



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

## **T E S I S**

**INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EDIFICACIONES  
DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE CINCO NIVELES  
EN EL CENTRO POBLADO MENOR CHEN CHEN –  
MOQUEGUA 2021**

**PRESENTADA POR**

**BACHILLER MARCELINA CELESTINA MAMANI MAMANI**

**ASESOR**

**MGR. MARIO PEDRO RODRÍGUEZ VÁSQUEZ**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2022**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
PAGINA DE JURADO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
CONTENIDO .....	iv
CONTENIDO DE TABLAS .....	x
CONTENIDO DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema .....	1
1.2. Definición del problema .....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación .....	4
1.5. Alcances y Limitaciones.....	5

1.5.1 Alcances .....	5
1.5.2 Limitaciones .....	5
1.6 Variables .....	6
1.6.1 Operacionalización de variables.....	6
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.....	8
2.2. Marco teórico.....	10
2.2.1 Flexibilidad en la base de fundacion .....	10
2.2.2 Interaccion inercial .....	10
2.2.3 Interaccion cinematica .....	11
2.2.4 Interaccion suelo estructura .....	12
2.2.5 Modelos de interaccion suelo estructura.....	13
2.2.6 Analisis sismico espectral según la norma E.030.....	13
2.2.6.1 Zonificacion sismica.....	13
2.2.6.2 Perfiles de suelo.....	14
2.2.6.3 Categoria de la edificacion .....	14

2.2.6.4	Factor de amplificación sísmica (C).....	14
2.2.6.5	Fuerza cortante en la base.....	15
2.2.6.6	Sistemas estructurales.....	15
2.2.6.7	Diafragma.....	15
2.2.6.8	Coefficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, R.....	15
2.2.6.9	Irregularidad en altura .....	16
2.2.6.10	Irregularidad en planta.....	16
2.2.6.11	Estimación del peso (P).....	16
2.2.6.12	Aceleración espectral.....	17
2.2.7	Cimentación en estructuras de albañilería .....	17
2.2.8	Ingeniería geotécnica en la interacción suelo estructura .....	17

### **CAPÍTULO III**

#### **MÉTODO**

3.1.	Tipo de la investigación.....	18
3.2.	Diseño de la investigación.....	18
3.3.	Población y muestra.....	18
3.3.1	Población.....	18
3.3.2	Muestra.....	18
3.4	Descripción de instrumentos para recolección de datos .....	19

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Descripción de la Zona de Estudio .....	20
4.1.1	Consideraciones Generales .....	21
4.1.1.1	Descripción del Proyecto .....	21
4.1.1.2	Descripción de la Arquitectura.....	22
4.1.1.3	Características Generales de las Edificaciones.....	25
4.1.1.4	Parámetros Sísmicos.....	26
4.1.1.5	Estudio de Suelos .....	26
4.1.1.6	Parámetros Sísmicos del Suelo.....	27
4.1.1.7	Análisis Sísmico .....	28
4.1.1.8	Análisis estático.....	29
4.1.1.9	Análisis dinámico .....	29
4.2	DISEÑO DE MUROS PORTANTES .....	33
4.2.1	Esfuerzo Axial Máximo .....	33
4.2.2	Control de Fisuración.....	35
4.2.3	Resistencia al Agrietamiento Diagonal.....	36
4.2.4	Verificación de la Resistencia a Corte del Edificio .....	40
4.2.5	Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros..	42
4.2.6	Diseño de las Columnas de Confinamiento .....	44
4.2.7	Determinación de los estribos de confinamiento .....	50
4.2.8	Diseño de las vigas soleras correspondientes al primer nivel.....	53

4.3	Presentación de resultados .....	55
4.3.1	Modelamiento de la Estructura en ETABS V19.....	56
4.3.2	Cálculo de los periodos fundamentales de vibración de la estructura .....	58
4.3.3	Cálculo de los desplazamientos de la edificación .....	58
4.3.4	Condiciones de irregularidad .....	60
4.3.4.1	Irregularidad de rigidez – Piso Blando .....	60
4.3.4.2	Irregularidad de resistencia Piso débil .....	60
4.3.4.3	Rigidez en las Edificaciones .....	62
4.3.4.4	Fuerzas Cortantes por Nivel.....	63
4.4	Análisis de las Estructuras bajo el modelo de interacción suelo estructura.....	65
4.4.1	Análisis de los coeficientes de rigidez modelo dinámico de Barkan Savinov .....	65
4.4.2	Interacción suelo estructura Modelo Etabs V19.....	70
4.4.3	Análisis comparativo de los periodos de vibración .....	72
4.4.4	Análisis comparativo de los desplazamientos .....	73
4.4.5	Análisis comparativo de las fuerzas cortantes .....	75
4.4.6	Análisis comparativo de momentos flectores .....	77
4.5	Contrastación de Hipótesis .....	80
4.5.1	Contrastación Hipótesis General .....	80
4.5.2	Contrastación Hipótesis Específica. ....	80

4.5.2.1 Comparación de frecuencias de la estructura.....	81
4.5.2.2 Comparación de desplazamientos de la estructura.....	83
4.5.2.3 Comparación de Esfuerzos principales en la estructura.....	85
4.6 Discusión de Resultados.....	86

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones .....	88
5.2 Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
APÉNDICES.....	92
MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	127
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	129

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.Operacionalizacion de la Variables.....	6
Tabla 2. Parámetros Sísmicos de las Edificaciones .....	26
Tabla 3. Propiedades Físico Mecánicas del Suelo .....	27
Tabla 4. Espectro Sísmico.....	31
Tabla 5: Esfuerzos axiales en muros portantes .....	34
Tabla 6: Control de fisuramiento en Muros .....	38
Tabla 7: Verificación de la resistencia al corte del edificio .....	40
Tabla 8: Verificación de la necesidad de reforzar.....	43
Tabla 9: Diseño de columnas de confinamiento .....	48
Tabla 10: Diseño de estribos .....	51
Tabla 11: Diseño de la Viga solera .....	54
Tabla 12. Periodos de Vibración Estructura Empotrada en la Base Calculada en Etabs V19.....	58
Tabla 13. Desplazamientos de la Estructura Calculado en Análisis Estructural en Etabs V19.....	59
Tabla 14. Análisis de Irregularidad Piso Blando.....	61
Tabla 15. Piso débil resultado obtenido en Análisis Estructural Etabs V19 .....	61
Tabla 16 Rigidez de la Edificación 2 .....	63
Tabla 17. Fuerza Cortante de la Estructura 2 .....	63
Tabla 18. Comparativa de Periodos de Vibración de la Estructura.....	72
Tabla 19. Comparativa de Desplazamientos en X .....	73
Tabla 20. Comparativa de Desplazamientos en Y .....	74



Tabla 21. Comparativa de Fuerza Cortante en la Dirección X .....	75
Tabla 22. Comparativa de Fuerza Cortante en la Dirección Y .....	76
Tabla 23. Comparativa de Momento Flector en la Dirección X .....	78
Tabla 24. Comparativa de Momento Flector en la Dirección Y .....	79
Tabla 25: Contrastación de frecuencias .....	81
Tabla 26: Contrastación de Desplazamientos .....	83
Tabla 27: Contrastación de Esfuerzos.....	85

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Fisuras en el muro de albañilería debido al suelo flexible.....	2
Figura 2. Grietas en muros y vigas debido al suelo flexible.....	2
Figura 3. Modelo matemático de la fijación de la estructura con el suelo.....	10
Figura 4. Interacción inercial suelo cimentación.....	11
Figura 5. Interacción cinemática suelo estructura.....	12
Figura 6. Sistema suelo estructura completo.....	13
Figura 7. Mapa de zonificación sísmica.....	14
Figura 8. Arquitectura Planta Típica .....	23
Figura 9. Arquitectura Elevación Estructura 2.....	24
Figura 10. Propiedades Físico Mecánicas de Análisis Sísmico.....	30
Figura 11. Espectro Sísmico .....	33
Figura 12. Panel (efectos fuera del plano del muro).....	35
Figura 13. Foto de vivienda con falla de compresión diagonal escalonado.....	38
Figura 14. Modelo en Etabs 3D estructura 2.....	57
Figura 15. Modelo en Etabs Planta Estructura 2.....	57
Figura 16. Diagrama de Desplazamientos de la Estructura en el Análisis Estático.....	59
Figura 17. Diagrama de Desplazamientos de la Estructura en el Análisis Dinámico.....	60
Figura 18. Diagrama de Fuerzas Cortantes por Nivel Estructura 2.....	64
Figura 19. Análisis de los Coeficientes de Rigidez Modelo Dinámico de Barkan Savinov .....	65

Figura 20. Calculo de la Magnitud de Presión Estática del Suelo, Modelo de Barkan .....	67
Figura 21. Calculo de la Magnitud Estática del Suelo “p” para la Cimentación.....	68
Figura 22. Calculo de la Magnitud de la Presión Estática del Suelo “p”.....	69
Figura 23. Asignación de las Propiedades de Suelo sobre la Estructura.....	70
Figura 24. Cimentación Elástica Estructura .....	71
Figura 25. Comparación de Periodos de Vibración Modelo Tradicional y Modelo ISE .....	73
Figura 26. Comparación de Desplazamientos Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección X .....	74
Figura 27. Comparación de Desplazamientos Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección Y .....	75
Figura 28. Comparativa de Fuerza Cortante en la Dirección X.....	76
Figura 29. Comparativa de Fuerza Cortante en la Dirección Y .....	77
Figura 30. Comparativa del Momento Flector en la Dirección X.....	78
Figura 31. Comparativa del Momento Flector en la Dirección Y.....	79
Figura 32. Diagrama de cajas para las frecuencias de la estructura.....	82
Figura 33. Diagrama de cajas para el desplazamiento de la estructura.....	84
Figura 34. Diagrama de cajas para los esfuerzos de corte de la estructura.....	86

## RESUMEN

El presente trabajo, está orientado a la realización del cálculo de edificaciones de albañilería confinada, considerando las condiciones de la base de fundación, conocida generalmente como la Interacción Suelo Estructura. En el desarrollo de esta investigación, se hizo el estudio geotécnico del suelo para conocer y relacionar las propiedades físicas de la estructura. En el desarrollo de este trabajo, se optó por modelos dinámicos más representativos para la cimentación, tomando en cuenta la flexibilidad y las propiedades físico-mecánicas del suelo de fundación. Además, se desarrolló una metodología para el modelo de la estructura con muros de albañilería confinada, para el efecto del sismo con diversos ángulos de inclinación de acuerdo a nuestra norma de Diseño Sismorresistente E030. Para finalizar, se llevó a cabo el análisis y diseño estructural de la edificación analizada, se desarrollaron varios temas como requisitos estructurales, centros de rigidez y masa, análisis sísmico de la edificación, criterios del modelamiento estructural, aplicación del programa Etabs V19 y diseño de elementos estructurales. Al considerar la interacción suelo estructura nos permite efectuar un estudio más real del comportamiento del suelo de cimentación con la edificación ante la presencia de sismos reales, poniendo en evidencia que el suelo influye en una mejor distribución de esfuerzos en todos los elementos estructurales de la edificación, y la disipación de cierto porcentaje de energía inducida por un sismo.

**Palabras clave:** Interacción Suelo Estructura, Análisis Dinámico, Tiempo Historia

## ABSTRACT

The present investigation is oriented to the calculation of confined masonry buildings, considering the flexibility of the foundation base, known worldwide as Soil-Structure Interaction. For the development of this research, a soil mechanics study was carried out to determine the physical-mechanical properties of the structure, The soil-structure interaction models studied in this research work were based on the various investigations of the Barkan-Savinov dynamic model, where extensive knowledge and theories about this area of seismic research were reflected, with the main consideration that the structures must comply with the requirements demanded in the country. Finally, the structural analysis and design of the building under study was developed. In these topics, various points were developed such as structural requirements, centers of stiffness and mass, seismic analysis of the building, structural modeling criteria, application of the Etabs V19 program and design of structural elements. The soil-structure interaction allows us to carry out a more precise study of the behavior of the foundation soil with the building in the face of real seismic events, demonstrating that the soil allows a better distribution of stresses in all the structural elements of the building, and the dissipation of certain percentage of energy induced by an earthquake.

**Keywords:** Soil Structure Interaction, Dynamic Analysis, Time History

## INTRODUCCIÓN

El Perú se encuentra ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico, y la ciudad de Moquegua se encuentra en una zona altamente sísmica. El Centro Poblado Menor de Chen Chen es uno de los centros poblados con mayor crecimiento en la ciudad de Moquegua y cuenta con pocas investigaciones en cuanto a la mecánica de suelos y el análisis estructural, por lo que sus edificaciones se encuentran expuestas a un eventual fenómeno sísmico de gran magnitud. El daño que puede sufrir una edificación durante un fenómeno sísmico si es considerable la puede llevar al colapso lo que implica la pérdida de vidas humanas y económicas.

La interacción sísmica suelo estructura es un conjunto de cambios entre el suelo, cimentación y estructura, dicho fenómeno es causado generalmente por la flexibilidad del suelo, donde se analiza la masa, rigidez y amortiguamiento que aporta el suelo al análisis estructural de una edificación.

El presente proyecto de investigación realizará el análisis a una edificación de cinco niveles de albañilería confinada en el CPM de Chen Chen de la ciudad de Moquegua, considerando sus características estructurales y geotécnicas. Así mismo se presentará la metodología de cálculo, desde la ubicación geográfica, la distribución arquitectónica el análisis sísmico y los cálculos de los coeficientes de rigidez, masa y amortiguamiento del modelo estructural. Para finalmente aportar con las conclusiones y recomendaciones para este tipo de edificaciones en el CPM de Chen Chen Moquegua 2021 y de esta manera ayudar a concebir mejor el comportamiento estructural de las edificaciones de albañilería confinada con la interacción suelo estructura.

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Descripción de la realidad del problema**

Para comprender cómo se comporta la cimentación y la estructura frente a cargas de sismo se utiliza el análisis de la Interacción Suelo estructura. Actualmente se supone que el cimiento de la edificación durante un sismo es igual al movimiento del suelo, lo que equivaldría al movimiento de la cimentación y se comporta como un caso donde no exista estructura alguna sobre el terreno, esto solo sería posible si la edificación se encuentra cimentada sobre un suelo rígido. (Escobar, 2019).

Cuando la estructura esta cimentada sobre un suelo flexible el movimiento producido en la superficie puede alterarse con la presencia de la super estructura. También, las características dinámicas de la estructura pueden ser modificadas cuando hay flexibilidad en los apoyos de la base, por lo tanto, hay un flujo de energía desde el suelo a la estructura y viceversa que correspondería a un comportamiento más real.

**Figura 1**

*Fisuras en muros de albañilería debido al suelo flexible*



*. Nota: Vista tomada en edificación analizada*

**Figura 2**

*Grietas en muros y vigas debido al suelo flexible*



*Nota: Vista tomada en edificación analizada*



## **1.2. Definición del problema**

La norma de Diseño Sismo resistente del Perú E.030 actualmente se utiliza para modelar la superestructura de un proyecto, considerando el empotramiento perfecto entre la superestructura y el suelo de fundación, pero este criterio se cumple cuando el suelo es muy rígido, en cambio si una edificación se va a construir sobre un suelo intermedio o blando, los cálculos no reflejan el comportamiento real de las estructuras, es por ello que se hace necesario considerar la rigidez del suelo en el modelo matemático de la superestructura.

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cómo influye la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

¿Cómo influye la interacción suelo estructura en una edificación de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, con respecto al método de cálculo?

¿Cómo influye la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, con respecto al desplazamiento del centro de masa?

¿Cómo influye la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, con respecto a los esfuerzos de la estructura?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Evaluar los efectos de la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

Determinar el efecto de la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, con respecto al método de cálculo.

Determinar el efecto de la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, con respecto al desplazamiento del centro de masa.

Determinar el efecto de la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, con respecto a los esfuerzos de la estructura.

### **1.4 Justificación**

El centro poblado menor de Chen Chen es uno de los centros poblados con más rápido crecimiento en la actualidad, debido a la necesidad de vivienda de sus habitantes, es por ello que el presente proyecto de investigación se enfoca en dar la seguridad a sus edificaciones lo que a su vez significa un ahorro económico del propietario puesto que no tendrá que gastar en reparaciones ante un eventual fenómeno sísmico.

En la actualidad aún se viene analizando las estructuras considerando los apoyos empotrados en su base, dicho modelo matemático no se ajusta a la

realidad de la zona, ya que la ciudad de Moquegua en la mayor parte de su geografía posee un suelo catalogado del tipo intermedio según la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, por lo que la presente investigación busca incluir en el modelo matemático la interacción suelo estructura, entre la cimentación y la superestructura. Modelando con resortes la interacción del suelo con la cimentación, para de esta manera añadir la rigidez del suelo a partir de los coeficientes de rigidez en el modelo matemático y de esta manera obtener un comportamiento más real de la edificación.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1. Alcances.**

La presente investigación tiene por finalidad realizar el diseño y dar las recomendaciones necesarias para una edificación de albañilería confinada de cinco niveles considerando los efectos de la interacción suelo estructura en las edificaciones del CPM de Chen Chen en la ciudad de Moquegua.

### **1.5.2. Limitaciones.**

La limitación principal para el desarrollo de la presente investigación es que el efecto interacción suelo estructura, no está considerado en la norma peruana de Diseño Sismorresistente E.030.

El ámbito para el cual está orientada la presente investigación son las edificaciones de albañilería confinada de cinco pisos del Centro Poblado Menor Chen Chen de la ciudad de Moquegua.

## 1.6. Variables

### Variable independiente (VI)

Interacción suelo – estructura.

### Variable Dependiente (VD)

Edificaciones de albañilería confinada.

#### 1.6.1. Operacionalización de variables.

**Tabla 1**

*Matriz de operacionalización de Variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Medición	
VI Interacción suelo – estructura	Análisis estructural	Método de cálculo:	-	Programa de cálculo	
		Coefficientes de masa.	-		
		Rigideces	-		
		Amortiguamiento		m	Normas técnicas
		Desplazamiento del centro de masa			
VD Edificaciones de albañilería confinada	Elementos estructurales	Esfuerzos de la estructura	N/m <sup>2</sup>	Normas técnicas	
Tipos de elementos estructurales		-	Normas técnicas		
		Secciones transversales	-	Normas técnicas	

## **1.7. Hipótesis de la investigación**

### **1.7.1. Hipótesis general.**

Los efectos de la interacción suelo estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, son significativos.

