazards Research*, Volume 2(4), 304-315. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nhres.2022.11.002>
- Muñoz Guerrero, W. M., & Requejo Saucedo, F. H. (2022). *Comparación de los efectos de la interacción suelo-estructura considerando el modelo de Barkan y Norma Rusa en una edificación de 10 niveles con sótano*. Universidad Tecnológica del Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/6698>

- Ndahi, H. (2002). The effects of force on a structure: strength and stability. *Resources in Technology*, 27-31. <https://link.gale.com/apps/doc/A93089425/AONE?u=univcv&sid=googleScholar&xid=226bac26>
- Nelson, A., López, M., Gabriela, E., Pérez, M., Christian, F., Castro, P., . . . Montesinos, M. (2022). A Structural Design Comparison Between Two Reinforced Concrete Regular 6-Level Buildings using Soil-Structure Interaction in Linear Range. *Ingeniería e Investigación*, 42(1). <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v42n1.86819>
- Nelson, J. K., & McCormac, J. C. (2006). *Análisis de estructuras* (Tercera ed.). Alfaomega.
- Noor, S., Halim, N., Ibrahim, A., Majid, T., & Hassan, S. (2021). Fundamental period of vibrations influencing characteristics of torsional irregularity in reinforced concrete buildings. *National Colloquium on Wind & Earthquake Engineering*. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/244/1/012021>
- Norma E.030 Diseño Sismorresistente. (2020). *Primera*. Lima, Perú.
- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. (2020). *Primera*. Lima, Perú.
- Quintana Leandro, J. D. (2019). *Análisis de la interacción suelo-estructura y su influencia en el diseño estructural/ sísmico para una edificación de 6 pisos- Jauja-2018*. Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/54080>
- Raikar, R., Kangda, M., Wadki, V., & Farsangi, E. (2023). Blast Mitigation of Reinforced Concrete Structures Incorporating Shear Walls in Modern Building Designs. *Buildings, Volumen* 13(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/buildings13102621>
- Reátegui Fasabi, R. (2020). *Determinar la mejor respuesta estructural de una edificación aporticada con zapatas aisladas considerando y sin considerar la interacción suelo estructura en la Urbanización San Isidro II Etapa, Trujillo – 2020*. Universidad Privada del Norte.

- Samuel Lambe, A., & Joseph, A. (2023). Structural integrity of reinforced concrete slabs of some selected existing buildings based on field assessment. *Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences, Volumen 9(2)*, 046-051. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.17352/2455-488X.000067>
- Tabrizikahou, A., Pavić, G., Shahsavani, Y., & Hadzima-Nyarko, M. (2023). Prediction of reinforced concrete walls shear strength based on soft computing-based techniques. *Soft Computing*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00500-023-08974-4>
- Tamayo, T. M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (Cuarta ed.). México: Limusa S.A.
- Ter-Martirosyan, A., Shebunyaev, A., & Sobolev, E. (2023). Settlement of a Foundation on an Unsaturated Sandy Base Taking Vibrocreep into Account. *Axioms*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/axioms12060594>
- Terzi, V., & Athanatopoulou, A. (2021). Influence of soil structure interaction effects on the real elastic axis of asymmetric buildings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106775>
- Tierra Tingo, C. G. (2022). *Análisis de interacción suelo-estructura de una cimentación superficial de un aerogenerador en un perfil de suelo tipo d (nec)*. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8956>
- Valle Vargas, G. R. (2021). *Análisis del comportamiento de la cimentación de una vivienda multifamiliar aplicando la interacción suelo - estructura en Chachapoyas, 2021*. Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68334>
- Varzandeh, S., & Mahsuli, M. (2023). Codified robust optimal design base shear of structures: Methodology and application to reinforced concrete buildings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 174(10)*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108200>

- Villarreal Castro, G. (2009). *Análisis Estructural*. Lima, Perú: Asamblea Nacional de Rectores.
- Villarreal Castro, G. (2009). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas*. Lima, Perú: Asamblea Nacional de Rectores.
- Villarreal Castro, G. (2017). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con platea de cimentación*. Lima, Perú: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- W.M. Huang, J.C. Wang, Z.X. Yang, & R.Q. Xu. (2022). Analytical method for structural analysis of segmental lining interaction with nonlinear surrounding soil and its application in physical test interpretation. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 127(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104601>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: “Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023”

Autor: Noelia Falcon Nina

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología		
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Variable independiente: Interacción Suelo Estructura	Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87	- Coeficiente de compresión elástico uniforme (vertical)	Ficha de observación	Tipo de investigación: Aplicada Enfoque de la investigación: Cuantitativo Diseño de la investigación: No experimental Nivel de la investigación: Descriptiva Población: Edificios aporticados de 5 pisos cimentadas sobre zapatas y ubicados en el distrito San Antonio, Moquegua. Muestra: Edificación aporticado de 5 pisos cimentada sobre zapatas, ubicada en la asociación Alto Tiwinza Mz. E, lote 6 del distrito San Antonio, Moquegua.		
¿Cómo es la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura de acuerdo al Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?	Determinar cómo es la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura de acuerdo al Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.	La respuesta sísmica de un edificio aporticado es influenciada por la interacción suelo estructura de acuerdo al Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05-87 en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.			- Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme (horizontal)	Ficha de observación			
Problemas específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:			Variable dependiente: Respuesta Sísmica de un edificio aporticado	Análisis Sísmico		- Periodos de Vibración.	Ficha de observación
¿Cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis sísmico de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?	Determinar cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis sísmico de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.	La interacción suelo estructura influye significativamente en el análisis sísmico de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.						- Distorsiones de entrepiso.	
¿Cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis estructural de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?	Determinar cómo influye la interacción suelo estructura en el análisis estructural de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.	La interacción suelo estructura influye significativamente en el análisis estructural de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.	- Cortante Basal.						
¿Cómo influye la interacción suelo estructura en el comportamiento de las cimentaciones de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023?	Determinar cómo influye la interacción suelo estructura en el comportamiento de las cimentaciones de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.	La interacción suelo estructura influye significativamente en el comportamiento de las cimentaciones de un edificio Aporticado en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.	Análisis Estructural	- Fuerzas Internas (fuerzas de corte, momentos flectores, axiales, torsión)	Ficha de observación				
				Comportamiento de la cimentación	- Asentamiento de la cimentación, - Esfuerzos internos de la cimentación	Ficha de observación			

Anexo 2. Carta de autorización para estudios en propiedad privada

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Moquegua, 14 de agosto del 2023


Yo, JUBER ZACARIAS MAMANI VIZCARRA, identificado con DNI N° 42211720, propietario del terreno ubicado en el distrito San Antonio, asociación Alto Tiwinza, manzana E, lote 6, AUTORIZO a la Srta. NOELIA EDITH FALCON NINA, identificada con DNI N° 46978217, realizar los estudios correspondientes en mi propiedad, para la investigación que le permitirá obtener el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo, también se le hace entrega de los planos de arquitectura, acceso a la propiedad para realizar los estudios de mecánica de suelos y demás pertinentes. Asimismo, se le autoriza el tratamiento de los datos que ameriten su investigación.

