



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

## **TESIS**

**ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICACIONES CONSIDERANDO  
LA RIGIDEZ DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAMEGUA,  
MOQUEGUA 2022**

**PRESENTADA POR**

**BACHILLER JAMIL ANGEL PANCA JUAREZ**

**ASESOR:**

**MGR. RUTH MERCEDES JINES CABEZAS**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2023**



# Universidad José Carlos Mariátegui

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación (\_\_\_) / Tesis (\_\_\_x\_\_\_) / Trabajo de suficiencia profesional (\_\_\_) / Trabajo académico (\_\_\_), titulado “**ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICACIONES CONSIDERANDO LA RIGIDEZ DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAMEGUA, MOQUEGUA 2022**” presentado por el(la) Bachiller **PANCA JUAREZ, JAMIL ANGEL** para obtener el grado académico (\_\_\_) o Título profesional (\_\_\_x\_\_\_) o Título de segunda especialidad (\_\_\_) de: **INGENIERO CIVIL**, y asesorado por el(la) **MGR. RUTH MERCEDES JINES CABEZAS**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°201-2023-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Tesis	Porcentaje de similitud
Ingeniería Civil	Panca Juarez, Jamil Angel	“ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICACIONES CONSIDERANDO LA RIGIDEZ DEL SUELO EN EL DISTRITO DE SAMEGUA, MOQUEGUA 2022”	39 % (15 de febrero de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **39 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 15 de febrero de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DR. JUAN UBALDO JIMÉNEZ CASTILLO  
Jefe de la Unidad Investigación FAIA

## CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	
PÁGINA DE JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO.....	v
INDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	1
1.2. Definición del Problema .....	2
1.2.1. Problema General .....	2
1.2.2. Problemas Específicos .....	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
1.4. Justificación .....	4

1.5. Alcances y limitaciones .....	5
1.5.1. Alcances.....	5
1.5.2. Limitaciones .....	6
1.6. Variables .....	6
1.6.1. Operacionalización de la variable independiente .....	6
1.6.2. Operacionalización de la variable dependiente .....	7
1.7. Hipótesis de la Investigación .....	7
1.7.1. Hipótesis General.....	7
1.7.2. Hipótesis Específicas .....	7

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de la Investigación.....	9
2.2. Marco Teórico .....	12

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

3.1. Tipo de Investigación .....	23
3.2. Diseño de la Investigación.....	23
3.3. Población y Muestra .....	24
3.3.1. Población .....	24
3.3.2. Muestra .....	24
3.4. Descripción de Instrumentos para la recolección de datos.....	24
3.4.1. Técnicas .....	24
3.4.2. Instrumentos .....	24

3.4.3. Procesamiento de datos.....	25
------------------------------------	----

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. Análisis estructural .....	26
4.1.1. Descripción general .....	26
4.2. Cargas .....	27
4.3. Análisis estático .....	28
4.4. Análisis dinámico .....	29
4.5. Arquitectura de la edificación.....	30
4.6. Modelo de la edificación en 3D.....	33
4.7. Resultados del modelo con empotramiento perfecto en la base .....	33
4.8. Desplazamientos laterales relativos admisibles.....	35
4.9. Resultados del modelo considerando la interacción suelo-estructura .....	40
Coeficientes de Rigidez y Amortiguamiento .....	41
4.10. Desplazamientos laterales relativos admisibles.....	45
4.11. Contrastación de hipótesis .....	55
4.12. Discusión de resultados .....	56

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones .....	59

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
APÉNDICE .....	63
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido de tablas</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Variable independiente.....	7
Tabla 2. Variable dependiente.....	7
Tabla 3. Cortante estático en el eje X.....	33
Tabla 4. Cortante dinámico en el eje X.....	34
Tabla 5. Cortante estático y dinámico en el eje X.....	34
Tabla 6. Cortante estático en el eje Y.....	34
Tabla 7. Cortante dinámico en el eje Y.....	34
Tabla 8. Cortante estático y dinámico en el eje Y.....	35
Tabla 9. Límites para la distorsión de entrepiso.....	35
Tabla 10. Distorsión en el eje X.....	35
Tabla 11. Distorsión en el eje Y.....	36
Tabla 12. Asentamiento admisible del suelo.....	41
Tabla 13. Características de la cimentación.....	41
Tabla 14. Coeficientes de Rigidez.....	41
Tabla 15. Características de amortiguación relativa para las vibraciones verticales.....	42
Tabla 16. Amortiguaciones relativas para las vibraciones horizontales y rotacionales.....	42
Tabla 17. Masas de la cimentación.....	42
Tabla 18. Coeficientes de Amortiguamiento.....	42
Tabla 19. Cortante estático en el eje X.....	44

Tabla 20. Cortante dinámico en el eje X.....	44
Tabla 21. Cortante estático y dinámico en el eje X.....	44
Tabla 22. Cortante estático en el eje Y.....	44
Tabla 23. Cortante dinámico en el eje Y.....	45
Tabla 24. Cortante estático y dinámico en el eje Y.....	45
Tabla 25. Límites para la distorsión de entrepiso.....	45
Tabla 26. Distorsión en el eje X.....	46
Tabla 27. Distorsión en el eje Y.....	46



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido de figuras</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1. Circulo de Fuego del Pacifico. ....	12
Figura 2. Ubicación de la placa de Nasca.....	13
Figura 3. Mapa de sismos ocurridos en el Perú. ....	14
Figura 4. Agrietamiento por movimiento céntrico. ....	17
Figura 5. Agrietamiento por movimiento perimetral.....	18
Figura 6. Modelo matemático de la fijación de la estructura con el suelo. ....	19
Figura 7. Interacción inercial suelo cimentación. ....	20
Figura 8. Interacción cinemática suelo estructura.....	21
Figura 9. Sistema suelo estructura completo. ....	22
Figura 10. Espectro de diseño.....	29
Figura 11. Gráfica del espectro de diseño.....	30
Figura 12. Vista en planta del 1° nivel. ....	31
Figura 13. Vista en planta de los niveles 2°,3°, 4°.....	32
Figura 14. Modelo de la edificación en ETABS.....	33
Figura 15. Gráfico del desplazamiento máximo.....	36
Figura 16. Gráfico de los drifts máximos. ....	37
Figura 17. Cortante estático en X. ....	37
Figura 18. Cortante dinámico en X. ....	38
Figura 19. Cortante estático en Y. ....	38
Figura 20. Cortante dinámico en Y. ....	39
Figura 21. Rigidez en el eje X. ....	39
Figura 22. Rigidez en el eje Y. ....	40

Figura 23. Características geotécnicas del suelo.....	40
Figura 24. Asignación de los coeficientes de rigidez en la estructura .....	43
Figura 25. Gráfico del desplazamiento máximo.....	46
Figura 26. Gráfico de los drifts máximos.....	47
Figura 27. Cortante estático en X.....	47
Figura 28. Cortante dinámico en X.....	48
Figura 29. Cortante estático en Y.....	48
Figura 30. Cortante dinámico en Y.....	49
Figura 31. Rigidez en el eje X.....	49
Figura 32. Rigidez en el eje Y.....	50
Figura 33. Porcentaje de drifts en el sentido X.....	51
Figura 34. Porcentaje de drifts en el sentido Y.....	52
Figura 35. Esfuerzos axiales método clásico.....	52
Figura 36. Esfuerzos cortantes método clásico.....	53
Figura 37. Momentos flectores método clásico.....	53
Figura 38. Esfuerzos axiales.....	54
Figura 39. Esfuerzos cortantes.....	54
Figura 40. Momentos flectores.....	55

## ÍNDICE DE APÉNDICES

<b>Contenido de apéndice</b>	<b>Pág.</b>
Matriz de consistencia.....	.63

## RESUMEN

En este proyecto denominado “Análisis sísmico de edificaciones considerando la influencia de la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022” se desarrolló una metodología para evaluar el comportamiento de edificaciones de cuatro niveles considerando los efectos de la rigidez suelo estructura, considerando las características geotécnicas de la zona del proyecto. Esto llevo a plantear como objetivo de la investigación, determinar la diferencia entre la aplicación del método clásico considerando al modelo matemático perfectamente empotrado en la base versus un modelo con el método interacción suelo estructura considerando la rigidez del suelo en el modelo matemático en edificaciones de cuatro niveles en el distrito de Samegua de la ciudad de Moquegua, 2022. El método de investigación fue científica, de tipo aplicada, el diseño de la investigación fue correlacional, la población y la muestra empleada fueron las edificaciones de cuatro niveles catalogadas en la categoría “C” según la normativa de Diseño Sismorresistente E.030, ubicadas en la Asociación de vivienda San Cristóbal del distrito de Samegua 2022, las técnicas utilizadas fueron el análisis documentario y las consultas a expertos, permitiendo efectuar el diseño sísmico con los coeficientes de rigidez de la zona de estudio. Teniendo como conclusión que el método de interacción suelo estructura en el análisis sísmico de as edificaciones aumentaron en la deriva de hasta un 253.93% en comparación al método tradicional.

Palabras Clave: Rigidez del suelo, Interacción Suelo-Estructura, Análisis Sísmico.

## **ABSTRACT**

In this project called “Seismic analysis of buildings considering the influence of soil rigidity in the district of Samegua, Moquegua 2022” a methodology was developed to evaluate the behavior of four-level buildings considering the effects of soil-structure rigidity, considering the geotechnical characteristics of the project area. This led to the objective of the research being to determine the difference between the application of the classical method considering the mathematical model perfectly embedded in the base versus a model with the soil-structure interaction method considering the rigidity of the soil in the mathematical model in four-story buildings. levels in the Samegua district of the city of Moquegua, 2022. The research method was scientific, of an applied type, the research design was correlational, the population and the sample used were the four-level buildings cataloged in the category “ C” according to the E.030 Seismic Resistant Design regulations, located in the San Cristóbal Housing Association of the Samegua 2022 district, the techniques used were documentary analysis and consultations with experts, allowing the seismic design to be carried out with the rigidity coefficients of the study area. Having as a conclusion that the soil-structure interaction method in the seismic analysis of buildings increased the drift by up to 253.93% compared to the traditional method.

**Keywords:** Soil stiffness, Soil-Structure Interaction, Seismic Analysis.

## INTRODUCCIÓN

En la actual investigación, la que lleva por título “Análisis sísmico de edificaciones considerando el efecto de la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022” consiste en tomar en cuenta la rigidez del suelo dentro del modelo matemático de una construcción, para elaborar el diseño sísmico de construcciones.

El distrito sameguano tiene diferentes tipos de suelo, los cuales tienen una rigidez variable, en donde en algunos casos, como la zona de estudio del proyecto de investigación, la rigidez es considerada baja, lo cual afecta considerablemente tanto a la subestructura como a la superestructura de una edificación.

La rigidez del suelo se representará matemáticamente como la relación sísmica suelo estructura, que se refiere a un grupo de variaciones entre el suelo, cimentación y estructura, el mencionado suceso usualmente es producto de la flexibilidad del terreno, lo que implica evaluar la masa, rigidez y amortiguamiento del terreno; brindando el estudio estructural en una construcción.

La actual indagación efectuará el diseño para la resistencia sísmica de un edificio de cuatro pisos, localizados en la Asociación de vivienda San Cristóbal del distrito de Samegua 2022, considerando sus peculiaridades arquitectónicas y estructurales, incluyendo características geotécnicas que se obtendrá de un análisis de mecánica de suelos.

Durante el desarrollo de la investigación se detalla las técnicas de cálculo, a partir de la localización terrestre, planos de la edificación, incluyendo la investigación de las propiedades mecánica de suelos en la zona y la determinación

de coeficientes de rigidez, masa y amortiguamiento en el diseño estructural. Seguidamente realizara el estudio sísmico de una construcción según las exigencias estipuladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones y posteriormente aportar conclusiones y recomendaciones.

La actual indagación es importante para los expertos, alumnos y a fines a la ingeniería civil, al mismo tiempo que los pobladores del lugar para observar y analizar el comportamiento de una edificación considerando la rigidez del terreno, en el análisis de sismicidad de un edificio esta rigidez del suelo se obtendrá de un estudio de las propiedades físicas de un análisis de mecánica de suelos.

En el capítulo I se desarrolló el Planteamiento de la investigación, se desarrollará la problemática, y propósitos a alcanzar igualmente se tiene la convenida justificación en la investigación presentada.

En el capítulo II se desarrolló el Marco teórico, presentará las referentes referencias locales y extranjeras, marco conceptual, definiciones e hipótesis.

En el capítulo III se desarrolló el Método, en el cual definirá el tipo de investigación, nivel de investigación, población y muestra; es decir que se establecerá los factores de sitio para el análisis de nuestra problemática de investigación.

En el capítulo IV se desarrolló el Análisis e interpretación de Resultados en base a las hipótesis planteadas en la investigación.

En el capítulo V se desarrolló el Conclusiones y Recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción de la Realidad Problemática

El Perú es una nación con alta actividad sísmica, sobre todo en la costa peruana, en donde ocurre la subducción entre las Placas de Nasca y la Sudamericana, a nivel de ingeniería es relevante tener conocimiento acerca el comportamiento entre el terreno, la cimentación y la superestructura de una edificación, sobre todo cuando se produce un movimiento telúrico. Dentro del reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, todavía no se considera el impacto de la rigidez del suelo en el diseño sísmico de edificaciones, a pesar de tener un amplio conocimiento de las zonas sísmicas de los diferentes distritos del país y habiendo un gran avance en la determinación de las características geotecnicas de los diferentes distritos del Perú (Mejía, 2018).

Cuando una edificación esta cimentada sobre un suelo flexible, como el suelo de fundación existente en la mayoría de las viviendas en el distrito de Samegua, es importante considerar la rigidez del suelo para evaluar la respuesta de una edificación ante un sismo, considerando las características



geotécnicas de análisis de la composición del suelo principalmente desde la óptica de la mecánica.

El crecimiento poblacional del distrito de Samegua en la urbe de Moquegua ha conllevado a la necesidad de construir más viviendas, estas viviendas se vienen construyendo sin la asesoría profesional de un ingeniero civil y sin la influencia de la rigidez del suelo, sobre todo cuando la cimentación de una edificación está construida sobre suelos de rigidez variable, los profesionales encargados del diseño estructural en la mayoría de casos consideran sus modelos matemáticos a la cimentación como empotrada en la base, los efectos de la rigidez del suelo es importantes debido a que tiene impacto en los patrones de vibración de la edificación, además de las fuerzas sísmicas de la superestructura y subestructura, lo que hace que varíen los desplazamientos de la edificación.

Por lo tanto, la presente propone una opción de solución para analizar la influencia de la rigidez de la base de cimentación, tomando en cuenta los impactos de la resistencia del suelo en el sistema de cimentación de un edificio situado en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.

## **1.2. Definición del Problema**

### **1.2.1. Problema General.**

¿Cómo es el comportamiento sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo el distrito de Samegua, Moquegua 2022?

### **1.2.2. Problemas Específicos.**

- ¿Cuáles son las características del suelo de fundación para el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022?
- ¿Cómo realizar el análisis sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022?
- ¿Cuáles son los desplazamientos y esfuerzos entre el método tradicional empotrado y el método considerando la rigidez del suelo en el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022?

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Evaluar el comportamiento sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo el distrito de Samegua, Moquegua 2022.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

- Calcular las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación para el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.
- Realizar el análisis sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.
- Comparar los resultados del análisis sísmico de los desplazamientos y esfuerzos entre el método tradicional empotrado y el método considerando la rigidez del suelo para las edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.

#### **1.4. Justificación**

El propósito de la presente investigación es conocer el comportamiento sísmico de una edificación, teniendo en cuenta la rigidez del suelo de apoyo entre la base y el suelo de fundación.

##### **1.4.1. Justificación por conveniencia.**

Las nuevas edificaciones deben tener un buen comportamiento estructural ante un eventual fenómeno sísmico, lo que conlleva a considerar las consecuencias de la influencia mutua entre suelo y la estructura en el proceso de evaluación de la resistencia estructural, dado que las edificaciones de la ciudad de Moquegua tienen una rigidez variable en el suelo de fundación.