### **1.7.2. Hipótesis específicas.**

El método de cálculo para un sistema de interacción suelo estructura presenta resultados distintos con la inclusión de la rotación vertical, rigidez, masa y amortiguamiento en las edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021.

Al insertar los coeficientes de masa, rigidez y amortiguamiento propios del suelo, los desplazamientos del centro de masas se incrementan en las edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021.

Al evaluar los resultados de la interacción suelo estructura en el análisis sísmico de edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, se observa que se incrementan los esfuerzos producidos en la edificación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

Villareal (2007), en la publicación “Interacción Sísmica Suelo Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas” y “Interacción Suelo – Estructura en Edificios Altos”, en el trabajo con acelerogramas de la Provincia de Lima para edificaciones de más de 4 niveles, con el objetivo de elaborar una metodología para aplicar en los modelos matemáticos con interacción suelo estructura considerando las características propias del suelo como flexibilidad e inercia, donde una de las conclusiones fue que la flexibilidad de la base de fundación incrementa el periodo y las formas de vibración los cuales a su vez incrementan los desplazamientos en los centros de masas e incrementan los esfuerzos axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores, con la excepción de los momentos torsores los cuales no varían.

García (2012), en su tesis para Maestría en Ingeniería Civil “Evaluación de daños en Edificaciones considerando los efectos de Interacción Sísmica Suelo Estructura”, para mejorar la detección del daño en edificaciones utilizando el método de rigideces base, eliminando la

componente horizontal de los efectos de interacción sísmica suelo estructura, donde una de las conclusiones fue que cuando analizaron los modelos de los modelos de base rígida, la localización del daño se volvió más precisa, además utilizando la condición de empotramiento las magnitudes del daño se sobredimensionaron, obteniéndose resultados muy conservadores.

León (2007), en su investigación que titula: Interacción Sísmica entre el suelo y la estructura en edificaciones de Albañilería Confinada con Plateas de Cimentación, planteó como objetivo aplicar la interacción sísmica suelo estructura a edificaciones unifamiliares de albañilería confinada utilizando para la cimentación plateas, y estructuras cinco pisos más azotea, donde uno de los principales resultados fue que la interacción suelo estructura permite obtener en forma conjunta el comportamiento del terreno de fundación con la estructura ante la ocurrencia de sismos, verificando en ese escenario que el terreno ayuda a tener una mejor distribución de esfuerzos en los elementos de la estructura.

Jines (2017), en su tesis de maestría analiza la interacción suelo-estructura y observa que los desplazamientos relativos y las acciones internas, son función de los factores de rigidez y de las características del terreno de cimentación. Los resultados encontrados, indican que la mayor flexibilidad en la base de fundación se produce por los modelos empleados. En el análisis desarrollado se obtuvo para el caso estático que los periodos de vibración se incrementan en 37%, y en el caso dinámico en 36%.

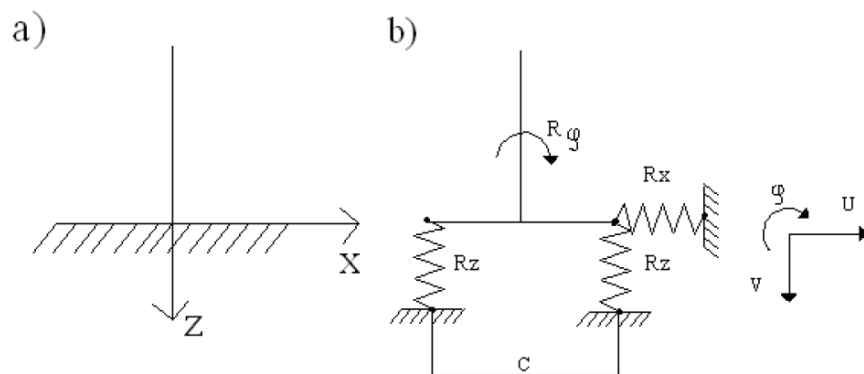
## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1 Flexibilidad en la base de fundación.

Según Gamarra (2014), en la formulación tradicional del cálculo de edificaciones se considera el empotramiento perfecto entre las columnas y cimentación, siempre en cuando el suelo sea altamente rígido. El modelo matemático se interpreta como el esquema a) de la figura 3. Pero en el caso de la ciudad de Moquegua donde la mayor parte del terreno tiene un suelo del tipo flexible, el modelo matemático se interpreta como el esquema b) de la figura 3.

**Figura 3**

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



*Nota:* Interacción sísmica suelo – estructura en edificaciones con zapatas aisladas.

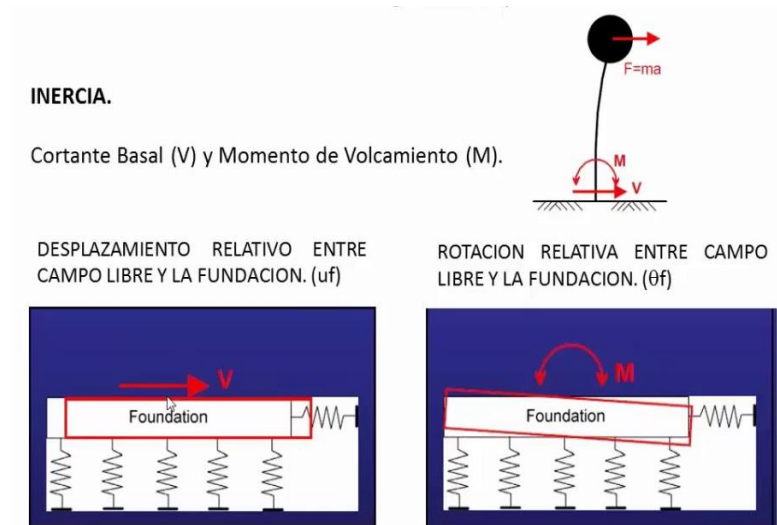
### 2.2.2 Interacción Inercial.

García (2012), define la interacción inercial como un modelo a través de los componentes de rigidez y amortiguamiento de terreno de fundación y la cimentación planteando un sistema complejo por matrices de rigideces donde interviene el amortiguamiento y la masa del sistema.



**Figura 4**

*Interacción inercial suelo cimentación*



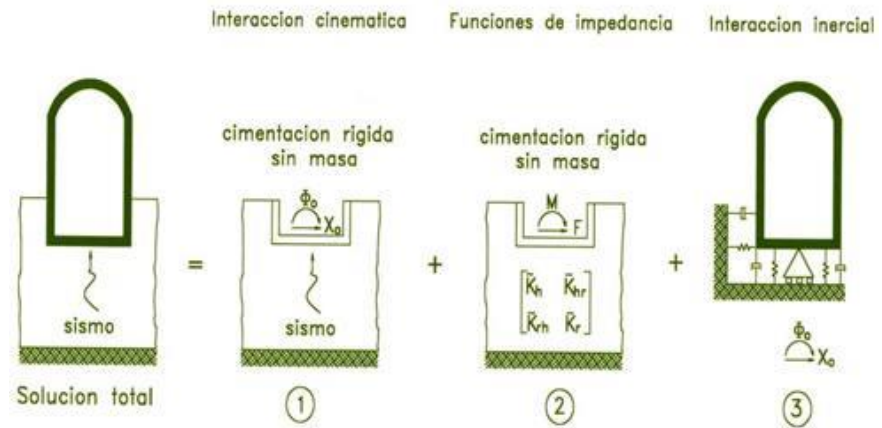
*Nota:* Desplazamiento y rotación relativos

### 2.2.3 Interacción cinemática.

García (2012), indica que la interacción cinemática es la relación entre el movimiento libre de la estructura y la excitación producida en los apoyos y es importante para cimentaciones que se encuentran en el subsuelo. Este efecto se produce porque la rigidez de la base no le permite acoplarse a los movimientos del suelo causadas por las deformaciones libres, produciéndose el fenómeno de la difracción de ondas que alteran el movimiento del suelo en las cercanías de la cimentación. Las ondas incidentes y reflejadas son superpuestas en la superficie del terreno a estas se le incluyen las ondas difractadas y ocurre el principal fenómeno. Los factores determinantes son la forma de la cimentación, la estratigrafía del suelo y la naturaleza de los sismos.

**Figura 5**

*Interacción cinemática suelo estructura*



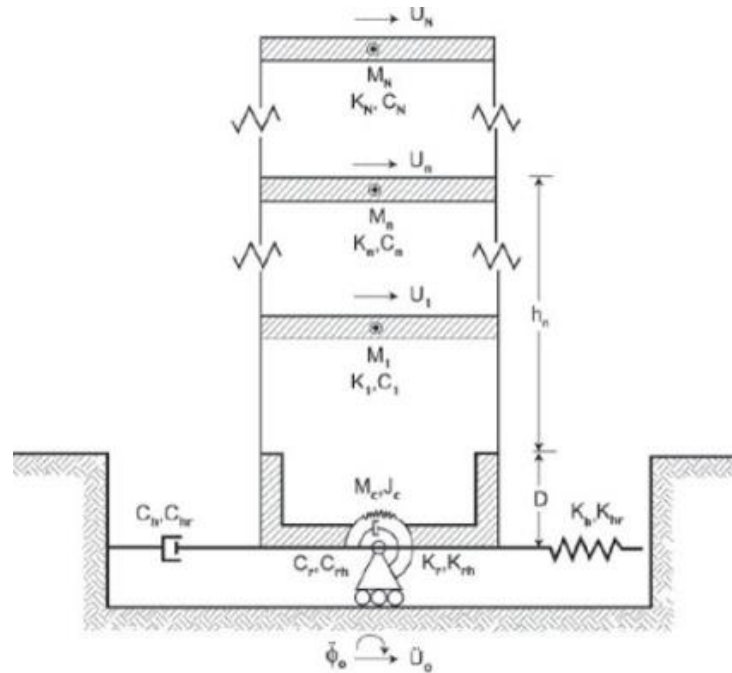
*Nota:* Soluciones de acuerdo a cimentación.

#### **2.2.4 Interacción suelo estructura.**

Villareal (2007), define la interacción suelo estructura al fenómeno que se produce en condiciones que el espacio elástico está inmerso en las acciones sísmicas como un proceso ondulatorio, se plantearon y resolvieron diversos casos de difracción de ondas en la cimentación, lo que ha determinado la caracterización de los sismos con respecto a la respuesta de los edificios.

**Figura 6**

*Sistema suelo estructura completo*



*Nota:* Mecanismos modelados. Fuente: Avilés J. (1991).

### **2.2.5 Modelos de interacción suelo estructura.**

- D.D. Barkan – O. A. Savinov.
- Winkler – Coeficiente de Balasto.
- V. A. Illiachev.
- A. E. Sargsian.
- Modelo según norma rusa Snip 2.02.05-87.
- Considerando la flexibilidad de la base de fundación.

### **2.2.6 Análisis sísmico espectral según la norma E.030.**

#### **2.2.6.1 Zonificación Sísmica.**

Según el artículo 2.1 se considerará un factor de zona sísmica de  $Z = 0.45$  correspondiente a la ciudad de Moquegua.

**Figura 7**

*Zonificación sísmica*



*Nota:* Reglamento Nacional de Edificaciones. Fuente CAPECO (2020).

#### **2.2.6.2** *Perfiles de suelo.*

Para nuestro caso según el artículo 2.3.1 consideraremos un tipo de suelo S2.

#### **2.2.6.3** *Categoría de la edificación.*

De acuerdo al artículo 3.1 se cataloga a las viviendas con la categoría C y le corresponde un factor de uso  $U = 1.0$

#### **2.2.6.4** *Factor de amplificación sísmica (C).*

El factor de amplificación sísmica C se evaluará según las expresiones

descritas en el artículo 2.5.

#### **2.2.6.5 *Fuerza cortante en la base.***

La fuerza de corte en la base de la edificación, correspondiente a cada una de las direcciones de análisis considerada, se determinará por la siguiente expresión:

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

#### **2.2.6.6 *Sistemas estructurales.***

De acuerdo a la tabla N°7, podemos determinar el Coeficiente Básico de Reducción  $R_o$  dependiendo del sistema estructural, los que dependen de los materiales utilizados en la edificación según los sistemas estructurales para cada dirección analizada.

#### **2.2.6.7 *Diafragma.***

De acuerdo al artículo 4.2 para las estructuraciones donde se supone que actúan como elementos muy rígidos considerados como diafragmas donde se utilizaran tres grados de libertad por cada diafragma o piso considerando masas concentradas.

#### **2.2.6.8 *Coeficiente de Reducción de las fuerzas sísmicas, R.***

$R$  es el coeficiente que reduce las fuerzas sísmicas, se obtiene como el producto de  $R_o$  y los factores  $I_a$ ,  $I_p$  determinado a partir de las Tabla N°7, Tabla N°8 y Tabla N°9. También depende los materiales.

#### **2.2.6.9 Irregularidad en altura.**

La irregularidad en elevación se refiere a la altura la que se obtendrá de la tabla N°8 correspondiente a las variaciones estructurales existentes en elevación, para cada una de las direcciones analizadas.

#### **2.2.6.10 Irregularidad en planta.**

Ip se denomina irregularidad en planta, se obtiene de la tabla N°9 como el menor de los valores, perteneciente a las irregularidades estructurales que existen en cada una de las direcciones analizadas. Cabe recalcar que aquí se analiza la forma de planta.

#### **2.2.6.11 Estimación del Peso (P).**

El peso de la estructura se calcula sumando todos los pesos de los elementos estructurales y no estructurales adicionando un porcentaje de carga viva según los siguientes criterios:

- a. 50% de carga viva para las estructuraciones de las categorías A y B.
- b. 25% de carga viva para edificaciones de la categoría C, con el mismo criterio anterior.
- c. 80% del peso total que pueda almacenarse en depósitos.
- d. 25% de la carga viva en azoteas y en techos o coberturas. Igual criterio.
- e. 100% de la carga que puede contener en estructuras tanques, silos u otras estructuras similares.

#### **2.2.6.12 *Aceleración espectral***

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo aceleraciones definido por:

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

#### **2.2.7. *Cimentación para estructuras de albañilería.***

Las estructuras de albañilería son de por sí frágiles y en el suelo de cimentación pueden ocurrir asentamientos diferenciales, lo que produciría fisuras que pondrían en riesgo a la edificación, por esto es importante escoger una cimentación rígida que actúe de forma favorable y la súper estructura funcione como una unidad con la sub estructura. Ante la ocurrencia de un sismo.

#### **2.2.8. *Ingeniería geotécnica en la interacción suelo estructura.***

León (2007), indica que el efecto de la interacción suelo estructura es un campo que une la ingeniería geotécnica con la ingeniería estructural. Al momento de diseñar estructuras no se puede dejar de lado la interacción con el terreno de desplante. El análisis de la interacción suelo estructura tienen mucha importancia en el análisis de estructuras de edificaciones porque las deformaciones del suelo deben compatibilizarse con las del edificio. Las deformaciones diferenciales producidas por las características del suelo de fundación repercuten perceptiblemente en la distribución de esfuerzos en toda la estructura que al no ser considerados en situaciones variables del suelo puede comprometer a la estructura.

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1. Tipo de la investigación**

El presente trabajo de investigación según la naturaleza de los datos es cuantitativa, descriptiva y según la temporalidad es transversal. (Hernández, Fernández y Bapista, 2014).

#### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño del presente trabajo es descriptivo correlacional. ya que permite relacionar la variable independiente (interacción suelo estructura) para analizar la relación y efecto con la variable dependiente (edificaciones de albañilería confinada). (Borja, 2012).

#### **3.3. Población y muestra**

##### **3.3.1. Población.**

La población está conformada por todas las estructuraciones de mampostería confinada del Centro Poblado de Chen Chen Moquegua – 2021.

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

Se considera una muestra no probabilística es decir una muestra intencional la que está definida por el tesista, según el objetivo de la



investigación ya que se cuenta con la información necesaria para realizar la recolección de datos para la investigación (Charaja, 2011) La muestra será tomada en estructuraciones de albañilería confinada de cinco pisos del Centro Poblado Menor de Chen Chen Moquegua – 2021.

#### **3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos**

Planos de la edificación multifamiliar de albañilería confinada de cinco niveles.

Características de la edificación.

Características sismorresistentes de la edificación.

Características del suelo de fundación.

Cuadros obtenidos de los resultados en el Software ETABS V16.

Codificación de los resultados obtenidos.

## **CAPÍTULO IV**

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

#### **4.1 Descripción de la Zona de Estudio**

En el siguiente trabajo de investigación se ha considerado un edificio modelo de 5 pisos destinado al uso de vivienda, el sistema del que está compuesto es de albañilería confinada, además posee una estructura arquitectónica moderna, lo cual se analizó el desempeño sísmico tomando en cuenta la relación de interacción suelo estructura para que se pueda obtener una rigurosidad que solucione este efecto desde el punto de vista ingenieril.

El estudio se basa en el cálculo de edificaciones con un sistema principal de albañilería confinada, teniendo en cuenta la deformación de la base de cimentación, denominada genéricamente como interacción suelo estructura. Para llevar a cabo este trabajo se analizaron diversos modelos planteados por diferentes profesionales en los campos de la ingeniería civil y geotécnica. Los modelos de interacción suelo-estructura examinados en este trabajo de investigación se basaron en el texto “Interacción suelo

estructura en edificios altos” de Dr. Villarreal, 2009; bajo los criterios y condiciones que se deben de cumplir en el país.

Durante el transcurso de la investigación se seleccionaron los modelos sísmicos más apropiados para la base de fundación, teniendo en cuenta que el modelo interacción suelo estructura se fundamentara en el modelamiento flexible de los apoyos bajo una idealización de la misma, teniendo en cuenta la flexibilidad y las propiedades físico-mecánicas del suelo. También se desarrolló un método de modelado de edificios de albañilería confinada bajo acción sísmica y en condiciones reales en Perú de acuerdo con los requisitos de la norma vigente E.030 de diseño sismo resistente.