Atentamente,




JUBER ZACARIAS MAMANI VIZCARRA
N° 42211720


Anexo 3: Instrumentos de Recolección de Datos

Instrumentos de Recolección de Datos	
	Ficha N° 01
	Ficha Resumen de Mecánica de Suelos
Tesis:	Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.
Autor:	Noelia Edith Falcon Nina
Ubicación:	Distrito San Antonio – Moquegua

Ficha Resumen de Mecánica de Suelos	
Límites de Consistencia	
Límite Líquido:	34.24
Límite Plástico:	23.55
Índice de Plasticidad:	10.69
Clasificación del Suelo	
Clasificación SUCS	SC
Clasificación AASHTO	A-6(2)
Corte Directo para Capacidad de Carga	
Ángulo de Fricción (ϕ):	29.97°
Cohesión (C):	0.059 kg/cm ²
Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible	
Capacidad de Carga (qa):	1.14 kg/cm ²
Otros Factores	
Módulo de Poisson μ :	0.25
Módulo de elasticidad E:	3000 tn/m ²
Peso Específico	2.083 kg/cm ³
Tipo de Perfil del Suelo:	S2

Instrumentos de Recolección de Datos	
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Ficha N° 02
	MODELO DINÁMICO DE LA NORMA RUSA SNIP 2.02.05-87
Tesis:	Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.
Autor:	Noelia Edith Falcon Nina
Ubicación:	Distrito San Antonio – Moquegua

Datos para el Cálculo de Coeficientes	
Tipo de suelos (bo)	S2
Módulo de Elasticidad del Suelo (E)	3000 ton/m ²
Coeficiente de Poisson del Suelo (u)	0.25
Ángulo de Fricción Interna del Suelo (ϕ_s)	29.97
Determinación de los Coeficientes de Compresión y Desplazamiento	
C_z :	8396.1404 tn/m ³
C_x :	5877.2983 t/m ³
C_y :	5877.2983 t/m ³
$C_{\phi x}$:	16792.2808 t/m ³
$C_{\phi y}$:	16792.2808 t/m ³
C_{ψ} :	5877.2983 t/m ³
Determinación de los Coeficientes de Rigidez	
K_z :	112004.513 t/m
K_x :	78403.1591 t/m
K_y :	78403.1591 t/m
$K_{\phi x}$:	98750.6456 t/m
$K_{\phi y}$:	98750.6456 t/m
$K_{\psi z}$:	363361.3075 t/m

Instrumentos de Recolección de Datos	
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Ficha N° 03
	Verificación de Distorsiones de entre piso
Tesis:	Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.
Autor:	Noelia Edith Falcon Nina
Ubicación:	Distrito San Antonio – Moquegua

Análisis de distorsiones de entrepiso

Análisis en la dirección "X"				
# Nivel	Distorsiones Modelo base empotrada	Distorsiones Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	Límite NTP E.030	Observación
Nivel 5	0.0019	0.0019	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 4	0.0030	0.0031	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 3	0.0041	0.0042	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 2	0.0047	0.0048	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 1	0.0035	0.0039	0.007	Cumple en ambos modelos


Análisis de distorsiones de entrepiso

Análisis en la dirección "Y"				
# Nivel	Distorsiones Modelo base empotrada	Distorsiones Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	Límite NTP E.030	Observación
Nivel 5	0.0028	0.0030	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 4	0.0033	0.0035	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 3	0.0036	0.0037	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 2	0.0033	0.0035	0.007	Cumple en ambos modelos
Nivel 1	0.0018	0.0022	0.007	Cumple en ambos modelos

Instrumentos de Recolección de Datos	
	Ficha N° 04
	Periodos de vibración
Tesis:	Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.
Autor:	Noelia Edith Falcon Nina
Ubicación:	Distrito San Antonio – Moquegua

Cálculo de los periodos de vibración

Comparación de Periodos de Vibración de la Estructura			
Caso	Modos	Periodos (seg) Modelo base empotrada	Periodos (seg) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87
Sismo Dinámico	1	0.439	0.452
Sismo Dinámico	2	0.401	0.410
Sismo Dinámico	3	0.347	0.361
Sismo Dinámico	4	0.134	0.137
Sismo Dinámico	5	0.126	0.128
Sismo Dinámico	6	0.091	0.094
Sismo Dinámico	7	0.071	0.072
Sismo Dinámico	8	0.068	0.069
Sismo Dinámico	9	0.045	0.046
Sismo Dinámico	10	0.043	0.044
Sismo Dinámico	11	0.042	0.043
Sismo Dinámico	12	0.034	0.034
Sismo Dinámico	13	0.032	0.032
Sismo Dinámico	14	0.026	0.026
Sismo Dinámico	15	0.019	0.019


Instrumentos de Recolección de Datos	
	Ficha N° 5
	Análisis de fuerzas internas
Tesis:	Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.
Autor:	Noelia Edith Falcon Nina
Ubicación:	Distrito San Antonio – Moquegua

Fuerzas internas por tipo de carga – Pórtico 3-3, Sismo Dinámico

Estado de carga	Modelo Base Empotrada			Modelo ISE: Norma Rusa		
	N	V	M	N	V	M
	ton	ton	Ton.m	ton	ton	Ton.m
Columna 3A	-66.64	3.56	8.47	-66.72	3.71	8.51
Columna 3B	-92.70	4.49	9.42	-92.54	4.91	10.02
Columna 3C	-69.47	4.70	9.68	-69.33	5.18	10.28
Columna 3D	-66.22	4.72	9.64	-66.18	5.14	10.25
Columna 3E	-88.92	4.49	9.41	-88.78	4.90	10.01
Columna 3F	-50.13	3.60	8.51	-50.45	3.75	8.54


Fuerzas internas – Momentos Torsores – Pórtico 3-3

Comparación de Momentos torsores por Sismo Dinámico en Y - Pórtico 3-3 (Ton-m)		
N° de Elemento	Momentos torsores (tn.m) Modelo base empotrada	Momentos torsores (tn.m) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87
VIGA 3-AB	0.45	0.51
VIGA 3-BC	0.52	0.58
VIGA 3-CD	0.54	0.60
VIGA 3-DE	0.51	0.57
VIGA 3-EF	0.52	0.58

Instrumentos de Recolección de Datos	
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Ficha N° 6
	Asentamientos en las cimentaciones
Tesis:	Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.
Autor:	Noelia Edith Falcon Nina
Ubicación:	Distrito San Antonio – Moquegua

Verificación de los asentamientos – Cimentación Zapatas Combinadas

Comparación de Asentamientos Máximos de Zapatas Combinadas por Carga Última			
Zapata	Asentamientos (mm) Modelo con balasto vertical	Asentamientos (mm) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de Asentamientos
Z - 1	1.985	0.148	-92.54%
Z - 2	1.363	0.199	-85.40%
Z - 3	1.101	0.093	-91.55%
Z - 4	1.083	0.093	-91.41%
Z - 5	1.335	0.200	-85.02%
Z - 6	1.714	0.126	-92.65%
Z - 7	1.590	0.143	-91.01%
Z - 8	1.074	0.165	-84.64%
Z - 9	1.041	0.132	-87.32%
Z - 10	1.012	0.128	-87.35%
Z - 11	1.053	0.158	-85.00%
Z - 12	1.324	0.111	-91.62%

Instrumentos de Recolección de Datos	
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Ficha N° 7
	Esfuerzos en las cimentaciones
Tesis:	Evaluación de la respuesta sísmica de un edificio aporticado considerando interacción suelo estructura en el distrito San Antonio, Moquegua 2023.
Autor:	Noelia Edith Falcon Nina
Ubicación:	Distrito San Antonio – Moquegua