##### **1.4.2. Justificación práctica.**

La investigación actual será de gran ayuda a los estudiantes, profesionales y análogos a la ingeniería civil del sector, para que puedan conocer la diferencia entre una edificación perfectamente empotrada en la base y una edificación que considere la rigidez del suelo en la subestructura de una edificación.

##### **1.4.3. Justificación teórica.**

En la presente década el tema de la influencia mutua entre el suelo de fundación y la superestructura ha tomado notable relevancia en el análisis sismorresistente de edificios debido a la variedad de suelos del Perú, por lo

que debería ser uno de los puntos importantes a tratar en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

#### **1.4.4. Justificación científica.**

Se obtendrá información de las propiedades del terreno de fundación de la zona de estudio, para ser procesada durante el desarrollo de la investigación, lo cual enriquecerá los conocimientos sobre la rigidez del suelo y su interacción con la estructura.

#### **1.4.5. Justificación social.**

Sera sumamente ventajoso para los pobladores de la zona, debido a que se podrán construir edificaciones más seguras sísmicamente, en las cuales se considerara la rigidez del suelo en el análisis estructural de la edificación.

#### **1.4.6. Justificación metodológica.**

La actual investigación utilizara instrumentos que permitan evaluar el comportamiento sísmico de un edificio de 4 pisos en base a la información recopilada y analizar el comportamiento de la edificación de acuerdo con los criterios establecidos en la regulación de diseño sismorresistente.

### **1.5. Alcances y limitaciones**

#### **1.5.1. Alcances.**

El fin de la presente investigación es realizar el análisis sísmico de una edificación de cuatro niveles considerando la rigidez del suelo de fundación y

comparar las diferencias con un modelo considerando la base del edificio perfectamente empotrado en la base y otro diseño teniendo en cuenta la rigidez del suelo en la base, para las edificaciones del distrito de Samegua, Moquegua.

### **1.5.2. Limitaciones.**

La primordial barrera del progreso de la presente indagación es que la aplicación de los efectos de la rigidez del suelo no se encuentra considerada actualmente en la NTP E.030 de Diseño Sismorresistente.

El ámbito donde se encuentra encauzada la actual investigación son las construcciones del distrito de Samegua, Moquegua.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variable independiente (VI).**

Rigidez del suelo.

### **1.6.2. Variable Dependiente (VD).**

Análisis Sísmico.

### **1.6.3. Operacionalización de la variable independiente.**

Se presenta la Tabla 1., se muestra la operacionalización de la variable X.

**Tabla 1***Variable independiente*

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Rigidez del suelo	Propiedades físicas y mecánicas	Desplante	m	Ensayos de laboratorio
		Asentamiento	mm	
		Capacidad portante	kg/cm <sup>2</sup>	
		Coefficiente de Balasto	kgf/cm <sup>3</sup>	

**1.6.4. Operacionalización de la variable dependiente.**

Seguidamente, se presenta la Tabla 2., se muestra la operacionalización de la variable Y.

**Tabla 2***Variable dependiente*

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Análisis Sísmico	Elementos estructurales	Fuerzas internas	T, T-m.	Etabs
		desplazamientos	m.	Deriva
		reacciones	T.	Etabs
		esfuerzos	T/m.	Etabs

**1.7. Hipótesis de la Investigación****1.7.1. Hipótesis General.**

La rigidez del suelo influye en la mejora del comportamiento sísmico de una edificación en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.

**1.7.2. Hipótesis Específicas.**

- Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación son adecuadas para el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.

- Existe un método para realizar el análisis sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.
- Los resultados obtenidos de desplazamientos y esfuerzos entre el método tradicional empotrado y el método considerando la rigidez del suelo varían en un 80% para las edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

##### **2.1.1. Internacionales.**

Molina & Moran (2020), en su tesis titulada “Análisis numérico de la interacción suelo-pilote-estructura para suelos blandos en la ciudad de Guayaquil” tuvo como objetivo analizar a través de métodos numéricos la interacción suelo-pilote-estructura para suelos blandos en la ciudad de Guayaquil; donde el tipo de investigación fue aplicada, el diseño de la investigación fue experimental, obteniendo como resultado que con las curvas P-Y se pudo realizar un análisis modal espectral con el software SAP2000 que está en función de la fuerza y desplazamiento, con el fin de idealizar la reacción del suelo cuando entre en contacto con el pilote de forma más aproximada y así poder revisar los esfuerzos ante un sismo ; Llegando a la conclusión que los momentos y cortantes son mayores debido a que predominan los estratos de arcillas blandas, se puede decir que el pilote tendrá mayores solicitaciones en suelos arcillosos.



Castro & Pérez (2020), en su tesis titulada “Análisis de la interacción suelo-estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelo” tuvo como objetivo desarrollar un modelo estructural considerando la interacción sísmica del suelo y la estructura para tres tipos diferentes de suelos (A, C y E) y compararlo con un modelo estructural con empotramiento perfecto para definir el comportamiento de los elementos estructurales; donde el tipo de investigación fue aplicada, obteniendo como resultado en el diseño de los elementos estructurales con el análisis modal espectral versus el análisis estático requiere mayores secciones y mayor área de acero en sus elementos estructurales ; Llegando a la conclusión en base a los resultados en el cálculo de la rigidez en las zapatas, se concluye que es necesario tomar en cuenta la influencia de las cadenas de cimentación ya que actúan como resortes laterales lo cual aumenta la rigidez lateral de la zapata dando un resultado que se asemeja más a la realidad.

### **2.1.2. Nacionales.**

Garces (2019), en su tesis titulada “análisis estructural de interacción suelo estructura y el sismorresistente aplicado en una edificación de concreto armado, Pativilca 2019” tuvo como objetivo determinar los resultados del análisis estructural de una edificación de concreto armado aplicando la interacción suelo estructura y el sismorresistente; donde el tipo de investigación fue aplicativo, el diseño de la investigación fue experimental, obteniendo como resultado que para cada nivel las derivas aumentan en el caso de los perfiles de suelo S1 y S2 de acuerdo al análisis que se aplique; Llegando a la conclusión que la aplicación de la

interacción suelo estructura a una edificación sobre los perfiles de suelo S1 y S2 es consistente.

Vergara (2020), en su tesis titulada “Una investigación teórica de interacción suelo estructura aplicando modelamientos de rigidez en suelo y elementos viscoelásticos” busco definir la deformación estructural frente a las propiedades generadas por el suelo ante su rigidez; el tipo de investigación fue aplicativo, el diseño de la investigación fue experimental, donde se observó que las propiedades deformables del suelo tienen un impacto significativo en el comportamiento de la estructura, lo que llevó a la conclusión de que los modelos estructurales precisos deben incluir las teorías de viscoelasticidad y viscoplasticidad para tener en cuenta estas características.

### **2.1.3. Antecedentes Local.**

Jinez, (2017), en su tesis titulada “Interacción sísmica suelo estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua” tuvo como propósito aplicar y analizar la interacción sísmica entre suelo y la estructura en edificios de sistema dual con zapata aislada; donde el tipo de investigación fue aplicada, el diseño de la investigación fue descriptivo correlacional, obteniendo como resultado se encontró que el efecto mayor de flexibilidad de la base de fundación se da por los modelos analizados. En contraste de los cálculos convencionales; Llegando a la conclusión que con la interacción suelo estructura se observa que los desplazamientos de entrepiso y las fuerzas internas de los elementos están en

función de los coeficientes de rigidez y estos están en función de las características del suelo de fundación y dimensión de las zapatas.

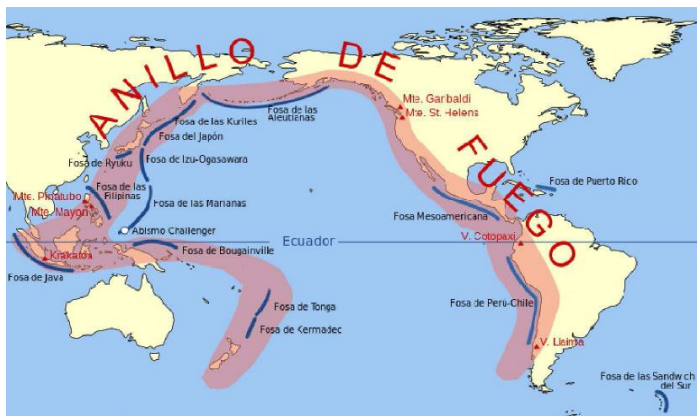
## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. Sismicidad.

Desde su creación, el Perú sufre una gran cantidad de terremotos debido a su ubicación en el círculo CIRCUMPACIFICO, Actualmente se entiende que las diferencias en la intensidad de los daños en las estructuras se deben a las características del suelo de cada zona, de igual forma con otros factores, como la consecuencia de la topografía.

**Figura 1**

*Circulo de Fuego del Pacifico*



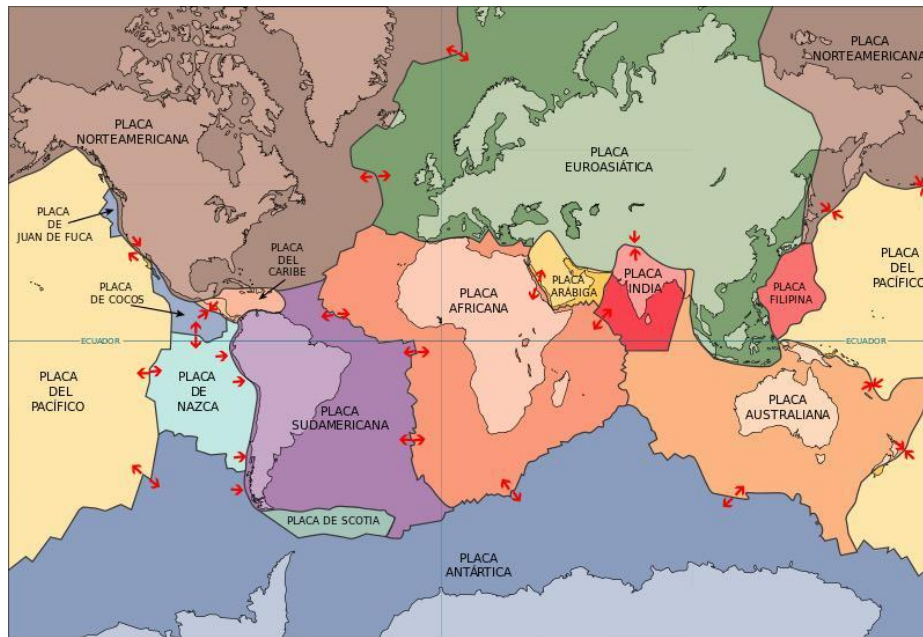
*Nota: Wikipedia (2023).*

### 2.2.2. Sismicidad en el Perú.

En la costa peruana se produce el fenómeno de subducción, debido a la colisión de la placa oceánica de Nasca debajo de la placa continental Sudamericana, donde se acumula gran cantidad de energía, la que se libera en forma de terremotos.

**Figura 2**

*Ubicación de la placa de Nasca*



*Nota:* Hablemos de volcanes (2017).

Uno de los terremotos más destructivos en la historia del Perú se produjo en el mes de mayo, a inicios de la década de los 70. El mayor terremoto tuvo lugar en el año 1746, provocando la destrucción de 3000 hogares en la ciudad, dejando únicamente 25 residencias en pie. En 1940, se registró otro terremoto de magnitud 8.2 en la escala de Richter, cobrando la vida de 179 personas y causando heridas a 3500 más. Después del sismo, se produjo un tsunami en el puerto del Callao, donde solo sobrevivieron 200 personas de un total de 4000.

**Figura 3**

*Mapa de sismos ocurridos en el Perú*



*Nota:* Centro de Estudios y Prevención de Desastres (2017).

### **2.2.3. Caracterización geotécnica.**

Los suelos poseen características geotécnicas particulares dependiendo de los materiales que la componen, una de las condiciones que pueden llegar a modificar la condición de esfuerzos, son os materiales de los que está compuesto el suelo, es por ello que se debe analizar las condiciones geotécnicas realizadas en campo para la determinación de estas características, mediante la exploración

superficial y debajo de la superficie con la recuperación de muestras alteradas e inalteradas a través de ensayos de laboratorio y de campo.

#### 2.2.4. Estado de esfuerzos.

Hay una correlación directa entre los cambios volumétricos del suelo y su estado de esfuerzos, lo cual se puede observar claramente cuando la excavación reduce el esfuerzo total, lo que a su vez provoca un levantamiento de la superficie del suelo. La elevación en suelos que no están saturados es un proceso que va acompañado de la absorción de agua, y su velocidad depende del tiempo (Bernal, 2019).

Cuando se trata de suelos saturados, el comportamiento del suelo está influenciado por el estado de esfuerzos que se expresa en términos de esfuerzo efectivo.

$$\sigma' = (\sigma - u_w)$$

La expresión matemática del esfuerzo efectivo en tres dimensiones es la siguiente.

$$\sigma' = \begin{bmatrix} (\sigma - u_w) & 0 & 0 \\ 0 & (\sigma - u_w) & 0 \\ 0 & 0 & (\sigma - u_w) \end{bmatrix}$$

En la matriz dada, los esfuerzos principales están representados en su diagonal  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ , son los esfuerzos normales en las direcciones x, y, z; mientras que los elementos que se encuentran fuera de la diagonal representan los esfuerzos cortantes.

$$\sigma' = \begin{bmatrix} (\sigma_x - u_w) & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & (\sigma_y - u_w) & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & (\sigma_z - u_w) \end{bmatrix}$$

El estado de esfuerzos del suelo experimenta variaciones en dos fases: la líquida y la sólida. No obstante, en suelos no saturados, es importante considerar una tercera fase, que es la del aire.

Fredlund y Morgenstern (1997) pudo observar que, en los suelos no saturados, el estado de esfuerzos puede ser definido por dos variables de esfuerzo independientes. Por lo tanto, el estado de esfuerzos se define a través de dos tensores:

$$\sigma' = \begin{bmatrix} (\sigma_1 - u_a) & 0 & 0 \\ 0 & (\sigma_2 - u_a) & 0 \\ 0 & 0 & (\sigma_3 - u_a) \end{bmatrix}$$

$$\mu = \begin{bmatrix} (u_a - u_w) & 0 & 0 \\ 0 & (u_a - u_w) & 0 \\ 0 & 0 & (u_a - u_w) \end{bmatrix}$$

La ecuación siguiente describe el cambio de volumen en una dimensión:

$$\Delta_e = c_{t2} \Delta \log(\sigma - u_a) + c_{m2} \Delta \log(u_a - u_w)$$

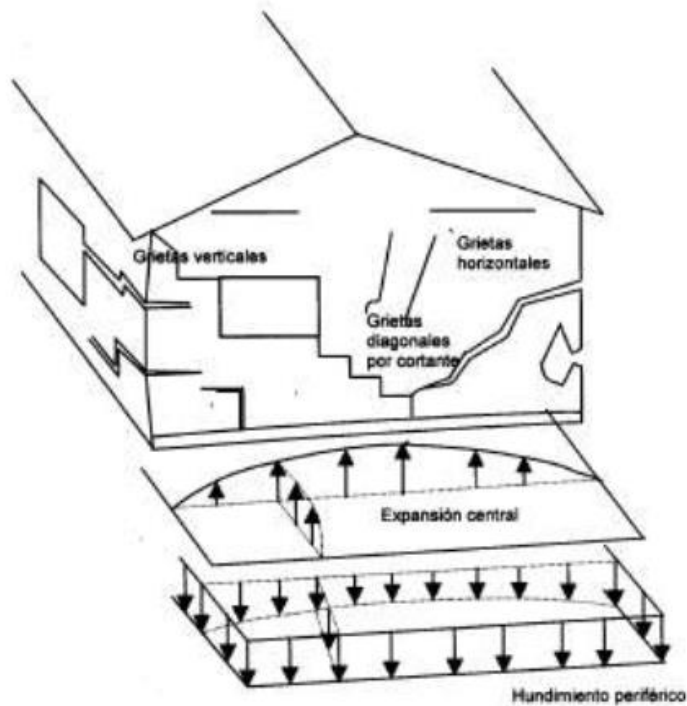
Por lo general, muchos ingenieros definen el estado de esfuerzos de un suelo saturado mediante una única variable.  $(\sigma - u_w)$ . No obstante, se debe considerar una variable adicional en el estado de esfuerzos para suelos no saturados expansivos debido a que este fenómeno es afectado también por efectos de succión.