Finalmente, se desarrolló el análisis estructural de las estructuras, teniendo en cuenta la verificación como las condiciones de desplazamientos, distorsión de la estructura, asentamientos diferenciales, y los efectos de los esfuerzos sobre la propia estructura, todo esto modelado y trabajado en el software Etabs V19.

#### **4.1.1. Consideraciones Generales.**

##### ***4.1.1.1 Descripción de los Proyectos.***

Ubicación: Los proyectos de vivienda multifamiliar están ubicados en el centro poblado menor de Chen Chen, del distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto y Departamento de Moquegua, concretamente se realizó dicho, estudio en albañilería confinada con respecto a planos, diseño y

cálculo en Etabs, específicamente a una de las viviendas en la Asociación “Los Lúcumos”, Manzana “F” Lote “5” y el estudio de suelos se realizó en la Asociación Cesar Vizcarra Vargas II, Manzana “G” Lote “03”.

#### ***4.1.1.2 Descripción de la arquitectura.***

Los proyectos se desarrollarán sobre una condición de suelos irregular, donde priman las diferentes características de los suelos sobre todo los diferentes estratos que conforman el perfil geotécnico de la zona de estudio, siendo predominantemente el tipo de suelo, que es un suelo blando, con características de suelo de relleno con alto contenido de arcillas expansivas.

El conjunto muestral del estudio consta de una vivienda de 5 niveles, estructurada con un sistema de resistencia de albañilería confinada. La distribución genérica de las estructuras a analizar presenta las características típicas que debe de cumplir toda edificación según arquitectura:

Dormitorio 1 con closet

Dormitorio 2 con closet

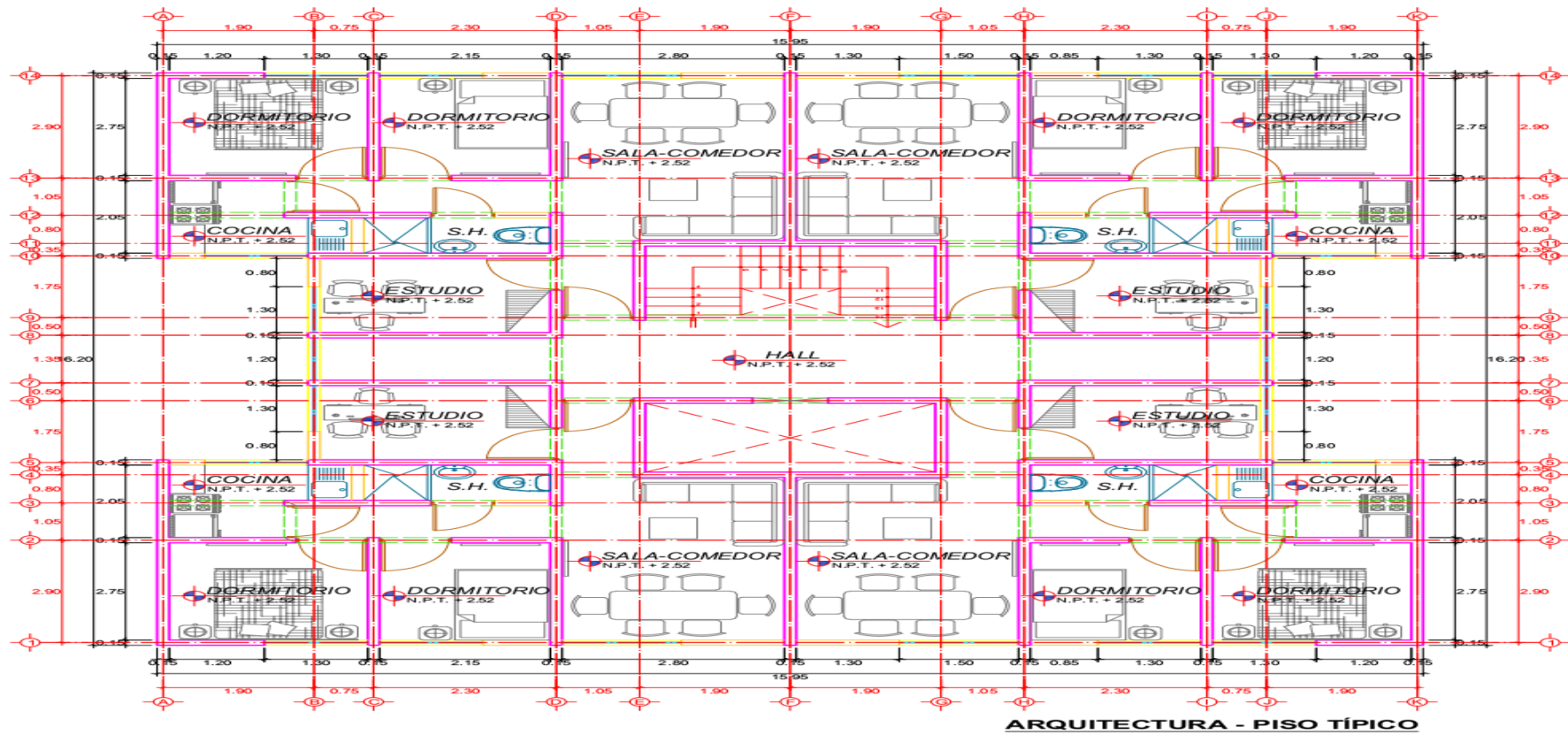
Dormitorio principal con closet y baño

Cocina

Patio de Servicio

Figura 8

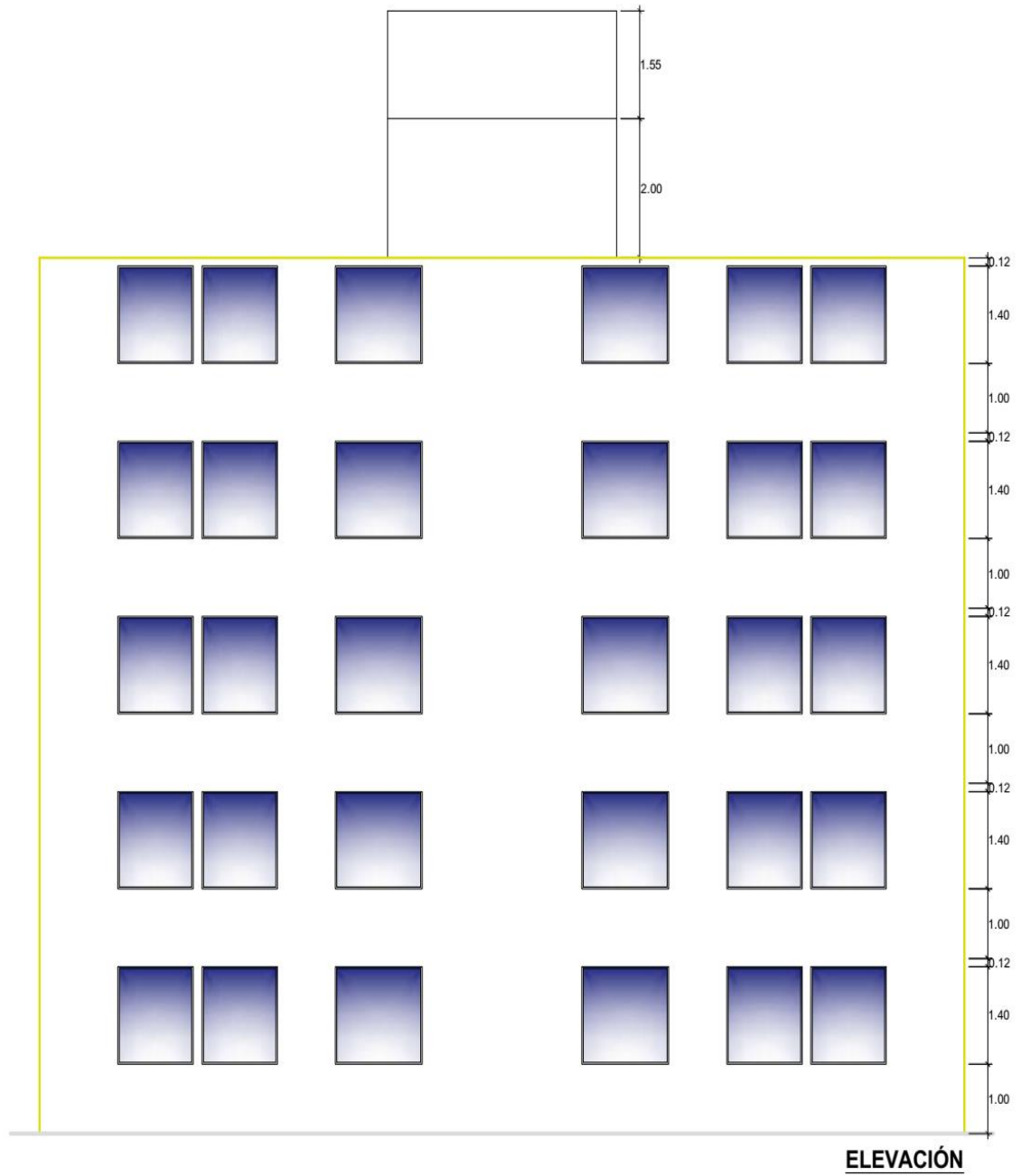
Arquitectura planta típica



Nota: Resultado del Análisis Estructural

**Figura 9**

*Arquitectura elevación Estructura 2*



*Nota:* Resultado del Análisis Estructural

#### **4.1.1.3 Características Generales de las Edificaciones.**

Las características físico-mecánicas de la edificación que se evaluaron en el proyecto son las siguientes:

- Sistema Estructural: Albañilería Confinada
- Vivienda Multifamiliar
- 05 Pisos
- Concreto para Cimientos:  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto para la Estructuras:  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia del acero :  $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Suelo: suelos blandos
- Resistencia del terreno:  $q_a= 1.2 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.1.1.4 Parámetros Sísmicos.

**Tabla 2**

*Parámetros Sísmicos de las Edificaciones*

<b>Parámetros de Sismo</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Simb.</b>	<b>valor</b>
Zona	Zona 4	Z	0,45
Uso	Edificaciones comunes	U	1,00
Amplificación sísmica		C	2,50
Suelo	Suelos intermedios	S	1,10
Periodo corto		Tp	1,00
Periodo largo		Tl	1,60
Reducción sísmica	Albañilería	R	3,00

#### 4.1.1.5 Estudio de Suelos.

De acuerdo a las especificaciones del especialista en geotecnia se presenta un resumen de los datos obtenidos en el estudio de mecánica de suelos para el proyecto analizado:

Parámetros del estudio de Mecánica del suelo



**Tabla 3***Propiedades Físico Mecánicas del Suelo*

<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Calicata C-01</b>
Clasificación SUCS		E-01	SM
Resistencia de carga última	Q	tn/m <sup>2</sup>	17.88
Capacidad de carga última	Q1	tn/m <sup>2</sup>	12.10
Capacidad de carga última	Q2	tn/m <sup>2</sup>	12.10
Ancho de Cimentación	B	M	1
Valor de Poisson	$\mu$		0.10
Factor de influencia	If	cm/m	84
Módulo de elasticidad	Es	tn/m <sup>2</sup>	5000.00
Asentamiento Diferencial calculado	Si	Cm	0.30

**4.1.1.6 Parámetros sísmicos del suelo.**

- Velocidad de propagación de onda sísmica (Vs) : 198 m/s
- Ks. Coeficiente de Balasto : 0.66 kg/cm<sup>3</sup>
- G, Módulo de corte : 60 kg/cm<sup>2</sup>
- u Módulo de Poisson : 0.40
- E, Módulo de Elasticidad : 155 kg/cm<sup>2</sup>

Las Capacidades Permitidas del suelo, considerando la cimentación, con el nivel de elevación  $D_f = 1.50$  m,  $B = 0.50$ m y  $L = 10.00$  m, para un asentamiento total de 8.083 cm es  $q_a = 1.20 / \text{cm}^2$ .

Hay que señalar que el estudio de mecánica de suelos indica una mejora del suelo adicinando material seleccionado o afirmado de 50 cm, sin embargo, cabe señalar que esta mejora es un simple acondicionador para cimentaciones, ya que no contribuye a la capacidad de carga del suelo.

#### ***4.1.1.7 Análisis sísmico.***

Para el estudio del análisis dinámico se utilizó lo establecido en la Norma Técnica de Edificación E.030 de Diseño Sísmico Resistente. La clasificación de la estructura se considera regular en planta y en altura. Asimismo, se clasifica como edificio común (vivienda), donde se debe tener en cuenta una carga viva de  $200 \text{ kg/m}^2$  para el análisis estático.

Para el análisis sísmico, se optará la idealización de la edificación a partir de masa y resortes lo que se logra determinar la deformación lateral en las dos direcciones y el período de la edificación. En nuestro caso utilizaremos el procedimiento de análisis espectral, que nos brinda los resultados más seguros de la determinación de las reacciones sísmicas del edificio.

El programa de computo a utilizar es el programa Etabs V19, con el cual se realizará un análisis seudo tridimensional contemplando sistemas rígidos en cada entrepiso. Cada diafragma tendrá tres grados de libertad, dos

traslacionales y una rotación en planta ubicados en el respectivo centro de masa, que según la Norma de Diseño Sísmico E030, se verá afectado por la excentricidad accidental. Con respecto al modelado de estructuras, se considerarán Muros de albañilería confinada utilizando “Shell Elements”, que es una combinación de tres o cuatro nodos que deciden el comportamiento de la lámina. El programa en cuestión analiza deformaciones por corte, flexión y axial.

#### ***4.1.1.8 Análisis estático.***

Este análisis se realizó para chequear que el corte por sismo del edificio sea menor al corte permisible, esto para asegurar que no engendre falla por cortante en los muros ya que estos absorben gran parte de la cortante. Los muros se consideraron con un espesor de 0.15 m, con una distribución adecuada en los dos sentidos, y no se produzca una excentricidad mayor a la que indica el reglamento.

#### ***4.1.1.9 Análisis dinámico.***

Al analizar la edificación, es necesario comprender cómo interfiere la energía del sismo desde el suelo a los edificios. El espectro de análisis de la estructura ayuda a evaluar como se comporta el edificio cuando se somete a los temblores.

## Figura 10

### Propiedades Físico Mecánicas de Análisis Sísmico

#### 1 Zonificación, Según E.030-2018 (E.030/7.0)

Zona : 4  $Z = 0.45 g$

#### 2 Parámetros de Sitio, Según E.030-2018 (E.030/10.0)

Perfil Tipo : S3  $S = 1.10$   
 $T_P = 1.00$   
 $T_L = 1.60$

#### 3 Categoría del Edificio, Según E.030-2018 (E.030/12.0)

Categoría : Común C  $U = 1.00$

#### 4 Coeficiente Básico de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2018 (E.030/15.2)

Categoría : 11 Albañilería Armada o Confinada  
 $R_0 = 3$

#### 5 Restricciones de Irregularidad, Según E.030-2018 (E.030/18.0)

Restricciones : No se permiten irregularidades extremas

#### 6 Factores de Irregularidad, Según E.030-2018 (E.030/17.2)

Irregularidad en Altura,  $I_a$  : 01 Regular  
 $I_a = 1.00$

Irregularidad en Planta,  $I_p$  : 01 Regular  
 $I_p = 1.00$

#### 7 Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas, Según E.030-2018 (E.030/19.0)

$R = R_0 \times I_a \times I_p = 3$

Nota: Datos para el Análisis Estructural

**Tabla 4***Espectro sísmico*

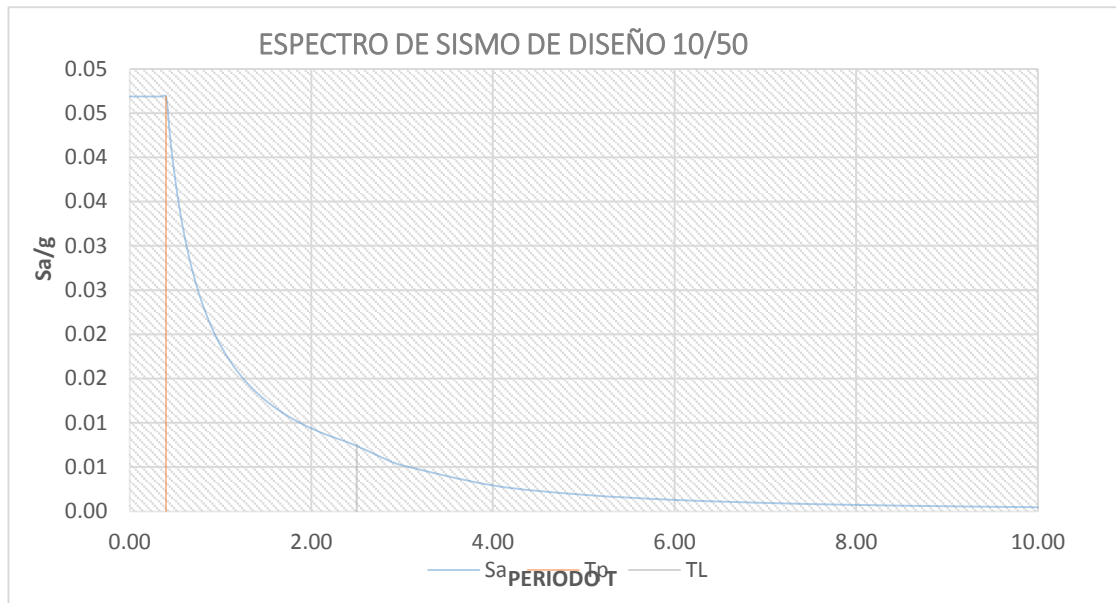
<b>C</b>	<b>T (s)</b>	<b>Sa/g</b>
2.50	0.00	0.414
2.50	0.12	0.414
2.50	0.03	0.414
2.50	0.05	0.414
2.50	0.09	0.414
2.50	0.12	0.414
2.50	0.14	0.414
2.50	0.16	0.414
2.50	0.17	0.414
2.50	0.18	0.414
2.50	0.19	0.414
2.50	0.24	0.414
2.50	0.28	0.414
2.50	0.45	0.414
2.50	0.45	0.414
2.50	0.48	0.414
2.50	0.51	0.414
2.50	0.56	0.414
2.50	0.65	0.414
2.50	0.68	0.414
2.50	0.72	0.414
2.50	0.77	0.414
2.50	0.78	0.414

2.50	0.83	0.414
2.50	0.85	0.414
2.50	0.97	0.414
2.50	1.10	0.414
2.27	1.12	0.380
2.08	1.25	0.345
1.92	1.35	0.318
1.79	1.41	0.296
1.67	1.49	0.280
1.56	1.68	0.260
1.38	1.68	0.230
1.23	1.78	0.205
1.11	1.88	0.184
1.00	1.99	0.166
0.83	2.15	0.135
0.69	2.35	0.114
0.59	2.55	0.099
0.51	2.78	0.085
0.44	3.10	0.075
0.25	4.10	0.042
0.16	5.10	0.025
0.11	6.10	0.019
0.08	7.10	0.014
0.06	8.10	0.011
0.05	9.10	0.009
0.04	10.10	0.008

---

**Figura 11**

*Espectro Sísmico*



*Nota:* Extraído del Análisis Estructural

## 4.2 Diseño de los Muros Portantes

### 4.2.1. Esfuerzo Axial Máximo.

Los esfuerzos producidos por las cargas de servicio producen en la edificación acciones axiales que deben soportar los muros portantes. El esfuerzo axial máximo se produce como la carga gravitatoria máxima de servicio, con una sobrecarga del 100% lo que debe ser inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m$$

Donde:

$\sigma_m$  = Esfuerzo axial máximo del muro ( kg/cm<sup>2</sup>).