Esfuerzos en la cimentación – Cimentación Zapatas Combinadas

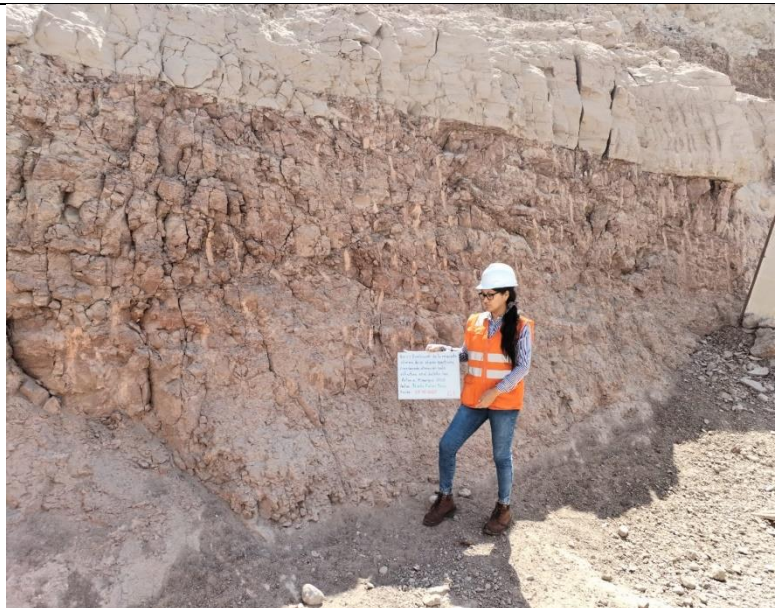
Comparación de Esfuerzos (Resultante de Fuerzas) en Zapatas por Carga Última			
Ubicación	Esfuerzos de presión (tn/m) Modelo con balasto vertical	Esfuerzos de presión (tn/m) Modelo Norma rusa SNIP 2.02.05-87	% de Variación de esfuerzos de presión
Z - 1	64.898	103.104	58.87%
Z - 2	58.351	46.635	-20.08%
Z - 3	29.661	28.348	-4.43%
Z - 4	29.058	28.586	-1.62%
Z - 5	56.575	46.094	-18.53%
Z - 6	51.781	88.924	71.73%
Z - 7	53.797	82.602	53.54%
Z - 8	44.028	38.756	-11.97%
Z - 9	32.933	37.079	12.59%
Z - 10	37.536	36.032	-4.01%
Z - 11	43.618	37.195	-14.73%
Z - 12	42.233	69.888	65.48%

Anexo 4: Panel Fotográfico Visita al Terreno de la Estructura Proyectada

Panel Fotográfico



En la visita y exploración preliminar, se observó en la estratigrafía contigua presencia de limo arcillas como se aprecia en las imágenes.





ARYU E.I.R.L
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD



Asoc.Paraiso Mz F - lote 14 C.P. San Antonio - Moquegua, Moquegua, Peru

ESTUDIO DE SUELOS

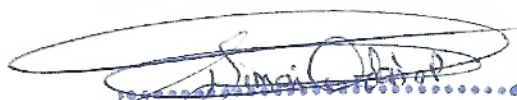
CON FINES DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES



TESIS : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : C. P. San Antonio

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALCO
CIP. 54333

Moquegua, 16 Octubre del 2023



ARYU E.I.R.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD



Asoc.Paraiso Mz F - lote 14C.P. San Antonio - Moquegua, Moquegua, Peru

INFORME TÉCNICO

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura
en el Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : Distrito de San Antonio, Moquegua

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

1.0 GENERALIDADES


1.1 Antecedentes

El presente estudio se realiza a solicitud de Bach. Noelia Edith Falcon Nina, con la finalidad de determinar las propiedades físicas mecánicas del terreno de fundación con fines de cimentación para el proyecto de investigación denominado "Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el Distrito San Antonio, Moquegua 2023"

1.2 Objetivos del Estudio

Con fines de Cimentacion:

- * Determinar las propiedades físicas mecánicas de los materiales a nivel del terreno de fundación con fines de cimentación.
- * Determinar el grado de agresividad del terreno de fundación
- * Determinar la profundidad de cimentación, compresibilidad y asentamiento.
- * Determinar la capacidad de carga admisible del terreno de fundación.
- * Confeccionar las columnas estratigráficas de las calicatas.


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALCO
CIP. 54333

1.3 Ubicación y descripción del área en estudio

REGION : Moquegua
PROVINCIA : Mariscal Nieto
DISTRITO : San Antonio
ASOCIACION : Alto Tiwinza

1.4 Fases del estudio

- Recopilación de información existente
- Investigación de campo
- Ensayos de Laboratorio
- Trabajos de gabinete
- Elaboración del Informe Técnico

1.5 Acceso al área del Proyecto

Vía de acceso

A la zona donde se ubica el Proyecto, se accede por la avenida Alfonso Ugarte.

1.6 Condición climática y altitud de la zona

De acuerdo a la información meteorológica suministrada por el SENAMHI, establece que el clima se caracteriza por su luminosidad (8.7 horas de sol como promedio al día); la temperatura varía entre los 11°C y 29°C, con marcada variación entre el día y la noche, baja a regular precipitación fluvial en la estación de Invierno y una humedad relativa que varía entre 46% y 68%

Características climáticas.

Precipitación líquida media anual	75.15mm
Humedad relativa promedio	57%
Temperatura máxima promedio anual	25 °C
Temperatura mínima promedio anual	11 °C
Temperatura media promedio anual	19.5 °C

Se encuentra ubicado aproximadamente a 1371 m.s.n.m.


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAULO
CIP. 5433J

2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

El Proyecto de "Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el Distrito San Antonio, Moquegua 2023", se ubica geológicamente en la carta 35-u Moquegua; se ubica en el Sistema Terciario, serie superior, formación Moquegua Inferior (Ts-moi).

2.1 Efectos del Sismo

El factor de suelo contemplado en las Normas Técnicas de Edificación Peruana, depende de las características y espesores de los suelos que conforman el perfil estratigráfico del terreno de fundación. En el presente caso, el perfil del suelo que se encontrará dentro de la profundidad activa de cimentación se puede clasificar como Tipo S2, y le corresponde un factor de suelo de $S= 1.05$ y un periodo predominante de vibración T_p de 0.6 segundos.

2.2 Geodinámica Interna y externa

Geodinámica interna.

Sismicidad

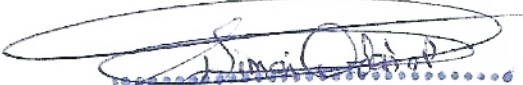
La distribución de sismos en tiempo y espacio es una materia elemental en sismología, observaciones sísmicas han acumulado una extensa información de la actividad sísmica (Sismicidad).

La definición de la palabra "sismicidad" no es muy precisa, pero podemos describirla como la actividad sísmica en un área particular durante un cierto período de tiempo, o como la cantidad de energía liberada en forma de ondas sísmicas. Sin embargo, la representación de la sismicidad deberá tener en cuenta no sólo el número de eventos registrados sino también su dimensión, frecuencia y distribución espacial, así como su modo de ocurrencia.

Sismicidad Histórica

Aunque se tiene referencias históricas del impacto de terremotos durante el Imperio de los Incas, la información se remonta a la época de la conquista. En la descripción de los sismos se han utilizado como documentos básicos los trabajos de Silgado (1968) y Tesis de los cuales hacemos algunas referencias de eventos sísmicos hasta antes del 23 de Junio de 2001.

19 de Febrero de 1600.- A las 05:00 Fuerte sismo causado por la explosión del Volcán Huaynaputina (Omate), la lluvia de ceniza obscureció el cielo de la Ciudad de Arequipa, según el relato del Padre Bartolomé Descaurt. Se desplomaron todos los edificios con excepción de los más pequeños, alcanzando una intensidad de XI en la Escala Modificada de Mercalli, en la zona del volcán.


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
CIP. 54304

18 de Setiembre de 1833.- A las 05:45 violento movimiento sísmico que ocasionó la destrucción de Tacna y grandes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya, murieron 18 personas; fue, sentido en La Paz y Cochabamba, en Bolivia.

24 de Agosto de 1942.- A las 17:51. Terremoto en la región limitrofe de los departamentos de Ica y Arequipa, alcanzando intensidades de grado IX de la Escala Modificada de Mercalli, el epicentro fue, situado entre los paralelos de 14° y 16° de latitud Sur. Causó gran destrucción en un área de 18,000 kilómetros cuadrados. Murieron 30 personas por los desplomes de las casas y 25 heridos por diversas causas. Se sintió fuertemente en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo, con menor intensidad en Moquegua, Huancayo, Cerro de Pasco, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Cajatambo, Huaraz y Lima. Su posición geográfica fue -15° Lat. S. y -76° long. W. y una magnitud de 8.4, en Arequipa tuvo una intensidad de V en la Escala Modificada de Mercalli.