### 2.2.5. Movimiento céntrico.

El movimiento que se produce en una estructura se origina en la parte central de la misma, en una formación cóncava donde el valor máximo se encuentra en el centro. Este movimiento no ocurre abruptamente, sino que se desarrolla gradualmente a lo largo de varios años. Generalmente los daños se manifiestan en los muros de albañilería formándose grietas verticales, horizontales y diagonales, en la parte superior, el ancho de las grietas es mayor, limitando la propagación de grietas verticales y genera grietas horizontales adicionales en el contorno del techo. Estas, junto con las demás, provocan daños graves en la estructura del edificio.

**Figura 4**

*Agrietamiento por movimiento céntrico*



*Nota:* Fredlun & Rahardjo (1993).

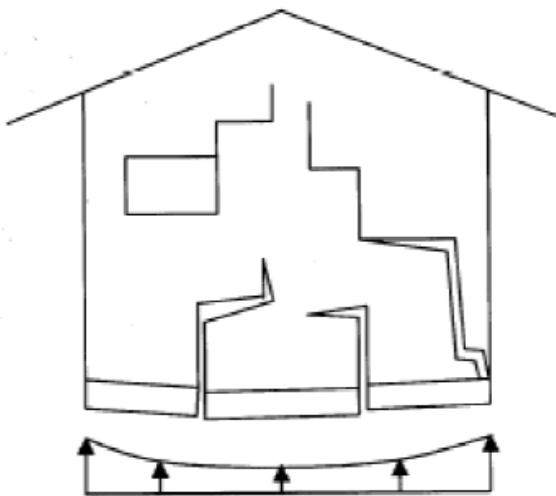


### 2.2.6. Movimiento perimetral.

Este movimiento que se produce en la estructura tiene su origen en la parte perimetral de la misma en una formación convexa, la elevación de los extremos de la construcción genera fisuras en diferentes direcciones, tanto horizontal como vertical y en diagonal, las cuales se extienden desde la esquina inferior hasta la parte central superior de la estructura. Las grietas son más amplias en la parte inferior de la construcción.

**Figura 5**

*Agrietamiento por movimiento perimetral*



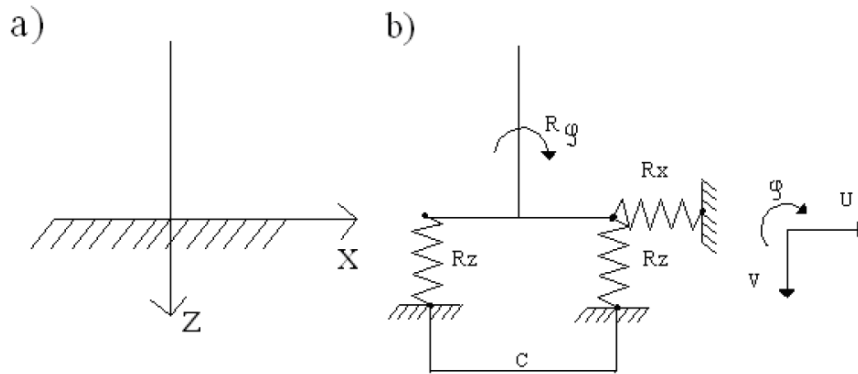
*Nota:* Fredlun & Rahardjo (1993).

### 2.2.7. Flexibilidad en la base de fundación.

En el diseño convencional del procesamiento de datos de construcciones se toma en cuenta el empotramiento perfecto en medio de la cimentación y las columnas, únicamente si el terreno es altamente rígido el diseño matemático se descifra como en la figura a). No obstante, en la urbe moqueguana, el terreno es mayormente un suelo flexible, el diseño matemático se deduce como en la figura b).

**Figura 6**

*Modelo matemático de la fijación de la estructura con el suelo*



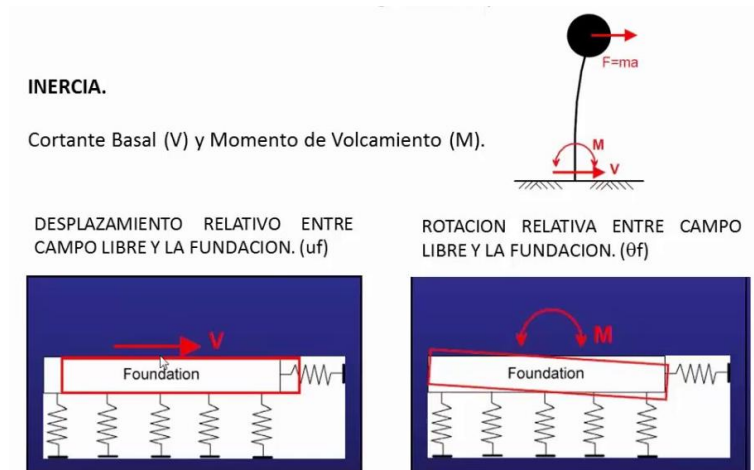
*Nota:* SciELO Analytics (2007).

### **2.2.8. Interacción Inercial.**

Solano (2012) precisa la interacción inercial como un modelo que utiliza las funciones de impedancia del suelo, incluyendo las rigideces y amortiguamiento, así como las cimentaciones que dependen de las frecuencias. Se lleva a cabo por intermedio del análisis completo del sistema suelo-estructura, utilizando matrices de rigidez, amortiguamiento y masa que almacena al completo los elementos del sistema para comprender adecuadamente la relación entre ellos.

**Figura 7**

*Interacción inercial suelo cimentación*



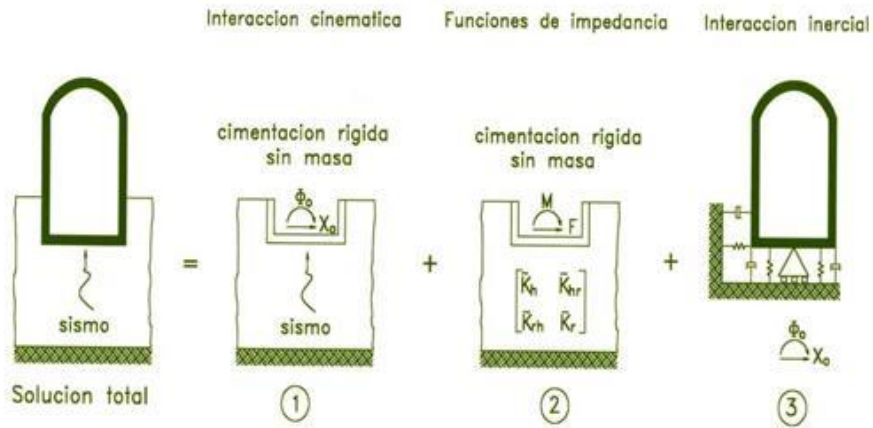
Nota: Universidad de Carabobo (2020).

### **2.2.9. Interacción cinemática.**

Según Solano (2012), la interacción cinemática se refiere a la diferencia entre el movimiento de campo libre y la excitación efectiva de la base y es especialmente importante para cimentaciones enterradas. En este efecto se origina porque la rigidez de la cimentación le impide ajustarse a las deformaciones del suelo causadas por el movimiento de campo libre, generándose un fenómeno de difracción de ondas que modifica el movimiento del suelo en la proximidad del cimiento. La superposición de las ondas incidentes y reflejadas por la superficie del terreno con las ondas difractadas es la razón principal de este efecto. Depende de la geometría de la cimentación, la estratificación del subsuelo y la naturaleza de la excitación sísmica.

**Figura 8**

*Interacción cinemática suelo estructura*



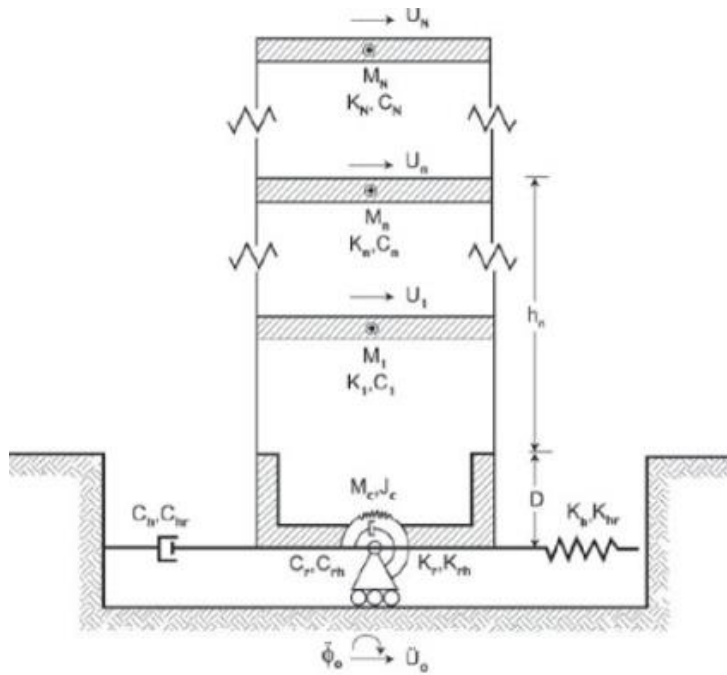
*Nota:* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (2011)

### **2.2.10. Interacción suelo estructura.**

Villareal (2007) define la interacción suelo estructura al considerar la base como un semiespacio elástico y la acción sísmica como un proceso ondulatorio. Esta teoría ha permitido la resolución de diversos problemas de la difracción de ondas en la base, lo cual ha contribuido a la comprensión del comportamiento sísmico de las edificaciones.

**Figura 9**

*Sistema suelo estructura completo*



*Nota:* SciELO Analytics (2007).

### 2.2.11. Modelos de interacción suelo estructura.

- Modelo dinámico D.D. Barkan – O. A. Savinov.
- Modelo dinámico Winkler – Coeficiente de Balasto.
- Modelo dinámico V. A. Illiachev.
- Modelo dinámico A. E. Sargsian.
- Modelo dinámico norma rusa Snip 2.02.05-87.
- Modelo dinámico tomando en cuenta la capacidad de la base de cimentación para deformarse.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Según Arispe et al. (2020), la investigación aplicada resuelve un determinado problema enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación. El tipo de la investigación actual es de naturaleza aplicada, porque llevara a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos calculando los desplazamientos con el modelo clásico con empotramiento perfecto y el otro modelo donde se considera la rigidez del suelo.

#### **3.2. Diseño de la Investigación**

De acuerdo con Arias (2020), la investigación correlacional instaura la correlación entre una, dos o más variables en una muestra. El diseño de la investigación es correlacional, debido a que expone la atribución de la variable independiente sobre la variable dependiente, basado en la influencia de la rigidez del suelo en el análisis sísmico de una edificación.

### **3.3. Población y Muestra**

#### **3.3.1. Población.**

Según Arias (2020), la población es la totalidad de los elementos en estudio y que está delimitado por el investigador. En la investigación actual, la población está conformada por las edificaciones de cuatro niveles ubicadas en el distrito de Samegua, de la ciudad de Moquegua.

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

De acuerdo con Arias (2020), la muestra es un subgrupo de la población. En la investigación actual, la muestra está compuesta por una edificación de cuatro niveles ubicada Mz. E de la Asociación de vivienda San Cristóbal del distrito de Samegua.

### **3.4. Descripción de Instrumentos para la recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas.**

- Documental
- Consultas a expertos.

#### **3.4.2. Instrumentos.**

##### **3.4.2.1. Planos arquitectónicos.**

Con los planos arquitectónicos y estructurales se podrá determinar la estructuración, ubicación y características estructurales que componen la edificación en estudio, para el modelamiento en el software de análisis estructural.

#### **3.4.2.2. Estudio de suelos.**

Se utilizarán los estudios de mecánica de suelos correspondientes a la muestra de la presente investigación, para conocer los atributos del suelo de fundación, para su posterior modelamiento estructural.

#### **3.4.2.3. Análisis documental.**

Los documentos utilizados para la presente investigación serán las regulaciones actuales como referencia al análisis y diseño de la estructura en cuestión, además de investigaciones similares, nacionales e internacionales.

#### **3.4.2.4. Programas computacionales.**

- CSI ETABS
- Microsoft Excel
- AutoCAD

#### **3.4.3. Procesamiento de datos.**

Se realizó mediante el uso de los valores presentes en la NTP E020 de cargas a reflexionar en la construcción para posteriormente realizar el análisis sísmico y por último comprobar si la construcción, efectúa con lo indicado en la normativa.



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis estructural**

##### **4.1.1. Descripción general.**

En la presente indagación se comenzará el proceso mediante el análisis de la construcción de cuatro pisos que tiene en cuenta una edificación de albañilería confinada y con una clase de suelo intermedio.

##### **4.1.2. Ubicación.**

- Mz. E de la Asociación de vivienda San Cristóbal
- Distrito de Samegua.
- Provincia Mariscal Nieto.
- Departamento de Moquegua.

##### **4.1.3. Propiedades de los materiales.**

###### ***4.1.3.1. Propiedades del concreto.***

Para zonas sísmicas (Z3 Y Z4)

$$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 217370.651 \text{ Kg/cm}^2$$

Para las demás zonas (Z2 Y Z1)

$$f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 217370.651 \text{ Kg/cm}^2$$

#### **4.1.3.2. Propiedades del acero.**

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_y = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

## **4.2. Cargas**

Las cargas de gravedad estipuladas al diseño en ETABS son las determinadas en la NTP E.020 del reglamento nacional de edificaciones para construcciones y son las siguientes:

$$\text{Peso unitario del concreto armado} = 2.40 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Acabados} = 0.10 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga en azotea} = 0.10 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga en cuartos} = 0.20 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga en corredores y escaleras} = 0.20 \text{ T/m}^2$$

Cuando se habla de construcciones que son clasificadas en la categoría C, el peso sísmico nos indica que tenemos que tomar el 25% de la carga viva, en azoteas y en techos en general se tendrá en cuenta el 25% de la carga viva.