$P_m$  = Peso máximo de servicio del muro (cm).

$L$  = Longitud del muro ( cm).

$t$  = Espesor efectivo del muro (en cm).

$f'_m$  = Capacidad a compresión axial de albañilería ( kg/cm<sup>2</sup>).

$h$  = Altura de un muro confinado ( cm).

**Tabla 5**

*Esfuerzos Axiales en Muros Portantes*

Muro	L (m)	t (m)	Pm (Kg)	$\sigma_m \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	$0.2f'_m \left(1 - \left(\frac{h}{35t}\right)^2\right)$	Observación
X1	5.90	0.14	31488.74	3.7462786	9.338958392	CONFORME
X2	8.80	0.14	48382.72	4.114007	9.449858392	CONFORME
X3	1.80	0.14	10012.67	4.0863959	9.449858392	CONFORME
X4	1.70	0.14	9468.32	4.0984069	9.449858392	CONFORME
X5	2.20	0.14	16633.32	5.5256877	9.449858392	CONFORME
X6	1.60	0.14	10862.87	5.17231906	9.339860392	CONFORME
X7	1.40	0.14	9510.81	5.22517035	9.339958392	CONFORME
X8	1.50	0.14	11018.27	5.31721525	9.339908392	CONFORME
X9	5.90	0.14	45340.37	5.24036403	9.339860392	CONFORME
X10	3.00	0.14	17510.52	4.68179705	9.339860392	CONFORME
X11	2.00	0.14	10402.59	5.71670879	9.339860392	CONFORME
X12	1.50	0.14	11629.33	5.61269653	9.339860392	CONFORME
X13	2.25	0.14	16546.24	5.49378744	9.340858392	CONFORME
X14	1.60	0.14	10679.94	5.08521952	9.340858392	CONFORME
X15	2.00	0.14	9992.57	4.07819284	9.340858392	CONFORME
X16	1.75	0.14	9522.33	4.12178888	9.340858392	CONFORME
X17	5.90	0.14	31252.58	3.72042629	9.338958392	CONFORME
X18	9.00	0.14	47904.25	4.07340562	9.449858392	CONFORME
Y1	4.00	0.14	19325.19	3.70034288	9.339908392	CONFORME
Y2	4.00	0.14	19399.93	3.7148467	9.340858392	CONFORME
Y3	2.00	0.14	10113.51	4.88055512	9.340858392	CONFORME
Y4	1.60	0.14	10245.47	4.94424238	9.340858392	CONFORME
Y5	1.40	0.14	6775.29	3.58428142	9.340858392	CONFORME
Y6	1.40	0.14	6798.22	3.5974719	9.340858392	CONFORME
Y7	1.50	0.14	9716.15	4.85272238	9.340858392	CONFORME
Y8	1.50	0.14	9584.82	4.78662348	9.340858392	CONFORME



Y9	3.00	0.14	20639.01	5.17243368	9.340858392	CONFORME
Y10	1.50	0.14	9684.92	4.94077552	9.340858392	CONFORME
Y11	1.50	0.14	9889.09	5.04035214	9.340858392	CONFORME
Y12	1.40	0.14	7858.27	4.15676661	9.340858392	CONFORME
Y13	1.40	0.14	7878.63	4.1632983	9.340858392	CONFORME
Y14	1.70	0.14	9556.37	4.2617723	9.340858392	CONFORME
Y15	1.30	0.14	9536.11	5.67566072	9.340858392	CONFORME
Y16	2.20	0.14	14485.03	4.9265409	9.340858392	CONFORME
Y17	1.35	0.14	9835.72	5.8486429	9.340858392	CONFORME
Y18	1.70	0.14	8154.4	3.6358929	9.340858392	CONFORME
Y19	1.80	0.14	9841.91	4.0130245	9.340858392	CONFORME
Y20	1.75	0.14	8545.47	3.81449555	9.340858392	CONFORME

*Nota:* Resultados del Análisis Estructural.

#### 4.2.2. Control de Fisuración.

##### Sismo severo

Es el sismo considerado por la NTE E.030 Diseño Sismo resistente, tomando un coeficiente de reducción sísmica  $R=3$ .

##### Figura 12

*Panel (efectos fuera del plano del muro)*



*Nota:* Norma Técnica de Edificaciones. E.030 Diseño Sismorresistente. Fuente CAPECO (2020)

### **Sismo moderado**

Corresponde a un sismo moderado aquel que determina fuerzas de inercia correspondientes a la mitad de los valores del sismo severo.

Todos los muros deben satisfacer el chequeo de figuración ante un sismo moderado para esto todos los muros deben verificarse la capacidad ante la fuerza cortante admisible mediante la siguiente expresión:

$$V_e \leq 0,55V_m$$

Donde:

$V_e$  = Acción de corte en un muro ante el sismo moderado ( tn).

$V_m$  = Acción de corte asociada al agrietamiento diagonal ( tn).

#### **4.2.3. Resistencia al Agrietamiento Diagonal.**

La producción del agrietamiento diagonal se realiza a causa que las acciones de cortante producidos por la fuerza sísmica lateral, como los esfuerzos más relevantes, se hace indispensable trabajar con el sismo moderado y el sismo severo, se recomienda que el análisis estructural este de acuerdo al sismo moderado, porque la edificación inicialmente se expone a cargas momentáneas, y luego hay que chequear para un sismo severo.

La sollicitación al corte de los muros de mampostería se obtendrá en cada diafragma mediante la siguiente expresión:

$$V_m = 0,5 \cdot v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 \cdot P_g$$

Donde:

$V_m$  = Fuerza de corte por agrietamiento diagonal (tn).

$v'_m$  = Resistencia al cortante de la albañilería ( tn/m<sup>2</sup>).

$\alpha$  =Factor por efectos de esbeltez.

$t$  = Espesor del muro ( m).

$L$  = Longitud del muro (m).

$P_g$  = Peso gravitacional de servicio en un muro (tn).

También, hay que realizar la verificación, que debe cumplir que los factores de resistencia al cortante debido a la relación de esbeltez en los elementos cumplirán con lo siguiente:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1$$

$V_e$  = Fuerza de corte ante sismo moderado ( tn).

$M_e$  = Momento de flexión debido a sismo moderado ( tn-m).

A continuación, se muestra como ejemplo la imagen de una vivienda ubicado en la ciudad de Moquegua-Distrito de San Antonio con dichas características por falla de compresión diagonal escalonado porque el mortero se está separando de la unidad de albañilería.

**Figura 13**

*Foto de vivienda con falla de compresión diagonal escalonado*



*Nota:* Vista tomada en edificación analizada.

**Tabla 6**

*Control de fisuramiento en muros*

Muro	Pg (Kg)	Ve-X (Kg)	Me-X (Kg-m)	Ve-Y (Kg)	Me-Y (Kg-m)	Ve (Kg)	Me (Kg- m)	$\frac{V_e L}{M_e}$	$\alpha$	Ve<=0 .55Vm
X1	28552.	10640.0	87.54	133.22	30687.61	10646	30688.	2.	1.00	Conf
X2	43473. 6	15372.3	152.06	180.43	69471.55	15462	69411.	1.8	1.00	Confor
X3	8996.4 3	2045.1	20.85	26.01	2211.71	2115	2211.	1.6	1.00	Confor
X4	8519.8 8	1942.98	24.05	33.28	1968.38	1933.	1955.3	1.5	1.00	Confor

X5	14518. 3	2252.58	33.45	31.91	3868.36	2244.	3866.3	1.3	1.00	Confor
X6	9550.6	1155.41	33.1	44.33	1688.46	1177.	1691.4	1.1	1.00	Confor
X7	8339.7 8	949.99	24.90	17.65	1066.34	944.9	1066.3	1.2	1.00	Confor
X8	9599.0 5	899.2	25.90	28.11	1555.93	988.2	1500.9	1.0	1.00	Confor
X9	39877. 3	9577.9	96.77	122.11	33788.59	9588.	33788.	1.6	1.00	Confor
X10	15511. 9	3255.95	35.34	20.41	5887.36	333.9	5411.3	1.6	1.00	Confor
X11	9088.0 1	1077.61	30.69	31.6	1060.96	1051.	1066.9	1.4	1.00	Confor
X12	10088. 0	1050.62	29.80	30.42	1477.31	1066.	1488.3	1.0	1.00	Confor
X13	14441. 0	2225.67	32.93	33.04	3851.91	2225.	3851.9	1.2	1.00	Confor
X14	9399.9	1151.55	33.22	66.33	1665.81	1149.	1688.8	1.	1.00	Confor
X15	8980.4 9	2020.43	21.11	29.90	2199.66	2020.	2179.6	1.7	1.00	Confor
X16	8566.2 1	1922.55	33.94	29.79	1944.27	1921.	1940.2	1.6	1.00	Confor
X17	28376. 1	10517.7	87.84	134.58	30436.97	10517	30436.	2.0	1.00	Confor
X18	43088. 9	15321.9	150.29	177.62	68680.14	15320	68681.	1.8	1.00	Confor

---

#### 4.2.4. Verificación de la Resistencia a Corte del Edificio.

Para verificar la resistencia y la rigidez hay que chequear que la resistencia al cortante sea mayor o igual a la fuerza de corte a causa del sismo severo:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei}$$

Donde:

$V_{mi}$  = Resistencia al corte de los muros ( tn).

$V_{Ei}$  = Fuerza de corte ante sismo severo ( tn).

Cuando la resistencia al cortante es mayor en tres veces la fuerza de corte se asume que la estructura tiene un comportamiento elástico; con esta condición, se utilizara el acero mínimo, con la capacidad de actuar como arriostre y que puede contrarrestar las fuerzas perpendiculares al plano del muro.

**Tabla 7**

*Verificación de la Resistencia al Corte del Edificio*

<b>Muro</b>	<b><math>V_{ei} - X</math> (Kg)</b>	<b><math>V_{ei} - Y</math> (Kg)</b>	<b><math>V_{ei}</math> (Kg)</b>	<b><math>V_m &gt; V_{ei}</math></b>
X1	21300.7	11011.7	21300.7	Conforme
X2	30955.2	19331.9	30889.2	Conforme
X3	4049.1	2051.2	4066.1	Conforme
X4	3854.9	2077.6	3866.9	Conforme
X5	4511.0	1760.7	4511.0	Conforme
X6	2321.8	2168.3	2355.8	Conforme
X7	1889.9	711.3	1910.9	Conforme
X8	1966.3	1289.8	1966.3	Conforme

X9	19222.5	5749.1	19144.5	Conforme
X10	6499.8	1989.3	6511.8	Conforme
X11	2213.1	881.6	2213.1	Conforme
X12	2107.2	1776.1	2107.2	Conforme
X13	4511.2	1879.3	4541.2	Conforme
X14	2305.0	2314.6	2305.0	Conforme
X15	4114.7	1887.4	4214.7	Conforme
X16	3831.0	1970.5	3789.0	Conforme
X17	21115.0	10553.4	21415.2	Conforme
X18	30579.3	18399.1	30559.3	Conforme
Y1	5911.8	15808.6	15778.6	Conforme
Y2	5708.0	16114.7	16114.7	Conforme
Y3	1317.0	3611.7	3595.8	Conforme
Y4	1313.7	3737.0	3882.0	Conforme
Y5	1249.7	4010.2	4010.2	Conforme
Y6	1307.0	4020.6	4021.6	Conforme
Y7	2552.0	7660.1	7660.1	Conforme
Y8	2414.9	7639.4	7655.4	Conforme
Y9	6300.4	20888.9	20866.9	No conforme
Y10	999.7	3176.1	3176.0	Conforme
Y11	1031.7	3229.6	3228.6	Conforme
Y12	1621.0	5039.3	5036.3	Conforme
Y13	1599.4	5121.3	5121.3	Conforme
Y14	881.0	2721.2	2721.2	Conforme
Y15	1652.7	4347.8	4657.8	Conforme
Y16	3190.1	10108.2	10108.2	Conforme
Y17	1591.1	4681.5	4691.7	Conforme
Y18	1396.3	4491.2	4491.2	Conforme
Y19	2112.6	6290.1	6420.1	Conforme
Y20	1545.1	4609.6	4580.6	Conforme

*Nota:* Resultado del Análisis Estructural con el ETABS V19.

#### 4.2.5. Verificación de la necesidad de colocar Refuerzo Horizontal en los Muros.

Se debe colocar acero horizontal continuo embebido en las columnas de confinamiento con la siguiente condición:

Cortante sismo severo > Resistencia al corte

$$V_{ui} > V_{mi}$$

Donde:

$V_{ui}$  = Fuerza de corte de cada muro en el entrepiso para sismo severo ( tn).

$V_{mi}$  = Resistencia al corte de cada muro en el entrepiso ( tn).

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \geq 0,05 f'_m$$

$\sigma_m$  = Esfuerzo axial en cada muro ( kg/cm<sup>2</sup>).

$P_m$  = Peso de servicio en un muro ( kg).

$L$  = Longitud del muro ( cm).

$t$  = Espesor efectivo del muro ( cm).

$f'_m$  = Resistencia a compresión axial de la albañilería ( kg/cm<sup>2</sup>).

#### Tabla 8

*Verificación de la necesidad de Reforzar*



Muro	$\frac{V_{m1}}{V_{e1}}$	$2 \leq \frac{V_{m1}}{V_{e1}} < 3$	$V_u$ (Kg)	$M_u$ (kg-m)	Condición 1era	Condición 2da
X1	3.321	3.040	31890.059	92081.880	Reforzar	Reforzar
X2	3.334	3.110	46527.100	208319.700	Reforzar	Reforzar
X3	5.871	3.110	6067.290	6592.220	Reforzar	No reforzar
X4	5.893	3.010	5771.880	5915.220	Reforzar	No reforzar
X5	6.898	3.010	6766.800	11605.100	Reforzar	Reforzar
X6	9.189	3.010	3488.310	5100.400	Reforzar	Reforzar
X7	9.735	3.010	2991.890	3216.110	Reforzar	Reforzar
X8	10.634	3.010	2881.580	44338090	Reforzar	Reforzar
X9	4.821	3.010	28810.670	102180.800	Reforzar	Reforzar
X10	5.952	3.010	9805.780	16332.100	Reforzar	Reforzar
X11	8.958	3.010	3204.900	3176.900	Reforzar	Reforzar
X12	10.242	3.010	3215.900	4390.880	Reforzar	Reforzar
X13	6.990	2.99	6707.010	11665.730	Reforzar	Reforzar
X14	9.356	2.99	3397.650	5105.430	Reforzar	Reforzar
X15	5.952	2.99	6049.290	6669.980	Reforzar	Reforzar
X16	5.924	2.99	5813.650	5911.810	Reforzar	Reforzar
X17	3.825	2.99	32153.370	92110.910	Reforzar	Reforzar
X18	3.746	2.99	46159.700	205937.420	Reforzar	Reforzar
Y1	3.149	3.000	23703.410	73311.440	Reforzar	Reforzar
Y2	3.140	3.000	23967.510	74216.890	Reforzar	Reforzar
Y3	5.760	3.000	5398.670	6401.530	Reforzar	Reforzar
Y4	5.574	3.000	5593.100	6598.430	Reforzar	Reforzar
Y5	4.532	3.000	6021.870	7303.560	Reforzar	Reforzar
Y6	4.532	3.000	6021.670	7304.500	Reforzar	Reforzar
Y7	2.641	2.641	10103.899	7718.424	Reforzar	Reforzar
Y8	2.640	2.640	10119.766	7711.312	Reforzar	Reforzar
Y9	1.959	1.959	20431.674	26119.291	Reforzar	Reforzar
Y10	5.349	3.010	4677.810	8314.900	Reforzar	Reforzar
Y11	5.294	3.010	4975.890	8239.890	Reforzar	Reforzar
Y12	3.689	3.010	7660.590	9976.110	Reforzar	Reforzar
Y13	3.636	3.010	7763.210	10111.780	Reforzar	Reforzar
Y14	5.523	3.010	4101.400	10704.310	Reforzar	Reforzar
Y15	3.473	3.010	6776.890	9307.200	Reforzar	Reforzar
Y16	2.598	2.598	12769.290	33356.590	Reforzar	Reforzar
Y17	3.429	3.110	7076.810	9402.890	Reforzar	Reforzar
Y18	3.424	3.110	6790.110	16540.190	Reforzar	Reforzar
Y19	2.732	2.852	8706.101	22819.199	Reforzar	Reforzar

Y20	3.455	3.010	6870.610	16308.610	Reforzar	Reforzar
-----	-------	-------	----------	-----------	----------	----------

*Nota:* Resultado del Análisis estructural utilizando el ETABS V19.

#### 4.2.6. Diseño de las Columnas de Confinamiento.

Las acciones que reciben las columnas de confinamiento tanto para las interiores y exteriores se obtienen mediante la siguiente ecuación:

Diseño de Columna Interior.