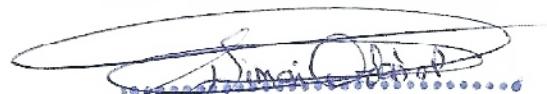
03 de Octubre de 1951.- A las 06:08. Fuerte temblor en el Sur del país. En la ciudad de Tacna se cuartearon las paredes de un edificio moderno, alcanzó una intensidad del grado VI en la Escala Modificada de Mercalli. Se sintió fuertemente en las ciudades de Moquegua y Arica. La posición geográfica fue de -17° Lat. S. y -71° Long. W., y su profundidad de 100 Km

15 de Enero de 1958.- A las 14:14:29. Terremoto en Arequipa que causó 28 muertos y 133 heridos. Alcanzó una intensidad del grado VII en la Escala Modificada de Mercalli, y de grado VIII en la escala internacional de intensidad sísmica M.S.K.(Medvedev, Sponheuer y Karnik), este movimiento causó daños de diversa magnitud en todas las viviendas construidas a base de sillar, resistiendo sólo los inmuebles construidos después de 1940.

El pueblo de Yura fue sacudido fuertemente, el movimiento sísmico también se sintió en las localidades de Chuquibamba, Aplao y Moquegua.

La posición geográfica del epicentro fue localizado en las siguientes coordenadas: -16.479° Lat. y -71.648° long. W., con una profundidad focal de 60 Km y una magnitud 6.3.

23 de Junio de 2001.- A las 15 horas 33 minutos, terremoto destructor que afectó el Sur del Perú, particularmente los Departamentos de Moquegua, Tacna, Arequipa y parte de Ayacucho, Adjunto al presente se muestran las isosistas del terremoto, elaborado por el Instituto Geofísico - UNSA. Este sismo tuvo características importantes entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El terremoto ha originado varios miles de post-sacudidas o réplicas.



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
CIP. 54334

Las localidades más afectadas por el terremoto fueron las ciudades de Moquegua, donde las casonas de tipo colonial por ser de material rústico se desplomaron, y el centro poblado de San Francisco las viviendas construidas en zonas de fuerte pendiente por pérdida de fricción colapsaron inevitablemente, trayendo consigo destrucción y lamentable pérdida de vidas humanas.

El Sistema de Defensa Civil y medios de comunicación han informado en el departamento de Moquegua la muerte de 35 personas, así como desaparecidos y miles de edificaciones destruidas.

Tectonismo de la Región Andina

El Sur del Perú es, desde el punto de vista tectónico, una de las regiones más activas de la tierra y está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos, la actividad tectónica de la región occidental del continente sudamericano, están relacionadas con la interacción principalmente de las Placas Litosféricas de América del Sur y de Nazca, constituyendo una de las regiones de subducción más extensas en nuestro planeta. En esa interacción también deben ser considerados los efectos que causan las placas menores próximas como la de Cocos y la del Caribe en la porción norte y la placa de Escocia en la porción sur, principalmente por presentar diferentes velocidades y direcciones del movimiento con relación a las Placas principales.

Sismicidad de la zona de Moquegua.

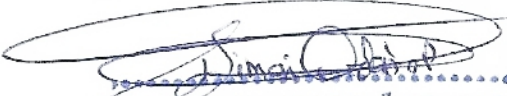
Dentro del territorio peruano se han establecido cuatro zonas sísmicas las cuales presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de los sismos. Según los mapas de zonificación sísmica del Perú, propuesto por la nueva Norma Sismo-resistente E-30 del RNC la ciudad de Moquegua se encuentra en la zona 4, correspondiéndole una alta sismicidad, con un factor de Zona Z (g) = 0.45, que corresponde a la máxima aceleración de terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años.

Geodinámica externa

En la zona del estudio, las acciones más influyentes son las precipitaciones pluviales, que inundarían las partes bajas de las viviendas; debiendo preverse la construcción de muros de sostenimiento y sistemas de drenaje pluvial.

3. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Los trabajos de exploración de campo se desarrollaron, en función a 01 calicata a nivel del terreno de fundación, cuya ubicación se muestra en el croquis de ubicación de calicatas.



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAULO
CIP. 51331

“In Situ”, se tomaron muestras representativas disturbadas de los materiales de los estratos existentes a nivel del terreno de fundación. Asimismo; la descripción de sus características físicas: tamaño y forma de las partículas, humedad, color, compacidad.

4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Ensayos estándar

Para determinar las características físicas mecánicas de los materiales a nivel del terreno de fundación; se realizaron, los ensayos estándares siguientes:

Granulometría por tamizado	ASTM D422
Humedad natural	ASTM D2216
Determinación de LL., LP, IP	ASTMD4318
Humedad natural	ASTM D2216
Peso específico del suelo	

Ensayos especiales

Corte Directo	ASTM D3060
---------------	------------

5. ANALISIS DE LA CIMENTACIÓN

5.1 Profundidad de la cimentación del Muro de Contención.

De acuerdo a la conformación del terreno de fundación material lodolítico (moro moro), de compacidad suelta a media, se recomienda el desplante de la cimentación de las edificaciones a una profundidad no menor a $h = -1.30$ m.

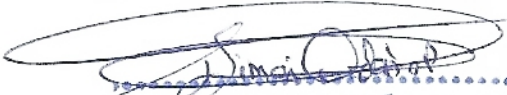
De acuerdo a la clasificación SUCS, AASHTO y las propiedades físicas químicas del terreno de fundación; califica de deficiente calidad como terreno de fundación.

5.2 Compresibilidad

Se ha determinado los coeficientes de compresibilidad, valiéndonos de los límites de consistencia y haciendo uso de la ecuación siguiente:

$$C_c = 0.009 (LL-10)$$

Descripción	Unidad	Terreno de fundación
Límite líquido	%	34.24
Cc		0.22


 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
 CIP. 54304

Se determina que los materiales del terreno de fundación en la zona del Proyecto, son de compresibilidad media.

5.3 Cálculo de asentamiento

Para el cálculo de asentamientos inmediatos se ha utilizado el Método Elástico

$$S_i = qB(1-\mu^2)I_f/E_s$$

Dónde:

- Si : asentamiento probable (cm)
- μ : relación de Poisson
- Es : Módulo de elasticidad (ton/m²)
- If : Factor de forma (cm/m)
- q : presión de trabajo (ton/m²)
- B : Ancho de la cimentación (m)

En función a los cuadros auxiliares referidos al tipo de suelos del terreno de fundación, forma de la cimentación y sus correspondientes valores considerados en la ecuación de asentamiento, se tiene lo siguiente:

Descripción	Unidad	C-03
Q	Tn/m ²	16.40
B	M	1.00
μ		0.25
If	Cm/m	170
Es	Tn/m ²	3000
Si	Cm	0.87

Teniendo en consideración que el asentamiento permisible es: 1".

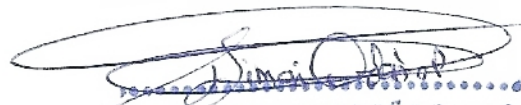
El asentamiento diferencial rápido a producirse es menor que el máximo permisible: $S_i < \&$.