### 4.3. Análisis estático

Los indicadores sísmicos ah emplearse en la presente están definidos la norma técnica peruana vigente E.030. del RNE.

$$V = \frac{ZUCS}{R} \cdot P$$

$$Z = 0.35$$

$$U = 1.00$$

$$C = 2.50$$

$$S = 1.05$$

$$R = 3.00$$

$$C_x = \frac{ZUCS}{R_x} = 0.306$$

$$C_y = \frac{ZUCS}{R_y} = 0.306$$

#### 4.4. Análisis dinámico

Figura 10

*Espectro de diseño*

#### ESPECTRO DE DISEÑO R.N.E. E.0.30

Distrito: Samegua	Z = 0.35
Provincia: Mariscal Nieto	U = 1
Departamento: Moquegua	S = 1.05
Categoría C	T <sub>p</sub> = 0.6
ZONA: Z3	T <sub>l</sub> = 2
Perfil de Suelo: S2	R <sub>o</sub> = 3
Sistema Estructural: Albañilería confinada	R = 3.00
Verificación de Irregularidad en Planta (I <sub>p</sub> ): 1	h <sub>n</sub> = 10.8
Irregularidad : Irregularidad en Altura (I <sub>a</sub> ): 1	C <sub>t</sub> = 60
	T = 0.18
	C = 2.5
	<b>V = 0.306</b>

T	S <sub>a</sub>
0	3.004
0.02	3.004
0.04	3.004
0.06	3.004
0.08	3.004
0.1	3.004
0.12	3.004
0.14	3.004
0.16	3.004
0.18	3.004
0.2	3.004
0.25	3.004
0.3	3.004
0.35	3.004
0.4	3.004
0.45	3.004
0.5	3.004
0.55	3.004
0.6	3.004
0.65	2.773
0.7	2.575
0.75	2.403
0.8	2.253
0.85	2.121
0.9	2.003
0.95	1.897
1	1.803
1.5	1.202
2	0.901
2.5	0.577
3	0.401
4	0.225
5	0.144
6	0.100
7	0.074
8	0.056
9	0.045
10	0.036

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

$$T_p < T < T_l \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_l \quad C = 2.5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_l}{T^2}\right)$$

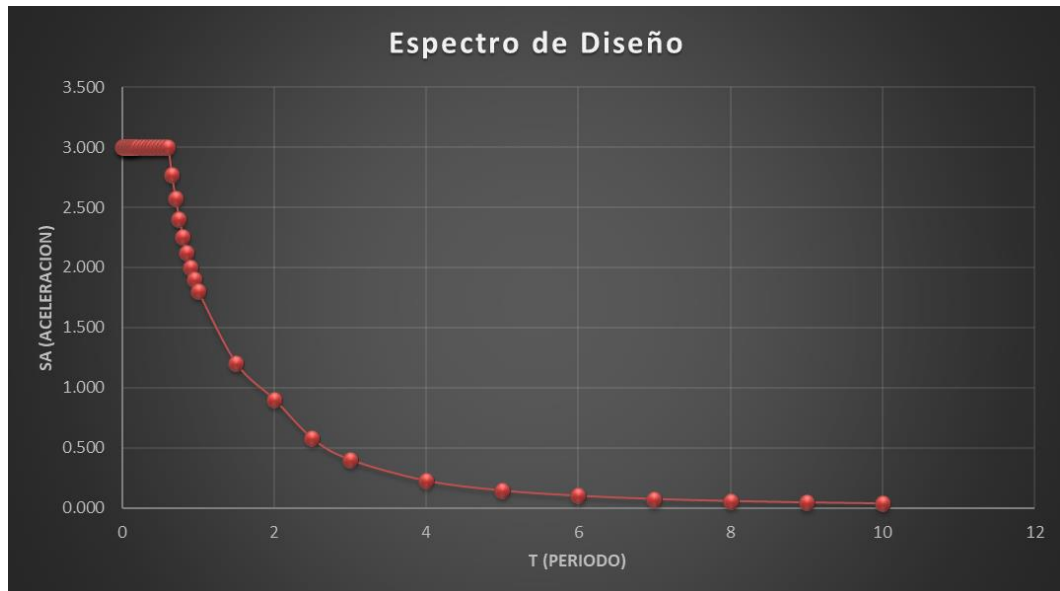
$$\frac{S_a}{g} = \frac{ZUCS}{R}$$



Nota: Reglamento nacional de Edificaciones E.030. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

**Figura 11**

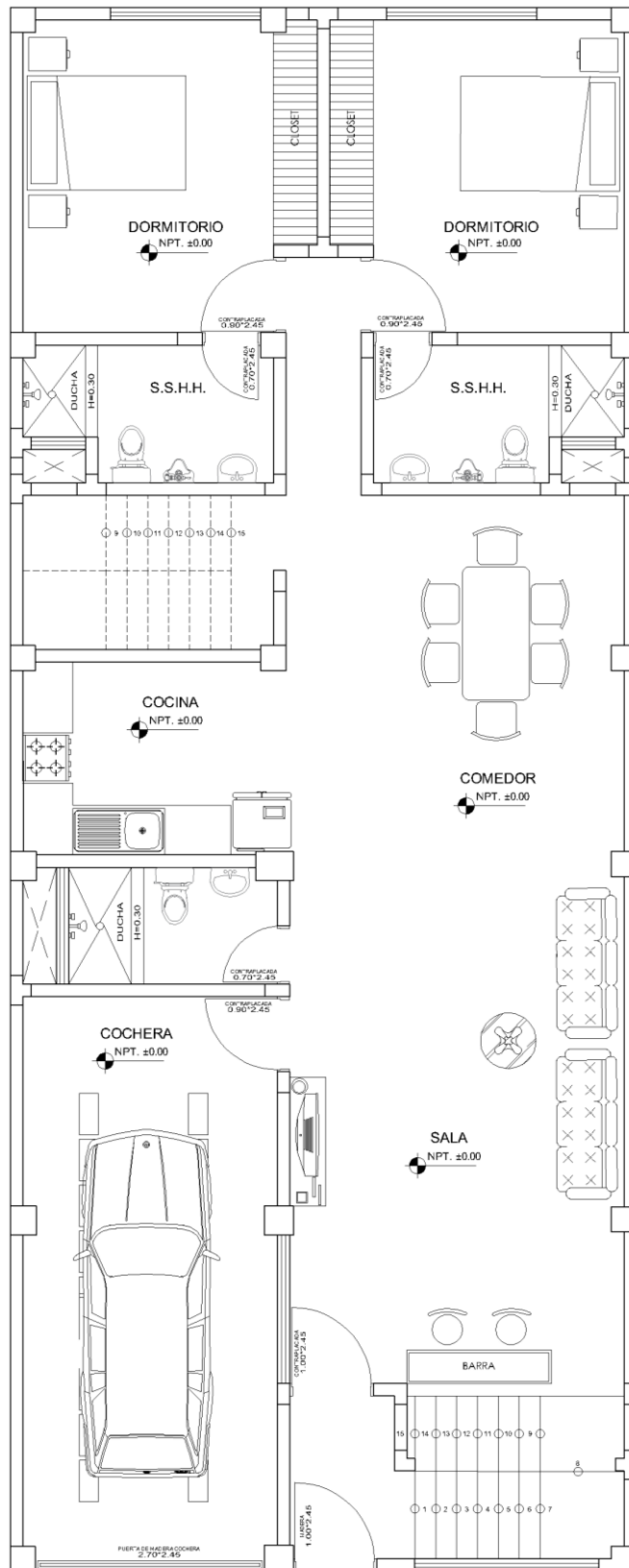
*Gráfica del espectro de diseño*



#### **4.5. Arquitectura de la edificación**

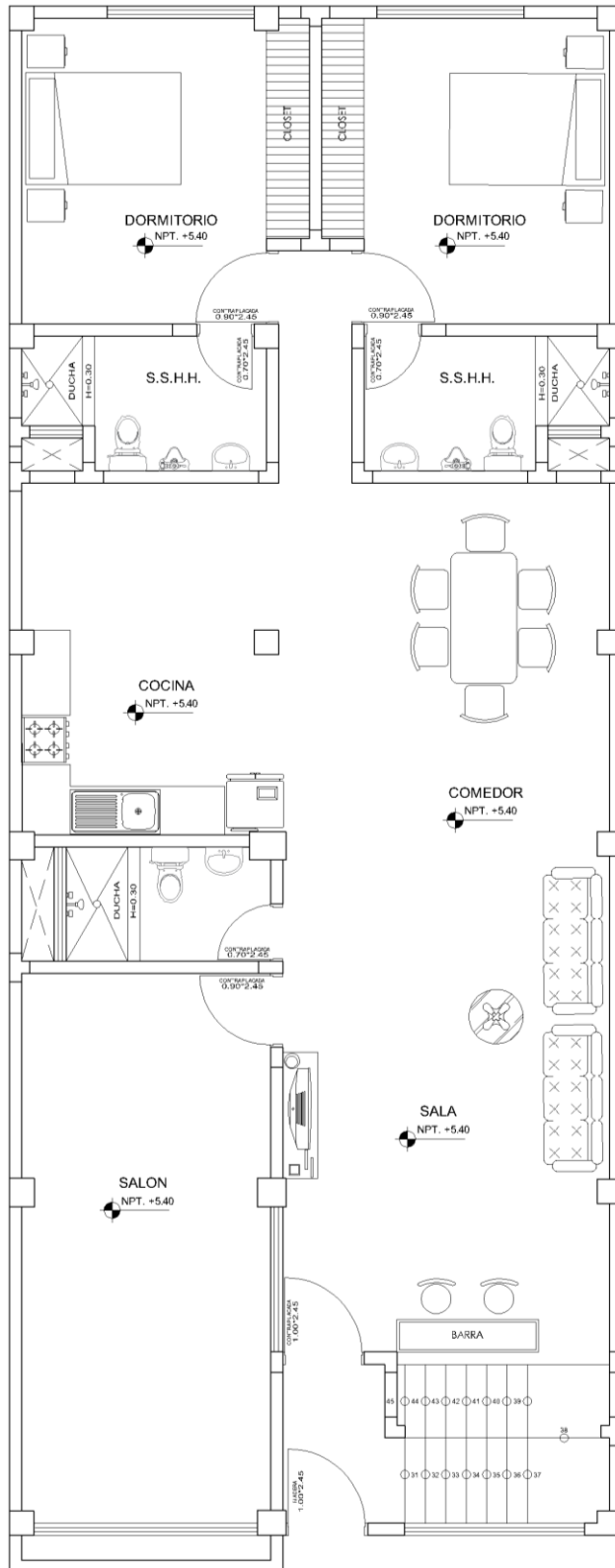
**Figura 12**

*Vista en planta del 1º nivel*



**Figura 13**

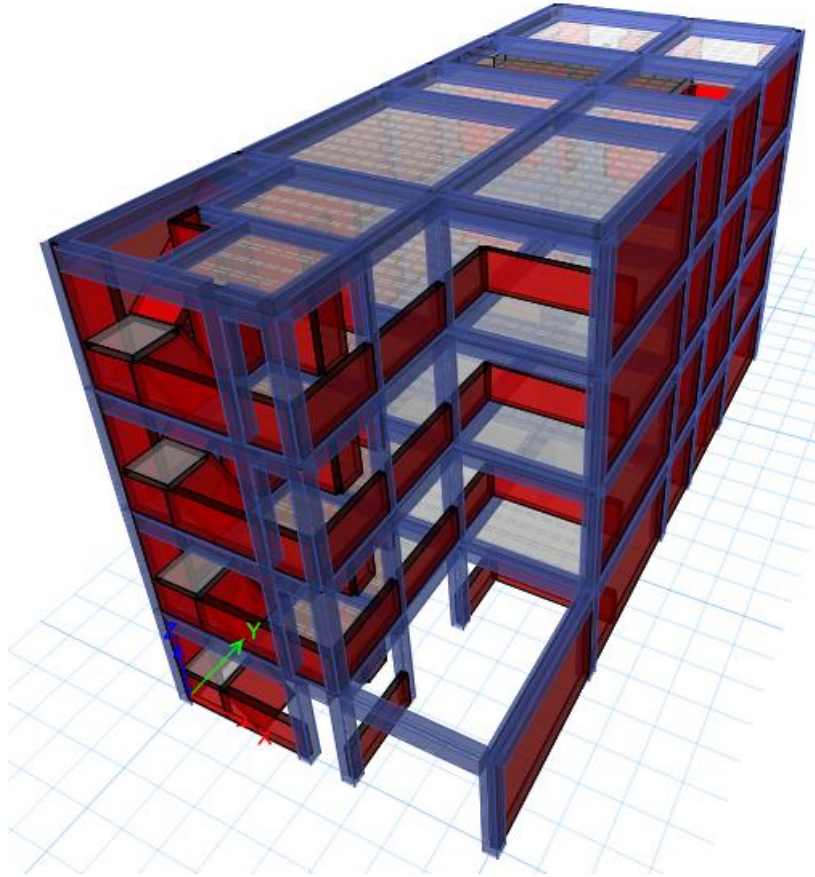
*Vista en planta de los niveles 2°, 3°, 4°*



#### 4.6. Modelo de la edificación en 3D

Figura 14

*Modelo de la edificación en ETABS*



#### 4.7. Resultados del modelo con empotramiento perfecto en la base

##### 4.7.1. Esfuerzos cortantes en el eje X.

Tabla 3

*Cortante estático en el eje X*

Story	Output Case	VX tonf	VY tonf
Story 4	SX	-44.635	0
Story 3	SX	-92.2062	0
Story 2	SX	-123.9203	0
Story 1	SX	-140.249	0



**Tabla 4***Cortante dinámico en el eje X*

Story	Output Case	VX tonf	VY tonf
Story 4	DIN XX	36.6807	3.8409
Story 3	DIN XX	74.207	7.6188
Story 2	DIN XX	99.3028	10.0776
Story 1	DIN XX	112.3992	11.3087

**Tabla 5***Cortante estático y dinámico en el eje X*

Output Case	V tonf
SX	140.25
80% SX	112.20
DIN X	112.40

**4.7.2. Esfuerzos cortantes en el eje Y.****Tabla 6***Cortante estático en el eje Y*

Story	Output Case	VX tonf	VY tonf
Story 4	SY	0	-44.635
Story 3	SY	0	-92.2062
Story 2	SY	0	-123.9203
Story 1	SY	0	-140.249

**Tabla 7***Cortante dinámico en el eje Y*

Story	Output Case	VX tonf	VY tonf
Story 4	DIN YY	3.6925	35.2019
Story 3	DIN YY	7.4103	73.6952
Story 2	DIN YY	9.9661	100.3262
Story 1	DIN YY	11.3087	114.3997

**Tabla 8***Cortante estático y dinámico en el eje Y*

Output Case	V tonf
SY	140.25
80% SY	112.20
DIN Y	112.40

**4.8. Desplazamientos laterales relativos admisibles**

Según la NTP E 0.30, los resultados de las limitaciones en relación a las distorsiones de entepiso han de ser evaluadas por el artículo 4.6 de la norma.

**Tabla 9***Límites para la distorsión de entepiso*

Material Predominante	( $\Delta_f / h_{ei}$ )
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

*Nota:* Reglamento nacional de Edificaciones E.030. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

**Tabla 10***Distorsión en el eje X*

Story	Output Case	Step Type	Direction	VY tonf
Story 4	DESP XX	Max	X	0.00031
Story 3	DESP XX	Max	X	0.00040
Story 2	DESP XX	Max	X	0.00044
Story 1	DESP XX	Max	X	0.00031
Máxima distorsión angular elástica =				0.00044
Distorsión angular inelástica =				0.00098

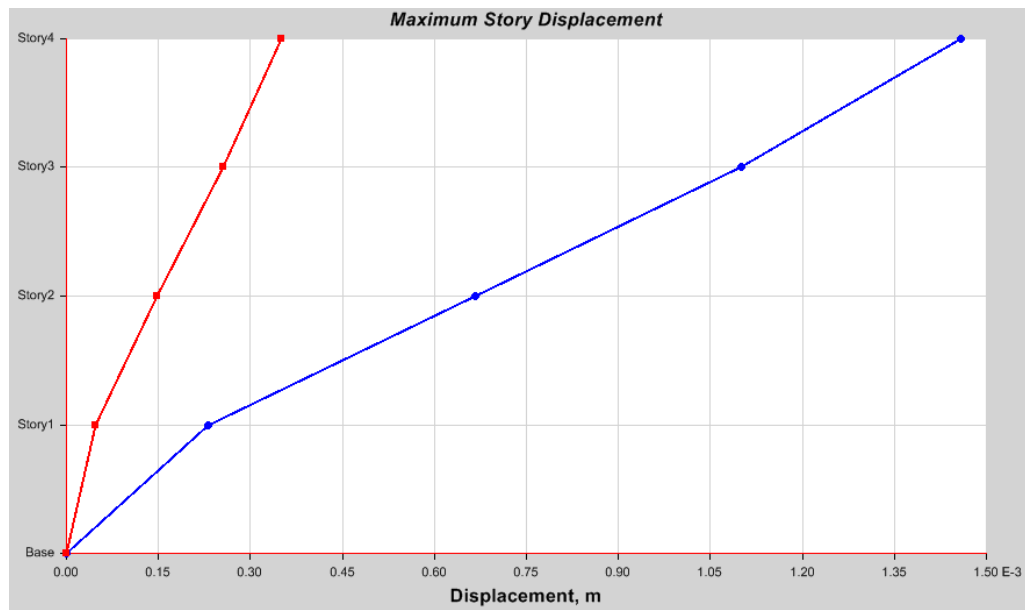
**Tabla 11**

*Distorsión en el eje Y*

Story	Output Case	Step Type	Direction	VY tonf
Story 4	DESP YY	Max	Y	0.00007
Story 3	DESP YY	Max	Y	0.00008
Story 2	DESP YY	Max	Y	0.00008
Story 1	DESP YY	Max	Y	0.00006
Máxima distorsión angular elástica =				0.00008
Distorsión angular inelástica =				0.00018