$V_c$  (fuerza cortante).

$$V_{ci} = \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$$

Donde:

$V_{ci}$  = Fuerza de corte en una columna interior analizada considerando un sismo severo ( tn).

$V_{m1}$  = Resistencia al cortante de cada muro del primer diafragma ( tn).

$L_m$  = Longitud del mayor muro confinado, ó la mitad de la longitud ; la que se mayor (m).

$L$  = Longitud del muro ( m).

$N_c$  = Número de columnas confinadas.

$T$  = Esfuerzo de Tracción.

$$T_i = V_{m1} \frac{h}{L} - P_c$$

Donde:

$T_i$  = Tracción en un elemento confinado por sismo severo ( tn).

$V_{m1}$  = Resistencia al cortante en muros del primer diafragma ( tn).

$h$  = Altura de muro ( m).

$L$  = Longitud de muro (m).

$P_c$  = Peso vertical de servicio en la columna de confinamiento (tn).

$C$  = Fuerza de compresión.

$$C_i = P_c - \frac{V_{m1} \cdot h}{2L}$$

Donde:

$C_i$  = Carga de compresión de una columna interior de confinamiento para chequeo de sismo severo (tn).

$P_c$  = Peso vertical de servicio de la columna de confinamiento ( tn).

$V_{m1}$  = Resistencia al cortante de los muros del primer diafragma ( tn).

$h$  = Altura del muro confinado (m).

$L$  = Longitud del muro ( m).

Columna externa

$V_c$  = Fuerza de corte.

$$V_{ce} = 1,5 \frac{V_{m1} \cdot L_m}{L(N_c + 1)}$$

Donde:

$V_{ce}$  = Fuerza cortante de una columna exterior de confinamiento ante el sismo severo ( tn).

$V_{m1}$  = Resistencia al corte de uno de los muros del primer diafragma ( tn).

$L_m$  = Longitud del paño mayor en un muro confinado, ó la mita dela longitud; la que se mayor (m).

$L$  = Longitud del muro ( m).

$N_c$  = úmero de columnas de confinamiento.

$T$ = Esfuerzo de tracción.

$$T_e = T - P_c$$

Donde:

$T_e$  =Fuerza de tracción en una columna externa para sismo severo (Tn).

$F$  = Carga axial en una columna extrema producidas por  $M$  ( Tn).

$P_c$  = Peso vertical de servicio en una columna de confinamiento ( Tn).

$$F = M/L$$

F = Carga axial en una columnas extremas producidas por el momento ( tn).

M = Momento flector ( tn-m).

L = Longitud del muro ( m).

$$M = M_{u1} - \frac{1}{2} V_{m1} \cdot h$$

M = Momento flector ( tn-m).

Mu1 = Momento de flexión en el muro del primer diafragma debido al sismo severo ( tn-m).

Vm1 = Resistencia al cortante de los muros del primer diafragma ( tn).

h = Altura del muro ( m).

Calculo de la sección de concreto para la columna de confinamiento.

La sección transversal de las columnas corresponde a la mayor de las que se obtenga el diseño por axial o por fricción en corte, que no menor que 15 veces el espesor de la columna en cm<sup>2</sup>

**Tabla 9***Diseño de Columnas de Confinamiento*

Muro	M (Kg-m)	F (Kg)	Numero de Columnas Nc	0.5L	Pc	a	As (cm <sup>2</sup> )	Distrib mm	Vc (Kgf)	T (Kgf)	C (Comp.)	An (cm <sup>2</sup> )	Acf (cm)	D (cm)	D (cm)
X1	39309.878	6552.48	3.000	2.990	9521.23	0.799	2.001	6 de 8	7600.04	2972.75	16078.706	215.00	213.16	20.00	18.00
X2	133305.94	15849.64	3.000	3.990	14500.87	1.799	2.001	6 de 8	10905.0	1380.77	30370.503	215.00	302.66	30.00	24.00
X3	-8987.754	-5145.29	2.000	0.900	4489.71	2.799	2.001	6 de 8	2989.86	9641.00	636.573	215.00	210.00	20.00	18.00
X4	-8832.464	-5362.40	2.000	0.799	4266.94	3.800	2.001	6 de 8	2830.19	9611.34	1087.462	215.00	215.00	20.00	18.00
X5	-8615.859	-4016.45	2.000	1.101	7260.68	4.799	2.010	6 de 8	3989.48	11326.1	3443.234	215.00	215.00	20.00	18.00
X6	-8832.631	-5897.09	2.000	0.699	4773.43	5.800	2.100	6 de 8	2687.19	10660.5	1224.657	215.00	215.00	20.00	18.00
X7	-8943.771	-6887.52	2.000	0.660	4171.39	6.800	2.100	6 de 8	2333.46	11048.9	2796.126	215.00	215.00	20.00	18.00
X8	-9418.206	-6764.33	2.000	0.666	4793.52	7.800	2.100	6 de 8	2650.73	11157.8	1600.803	215.00	215.00	20.00	18.00
X9	43908.733	7104.14	3.000	3.100	13286.79	9.800	2.100	6 de 8	8288.09	6181.66	26601.932	215.00	242.20	30.00	20.00
X10	-8093.171	-3032.53	2.000	1.355	7751.98	10.800	2.011	6 de 8	4876.20	11183.5	4870.450	215.00	215.00	20.00	18.00

X11	-9116.353	-7014.35	2.000	0.555	4655.00	9.800	2.011	6 de 8	2664.28	12148.3	2508.343	215.00	215.00	20.00	18.00
X12	-9511.297	-6435.88	2.000	0.750	5044.03	11.900	2.022	6 de 8	2767.16	12362.9	1488.841	215.00	215.00	20.00	18.00
X13	-8689.788	-4001.55	2.000	1.805	7219.51	12.780	2.022	6 de 8	3887.98	12125.0	3225.962	215.00	215.00	20.00	18.00
X14	-8790.939	-5871.29	2.000	0.810	4711.45	13.780	2.022	6 de 8	2899.80	11061.7	1160.843	215.00	215.00	20.00	18.00
X15	-9023.138	-5136.65	2.000	0.880	4510.74	150800	2.022	6 de 8	2998.95	9788.39	666.885	215.00	215.00	20.00	18.00
X16	-8906.750	-5399.64	2.000	0.833	4311.60	15.810	2.022	6 de 8	2980.69	9555.24	1222.111	215.00	250.00	20.00	18.00
X17	38610.447	6443.41	3.000	3.110	9548.71	16.870	2.022	6 de 8	7597.47	3215.30	15902.118	215.00	215.95	20.00	18.00
X18	131225.61	15633.29	3.000	4.311	14864.99	17.911	2.011	6 de 8	10799.7	1298.29	29997.285	215.00	299.20	25.00	24.00

---

#### 4.2.7. Determinación de los Estribos de Confinamiento.

Las distribuciones de los estribos deben verificarse con la siguiente expresión.:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0,3 t_n \cdot f'_c \left( \frac{A_c}{A_n} - 1 \right)}$$

Donde:

$S_1$  = Espaciamiento entre estribos (cm)

$A_v$  = Sección de estribos cerrados (cm<sup>2</sup>)

$f_y$  = Resistencia de fluencia del fierro de refuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)

$t_n$  = Espesor de la columna de confinamiento (cm)

$f'_c$  = Resistencia del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)

$A_c$  = Área total de la sección transversal de una columna de confinamiento (cm<sup>2</sup>)

$A_n$  = área del núcleo confinado de la columna (cm<sup>2</sup>)

$$s_2 = \frac{A_v f_y}{0,12 t_n \cdot f'_c}$$

Donde:

$s_2$  = Espaciamiento entre estribos (cm).



$A_v$  = Área de estribos ( $\text{cm}^2$ ).

$f_y$  = Resistencia de fluencia del fierro de refuerzo ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$t_n$  = Espesor de la columna de confinamiento (en cm).

$f'_c$  = Compresión del concreto (en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 5\text{cm}$$

Donde:

$s_3$  = Espaciamiento entre estribos (cm)

$d$  = Peralte de columna (cm)

$S_4 = 10\text{ cm}$

Donde:

$s_4$  = Espaciamiento de estribos (cm)

**Tabla 10**

*Diseño de Estribos*

Muro	Ac ( $\text{cm}^2$ )	An ( $\text{cm}^2$ )	Asf ( $\text{cm}^2$ )	Ast ( $\text{cm}^2$ )	As requerida
X1	325.00	169.00	2.775	0.900	3.500
X2	435.00	242.00	3.880	0.400	4.200
X3	325.00	170.00	1.222	2.700	3.800
X4	325.00	170.00	0.889	2.700	3.700
X5	325.00	170.00	1.400	3.200	4.600
X6	325.00	170.00	1.000	3.000	4.000

X7	325.00	170.00	0.900	3.100	3.880
X8	325.00	170.00	1.000	3.215	4.110
X9	361.00	194.00	2.889	1.800	4.700
X10	325.00	170.00	1.700	3.110	4.700
X11	325.00	170.00	0.900	3.330	4.100
X12	325.00	170.00	1.000	3.330	4.200
X13	325.00	170.00	1.400	3.005	4.600
X14	325.00	170.00	1.000	3.000	4.000
X15	325.00	170.00	1.100	2.800	3.800
X16	325.00	170.00	1.000	2.800	3.800
X17	325.00	170.00	2.700	0.900	3.600
X18	435.00	245.00	3.800	0.400	4.010
Y1	325.00	170.00	1.700	1.500	3.100
Y2	325.00	170.00	1.700	1.500	3.200
Y3	325.00	170.00	0.899	2.600	3.600
Y4	325.00	170.00	0.900	2.600	3.500
Y5	325.00	170.00	0.800	1.800	2.600
Y6	325.00	170.00	0.800	1.800	2.600
Y7	325.00	170.00	0.900	2.300	3.200
Y8	325.00	170.00	0.900	2.300	3.200
Y9	325.00	170.00	1.800	2.600	4.400
Y10	325.00	170.00	0.800	1.800	2.600
Y11	325.00	170.00	0.800	1.800	2.600
Y12	325.00	170.00	0.900	1.500	2.300
Y13	325.00	170.00	0.900	1.500	2.300
Y14	325.00	170.00	0.700	1.100	1.700
Y15	325.00	170.00	0.700	1.400	2.301
Y16	325.00	170.00	1.200	0.300	1.500

Y17	325.00	170.00	0.800	1.500	2.200
Y18	324.00	170.00	0.700	0.100	1.700
Y19	324.00	170.00	0.800	0.600	1.700
Y20	324.00	170.00	0.700	0.100	1.700

*Nota:* Resultado del Análisis Estructural utilizando el ETABS V19.

#### 4.2.8. Diseño de las Vigas Soleras correspondientes al Primer Nivel.

La viga solera se calculan a esfuerzos de tensión para resistir una acción igual a  $T_s$ :

$$T_s = V_{m1} \cdot \frac{L_m}{2L}$$

Donde:

$T_s$  = Fuerza en vigas soleras (tn).

$V_{m1}$  = Capacidad al corte de uno de los muros del primer entrepiso ( tn).

$L_m$  = Longitud del paño mayor en un muro, ó 0,5 longitud; lo que se mayor ( m).

$L$  = Longitud del muro ( m).

El área de refuerzo de la viga solera se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1 f'_c A_{cs}}{f_y}$$

Donde:

$A_s$  = Área de refuerzo ( $\text{cm}^2$ ).

$T_s$  = Capacidad actuante en vigas soleras (tn).

$\phi = 0,9$  para flexión y corte.

$f'c$  = Compresión del concreto ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$Acs$  = Área de la sección de la solera ( $\text{cm}^2$ ).

$f_y$  = Capacidad de fluencia del acero ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

**Tabla 11**

*Diseño de la Vigas Soleras*

<b>Muro</b>	<b><math>T_s</math> (Kg)</b>	<b>As requerida (<math>\text{cm}^2</math>)</b>
X1	10148.682	2.704
X2	14408.765	3.981
X3	2987.862	0.803
X4	2829.203	0.808
X5	3832.508	1.107
X6	2676.204	0.688
X7	2323.500	0.700
X8	2647.800	0.800
X9	11053.212	2.894
X10	4677.182	1.300
X11	2365.306	0.800
X12	2678.200	0.800
X13	3878.778	1.034

X14	2667.900	0.800
X15	2998.899	0.800
X16	2831.700	0.800
X17	10138.766	2.700
X18	14385.899	3.699
Y1	6293.899	1.700
Y2	6298.332	1.700
Y3	2606.889	0.700
Y4	2612.900	0.700
Y5	2268.400	0.700
Y6	2268.600	0.700
Y7	2519.500	0.700
Y8	2513.500	0.700
Y9	5086.500	1.400
Y10	2114.300	0.600
Y11	2134.800	0.700
Y12	2312.100	0.700
Y13	2319.700	0.660
Y14	1871.600	0.500
Y15	1938.888	0.600
Y16	3268.425	0.900
Y17	2028.800	0.600
Y18	1928.500	0.600
Y19	2175.100	0.600
Y20	1974.410	0.600

*Nota:* Resultado del Análisis Estructural utilizando el ETABS V19.

### **4.3 Presentación de Resultados**

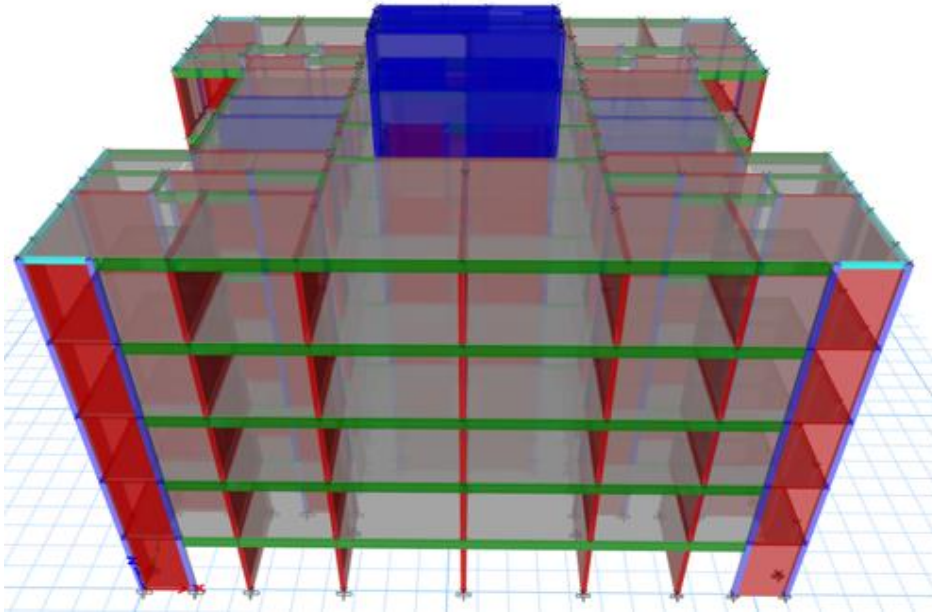
Para la obtención de resultados se realizó una comparativa, en primer lugar, se analizó la estructura bajo el modelo tradicional de idealización (péndulo invertido), obteniendo las principales condiciones en las estructuras como el periodo fundamental de vibración, las distorsiones de la estructura, los desplazamientos y la rigidez de la misma; en segundo lugar se planteó el modelo de interacción suelo estructura, considerando la cimentación como un sólido con volumen determinado idealizando la cimentación corrida, y considerando sobre la misma los apoyos tipo resorte según las condiciones de la metodología Barkam.

Se espera alcanzar un desempeño en la estructura tomando en cuenta la interacción suelo con la estructura, en las dos direcciones de análisis se ubica dentro del rango funcional. Esto quiere decir que la estructura inicia su incursión en el campo inelástico y puede ocurrir daños pequeños sobre todo en los elementos no estructurales, las que se pueden reparar, sin embargo, la edificación no puede fallar y debe permanecer disponible para que cumpla sus funciones después de la ocurrencia de un sismo. (Vergara & Quesada, 2007).