6. AGRESIVIDAD DEL TERRENO DE FUNDACION

Ensayos de contenido de sales solubles

Con la finalidad de determinar el contenido de sales agresivas del terreno de fundación a las estructuras de concreto simple o armado, se realizó el análisis químico con las muestras representativas obteniendo los resultados siguientes:

Muestra	Unidad	Sales totales	SO4	CL
C-01	%	0.340	0.193	0.102


 Ing. CIVIL SIMON ORDOÑEZ PALERO
 CIP. 5433J

7. CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

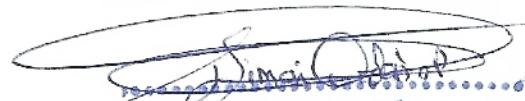
Teniendo en consideración la clasificación SUCS del terreno de fundación y las características físico mecánicas, se ha determinado la Capacidad de carga admisible del terreno de fundación, aplicando el método de Terzaghi y Peck, incluyendo los valores de carga y sobrecarga de Meyerhof, con un factor de seguridad de 3, por ubicarse en zona altamente sísmica.

Capacidad de carga admisible

Calicata	Pe (kg/m3)	ϕ	C	qa(kg/cm2)
C-01	2.083	29.97°	0.059	1.14

8. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

De acuerdo a los resultados de los ensayos estándar y la clasificación SUCS de los materiales a nivel del terreno de fundación, se han elaborado las columnas estratigráficas correspondientes; cuyas descripciones detalladas se adjuntan al presente informe técnico.



Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ FALCO
CIP. 51333



ANALISIS GRANULOMETRICO
MTC E-107-2000

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023

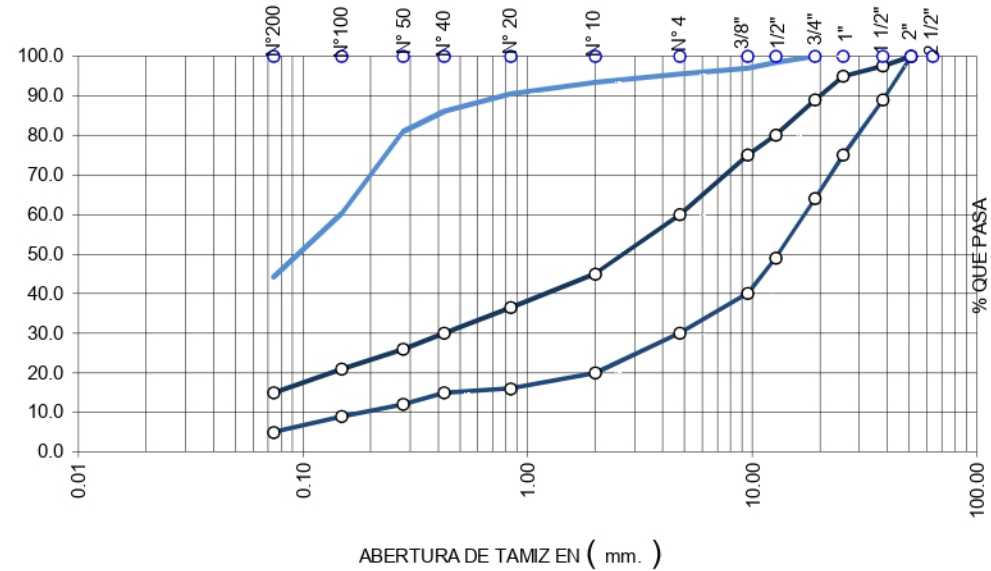
UBICACIÓN : Distrito San Antonio

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

LABORATORISTA: G. Flores M.
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.

CURVA GRANULOMETRICA

TAMIZ		%	%	ESPECIFICA-
STANDARD	mm.			
3"	76.20			
2 1/2"	63.50			100
2"	50.80			
1 1/2"	38.10			75
1"	25.40			95
3/4"	19.05		100.0	
1/2"	12.70	1.5	98.5	
3/8"	9.525	1.5	97.0	40
N° 4	4.760	1.4	95.6	30
N° 10	2.000	2.2	93.4	20
N° 20	0.840	2.9	90.5	
N° 40	0.426	4.4	86.1	15
N° 50	0.279	5.2	80.9	
N° 100	0.149	20.6	60.3	
N° 200	0.074	16.1	44.2	5



CALICATA : C-01	E-02	PROFUNDIDAD : 1.00-1.30 m	(SUCS): SC	(AASHTO):A-6(2)
MUESTREADO POR : G. Flores M.	REALIZADO POR: : G. Flores M.	REVISADO POR: Ing. S. Ordoño P.	FECHA :16 de Octubre del 2023	

OBSERVACIONES: Material conformado por arena arcillosa con partículas de gravillas aisladas.


 Ing. Civil SIMON ORDOÑO PALCO
 CIP. 54303



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD



DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
MTC E-110 MTC E-111

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aportado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023
UBICACIÓN : Distrito San Antonio
SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

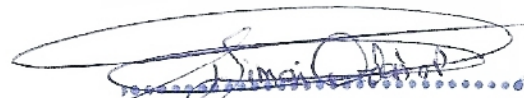
LABORATORISTA: G. Flores M.
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.
FECHA : 16 de Octubre del 2023

LIMITE LIQUIDO				
MUESTRA	Calicata C-01, E-01			
	PROFUNDIDAD			
RECIPIENTE N°	A-2		A-4	
N° DE GOLPES	20		30	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	38.44		37.94	
RECIPIENTE + SUELO SECO	33.87		33.52	
PESO DE AGUA	4.57		4.42	
PESO DEL RECIPIENTE	18.91		17.95	
PESO DEL SUELO SECO	14.96		15.57	
% DE HUMEDAD	30.55		28.39	
LL	29.74		29.02	

LIMITE PLASTICO				
MUESTRA	Calicata C-01, E-01			
	PROFUNDIDAD			
RECIPIENTE N°	A-5		A-6	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	24.97		25.15	
RECIPIENTE + SUELO SECO	23.76		23.70	
PESO DE AGUA	1.21		1.45	
PESO DEL RECIPIENTE	18.40		17.39	
PESO DEL SUELO SECO	5.36		6.31	
% DE HUMEDAD	22.57		22.98	

MUESTRA	Calicata C-01, E-01
LL	29.38
LP	22.78
IP	6.61

OBSERVACIONES :Material con finos de cierta plasticidad


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 54334



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD



DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
MTC E-110 MTC E-111

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aportado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023
UBICACIÓN : Distrito San Antonio
SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

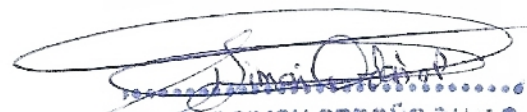
LABORATORISTA: G. Flores M.
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.
FECHA : 16 de Octubre del 2023

LIMITE LIQUIDO				
MUESTRA	Calicata C-01, E-02			
	PROFUNDIDAD			
RECIPIENTE N°	A-9		A-12	
N° DE GOLPES	22		36	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	38.77		38.12	
RECIPIENTE + SUELO SECO	33.53		33.22	
PESO DE AGUA	5.24		4.90	
PESO DEL RECIPIENTE	18.67		18.49	
PESO DEL SUELO SECO	14.86		14.73	
% DE HUMEDAD	35.26		33.27	
LL	34.72		34.77	

LIMITE PLASTICO				
MUESTRA	Calicata C-01, E-02			
	PROFUNDIDAD			
RECIPIENTE N°	A-11		A-13	
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	25.58		25.72	
RECIPIENTE + SUELO SECO	24.26		24.41	
PESO DE AGUA	1.32		1.31	
PESO DEL RECIPIENTE	18.72		18.78	
PESO DEL SUELO SECO	5.54		5.63	
% DE HUMEDAD	23.83		23.27	

MUESTRA	Calicata C-01, E-02
LL	34.24
LP	23.55
IP	10.69

OBSERVACIONES :Material con finos de plasticidad media


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 54334



CARACTERISTICAS FISICAS

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aportado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : Distrito San Antonio

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

FECHA : Moquegua, 16 de Octubre del 2023

HUMEDAD NATURAL

SUELO

MTC E 108-2000

MUESTRA C-01	E-01	UNIDAD	PROF:
RECIPIENTE N°			
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDO		gr	500
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECO		gr	488
PESO DEL AGUA		gr	12
PESO DEL RECIPIENTE		gr	0
PESO MUESTRA SECA		gr	488
% DE HUMEDAD		%	2.46
OBSERVACIONES :	Material de terreno de fundación		