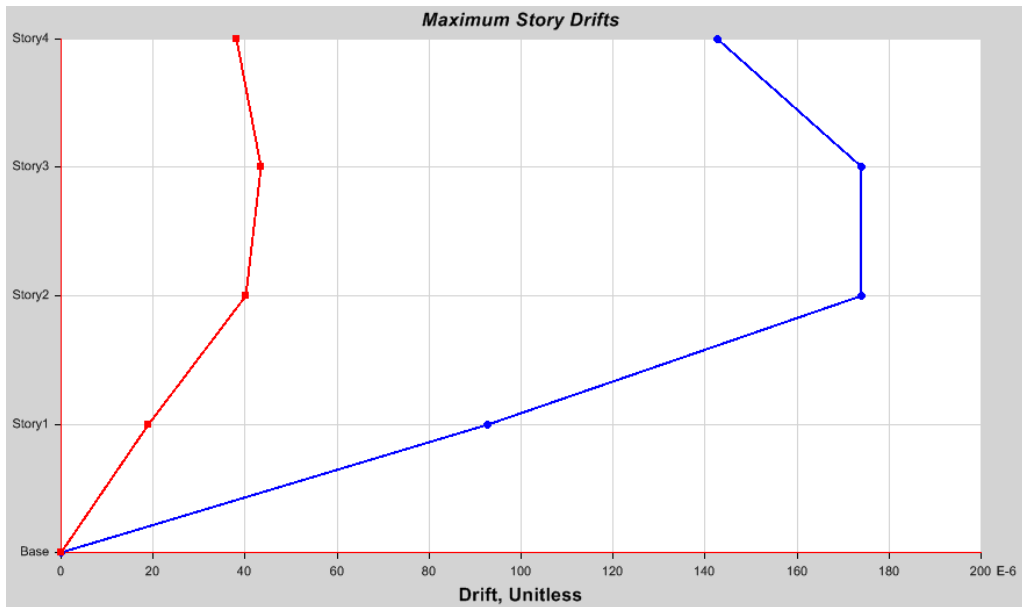
**Figura 15**

*Gráfico del desplazamiento máximo*



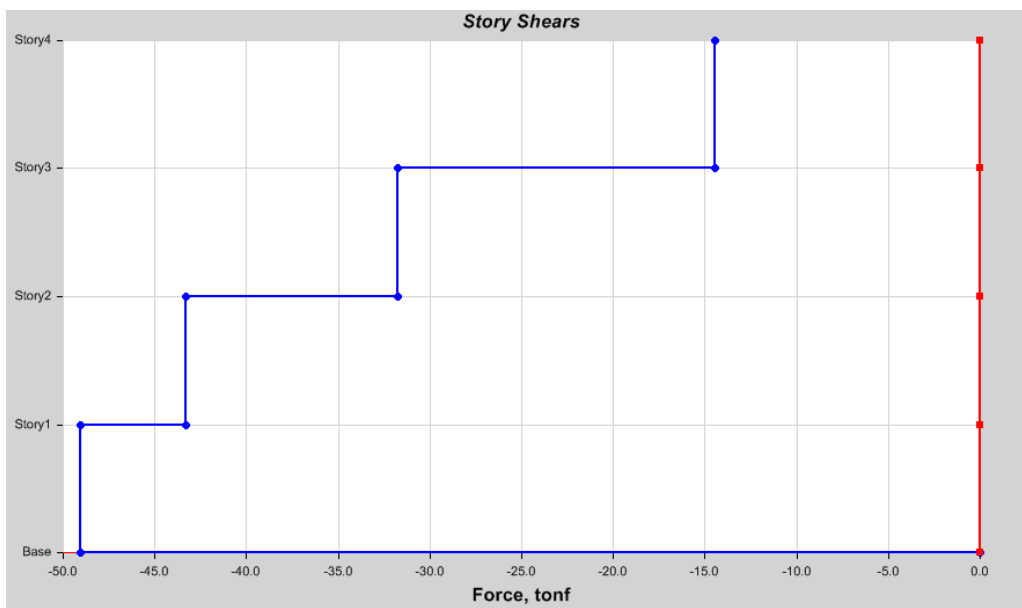
**Figura 16**

*Gráfico de los drifts máximos*



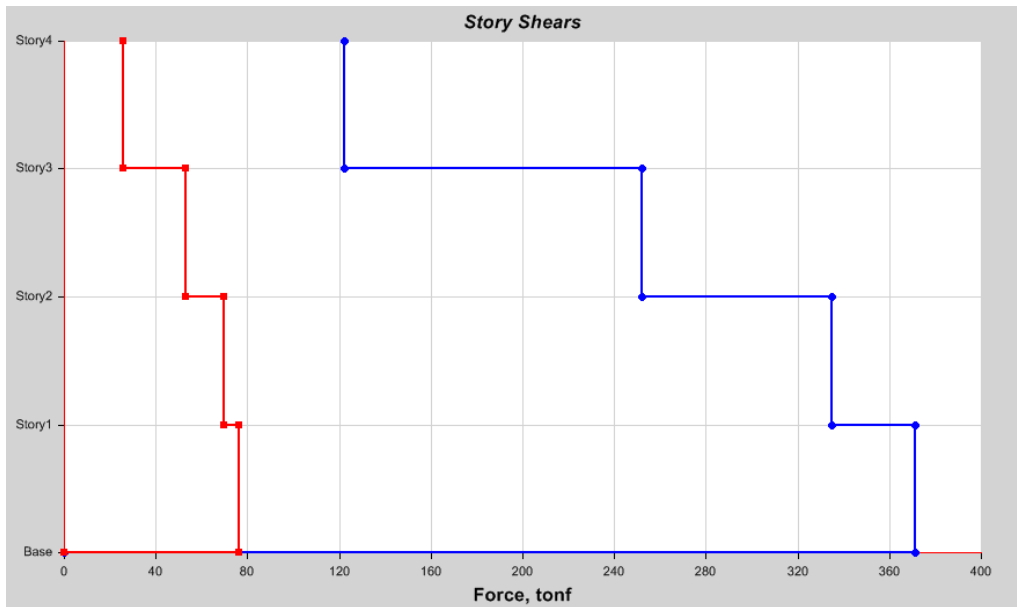
**Figura 17**

*Cortante estático en X*



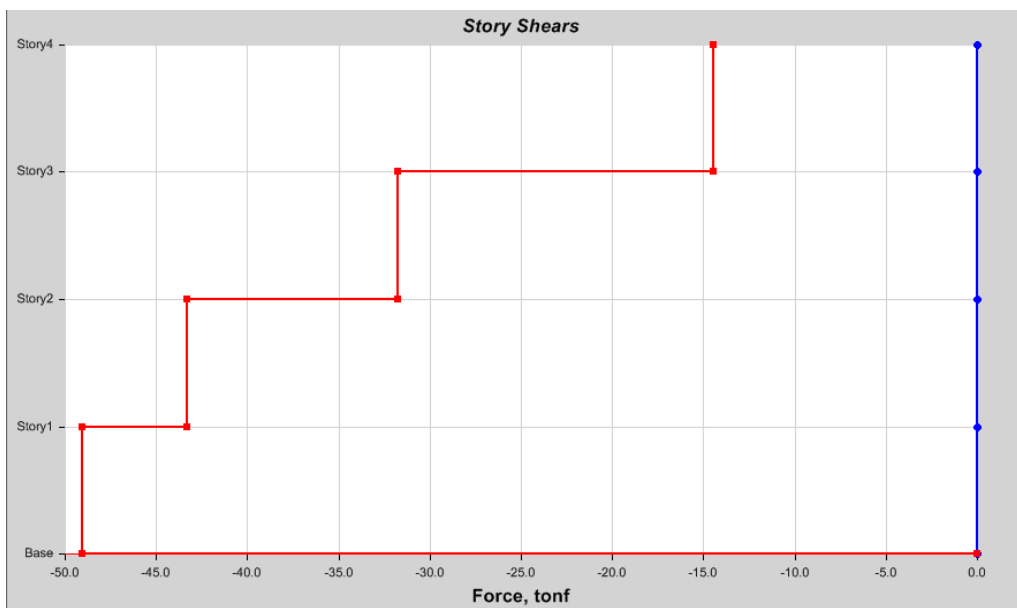
**Figura 18**

*Cortante dinámico en X*



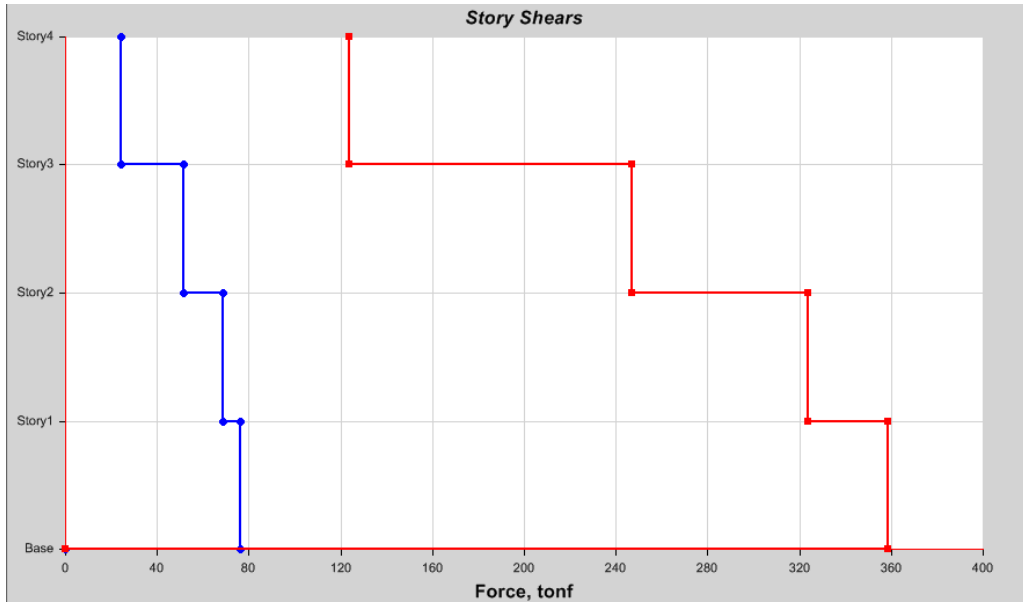
**Figura 19**

*Cortante estático en Y*



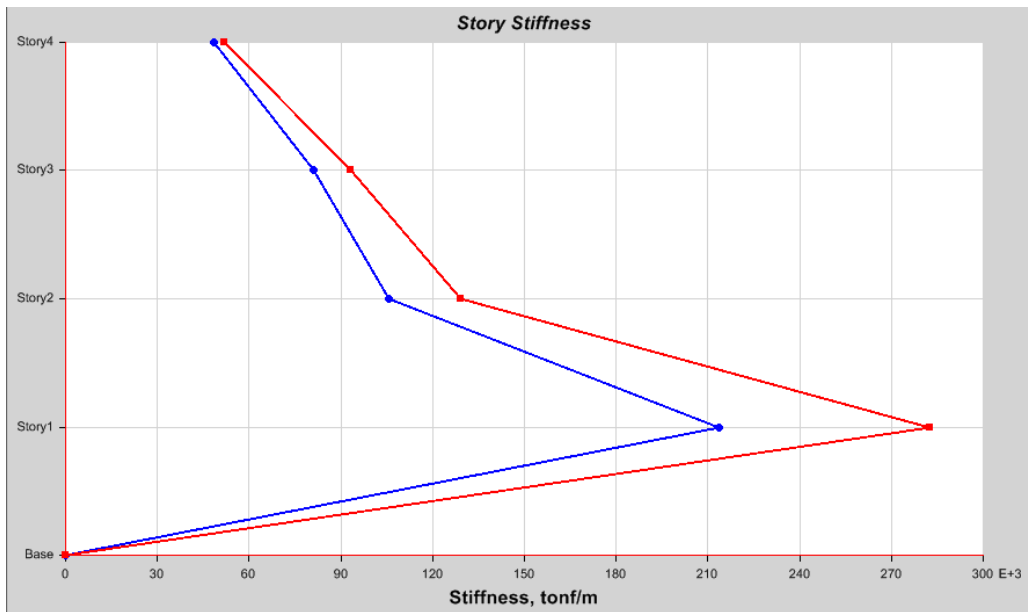
**Figura 20**

*Cortante dinámico en Y*



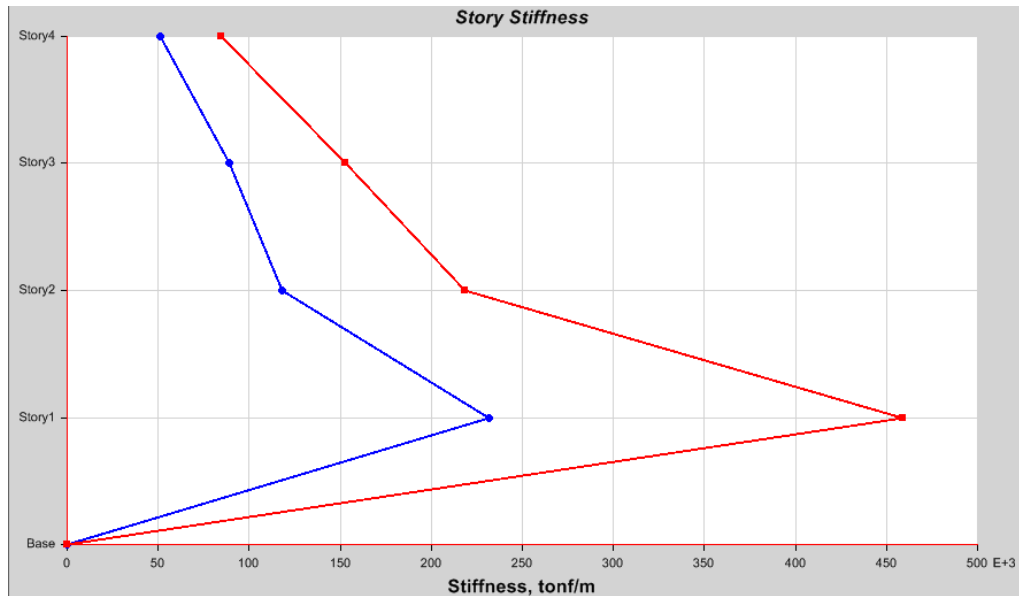
**Figura 21**

*Rigidez en el eje X*



**Figura 22**

*Rigidez en el eje Y*



#### 4.9. Resultados del modelo considerando la interacción suelo-estructura

##### 4.9.1. Características geotécnicas.

Los rasgos geotécnicos del terreno de fundación se adquirieron del estudio de mecánica de suelos ejecutado en la zona del proyecto.

**Figura 23**

*Características geotécnicas del suelo*

C1	Df Profundidad (m)	B ancho cimentacion (m)	Peso unitario ton/m <sup>3</sup>	Ang. friccion	Cohesion ton/m <sup>2</sup>	Nc	Nq	Nγ	Qa kg/cm <sup>2</sup>
Zapata B (m)	1.50	1.50	1.83	33.70	0.02	23.31	11.37	7.05	2.20
	2.00	1.50	1.83	33.70	0.02	23.31	11.37	36.89	2.20
	2.50	1.50	1.83	33.70	0.02	23.31	11.37	36.89	2.21
	3.00	1.50	1.83	33.70	0.02	23.31	11.37	36.89	2.22
1.50	3.50	1.50	1.83	33.70	0.02	23.31	11.37	36.89	2.22

A nivel de fondo de zapata  
 Angulo de friccion 33.70  
 Peso unitario (ton/m<sup>3</sup>) 1.83  
 Asentamiento menor a 1"   
 Cohesion (t/m<sup>2</sup>) 0.02

Baja plasticidad humedad media  
 Capacidad Portante (kg/cm<sup>2</sup>) 2.22  
 Fondo de cimentacion (m) 2.80

*Nota:* TECN (2022).