#### **4.3.1. Modelamiento de la Estructura en ETABS V19.**

**Figura 14**

*Modelo en Etabs 3D Estructura 2*



*Nota: Resultado del Análisis Estructural utilizando el ETABS.*

**Figura 15**

*Modelo en Etabs Planta Estructura 2*



*Nota: Resultado del Análisis Estructural utilizando el ETABS*

#### 4.3.2. Cálculo de los Periodos Fundamentales de Vibración de la Estructura.

El período de oscilación de la edificación está determinado por el de mayor porcentaje de participación masa; para las estructuras de albañilería confinada representadas en el análisis, los periodos de vibración fueron:

**Tabla 12**

*Periodos de vibración estructura empotrada en la base calculada en Etabs V19*

<b>Periodo de Vibración de la estructura</b>		
Estructura	Periodo de vibración en X	Periodo de vibración en Y
Estructura	0.310	0.461

*Nota:* Extraído del Resultado del Análisis Estructural utilizando el ETABS

#### 4.3.3. Cálculo de los Desplazamientos de la Edificación.

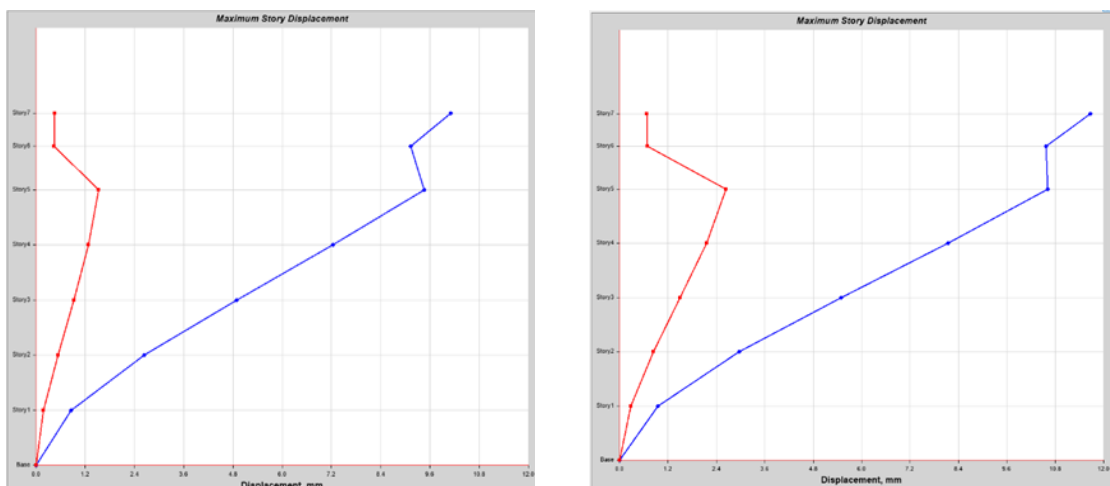
Las deformaciones de la edificación son debido a las fuerzas sísmicas generadas en la misma estructura, producto de sus condiciones físico mecánicas, a partir de las condiciones de carga; en el caso de la edificación examinada, el desplazamiento para la verificación estática y la verificación dinámica en el comportamiento sísmico de la estructura fueron:



**Tabla 13***Desplazamientos de la Estructura Calculado en Análisis Estructural Etabs V19*

Nivel	Desplazamientos			
	XX		YY	
	A. Estático	A. Dinámico	A. Estático	A. Dinámico
Tanque elevado	11.688	20.85	10.10	34.669
Tanque elevado	10.586	18.58	9.133	33.279
5to nivel	10.622	19.71	9.464	35.251
4to nivel	8.155	15.09	7.235	28.558
3er nivel	5.495	10.49	4.89	19.979
2do nivel	2.977	5.91	2.643	11.149
1er nivel	0.966	2.01	0.851	3.587
Base	0	0	0	0

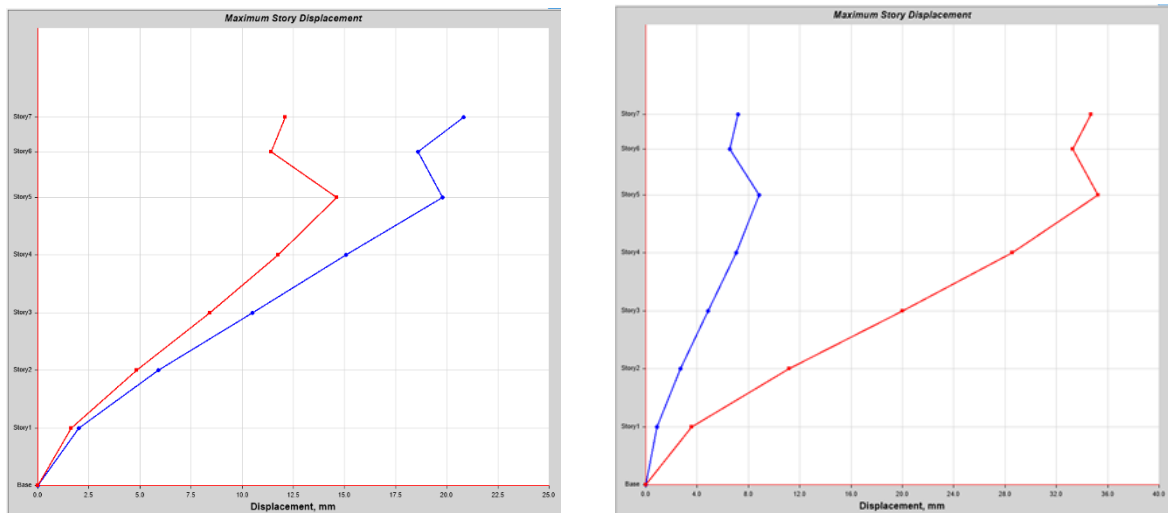
*Nota:* Extraído del Análisis Estructural utilizando el Etabs.V19

**Figura 16***Diagrama de Desplazamientos de la Estructura en el Análisis Estático*

*Nota:* Resultado del Análisis Estructural con el Etabs V19

**Figura 17**

*Diagrama de Desplazamientos de la Estructura en el Análisis Dinámico*



*Nota:* Extraído del Análisis Estructural Etabs V19

#### **4.3.4. Condiciones de Irregularidad.**

##### **4.3.4.1 Irregularidad de Rigidez, Piso Blando.**

Las irregularidades de rigidez ocurren cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la rigidez lateral en un entrepiso es menor que 0.7 la rigidez lateral del entrepiso inmediatamente superior:

$$K_i < 0.7K_{i+1}$$

o es menor que 0.8 de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes:

$$K_i < 0.8 \left( \frac{k_{i+1} + k_{i+2} + k_{i+3}}{3} \right)$$

**Tabla 14***Análisis de Irregularidad Piso Blando*

Direcció n	Nivel	Fuerza	Desp.	Rigidez	$0.7K_{i+1}$	Verific.	Promedio $K_{i+1}$	Verific.
Dir XX	Nivel 4	72.48213	0.0049	16510.1	0	Regular	0	Regular
Dir XX	Nivel 3	77.80787	0.0038	22779.0	10276.7	Regular	0	Regular
Dir XX	Nivel 2	51.57525	0.0025	22981.8	14048.1	Regular	0	Regular
Dir XX	Nivel 1	25.78632	0.0010	26511.6	14297.3	Regular	14706.02	Regular
Dir YY	Nivel 4	72.45613	0.0155	5246.59	0	Regular	0	Regular
Dir YY	Nivel 3	77.80777	0.0124	7067.7	3263.92	Regular	0	Regular
Dir YY	Nivel 2	51.57725	0.008	7106.5	4385.29	Regular	0	Regular
Dir YY	Nivel 1	25.78622	0.0033	8551.77	4421.24	Regular	4598.26	Regular

*Nota:* Resultado del Análisis Estructural Etabs V19**4.3.4.2 Irregularidad de Resistencia Piso Débil.**

Las irregularidades de resistencia ocurren cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de una losa contra fuerzas cortantes es menor que 0.80 la resistencia de la siguiente losa más alta:

$$R_i < 0.80 R_{i+1}$$

**Tabla 15***Piso débil resultado obtenido en Análisis estructural Etabs V19*

Dirección	Nivel	Rigidez	$0.8 K_{i+1}$	Verificación
Dir XX	Nivel 4	48665.104	0	Regular
Dir XX	Nivel 3	80530.758	38926.083	Regular
Dir XX	Nivel 2	109562.22	64424.206	Regular
Dir XX	Nivel 1	156766.06	87626.776	Regular
Dir YY	Nivel 4	24165.694	0	Regular

Dir YY	Nivel 3	41778.403	19317.555	Regular
Dir YY	Nivel 2	61300.578	33380.723	Regular
Dir YY	Nivel 1	87745.9	49038.663	Regular

---

En el chequeo de las irregularidades de la estructura, tanto de las irregularidades en planta como de las irregularidades en altura, se verificó que las edificaciones de albañilería confinada analizadas, no cumplen con ningún criterio que indique irregularidades, teniendo en cuenta que el resto de condiciones de irregularidades se descartaron por sentido común, ya que no se pueden generar en edificaciones con la configuración estructural como la presentada en la viviendas analizadas ya que están condicionadas a la geometría o configuración del edificio, entonces se puede indicar que las estructuras analizadas son regulares.

#### **4.3.4.3 Rigidez en las Edificaciones.**

La rigidez en las edificaciones, está condicionada siempre a las propiedades físico mecánicas de la misma, bajo este criterio se podría indicar que la rigidez depende de la albañilería como material de construcción (condicionado a los elementos de refuerzo de concreto armado), así como la configuración estructural y la geometría de los elementos estructurales, la rigidez de la edificación es la que se opone directamente a los desplazamientos laterales generados por las cargas sísmicas, en el caso de las estructuras analizadas la rigidez en cada nivel y para cada estructura fueron:

**Tabla 16***Rigidez de la Edificación 2*

<b>Rigidez de la edificación</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Dirección</b>	
	<b>XX (Tn/mm)</b>	<b>YY (Tn/mm)</b>
Tanque elevado	4.96863	3.43208
Tanque elevado	13.27166	7.68425
5to nivel	40.27883	18.65613
4to nivel	55.75316	26.72529
3er nivel	77.04355	35.04423
2do nivel	122.88159	51.40774
1er nivel	258.81487	101.35438
Base	0	0

**4.3.4.4 Fuerzas Cortantes por Nivel.**

Las fuerzas cortantes se producen por la acción dinámica de los sismos sobre la estructura, la masa y el movimiento se complementan para generar una fuerza sísmica de distinta intensidad en cada nivel:

**Tabla 17***Fuerza Cortante de la Estructura 2*

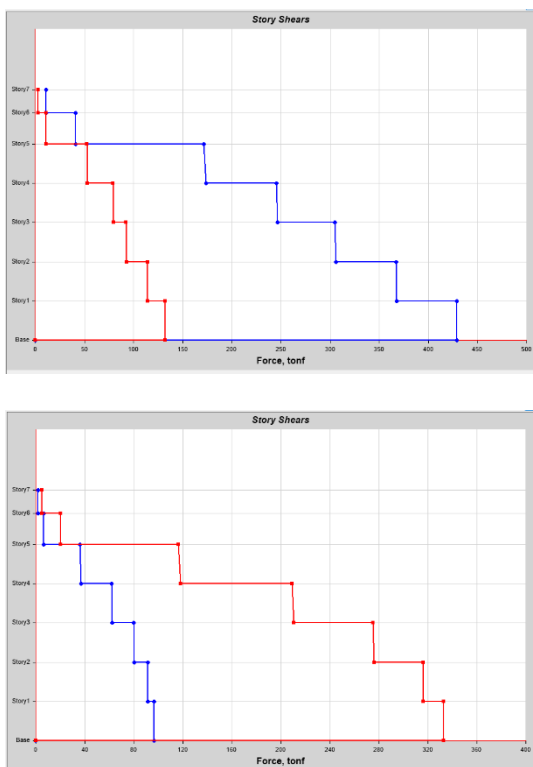
<b>Fuerza cortante</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Dirección</b>	
	<b>XX (Tn)</b>	<b>YY (Tn)</b>
Tanque elevado	11.0976	5.2027
Tanque elevado	41.1269	20.5299
5to nivel	171.7189	116.6084

4to nivel	245.4246	209.3134
3er nivel	304.7493	275.1362
2do nivel	367.187	316.1694
1er nivel	428.7531	332.842
Base	0	0

---

**Figura 18**

*Diagrama de Fuerzas Cortantes por Nivel Estructura 2 en X y para la Y*



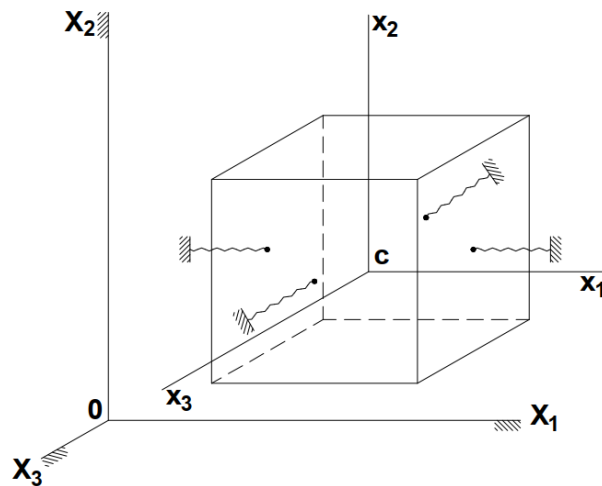
*Nota:* Resultado del Análisis Estructural Etabs V19

#### 4.4. Análisis de las Estructuras bajo el Modelo de Interacción Suelo Estructura

##### 4.4.1. Análisis de los Coeficientes de Rigidez Modelo dinámico de Barkan Savinov.

Figura 19

Análisis de los coeficientes de rigidez modelo dinámico de Barkan Savinov



Nota: Resultado del Análisis Estructural Etabs V19

Los factores de rigidez para la cimentación se definen de la siguiente forma:

$$K_z = C_z A$$

$$K_x = C_x A$$

$$K_\phi = C_\phi I$$

En los que:

$C_z$  = módulo de compresión elástica uniforme.

$C_x$  = módulo de desplazamiento elástico uniforme.

$C_\phi$  = módulo de compresión elástica no uniforme.

A = área de la base del cimiento.

I = momento de inercia de la base del cimiento respecto al eje principal perpendicular al plano de vibración.

$$C_z = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_x = D_0 \left[ 1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

$$C_\phi = C_0 \left[ 1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}}$$

La expresión anterior es la empleada por los rusos Barkan y Savinov.

Los coeficientes se calculan de la siguiente manera:

Si llamamos a y b a las dimensiones en planta del cimiento;  $\Delta=1/m$  (Coeficiente Emp);

$C_0$  para fines prácticos =  $0.0017E_0/(1-\mu^2)$  kg/cm<sup>3</sup>

$E_0$  es el módulo de Elasticidad del suelo estimado para un esfuerzo estático de 0.1 a 0.2 kg/cm<sup>2</sup>.

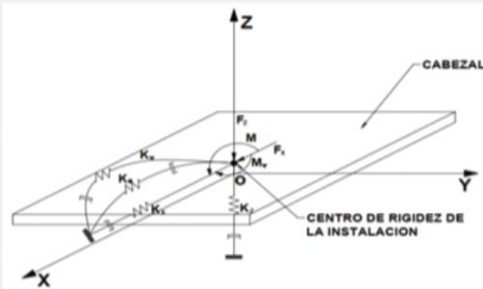
$D_0 = 0.0017E_0/(1+\mu)(1-0.5\mu)$  [kg/cm<sup>3</sup>]

$\mu$  es el módulo de Poisson y  $\rho$  es el esfuerzo estático que transmite el cimiento al terreno.



**Figura 20**

Calculo de la magnitud de presión estática del suelo, Modelo de Barkan



**1) MODELO DE BARKAN**

Calculo de la Magnitud de la presión estática del suelo

Peso de edificación = 185.92 Tn  
 Área total de la cimentación = 63.52 m<sup>2</sup>

**p =** 0.293 kg/cm<sup>2</sup>

de la formula 2.7, calculamos Do:

**Do =**  $Co \cdot (1-u) / (1-0.5 \cdot u)$  donde

**Do =** 1.48 kg/cm<sup>3</sup>

Ahora calculamos los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme

$Cz = Co \cdot (1 + 2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$  donde  
 $Cx = Do \cdot (1 + 2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$   
 $C\psi = Co \cdot (1 + 2 \cdot (a+3b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$

a = 1 m  
 b = 1 m  
 A = 1 m<sup>2</sup>  
 Δ = 1 m<sup>-1</sup>  
 po = 0.2 kg/cm  
 lx = 0.08333333 m<sup>4</sup>

**Cz =** 10.89 kg/cm<sup>3</sup>  
 10887.67 Tn/m<sup>3</sup>

**Cx =** 8.97 kg/cm<sup>3</sup>  
 8966.31 Tn/m<sup>3</sup>

**Cψ =** 19.60 kg/cm<sup>3</sup>  
 19597.80 Tn/m<sup>3</sup>

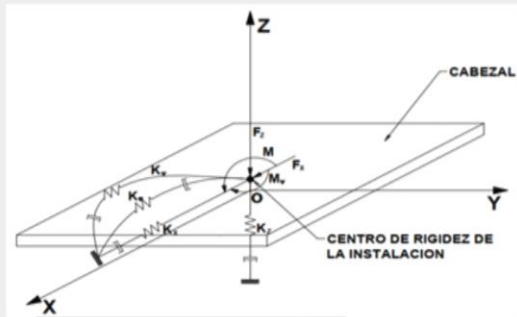
Por la formula determinamos los coeficientes de rigidez:

$Kz = Cz \cdot A$	<b>10887.67</b>	Tn/m
$Kx = Cx \cdot A$	<b>8966.31</b>	Tn/m
$K\psi = C\psi \cdot l$	<b>1633.15</b>	Tn/m

Nota: Datos para el Análisis Estructural

**Figura 21**

*Cálculo de la magnitud estática del suelo "p" para la cimentación*



calculo de la Magnitud de la presión estática del suelo "p" para cimentación

Peso de edificación = 185.92 Tn  
 Área total de la cimentación= 63.52 m<sup>2</sup>

p= 0.293 kg/cm<sup>2</sup>

de la formula 2.7, calculamos Do:

Do=  $Co \cdot (1-u) / (1-0.5 \cdot u)$  donde

Do= 1.48 kg/cm<sup>3</sup>

Ahora calculamos los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme

$Cz = Co \cdot (1 + 2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$  donde

$Cx = Do \cdot (1 + 2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$

$C\psi = Co \cdot (1 + 2 \cdot (a+3b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$

Cz = 10.89 kg/cm<sup>3</sup>  
 10887.67 Tn/m<sup>3</sup>

Cx = 8.97 kg/cm<sup>3</sup>  
 8966.31 Tn/m<sup>3</sup>

Cψ = 19.60 kg/cm<sup>3</sup>  
 19597.80 Tn/m<sup>3</sup>

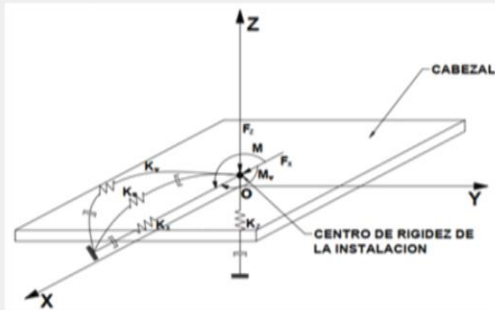
Por la formula determinamos los coeficientes de rigidez:

$Kz = Cz \cdot A$	10887.67	Tn/m
$Kx = Cx \cdot A$	8966.31	Tn/m
$K\psi = C\psi \cdot I$	1633.15	Tn/m

*Nota: Datos para el Análisis Estructural*

**Figura 22**

*Cálculo de la magnitud de la presión estática del suelo "p"*



calculo de la Magnitud de la presión estática del suelo "p"

Peso de edificación = 247.89 Tn  
 Área total de la cimentación= 44.662857 m<sup>2</sup>

**p=** 0.555 kg/cm<sup>2</sup>

de la formula 2.7, calculamos Do:

Do=  $Co \cdot (1-u) / (1-0.5 \cdot u)$  donde

**Do=** 1.48 kg/cm<sup>3</sup>

Ahora calculamos los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme

$Cz = Co \cdot (1 + 2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$  donde