PESO UNITARIO SUELTO

SUELO

MUESTRA C-01	E-01	UNIDAD	PROF:
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECO		gr	9,562
PESO DEL RECIPIENTE		gr	6,365
PESO DE MUESTRA		gr	3,197
VOLUMEN MUESTRA		cc	2,124
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1,505
OBSERVACIONES :	Material de terreno de fundación		

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

SUELO

MTC E 113-2000

MUESTRA C-01	E-01	UNIDAD	PROF:
PESO DE MUESTRA SECA		gr	100.00
PESO DE MATRAZ + H2O AL ENRASE		gr	341.20
PESO DE MATRAZ + MUESTRA + H2O AL ENRASE		gr	403.40
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO		gr/cc	2.646
OBSERVACIONES :	Material de terreno de fundación		

Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
CIP. 54334



CARACTERISTICAS FISICAS

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aportado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023
UBICACIÓN : Distrito San Antonio
SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina
FECHA : Moquegua, 16 de Octubre del 2023

HUMEDAD NATURAL

SUELO

MTC E108-2000

MUESTRA C-01	E-02	UNIDAD	PROF:
RECIPIENTE N°			
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDO		gr	500
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECO		gr	487
PESO DEL AGUA		gr	13
PESO DEL RECIPIENTE		gr	0
PESO MUESTRA SECA		gr	487
% DE HUMEDAD		%	2.67
OBSERVACIONES :	Material de terreno de fundación		

PESO UNITARIO SUELTO

SUELO

MUESTRA C-01	E-02	UNIDAD	PROF:
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECO		gr	9,122
PESO DEL RECIPIENTE		gr	6,365
PESO DE MUESTRA		gr	2,757
VOLUMEN MUESTRA		cc	2,124
PESO UNITARIO SUELTO		Kg/m3	1,298
OBSERVACIONES :	Material de terreno de fundación		

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

SUELO

MTC E113-2000

MUESTRA C-01	E-02	UNIDAD	PROF:
PESO DE MUESTRA SECA		gr	100.0
PESO DE MATRAZ + H2O AL ENRASE		gr	341.2
PESO DE MATRAZ + MUESTRA + H2O AL ENRASE		gr	403.6
PESO ESPECÍFICO DEL SUELO		gr/cc	2.660
OBSERVACIONES :	Material de terreno de fundación		

Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALURO
CIP. 54331



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD



perfil estratigráfico

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023
UBICACIÓN : Distrito San Antonio
SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina
CALICATA : C-01

LABORATORISTA: G. Flores M.
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.
FECHA : 16 de Octubre del 2023

PROFUNDIDAD	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
00 cm			
10 cm	SC		Conformado por arena arcillosa con gravas, de color beige, aparentemente seco al estado natural y presenta una compacidad muy suelta Relleno artificial no controlado de origen lodolítico (moro moro).
20 cm			
30 cm			
40 cm			
50 cm			
60 cm			
70 cm			
80 cm			
90 cm			
100 cm			
110 cm	SC		Conformado por arena arcillosa de color beige a rojizo, aparentemente seco al estado natural y presenta una compacidad suelta a media. Material de origen lodolítico (moro moro) A la profundidad máxima de sondeo no se ubicó el nivel freático y se observa la la continuidad del estrato.
120 cm			
130 cm			
140 cm			
150 cm			
160 cm			
170 cm			
180 cm			
190 cm			
200 cm			
:			
: cm			

OBSERVACION:

Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAJERO
CIP. 54333



ARYU E.I.R.L.
SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD



**ENSAYOS PARA DETERMINACION
DE SALES SOLUBLES.**
NORMA MTC 219-2000

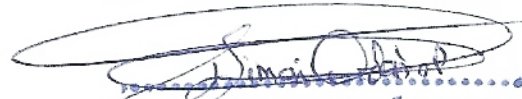
PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el
Distrito San Antonio, Moquegua 2023

LABORATORISTA : G. Flores M.
ING. RESPONSABLE : S. Ordoño P.

UBICACIÓN : Distrito San Antonio
SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

DESCRIPCION	Unidad	Terreno de fundación		
			Muestra representativa	
Ubicación				
Peso de muestra seca < N° 4 (A)	gr		100.00	
Volumen de agua destilada añadida (B)	cc		500.00	
Muestra de alícuota filtrado ©	cc		50.00	
Peso del residuo de sales solubles (D)	gr		0.034	
Sales solubles en ppm $S = B \cdot D \cdot 100 / A \cdot C$	%		0.340	

Moquegua, 16 de Octubre del 2023


Ing. Civil SIMON ORDOÑO PAURO
CIP. 54333



CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en
el Distrito San Antonio, Moquegua 2023
UBICACIÓN : Distrito San Antonio
SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina
FECHA : Moquegua, 16 Octubre del 2023

DESCRIPCION	UNIDAD		C-01	
Terreno de fundación			Remoldeado	
Ubicación			Terreno de fundación	
Angulo de fricción interna, ϕ	ϕ°		29.97	
Cohesión, c	kg/cm2		0.059	
Compacidad			Media	

PARAMETROS

DESCRIPCION	UNIDAD		C-01	
Terreno de fundación			Remoldeado	
Ubicación			Terreno de fundación	
Profundidad de desplante (Df)	cm		80	
Ancho de cimentación (B)	cm		100	
Densidad Natural Global "in situ" (Dn)	gr/cm3		2.083	
Coefficiente de carga (Nq)			18.36	
Coefficiente de carga (N γ)			22.33	
Coefficiente de carga (Nc)			30.10	
Factor de seguridad			3.00	
Capacidad de carga admisible (qa)	(Kg/cm2)		1.14	

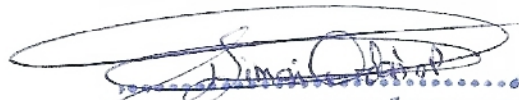
$$\text{Capacidad de carga última, } q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + \gamma \cdot 0.4 B N_\gamma$$

Donde:

c = cohesión
 γ = peso específico del suelo
B = ancho de cimentación
Df = profundidad del desplante

Factor de carga

$$N_q = \text{Tang}^2(45^\circ + \phi/2) e^{\pi \text{ tang} \phi}$$
$$N_\gamma = (N_q + 1) 2 \text{ tang} \phi$$
$$N_c = (N_q - 1) \text{cotg} \phi$$


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PAURO
CIP. 54333



CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE

PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en el Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : Distrito San Antonio

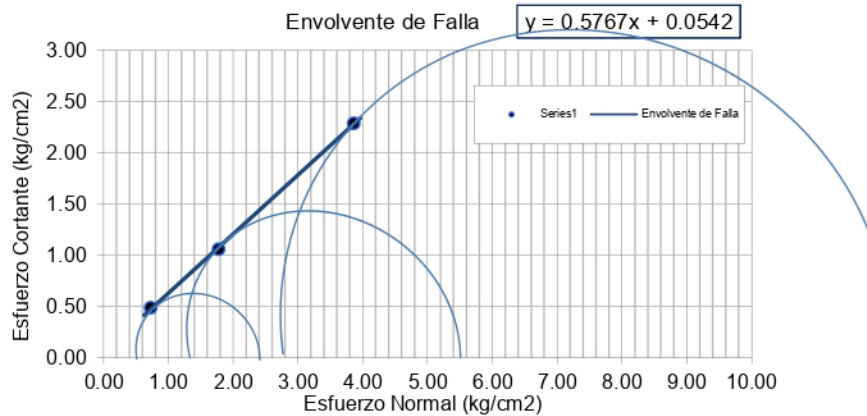
SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

FECHA : Moquegua, 16 Octubre del 2023

CORTE DIRECTO (CD)