**Tabla 12***Asentamiento admisible del suelo*

<b>C1</b>	<b>Relación de Poisson <math>\mu</math></b>	<b>Factor de Forma if (cm/m)</b>	<b>Modulo de Elasticidad Es (tonf/nf)</b>	<b>Asentamiento (cm)</b>
	0.15	1.20	8000	0.41

*Nota: TECN (2022).***4.9.2. Coeficientes de Rigidez y Amortiguamiento.****Tabla 13***Características de la cimentación*

Características del concreto		
$\gamma_c$	=	2.4 T/m <sup>3</sup>
$g$	=	9.81 m/s <sup>2</sup>
Características geotécnicas		
$E_s$	=	1529.57 T/m <sup>2</sup>
$\rho_s$	=	0.4 T.s <sup>2</sup> /m <sup>4</sup>
$\mu_s$	=	0.15
$q_a$	=	1.82 kg/cm <sup>2</sup>
Propiedades de la cimentación		
$b_o$	=	1 m <sup>(-1)</sup>
$A(10)$	=	10 m <sup>2</sup>
$L_x$	=	1.2 m
$L_y$	=	1.2 m
$e$	=	0.6 m
$A$	=	1.44 m <sup>2</sup>
$I_x$	=	0.17 m <sup>4</sup>
$I_y$	=	0.17 m <sup>4</sup>
$I_z$	=	0.35 m <sup>4</sup>

*Nota: TECN (2022).***Tabla 14***Coeficientes de Rigidez*

<b>Coeficiente</b>		<b>Rigidez</b>
$K_x$	=	5604.84 T/m
$K_y$	=	5604.84 T/m
$K_z$	=	8006.91 T/m
$K_{\phi x}$	=	1921.66 T/m
$K_{\phi y}$	=	1921.66 T/m
$K_{\phi z}$	=	1921.66 T/m



**Tabla 15***Características de amortiguación relativa para las vibraciones verticales*

Características de amortiguación		Vibraciones verticales
$\gamma_{ts}$	=	1
$\rho_m$	=	18.2 T/m <sup>2</sup>
$\beta_z$	=	0.246

**Tabla 16***Amortiguaciones relativas para las vibraciones horizontales y rotacionales*

Amortiguaciones relativas		Vibraciones horizontales y rotacionales
$B_x$	=	0.148
$B\phi_x$	=	0.123
$B\phi_y$	=	0.123
$B\Psi_z$	=	0.074

**Tabla 17***Masas de la cimentación*

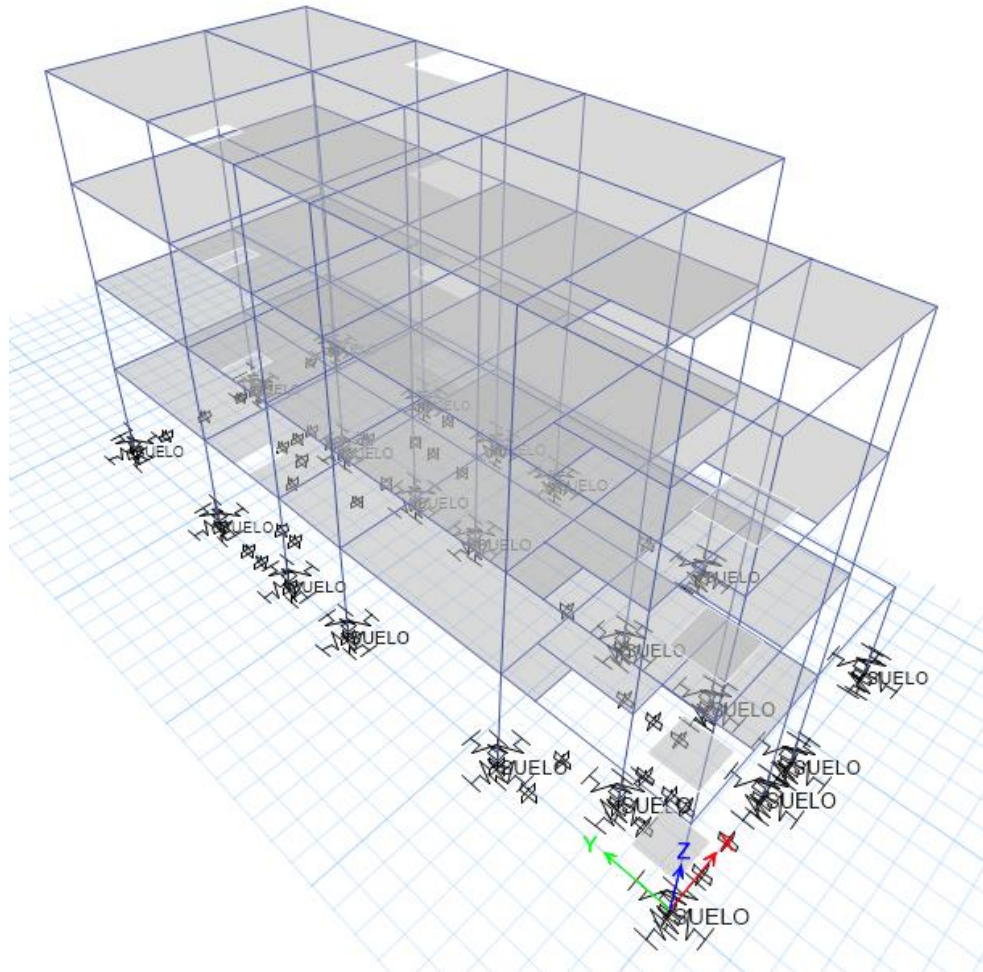
Masas de cimentación		
$M_t$ $M_x$ $M_y$ $M_z$	=	0.21 T.s <sup>2</sup> /m
$M\phi_x$	=	0.04 T.s <sup>2</sup> /m
$M\phi_y$	=	0.04 T.s <sup>2</sup> /m
$M\Psi_z$	=	0.05 T.s <sup>2</sup> /m

**Tabla 18***Coefficientes de Amortiguamiento*

Coefficientes de Amortiguamiento		
$B_x$	=	10.16 T.s/m
$B_z$	=	20.23 T.s/m
$B\phi_x$	=	2.27 T.s/m
$B\phi_y$	=	2.27 T.s/m
$B\Psi_z$	=	1.46 T.s/m

**Figura 24**

*Asignación de los coeficientes de rigidez en la estructura*



### 4.9.3. Esfuerzos cortantes en el eje X.

**Tabla 19**

*Cortante estático en el eje X*

<b>Table: Story Forces</b>							
Story	Output Case	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story 4	SX	0	-44.635	0	473.9505	0	-120.5145
Story 3	SX	0	-92.2062	0	977.167	0	-369.4713
Story 2	SX	0	-123.9203	0	1312.6446	0	-704.0562
Story 1	SX	0	-140.249	0	1481.5096	0	-1082.7286

**Tabla 20**

*Cortante dinámico en el eje X*

<b>Table: Story Forces</b>							
Story	Output Case	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story 4	DIN XX	0	36.6807	3.8409	318.0247	10.3705	99.0379
Story 3	DIN XX	0	74.2072	7.6188	641.9802	30.7154	297.3201
Story 2	DIN XX	0	99.3028	10.0776	860.6175	57.4465	560.2125
Story 1	DIN XX	0	112.39929	11.3087	972.6206	87.3716	856.5443

**Tabla 21**

*Cortante estático y dinámico en el eje X*

Output Case	V tonf
80% VX =	112.20
DIN X =	112.40
<b>OK</b>	

### 4.9.4. Esfuerzos cortantes en el eje Y.

**Tabla 22**

*Cortante estático en el eje Y*

<b>Table: Story Forces</b>							
Story	Output Case	P tonf	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m	MY tonf-m
Story 4	SY	0	0	-44.635	-161.6088	120.5145	0
Story 3	SY	0	0	-92.2062	-333.2487	369.4713	0
Story 2	SY	0	0	-1239203	-447.6754	704.0562	0
Story 1	SY	0	0	-140.249	-508.4192	1082.7286	0

**Tabla 23***Cortante dinámico en el eje Y*

<b>Table: Story Forces</b>							
<b>Story</b>	<b>Output Case</b>	<b>P tonf</b>	<b>VX tonf</b>	<b>VY tonf</b>	<b>T tonf-m</b>	<b>MX tonf-m</b>	<b>MY tonf-m</b>
Story 4	DIN YY	0	3.6925	35.2019	126.5457	95.0451	9.9698
Story 3	DIN YY	0	7.4103	73.6952	258.4265	292.5044	29.7075
Story 2	DIN YY	0	9.9661	100.3262	348.1731	559.1748	55.9724
Story 1	DIN YY	0	11.3087	114.3997	395.8107	862.0954	85.7331

**Tabla 24***Cortante estático y dinámico en el eje Y*

<b>Output Case</b>	<b>V tonf</b>
80% VY =	112.20
DIN Y =	112.40
<b>OK</b>	

**4.10. Desplazamientos laterales relativos admisibles**

Los lineamientos de las restricciones a razón de las distorsiones de entrepiso se evaluarán según lo detallado en el artículo 4.6 de la NTP E 0.30.

**Tabla 25***Límites para la distorsión de entrepiso*

<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_f / h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

*Nota:* Reglamento nacional de Edificaciones E.030. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).

**Tabla 26**

*Distorsión en el eje X*

<b>Table: Story Drifts</b>						
Story	Output Case	Direction	Drift	X m	Y m	Z m
Story 4	DESP XX	X	0.00031	1.05	0	10.8
Story 3	DESP XX	X	0.00040	1.05	0	8.1
Story 2	DESP XX	X	0.00044	1.05	0	5.4
Story 1	DESP XX	X	0.00031	1.05	0	2.7
Máxima distorsión angular elástica			0.00044			
Distorsión inelástica (regular)			0.00098			

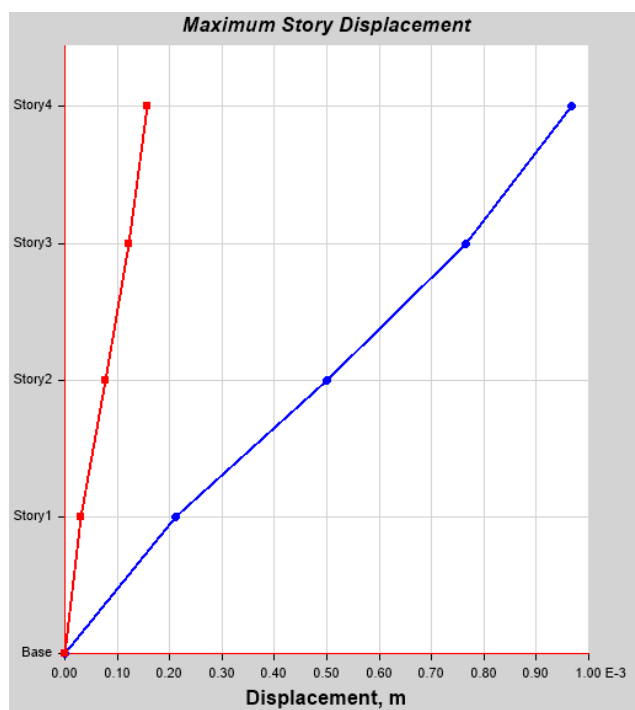
**Tabla 27**

*Distorsión en el eje Y*

<b>Table: Story Drifts</b>						
Story	Output Case	Direction	Drift	X m	Y m	Z m
Story 4	DESP YY	Y	0.00007	7.35	13.05	10.8
Story 3	DESP YY	Y	0.00008	7.35	11.13	8.1
Story 2	DESP YY	Y	0.00008	7.35	13.05	5.4
Story 1	DESP YY	Y	0.00006	7.35	13.05	2.7
Máxima distorsión angular elástica			0.00044			
Distorsión inelástica (regular)			0.00098			