$Cx = Do \cdot (1 + 2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$

$C\Psi = Co \cdot (1 + 2 \cdot (a+3b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/po)}$

a= 1.4 m  
 b= 1.4 m  
 A= 1.96 m<sup>2</sup>  
 $\Delta$ = 1 m<sup>-1</sup>  
 po= 0.2 kg/cm  
 lx= 0.32013333 m<sup>4</sup>

**Cz =** 11.57 kg/cm<sup>3</sup>  
 11565.97 Tn/m<sup>3</sup>

**Cx =** 9.52 kg/cm<sup>3</sup>  
 9524.91 Tn/m<sup>3</sup>

**C\Psi =** 20.13 kg/cm<sup>3</sup>  
 20133.35 Tn/m<sup>3</sup>

Por la formula determinamos los coeficientes de rigidez:

$Kz = Cz \cdot A$	<b>22669.29</b>	Tn/m
$Kx = Cx \cdot A$	<b>18668.83</b>	Tn/m
$K\Psi = C\Psi \cdot I$	<b>6445.36</b>	Tn/m

*Nota: Datos para el Análisis Estructural*

#### 4.4.2. Interacción Suelo Estructura Modelo Etabs V19.

Figura 23

Asignación de las Propiedades de Suelo sobre la Estructura

**Point Spring Property Data**

**General Data**

Property Name: Cimientos Corridos

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	18668.83	tonf/m
Translation Y	18668.83	tonf/m
Translation Z	22669.29	tonf/m
Rotation about X-Axis	6445.36	tonf-m/rad
Rotation about Y-Axis	6445.36	tonf-m/rad
Rotation about Z-Axis	0	tonf-m/rad

**Single Joint Links at Point**

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle
---------------	-----------------	--------------

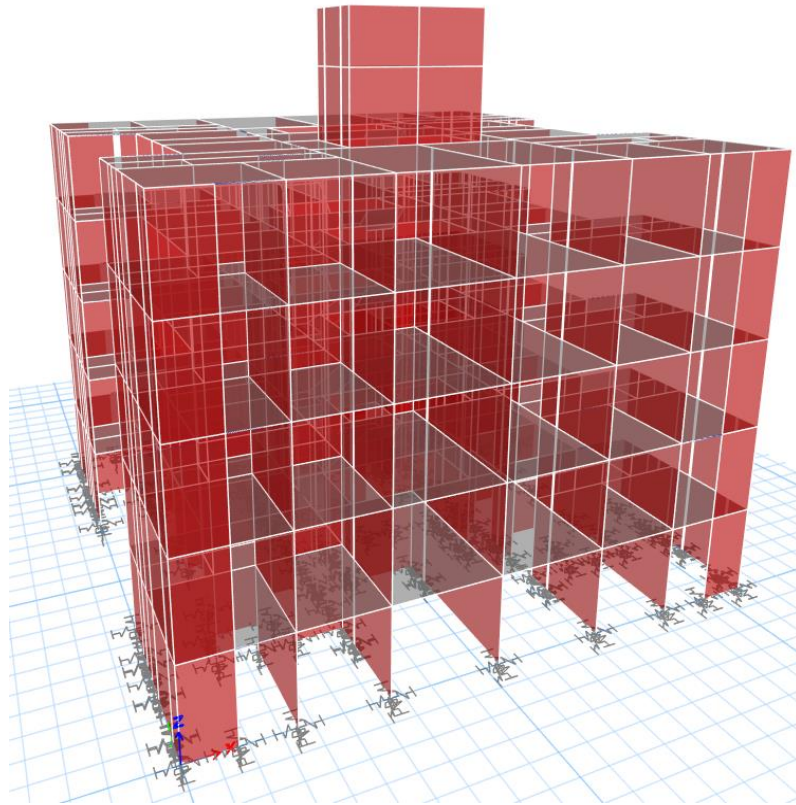
Add  
Delete

OK Cancel

Nota: Resultado del Análisis Estructural Etabs V19.

**Figura 24**

*Cimentación Elástica de la Estructura*



*Nota:* Resultado del Análisis Estructural Etabs V19

Si revisamos y analizamos los resultados obtenidos, podemos indicar que utilizando el modelo espectral sin interacción obtenemos valores inferiores a las tensiones que al analizar un modelo espectral con interacción. Esto confirma que el diseño de la edificación será más profundo y completo si se aborda estos esfuerzos de una manera más adecuada. La principal condición para establecer la interacción suelo estructura, es representar la flexibilidad de suelo sobre la cimentación, utilizando el modelo dinámico de Barkan-Savinov, los estudios de suelo realizados se agregaron

a la estructura examinada, por lo que siempre se tuvo en cuenta la información del estudio del suelo. Los resultados de este procedimiento se enumeran a continuación:

#### 4.4.3. Análisis Comparativo de los Periodos de Vibración.

**Tabla 18**

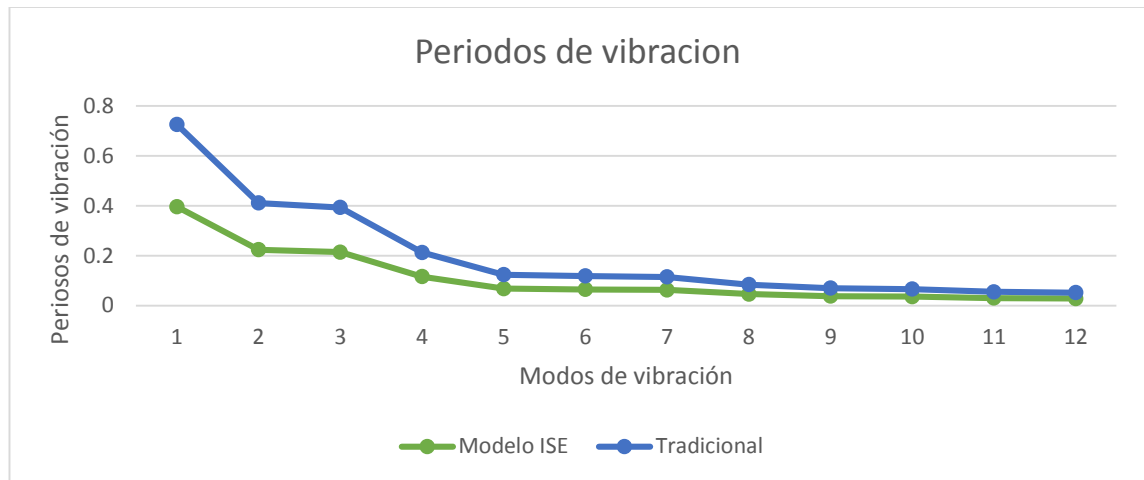
*Análisis comparativo de Periodos de Vibración de la Estructura*

Case	Mode	Periodo	Periodo
		Sec Modelo ISE	Sec Tradicional
Modo	1	0.398	0.329
Modo	2	0.225	0.188
Modo	3	0.215	0.180
Modo	4	0.117	0.098
Modo	5	0.069	0.058
Modo	6	0.066	0.056
Modo	7	0.064	0.054
Modal	8	0.047	0.039
Modo	9	0.039	0.033
Modo	10	0.037	0.029
Modo	11	0.041	0.026
Modo	12	0.030	0.025

*Nota:* Resultado del Análisis Estructural Etabs V19

**Figura 25**

*Comparación de Periodos de Vibración Modelo Tradicional y Modelo ISE*



En la figura 25, se puede observar el gráfico de vibraciones libres comparando los periodos de vibración de la estructura bajo el modelo tradicional y el modelo ISE, teniendo en cuenta el cumplimiento a través de los modelos dinámicos de Barkan.

#### **4.4.4. Análisis Comparativo de los Desplazamientos.**

**Tabla 19**

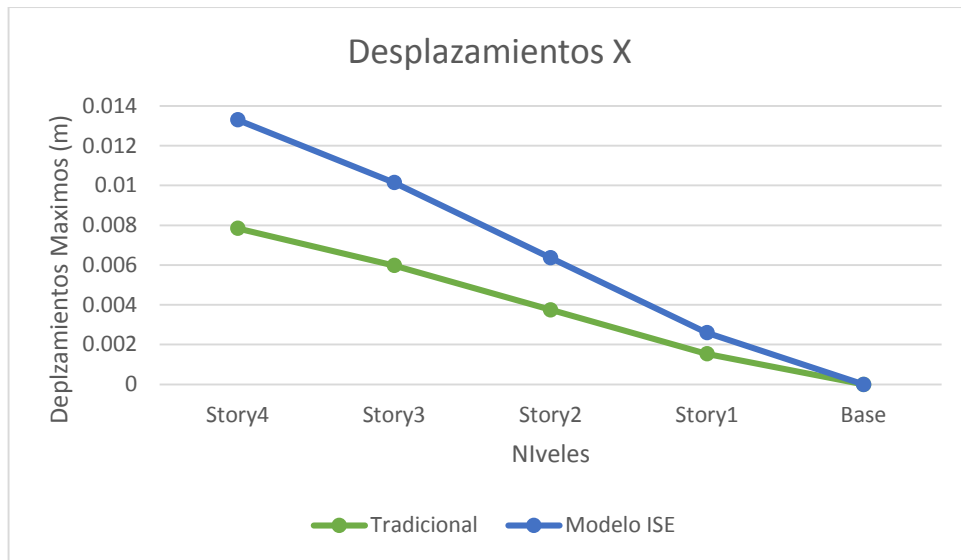
*Comparativa de Desplazamientos en X*

Niveles	Desplazamiento X	
	Tradicional	Modelo ISE
Story4	0.007854	0.00556
Story3	0.005992	0.004174
Story2	0.003762	0.002612
Story1	0.001545	0.001069
Base	0	0

*Nota:* Resultado del Análisis estructural Etabs V19

**Figura 26**

*Comparación de Desplazamientos Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección X*



En la figura 26 se representa un análisis comparativo de los desplazamientos de la estructura bajo el modelo tradicional y bajo el modelo ISE, el grafico de la figura 24, muestra los desplazamientos en la dirección “X” de la estructura.

**Tabla 20**

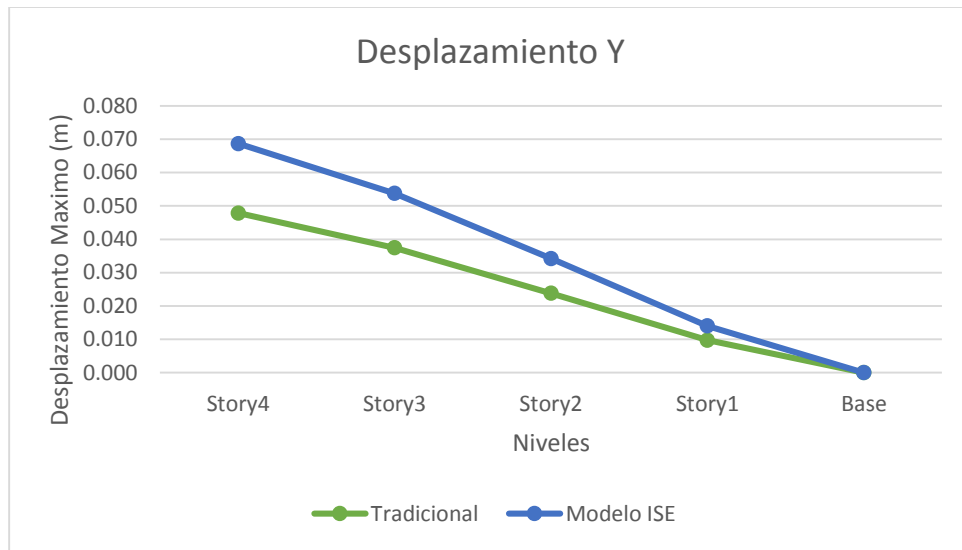
*Comparativa de Desplazamientos en Y*

Niveles	Desplazamiento Y	
	Tradicional	Modelo ISE
Story4	0.068680	0.047874
Story3	0.053755	0.037455
Story2	0.034218	0.023838
Story1	0.014047	0.00979
Base	0	0



**Figura 27**

*Comparación de Desplazamientos Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección Y*



En la figura 27 se representa un análisis comparativo de los desplazamientos de la estructura bajo el modelo tradicional y bajo el modelo ISE, el gráfico de la figura 25, muestra los desplazamientos en la dirección “Y” de la estructura.

#### **4.4.5. Análisis comparativo de las fuerzas cortantes.**

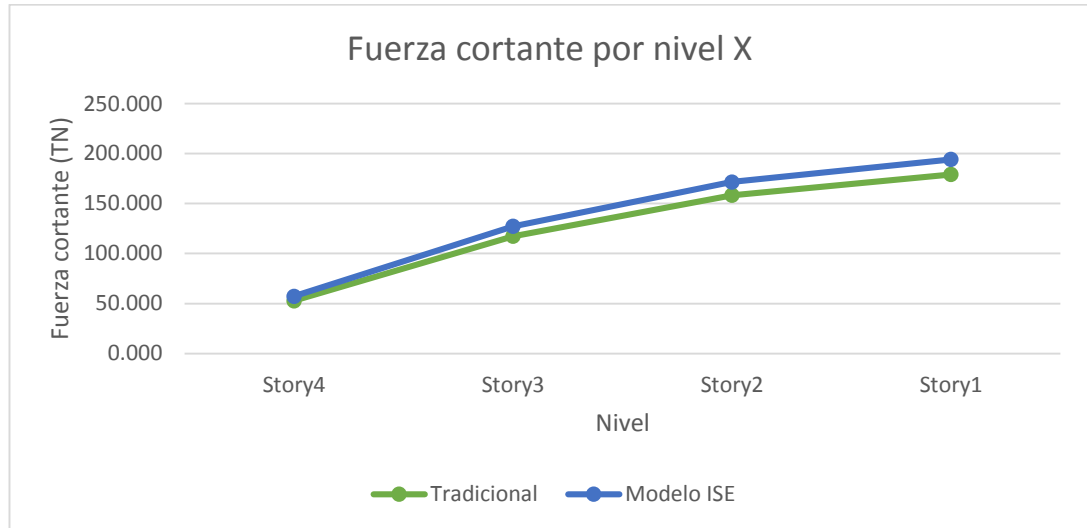
**Tabla 21**

*Comparativa de Fuerza Cortante en la Dirección X*

Niveles	Fuerza Cortante X	
	Tradicional	Modelo ISE
Story4	52.838	57.256
Story3	117.414	127.249
Story2	158.416	171.688
Story1	179.172	194.193
Base	0.000	0.000

**Figura 28**

*Comparación de Fuerza Cortante en Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección X*



**Tabla 22**

*Comparativa de Fuerza Cortante en la Dirección Y*

Niveles	Fuerza Cortante Y	
	Tradicional	Modelo ISE
Story4	122.6052	134.3184128
Story3	274.9793	301.2994462
Story2	372.8536	408.5724999
Story1	418.9585	459.1109867
Base	0	0

**Figura 29**

*Comparación de Fuerza Cortante en Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección Y*



En la figura 28 y 29 se puede ver que los valores de la fuerza cortante para el modelo tradicional y para el modelo ISE, tanto en la dirección X como en la dirección Y, notando un incremento de fuerza de corte por nivel en el modelo ISE, lo que hace suponer que la fuerza en los elementos también varía y se incrementa significativamente.

#### **4.4.6. Análisis comparativo de momentos flectores.**

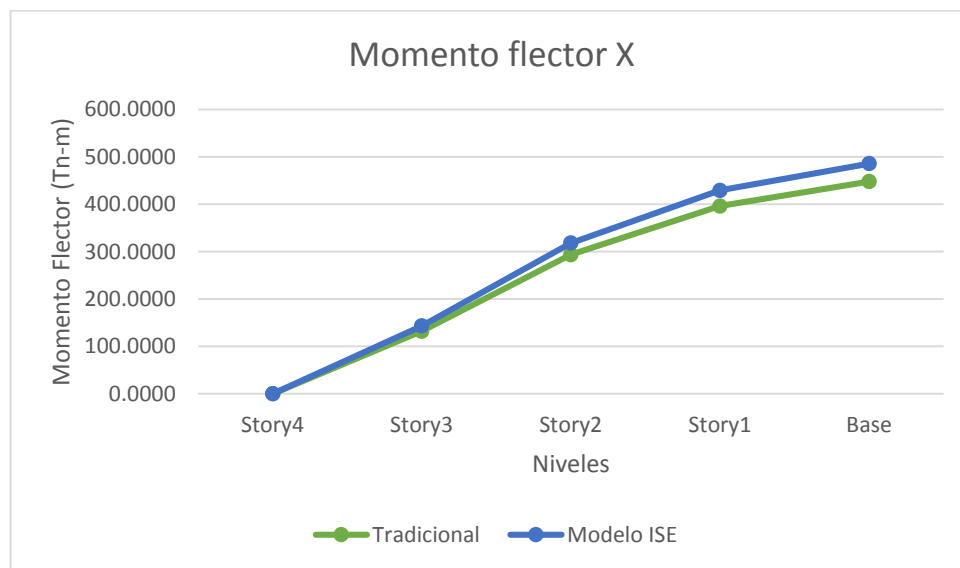
**Tabla 23**

*Comparativa de Momento Flector en la Dirección X*

Niveles	Momento Flector X	
	Tradicional	Modelo ISE
Story5	0.0000	0.0000
Story4	132.0689	143.1422
Story3	293.5105	318.1192
Story2	396.0144	429.2174
Story1	447.9259	485.4813

**Figura 30**

*Comparación de Momento Flector en Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección X*



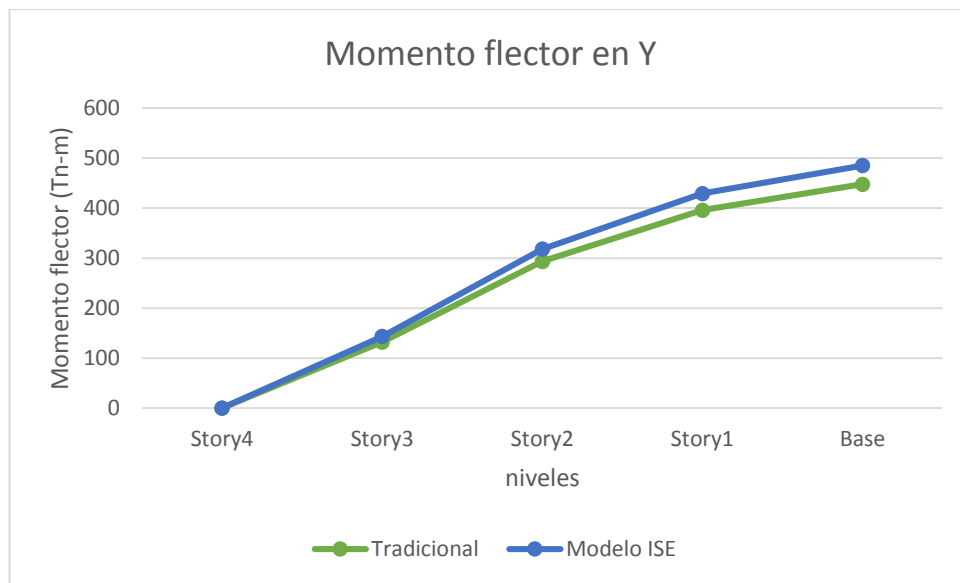
**Tabla 24**

*Comparativa de Momento Flector en la Dirección Y*

Niveles	Momento Flector Y	
	Tradicional	Modelo ISE
Story5	0	0
Story4	132.068	143.142061
Story3	293.51026	318.1190294
Story2	396.01426	429.217272
Story1	447.92576	485.4811880

**Figura 31**

*Comparación de Momento Flector en Modelo Tradicional y Modelo ISE Dirección Y*



De acuerdo con los resultados obtenidos, utilizaremos el modelo de la norma Barkam, ya que representa el comportamiento más cercano de interacción de la estructura del suelo en relación a los resultados presentados anteriormente. En tales

criterios los momentos flectores han sufrido un incremento en la estructura bajo el criterio ISE.