(ASTM D-3080)

Contenido de Humedad		Muestra N°	Calicata C-01	
		Ubicación	Cimentación	
Ensayo N°	1	2	3	4
Contenido de Humedad Inicial	1.83	1.83	1.83	
Contenido de Humedad Final	20.28	21.23	20.08	
Características de la muestra	Diámetro	5.00	Area	19.635
	Altura	2.30	Volumen	45.16
APLICACIONES DE CARGA				
Velocidad de Carga (mm/min)	0.350	0.350	0.350	
Peso de la semi caja superior (kg)	0.033	0.033	0.033	
Peso del Pistón de Carga (kg)	0.036	0.036	0.036	
Carga Normal	14.283	34.803	75.843	
Esfuerzo Normal	0.727	1.773	3.863	
Esfuerzo Tangencial	0.486	1.058	2.288	

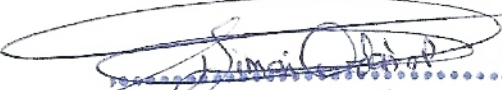


Cohesión (kg/cm2) = ϕ Residual = °

Observaciones:

Muestra remoldeada

LABORATORISTA : Bach. Ing. Gumercindo Flores M.
REVISADO POR : Ing. Simón Ordoño Pauro


 Ing. Civil SIMÓN ORDOÑO PAURO
 CIP. 54333



ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE



PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en
el Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : Distrito San Antonio

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

FECHA : Moquegua, 16 Octubre del 2023

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE CORTE DIRECTO

EQUIPO/TIPO	: Equipo de Corte Directo/Digital	UBICACIÓN DEL EQUIPO	: Laboratorio ARYU
FABRICANTE	: PINZUAR LTDA.	FECHA DE CALIBRACIÓN	: 26 agosto 2023
MODELO	: PS-107-C	CERTIFICA CALIBRACIÓN	: PINZUAR LTDA
SERIE	:138	CERTIFICADO CALIBRACIÓN N°	: 9397
CARGA MÁXIMA	: 2 498 N	RELACION DE PIÑONES	: 66/20

PROPIEDADES ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Descripción del suelo:	Arena arcillosa con gravillas aisladas	SUCS	: SC
	Calicata C-01	AASHTO	:A-6(2)
		Volumen muestra	45.16
		Densidad natural	2.083
		Peso muestra	94.08

CONTENIDO DE HUMEDAD

Contenido de Humedad Inicial

Ensayo N°	1	2	3	4
N° Recipiente	A-1	A-2	A-3	
Peso Recipiente + Suelo húmedo	500	500.0	500.0	
Peso Recipiente + Suelo seco	491	491.0	491.0	
Contenido de agua	9.00	9	9	
Peso Recipiente	0	0	0	
Peso muestra seca	491.00	491.00	491.00	
Humedad	1.83	1.83	1.83	

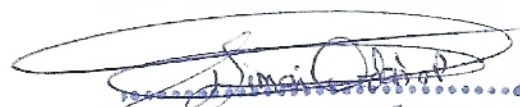
Contenido de Humedad Final

Ensayo N°	1	2	3	4
N° Recipiente	Tara	Tara	Tara	
Peso Recipiente + Suelo húmedo	94.08	94.08	94.08	
Peso Recipiente + Suelo drenado	111.12	112.00	110.94	
Contenido de agua añadida	17.04	17.92	16.86	
Peso Recipiente	0	0	0	
Peso muestra seca	92.39	92.39	92.39	
Contenido de humedad añadida	18.44	19.40	18.25	
Contenido de humedad al final del ensayo	20.28	21.23	20.08	

Dimensiones de la muestra	Diámetro	5.00	Area	19.63
	Altura	2.30	Volumen	45.16

CARGA NORMAL

Velocidad de Carga (mm/min)	1.7	1.7	1.7	
Peso de filtro metálico superior (kg)	0.033	0.033	0.033	
Peso de la piedra porosa (kg)	0.036	0.036	0.036	
Peso del Pistón de soporte (kg)	0.233	0.233	0.233	
Peso placa base de pesas (kg)	3.721	3.721	3.721	
Valor de la pesa (kg)	1	3	7	
Coefficiente de amplificación	10.26	10.26	10.26	
Carga Normal (kg)	14.283	34.803	75.843	


Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALCO
CIP. 54303



ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE



PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en
el Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : Distrito San Antonio

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

FECHA : Moquegua, 16 Octubre del 2023

CORTE DIRECTO (CD)

Calicata: C-01

Prueba N°

: 01

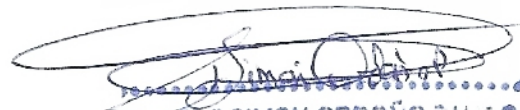
Kg

Kg

mm

mm

Tiempo	Diámetro	Altura	Area	F Normal	F Corte	Esf Norm.	Esf. Cort.	F Corte	DH	DV
0.00	5.00	2.30	19.63	14.3	0.00	0.727	0.000	0.00	0.000	0.000
60.00	5.00	2.30	19.63	14.3	2.94	0.727	0.150	2.94	0.250	0.005
120.00	5.00	2.30	19.63	14.3	4.66	0.727	0.237	4.66	0.500	0.039
180.00	5.00	2.30	19.63	14.3	5.34	0.727	0.272	5.34	0.750	0.062
240.00	5.00	2.30	19.63	14.3	5.69	0.727	0.290	5.69	1.000	0.099
300.00	5.00	2.30	19.63	14.3	6.16	0.727	0.314	6.16	1.250	0.126
360.00	5.00	2.30	19.63	14.3	6.45	0.727	0.328	6.45	1.500	0.141
420.00	5.00	2.30	19.63	14.3	6.70	0.727	0.341	6.70	1.750	0.158
480.00	5.00	2.30	19.63	14.3	6.84	0.727	0.348	6.84	2.000	0.172
540.00	5.00	2.30	19.63	14.3	7.22	0.727	0.368	7.22	2.250	0.176
600.00	5.00	2.30	19.63	14.3	7.39	0.727	0.376	7.39	2.500	0.188
660.00	5.00	2.30	19.63	14.3	7.67	0.727	0.391	7.67	2.750	0.192
720.00	5.00	2.30	19.63	14.3	7.88	0.727	0.401	7.88	3.000	0.194
780.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.16	0.727	0.416	8.16	3.250	0.203
840.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.17	0.727	0.416	8.17	3.500	0.211
900.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.55	0.727	0.435	8.55	3.750	0.214
960.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.70	0.727	0.443	8.70	4.000	0.232
1020.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.74	0.727	0.445	8.74	4.250	0.237
1080.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.88	0.727	0.452	8.88	4.500	0.241
1140.00	5.00	2.30	19.63	14.3	8.97	0.727	0.457	8.97	4.750	0.244
1200.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.10	0.727	0.463	9.10	5.000	0.252
1260.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.19	0.727	0.468	9.19	5.250	0.253
1320.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.25	0.727	0.471	9.25	5.500	0.262
1380.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.30	0.727	0.474	9.30	5.750	0.266
1440.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.38	0.727	0.478	9.38	6.000	0.267
1500.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.42	0.727	0.480	9.42	6.250	0.269
1560.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.50	0.727	0.484	9.50	6.500	0.270
1620.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.57	0.727	0.487	9.57	6.750	0.266
1680.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.58	0.727	0.488	9.58	7.000	0.270
1740.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.60	0.727	0.489	9.60	7.250	0.272
1800.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.58	0.727	0.488	9.58	7.500	0.272
1860.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.57	0.727	0.487	9.57	7.750	0.274
1920.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.55	0.727	0.486	9.55	8.000	0.276
1980.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.55	0.727	0.486	9.55	8.250	0.273
2040.00	5.00	2.30	19.63	14.3	9.54	0.727	0.486	9.54	8.500	0.279