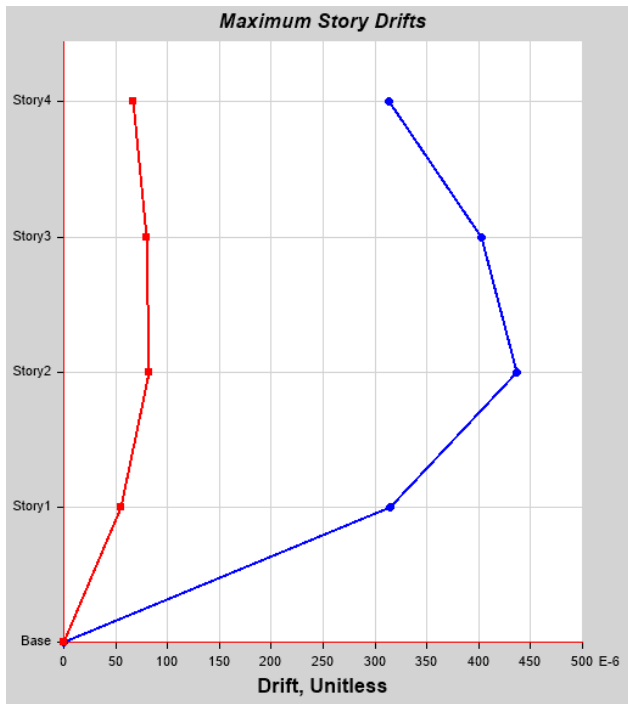
**Figura 25**

*Gráfico del desplazamiento máximo*



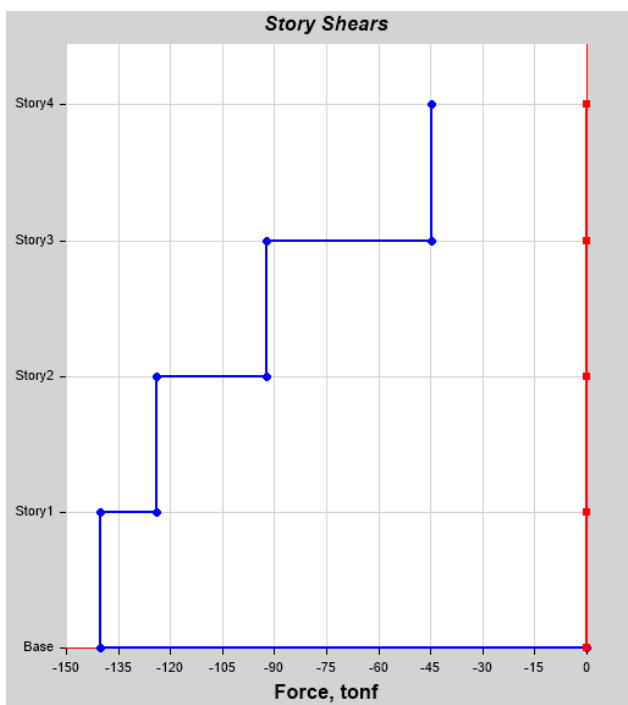
**Figura 26**

*Gráfico de los drifts máximos*



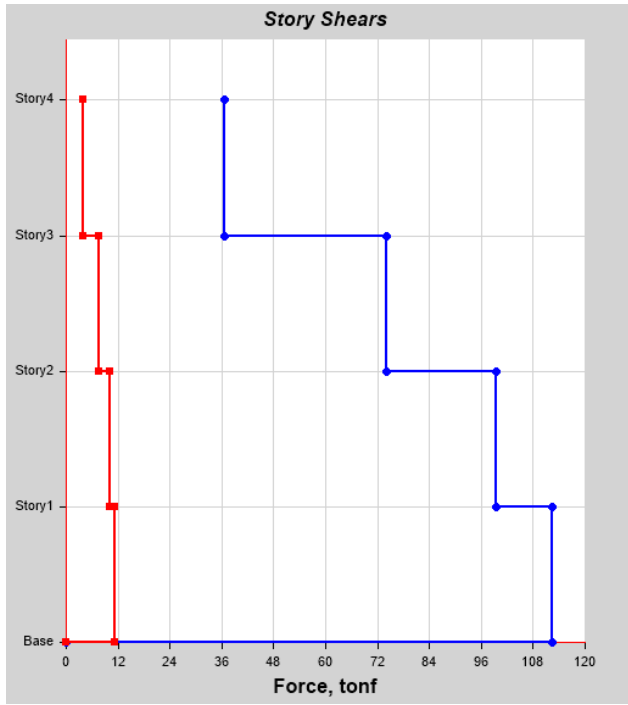
**Figura 27**

*Cortante estático en X*



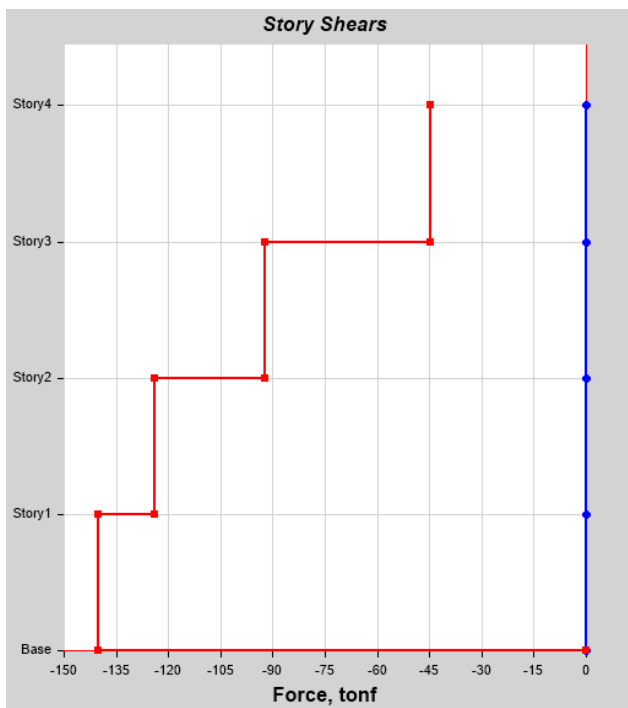
**Figura 28**

*Cortante dinámico en X*



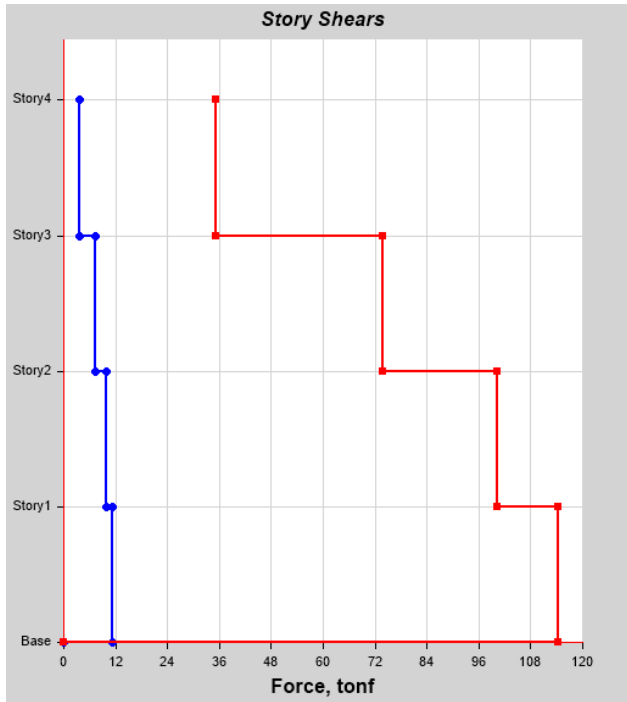
**Figura 29**

*Cortante estático en Y*



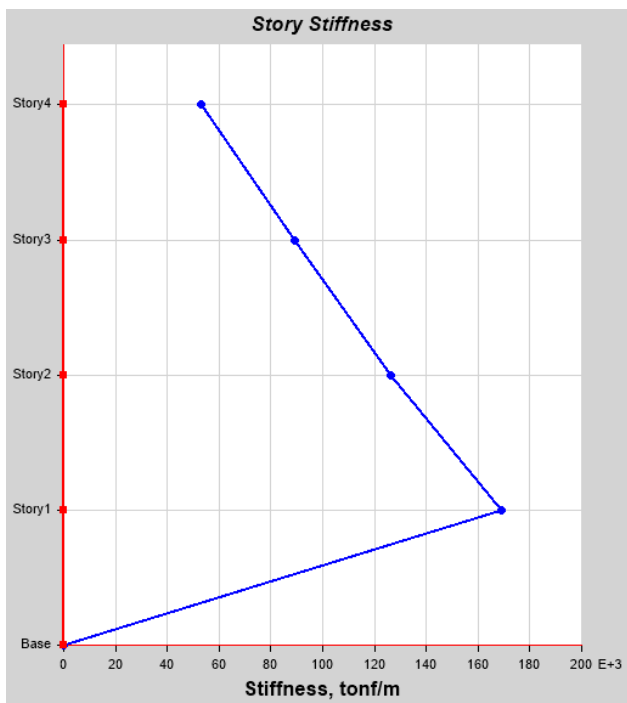
**Figura 30**

*Cortante dinámico en Y*



**Figura 31**

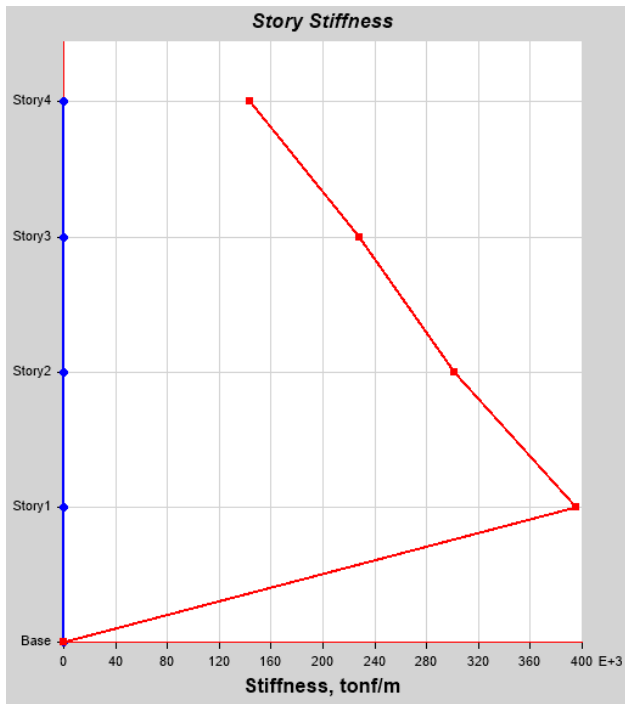
*Rigidez en el eje X*





**Figura 32**

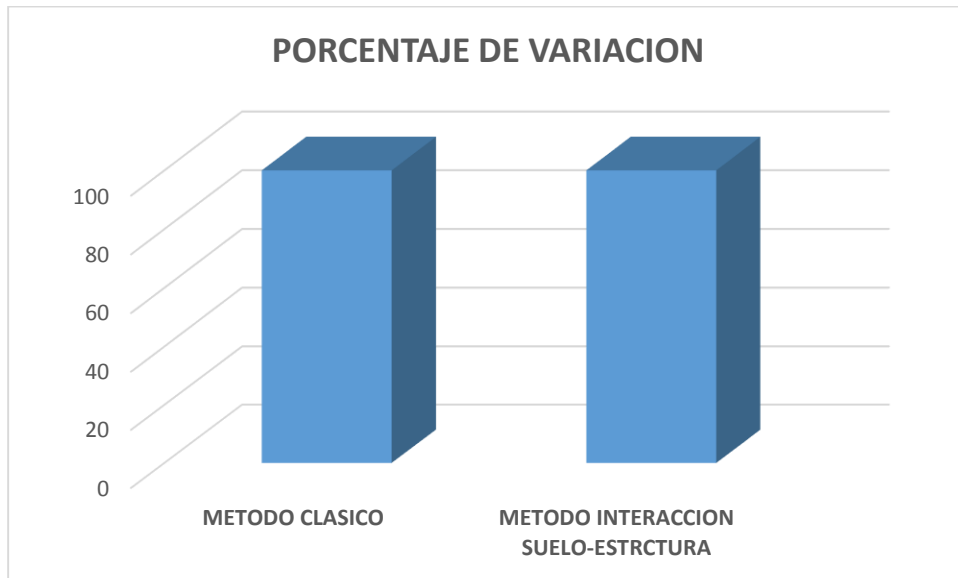
*Rigidez en el eje Y*



En el sentido X no se mostraron variaciones en porcentaje en cuanto a los drifts, tal como se muestra en la figura 48, obteniéndose un drift de 0.00098 con el método clásico y un drift de 0.00098 con el método considerando la acción recíproca del suelo estructura.

**Figura 33**

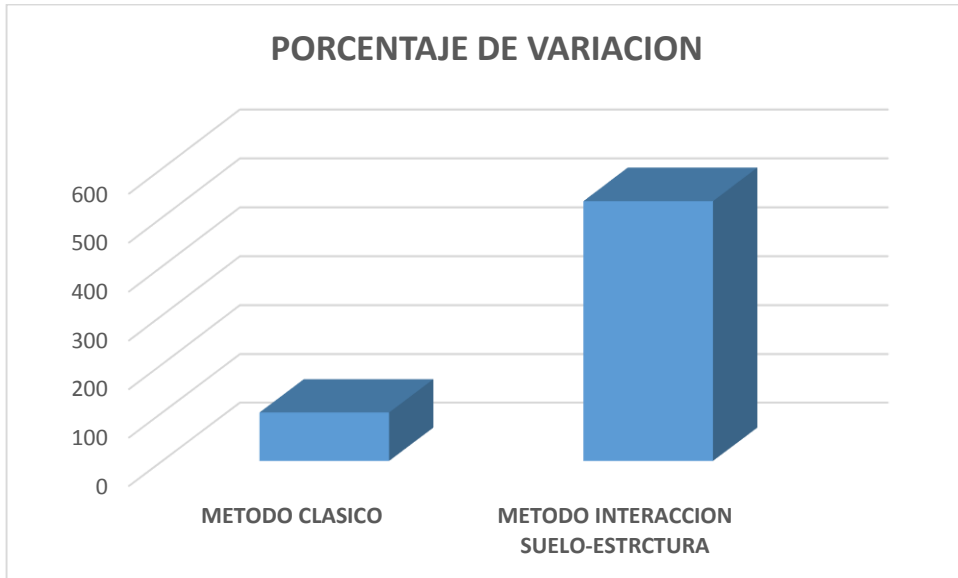
*Porcentaje de drifts en el sentido X*



En el sentido Y se mostraron variaciones considerables incrementándose en un porcentaje de 253.93% en cuanto al drift, tal como se muestra en la figura 49, obteniéndose un drift de 0.00018 con el método clásico y un drift de 0.00098 con el método considerando la influencia recíproca del suelo estructura.