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALCO
 CIP. 54301



ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE



PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aportado Considerando Interacción Suelo Estructura en
el Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : Distrito San Antonio

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

FECHA : Moquegua, 16 Octubre del 2023

CORTE DIRECTO (CD)

Calicata: C-01

Prueba N°

: 02

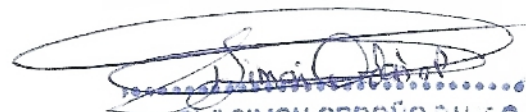
Kg

Kg

mm

mm

Tiempo	Diámetro	Altura	Area	F Normal	F Corte	Esf. Norm.	Esf. Cort.	F Corte	DH	DV
0.00	5.00	2.30	19.63	34.8	0.00	1.773	0.000	0.00	0.000	0.000
60.00	5.00	2.30	19.63	34.8	5.18	1.773	0.264	5.18	0.250	0.052
120.00	5.00	2.30	19.63	34.8	8.37	1.773	0.426	8.37	0.500	0.108
180.00	5.00	2.30	19.63	34.8	10.28	1.773	0.524	10.28	0.750	0.156
240.00	5.00	2.30	19.63	34.8	12.21	1.773	0.622	12.21	1.000	0.199
300.00	5.00	2.30	19.63	34.8	13.50	1.773	0.688	13.50	1.250	0.234
360.00	5.00	2.30	19.63	34.8	14.58	1.773	0.743	14.58	1.500	0.278
420.00	5.00	2.30	19.63	34.8	15.49	1.773	0.789	15.49	1.750	0.312
480.00	5.00	2.30	19.63	34.8	16.51	1.773	0.841	16.51	2.000	0.333
540.00	5.00	2.30	19.63	34.8	17.18	1.773	0.875	17.18	2.250	0.353
600.00	5.00	2.30	19.63	34.8	18.19	1.773	0.926	18.19	2.500	0.374
660.00	5.00	2.30	19.63	34.8	18.84	1.773	0.960	18.84	2.750	0.384
720.00	5.00	2.30	19.63	34.8	19.70	1.773	1.003	19.70	3.000	0.397
780.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.06	1.773	1.022	20.06	3.250	0.410
840.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.58	1.773	1.048	20.58	3.500	0.417
900.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.67	1.773	1.053	20.67	3.750	0.437
960.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.86	1.773	1.062	20.86	4.000	0.449
1020.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.18	1.773	1.079	21.18	4.250	0.451
1080.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.49	1.773	1.094	21.49	4.500	0.464
1140.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.57	1.773	1.099	21.57	4.750	0.475
1200.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.70	1.773	1.105	21.70	5.000	0.477
1260.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.71	1.773	1.106	21.71	5.250	0.494
1320.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.70	1.773	1.105	21.70	5.500	0.502
1380.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.66	1.773	1.103	21.66	5.750	0.515
1440.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.55	1.773	1.098	21.55	6.000	0.530
1500.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.45	1.773	1.092	21.45	6.250	0.537
1560.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.36	1.773	1.088	21.36	6.500	0.539
1620.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.42	1.773	1.091	21.42	6.750	0.556
1680.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.35	1.773	1.087	21.35	7.000	0.570
1740.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.26	1.773	1.083	21.26	7.250	0.562
1800.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.15	1.773	1.077	21.15	7.500	0.569
1860.00	5.00	2.30	19.63	34.8	21.00	1.773	1.070	21.00	7.750	0.577
1920.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.94	1.773	1.066	20.94	8.000	0.578
1980.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.83	1.773	1.061	20.83	8.250	0.588
2040.00	5.00	2.30	19.63	34.8	20.78	1.773	1.058	20.78	8.500	0.600


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALCO
 CIP. 51331



ARYU E.I.R.L.

SERVICIOS Y BIENES DE CALIDAD
CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE



PROYECTO : Evaluación de la Respuesta Sísmica de un Edificio
Aporticado Considerando Interacción Suelo Estructura en
el Distrito San Antonio, Moquegua 2023

UBICACIÓN : Distrito San Antonio

SOLICITANTE : Bach. Noelia Edith Falcon Nina

FECHA : Moquegua, 16 Octubre del 2023

CORTE DIRECTO (CD)

Calicata: C-01

Prueba N°

: 03

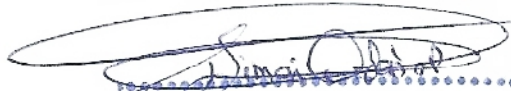
Kg

kN

mm

mm

Tiempo	Diámetro	Altura	Area	F Normal	F Corte	Esf. Norm.	Esf. Cort.	F Corte	DH	DV
0.00	5.00	2.30	19.63	75.8	0.00	3.863	0.000	0.00	0.000	0.000
60.00	5.00	2.30	19.63	75.8	7.71	3.863	0.393	7.71	0.250	0.024
120.00	5.00	2.30	19.63	75.8	14.90	3.863	0.759	14.90	0.500	0.074
180.00	5.00	2.30	19.63	75.8	19.97	3.863	1.017	19.97	0.750	0.137
240.00	5.00	2.30	19.63	75.8	23.88	3.863	1.216	23.88	1.000	0.190
300.00	5.00	2.30	19.63	75.8	26.84	3.863	1.367	26.84	1.250	0.240
360.00	5.00	2.30	19.63	75.8	28.88	3.863	1.471	28.88	1.500	0.287
420.00	5.00	2.30	19.63	75.8	30.95	3.863	1.576	30.95	1.750	0.325
480.00	5.00	2.30	19.63	75.8	33.80	3.863	1.721	33.80	2.000	0.360
540.00	5.00	2.30	19.63	75.8	35.34	3.863	1.800	35.34	2.250	0.389
600.00	5.00	2.30	19.63	75.8	37.00	3.863	1.884	37.00	2.500	0.422
660.00	5.00	2.30	19.63	75.8	38.22	3.863	1.947	38.22	2.750	0.446
720.00	5.00	2.30	19.63	75.8	39.94	3.863	2.034	39.94	3.000	0.475
780.00	5.00	2.30	19.63	75.8	40.91	3.863	2.084	40.91	3.250	0.498
840.00	5.00	2.30	19.63	75.8	42.11	3.863	2.145	42.11	3.500	0.520
900.00	5.00	2.30	19.63	75.8	43.14	3.863	2.197	43.14	3.750	0.546
960.00	5.00	2.30	19.63	75.8	43.70	3.863	2.226	43.70	4.000	0.567
1020.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.16	3.863	2.249	44.16	4.250	0.589
1080.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.50	3.863	2.266	44.50	4.500	0.610
1140.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.71	3.863	2.277	44.71	4.750	0.630
1200.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.82	3.863	2.283	44.82	5.000	0.649
1260.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.05	3.863	2.294	45.05	5.250	0.665
1320.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.13	3.863	2.298	45.13	5.500	0.682
1380.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.20	3.863	2.302	45.20	5.750	0.698
1440.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.17	3.863	2.300	45.17	6.000	0.713
1500.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.13	3.863	2.298	45.13	6.250	0.725
1560.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.08	3.863	2.296	45.08	6.500	0.738
1620.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.05	3.863	2.294	45.05	6.750	0.746
1680.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.02	3.863	2.293	45.02	7.000	0.754
1740.00	5.00	2.30	19.63	75.8	45.00	3.863	2.292	45.00	7.250	0.765
1800.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.99	3.863	2.291	44.99	7.500	0.775
1860.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.97	3.863	2.290	44.97	7.750	0.785
1920.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.95	3.863	2.289	44.95	8.000	0.794
1980.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.93	3.863	2.288	44.93	8.250	0.798
2040.00	5.00	2.30	19.63	75.8	44.92	3.863	2.288	44.92	8.500	0.812


 Ing. Civil SIMON ORDOÑEZ PALCO
 CIP. 54301