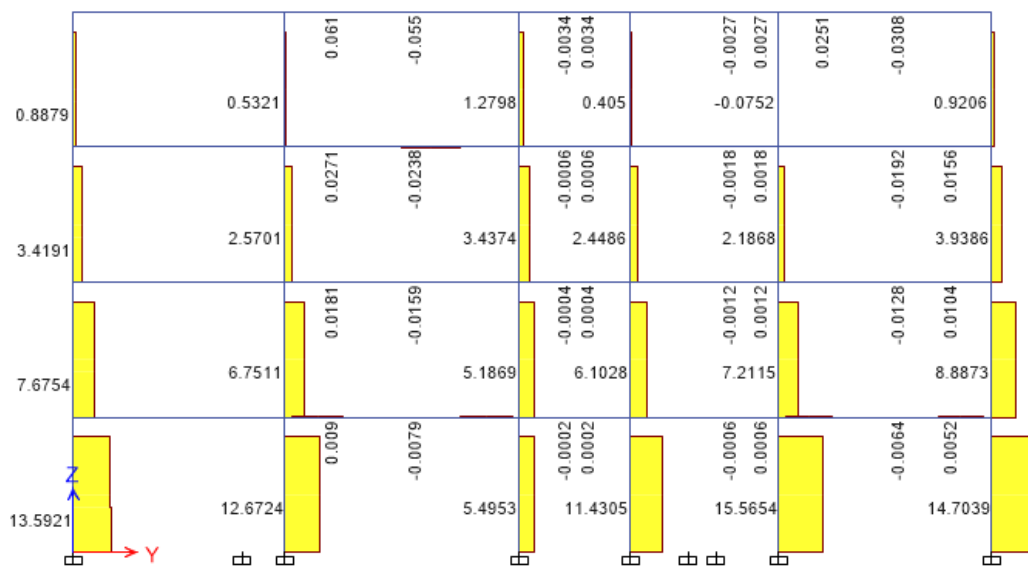
**Figura 34**

*Porcentaje de drifts en el sentido Y*



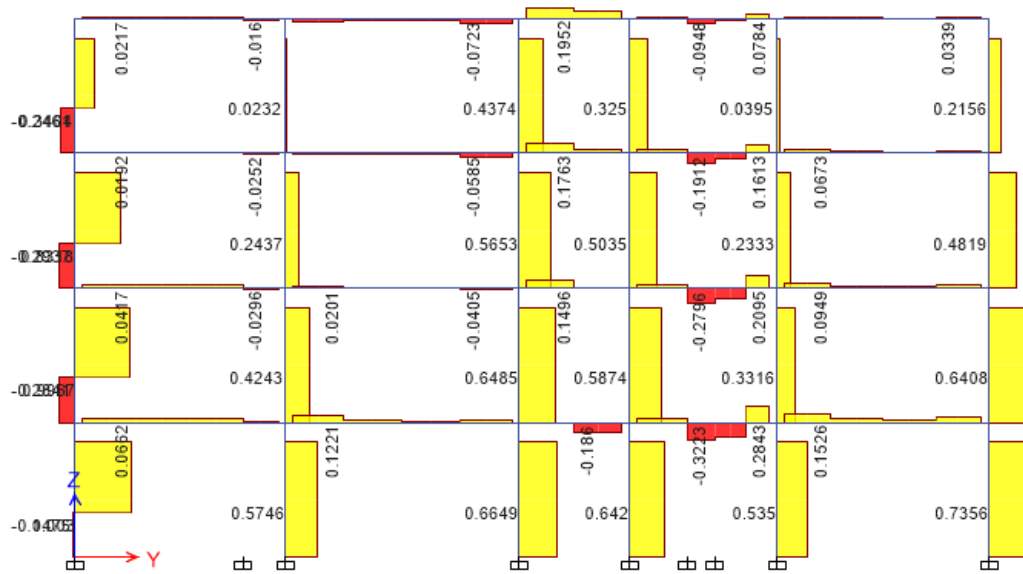
**Figura 35**

*Esfuerzos axiales método clásico*



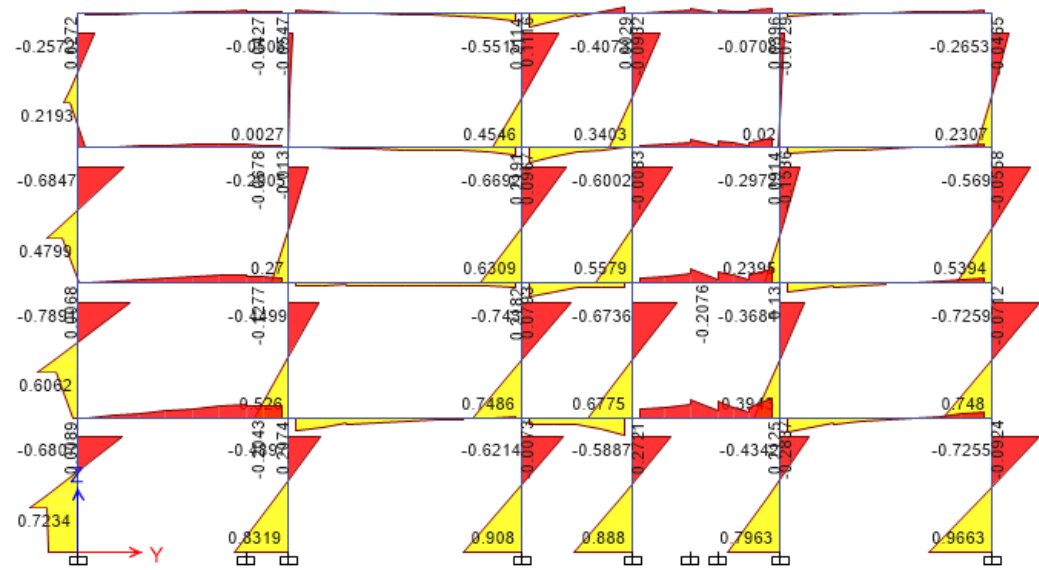
**Figura 36**

*Esfuerzos cortantes método clásico*



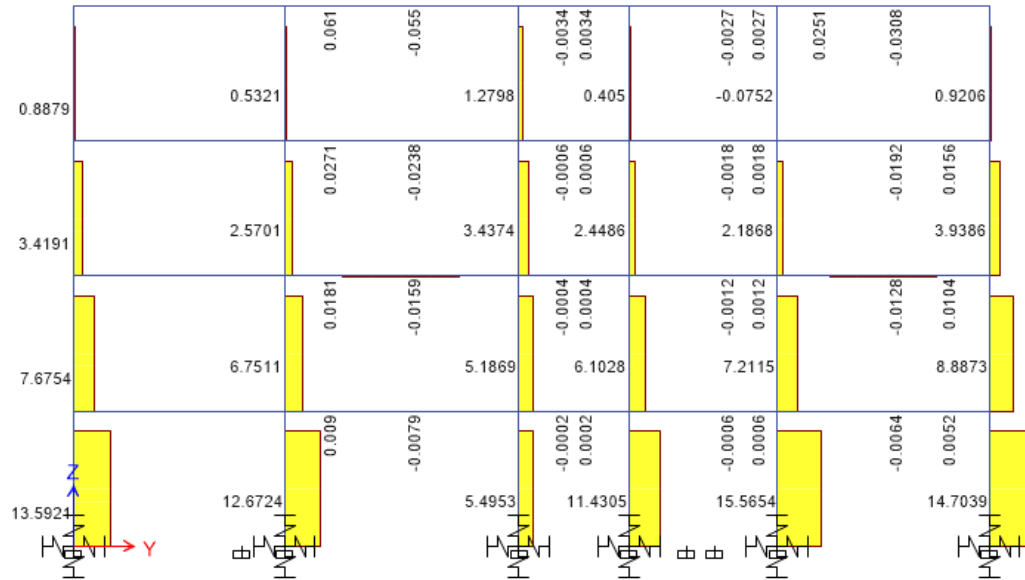
**Figura 37**

*Momentos flectores método clásico*



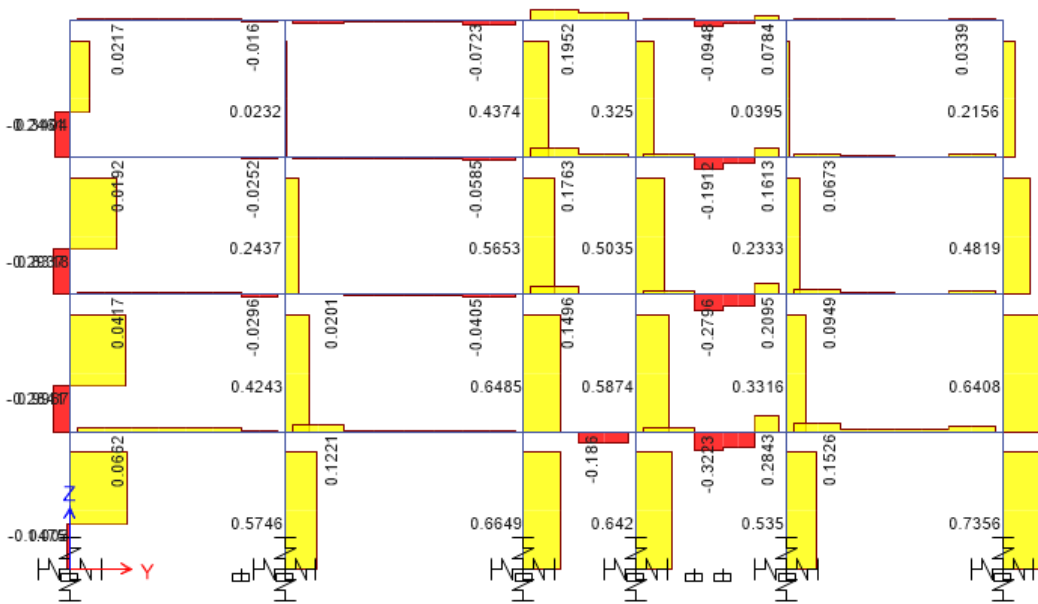
**Figura 38**

*Esfuerzos axiales*



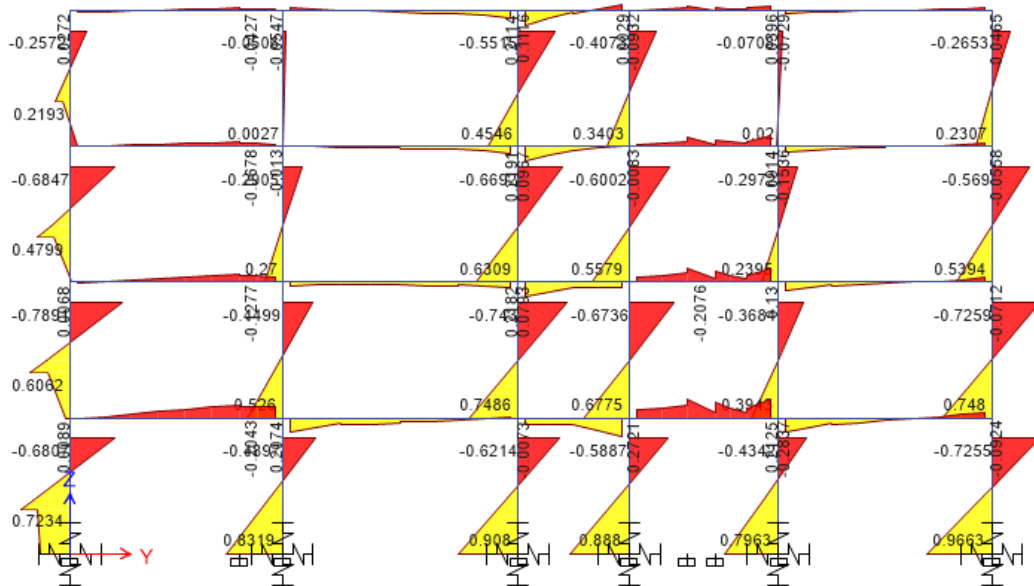
**Figura 39**

*Esfuerzos cortantes*



**Figura 40**

*Momentos flectores*



#### **4.11. Contrastación de hipótesis**

*a. Se ha proyectado en la primera hipótesis, en la cual se especifica lo siguiente:*

“Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación son adecuadas para el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.” De acuerdo con el estudio Sísmico desglosado en el cuarto capítulo de la presente indagación se expone que considerar las tipologías del suelo de fundación en el modelo matemático tiene relevancia en diseño sísmico de una edificación según la figura 33 y figura 34 para el método clásico considerando la base de la edificación perfectamente empotrada y la figura 38 y figura 39 para el modelo considerando la interacción suelo estructura

*b. Se ha proyectado en la segunda hipótesis, en la cual se especifica lo siguiente:*

“Existe un método para realizar el análisis sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.”

Según lo desglosado en el cuarto capítulo de la presente, se logra demostrar que existe un método para calcular los coeficientes de rigidez del suelo y plasmarlo en el diseño matemático de la edificación, según lo mostrado en la tabla 2, tabla 3, tabla 4, tabla 5, tabla 6, y la tabla 7, para modelarlo en el software de análisis estructural, así como en la figura 32.

*c. Se ha proyectado en la tercera hipótesis, en la cual se especifica lo siguiente:*

“Los resultados obtenidos de desplazamientos y esfuerzos entre el método tradicional empotrado y el método considerando la rigidez del suelo varían en un 80% para las edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022”. En el sentido Y se incrementando en un porcentaje de 253.93% en cuanto a la deriva tal como se muestra en la figura 49, obteniéndose una deriva de 0.00018 con el método clásico y una deriva de 0.00098 con el método considerando la interacción suelo estructura.

#### **4.12. Discusión de resultados**

- 1) Según la investigación realizada por Garces, en la investigación titulada: análisis estructural de interacción suelo estructura y el sismorresistente realizado en una construcción de concreto armado, Pativilca 2019. Llego a la conclusión que la aplicación de la interacción suelo estructura a una edificación sobre los perfiles de suelo S1 y S2 aumentan las derivas llegando a concluir que las derivas aumentan de 0.00018 a 0.00098 analizado en el sentido Y según

la figura 39, en el sentido X las derivas no aumentaron manteniendo el valor de 0.00098 debido a la rigidez que la edificación presenta en ese sentido, considerando un suelo del tipo S2.

- 2) Según la investigación realizada por Molina & Moran, en la investigación titulada: Análisis numérico de la interacción suelo-pilote-estructura para suelos blandos en la ciudad de Guayaquil. Llego a la conclusión que los momentos y cortantes son mayores debido a que predominan los estratos de arcillas blandas, se puede decir que el pilote tendrá mayores sollicitaciones en suelos arcillosos. llegando a concluir que los esfuerzos axiales, esfuerzos cortantes y momentos flectores se mantuvieron sin aumentar su valor, según la figura 50, la figura 51, la figura 52, la figura 53, la figura 54 y la figura 55



## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

Después de haberse ejecutado el análisis sísmico de edificaciones considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022, se llegó a las siguientes conclusiones.

**Primera.** La actual averiguación se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido a la norma técnica E.030 es así como una vez realizado el modelado de la vivienda de cuatro niveles se procedió a su análisis sísmico y dinámico, y de acuerdo con los resultados que se obtuvieron se determina que la proposición exhibida si desempeña con los factores determinados en la respectiva norma.

**Segunda.** Se logró efectuar el diseño sísmico de una construcción ubicada en el distrito de Samegua con un sistema estructural de albañilería confinada, aplicando todas las exigencias que establece la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente, donde se llegó a controlar los límites para derivas máximas exigidas.

**Tercera.** Se logro determinar en base al estudio de suelos los coeficientes de rigidez para incluirlo en el software de análisis estructural en base a la recomendación de la Norma Rusa.

**Cuarta.** Se concluye que con la aplicación del método de interacción suelo estructura, las derivas aumentan hasta en un 253.93%.

## **5.2. Recomendaciones**

**Primera.** Una construcción de albañilería confinada corresponderá desempeñar con todas los requerimientos estipulados en la Norma Técnica Peruana, siguiendo cuidadosamente lo especificado en las normas E.030 y E.060 respectivamente.

**Segunda.** Se recomienda utilizar el método de interacción suelo estructura en el diseño de edificaciones debido a que se puede observar una conducta más conforme con la situación de las edificaciones

**Tercera.** Seguir los pasos y procedimientos desarrollados en la actual indagación para el diseño de edificaciones considerando la acción mutua entre suelo estructura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, J. & Covinos, M. (2020). *Diseño y metodología de la investigación*. Arequipa: Enfoques Consulting EIRL.
- Arispe, C., Yangall, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L. & Arellano, C., (2020). *La investigación científica, una aproximación para los estudios de posgrado*. Ecuador: Universidad Nacional de Ecuador.
- Arquiñego, J. & Velásquez, N. (2020). *Evaluación de la interacción suelo estructura en una edificación de 4 pisos en el distrito de cercado de Lima* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú. Lima, Perú.
- Bernal, A. (2019). *Modelamiento numérico del comportamiento de suelos blandos en Bogotá, aplicado a la excavación del metro* (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia.
- Castro, C. & Pérez, G. (2020). *Análisis de la interacción suelo-estructura estática para una edificación regular de hormigón armado y 3 tipos de suelos* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador.
- Garces, L. (2019). *Análisis estructural de interacción suelo estructura y el sismorresistente aplicado en una edificación de concreto armado Pativilca*

2019 (Tesis de pregrado). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Lima, Perú.

Jinez, R. (2017). *Interacción suelo estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua* (Tesis de Maestría). Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica Peruana E.060 Concreto Armado*. Lima: Macro.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica Peruana E.050 Suelos*. Lima: Macro.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima: Macro.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica Peruana E.020 Cargas*. Lima: Macro.

Molina, M. & Moran, A. (2020). *Análisis numérico de la interacción suelo-pilote-estructura para suelos blandos en la ciudad de Guayaquil* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Namakforoosh, M. N. (2005). *Metodología de la investigación*, LIMUSA S . A . , México.

Vergara, A. (2020). *Una investigación teórica de interacción suelo estructura aplicando modelamientos de rigidez en suelo y elementos viscoelásticos* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Lima, Perú.

Zuñiga, N. (2018). *Estudio comparativo de la respuesta estructural de una edificación aporticada de 6 niveles, cimentada en la zona norte, centro y sur de la ciudad de Tacna, considerando interacción suelo estructura* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.

## APÉNDICE

### Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
<p>Problema General: ¿Cómo es el comportamiento sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo el distrito de Samegua, Moquegua 2022?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar el comportamiento sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo el distrito de Samegua, Moquegua 2022</p>	<p>Hipótesis General: La rigidez del suelo influye en la mejora del comportamiento sísmico de una edificación en el distrito de Samegua, Moquegua 2022</p>	<p>Variable Independiente: Rigidez del suelo</p> <p>Variable Dependiente Diseño sísmico</p>	<p>Tipo de investigación: El tipo de la presente investigación es aplicada, porque llevara a la práctica los conocimientos teóricos adquiridos calculando los desplazamientos con el modelo clásico con empotramiento perfecto y el otro modelo donde se considera la rigidez del suelo. (Arispe, Yangall, Guerrero, Lozada, Acuña &amp; Arellano, 2020).</p>
<p>Problemas Específicos: ¿Cuáles son las características del suelo de fundación para el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022?</p>	<p>Objetivos Específicos: Calcular las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación para el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.</p>	<p>Hipótesis Especificas: Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación son adecuadas para el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.</p>		

<p>¿Cómo realizar el análisis sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022?</p> <p>¿Cuáles son los desplazamientos y esfuerzos entre el método tradicional empotrado y el método considerando la rigidez del suelo en el análisis sísmico de edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022?</p>	<p>Realizar el diseño sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.</p> <p>Comparar los resultados del análisis sísmico de los desplazamientos y esfuerzos entre el método tradicional empotrado y el método considerando la rigidez del suelo para las edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.</p>	<p>Existe un método para realizar el análisis sísmico de una edificación considerando la rigidez del suelo en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.</p> <p>Los resultados obtenidos de desplazamientos y esfuerzos entre el método tradicional empotrado y el método considerando la rigidez del suelo varían en un 80% para las edificaciones en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.</p>	<p>Diseño de investigación: El diseño de la presente investigación será el no experimental, porque aplica normas nacionales e internacionales, además de que los cálculos son realizados mediante fórmulas matemáticas para el análisis estructural. (Arias &amp; Covinos, 2021).</p> <p>Población: La población es la totalidad de los elementos en estudio. Arias J. (2020). La población de la presente investigación está conformada por las edificaciones de 4</p>
---	--	---	---

				<p>niveles en el distrito de Samegua, Moquegua 2022.</p> <p>Muestra: La muestra es un subgrupo de la población. Arias J. (2020). La muestra de la presente investigación está constituida por una edificación de cuatro niveles ubicado en la Av. Uruguay del distrito de Samegua.</p>
--	--	--	--	--