#### **4.5. Contratación de Hipótesis**

Con los coeficientes masa y rigidez en modelo tradicional y modelo ISE, comparativo se identificó los métodos que contribuyen a obtener estructuras mejor resistentes a sismos y sus efectos en la interacción suelo estructura en edificaciones, luego se analizó si lo realizado y ejecutado los objetivos generales y específicos de la investigación son significativos, durante el análisis y modelado de la estructura, en edificaciones de albañilería confinada de cinco pisos en el centro poblado de Chen Chen – Moquegua 2021.

##### **4.5.1 Hipótesis General.**

Los efectos del fenómeno de la interacción suelo y estructura en edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, son significativos.

##### **4.5.2 Hipótesis específicas.**

El método de cálculo para un sistema de interacción suelo estructura presenta resultados distintos con la inclusión de la rotación vertical, rigidez, masa y amortiguamiento en las edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021.

Al insertar los coeficientes de masa, rigidez y amortiguamiento propios del suelo, los desplazamientos del centro de masas se incrementan en las

edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021.

Al evaluar los resultados de la interacción suelo estructura en el análisis sísmico de edificaciones de albañilería confinada de cinco niveles en el Centro Poblado Menor Chen Chen – Moquegua 2021, se observa que se incrementan los esfuerzos producidos en la edificación.

#### 4.5.2.1 Comparación de frecuencias de la estructura.

**Tabla 25**

*Contrastación de frecuencias*

<b>Contrastación de Frecuencias</b>		<b>Estadístico</b>	
Modelo ISE	Media	0,11034	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,03879
		Límite superior	0,18190
	Media recortada al 5%	0,09905	
	Mediana	0,06401	
	Varianza	0,014	
	Desviación estándar	0,112624	
	Mínimo	0,029	
	Máximo	0,398	
	Rango	0,369	
	Rango intercuartil	0,155	
	Asimetría	1,795	
	Curtosis	2,937	
Modelo Tradicional	Media	0,09201	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,03232
		Límite superior	0,15170
	Media recortada al 5%	0,08258	
	Mediana	0,05302	
	Varianza	0,010	
	Desviación estándar	0,093943	
	Mínimo	0,025	

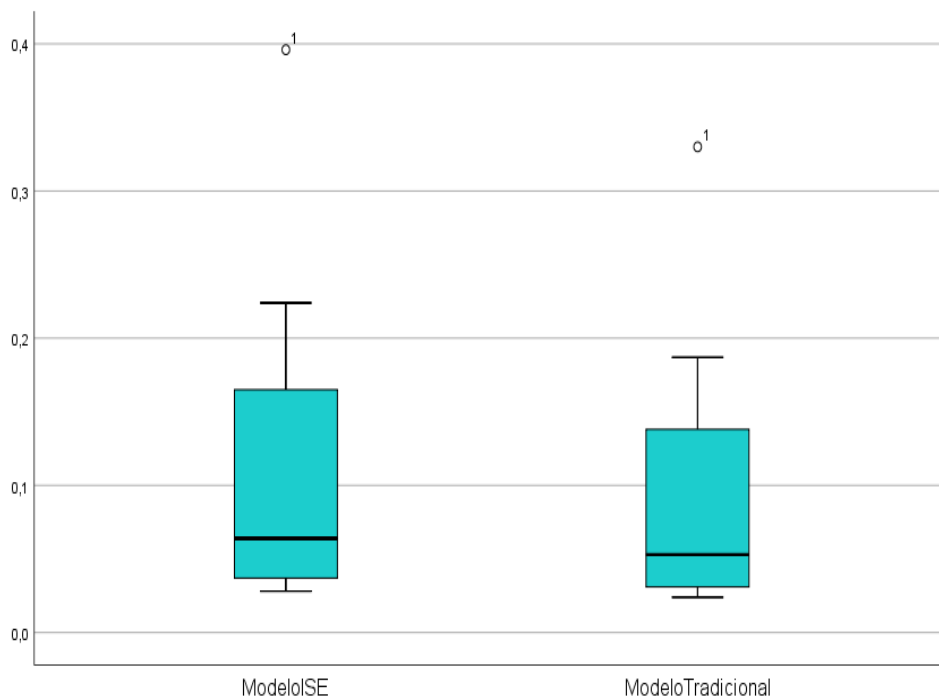
Máximo	0,331
Rango	0,308
Rango intercuartil	0,1289
Asimetría	1,791
Curtosis	2,910

*Nota:* Resultados del Programa de Análisis de datos en SPSS statistics V26

En esta tabla se visualiza el resumen estadístico para las muestras de datos, según se observa, muestra que en cuanto a las frecuencias el mayor promedio se encuentra en el modelo ISE siendo 0.11033, además, el valor máximo de frecuencias es de 0.396 y para el modelo tradicional, es que tiene un promedio de 0.092 demostrando de esta manera diferencia.

**Figura 32**

*Diagrama de cajas para las frecuencias de la estructura*



*Nota:* Resultado del programa de análisis de datos en SPSS statistics V26



#### 4.5.2.2 Comparación de desplazamientos de la estructura.

**Tabla 26**

*Contrastación de Desplazamientos*

Contrastación de Desplazamientos			Estadístico
Modelo ISE	Media		0,004778251
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	0,000428299
		Límite superior	0,009128212
	Media recortada al 5%		0,004788112
	Mediana		0,004867001
	Varianza		0,000
	Desviación estándar		0,0027337214
	Mínimo		0,0015352
	Máximo		0,0078442
	Rango		0,0063091
	Rango intercuartil		0,0052892
	Asimetría		-0,152
	Curtosis		-1,433
	Modelo Tradicional	Media	
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	0,000297408
		Límite superior	0,006354094
Media recortada al 5%			0,0033326112
Mediana			0,003387502
Varianza			0,000
Desviación estándar			0,0019031545
Mínimo			0,0010681
Máximo			0,0054601
Rango			0,0043919
Rango intercuartil			0,0036822
Asimetría			-0,152
Curtosis			-1,435

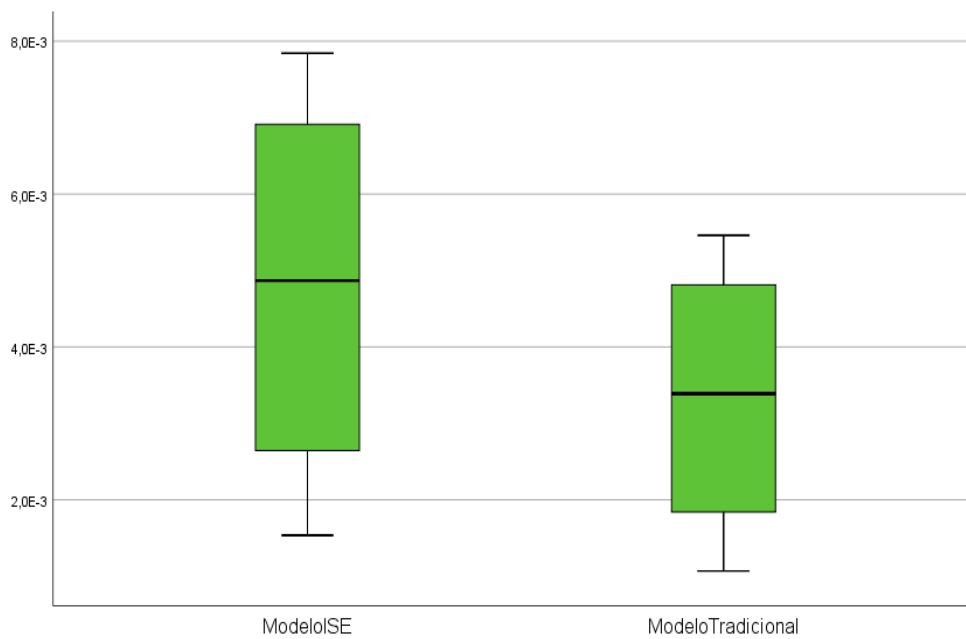
*Nota:* Resultado del Programa de Análisis de datos en SPSS statistics V26

Aquí se observa el resumen estadístico para las dos muestras de datos, Según la tabla, muestra que en cuanto a los desplazamientos de la estructura el mayor promedio se encuentra en el modelo ISE siendo 0,004778250, además, el valor

máximo del desplazamiento es de 0,0078440 y para el modelo tradicional, es que tiene un promedio de 0,003325750 demostrando de esta manera que existe una diferencia significativa.

**Figura 33**

*Diagrama de cajas para el desplazamiento de la estructura*



*Nota:* Resultado del Programa de Análisis de datos en SPSS statistics V26

### 4.5.2.3 Comparación de Esfuerzos principales en la estructura

**Tabla 27**

*Contrastación de Esfuerzos*

Contrastación de Esfuerzos		Estadístico	
Modelo Tradicional	Media	126,953000000	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	38,348797241
		Límite superior	215,556201759
	Media recortada al 5%	128,179000000	
	Mediana	137,905100000	
	Varianza	3110,535	
	Desviación estándar	55,7824488207	
	Mínimo	52,8290000	
	Máximo	179,1700000	
	Rango	126,3428000	
	Rango intercuartil	105,0070100	
	Asimetría	-0,905	
	Curtosis	-0,113	
	Modelo ISE	Media	137,596001000
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	41,564047937
		Límite superior	233,627852073
Media recortada al 5%		138,915065556	
Mediana		149,467501000	
Varianza		3642,347	
Desviación estándar		60,3510274925	
Mínimo		57,2570100	
Máximo		194,1930000	
Rango		136,9360000	
Rango intercuartil		113,8120000	
Asimetría		-0,905	
Curtosis		-0,111	

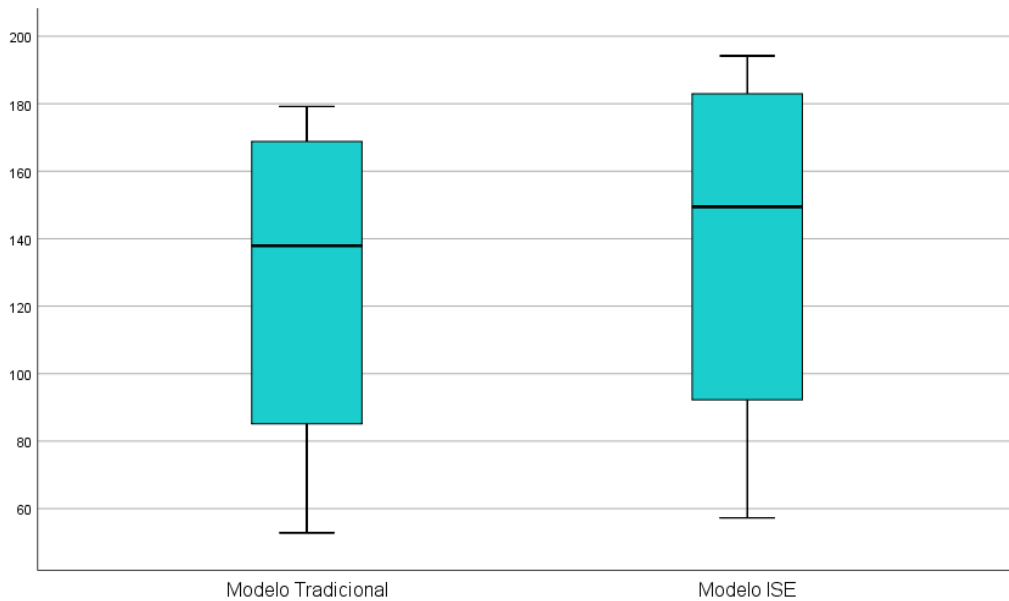
*Nota:* Resultado del Programa de Análisis de datos en SPSS statistics V26

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos, Según la tabla, muestra que, en cuanto a los esfuerzos principales, las fuerzas cortantes de la estructura, el mayor promedio se encuentra en el modelo ISE siendo 126,952, además, el valor máximo del esfuerzo es de 179,17 y para el modelo tradicional, es

que tiene un promedio de 137,596 demostrando de esta manera que existe una diferencia significativa.

**Figura 34**

*Diagrama de cajas para los esfuerzos de corte de la estructura*



*Nota:* Resultado del Programa de Análisis de datos del SPSS statistics V26

#### **4.6. Discusión de Resultados**

Villareal (2007), en la publicación donde se hizo merecedor al Premio Nacional ANR 2007 “Interacción Sísmica Suelo Estructura en Edificaciones con Zapatas Aisladas” y “Interacción Suelo – Estructura en Edificios Altos”, en el trabajo con acelerogramas de la Provincia de Lima para edificaciones de más de 4 niveles, la conclusiones fue que la flexibilidad de la base de fundación incrementa el periodo y las formas de vibración los cuales a su vez incrementan los desplazamientos en los centros de masas e incrementan los

esfuerzos axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores, con la excepción de los momentos torsores los cuales no varían.

En el presente proyecto se pudo obtener resultados parecidos, se puede observar, que, ante la consideración de flexibilidad en los apoyos, los esfuerzos sísmicos se incrementan al considerarlos en la estructura, por lo tanto, los periodos de vibración aumentan en sus valores absolutos.

Cuando se considera flexibilidad en la base según el modelo, proporciona mayor vibración, por consiguiente, aumentan los desplazamientos máximos en las direcciones de análisis. De los modelos empleados, el modelo con flexibilidad en la base proporciona mayores valores de desplazamientos debido al incremento de los periodos de vibración.

García (2012), en su tesis para Maestría en Ingeniería Civil “Evaluación de Daño en Edificios Considerando los Efectos de Interacción Sísmica Suelo Estructura”, donde una de las conclusiones fue que cuando analizaron los modelos de base rígida, la localización del daño se volvió más precisa, además utilizando la condición empotrada la magnitud del daño fue sobreestimada, dejando resultados del lado de la seguridad.

En el presente proyecto, los resultados de los esfuerzos de corte y momento de flexión máximos obtenidos de los dos modelos dinámicos estudiados, son producto del comportamiento de los modos de vibración. Este fenómeno es debido a que, a mayor periodo de vibración, menor será el cortante y el momento respectivamente.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Las conclusiones específicas en el presente trabajo permitieron llegar a la conclusión final planteada:

**Primera.** Al considerar el efecto de la interacción del suelo y la estructura, se obtiene un comportamiento más próximo a la realidad de la edificación, proporcionando resultados más reales.

**Segunda.** Se realizó satisfactoriamente el análisis de mecánica de suelos en el área de estudio, obteniendo como resultados capacidad portante de 1.2 kg/cm<sup>2</sup>, además por el estudio se determinó que el suelo en la zona de estudio es un suelo blando con alto contenido de arcillas catalogadas como arcillas expansivas.

**Tercera.** Al tomar en cuenta el efecto del suelo y la estructura se logra efectuar un análisis más real del desempeño del terreno de fundación con la estructura ante la eventualidad de sismos, encontrando que el suelo

conlleva a obtener esfuerzos más realistas en los elementos estructurales debido a la energía producida por los sismos.

**Cuarta.** Se realizó un análisis de los esfuerzos en la edificación según el análisis sísmico, limitando los desplazamientos laterales 0.005 ya que la edificación es de albañilería confinada, obteniendo las distorsiones dentro de los parámetros establecidos.

## **5.2 Recomendaciones**

**Primera.** Se recomienda realizar estudios de mecánicas de suelos adecuadas en la zona donde se va a construir una vivienda o cualquier otro tipo de edificación, y utilizar esos parámetros para el diseño de las edificaciones.

**Segunda.** En el análisis de las edificaciones, es recomendable realizar un estudio de interacción suelo estructura, ya que bajo determinadas condiciones este criterio es esencial evidenciando la necesidad de diseñar para fuerzas incrementadas.

**Tercera.** El método del análisis dinámico de la edificación incorporando el modelo ISE, a pesar de ser más tedioso, garantiza que en la edificación y para el diseño, se contemplen las propiedades adecuadamente para garantizar los requisitos que exigen las normas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avilés, J. (1991). *Análisis sísmico de sistemas suelo-estructura: Interacción en el modo fundamental y los modos superiores*. Instituto de Investigación eléctrica, Informe /42/2843/I02/Mexico.
- Borja, M. (2012). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo Perú: Elibro.
- Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) Reglamento Nacional de Edificaciones. (2020). *Norma Técnica Peruana E.030 Sismoresistente*.
- Charaja, F. (2011). *El MAPIC en la Metodología de Investigación*. Perú: Sagitario impresores.
- Escobar, J. (2019). *Análisis y Diseño Estructural con Interacción Suelo Estructura de una Vivienda Multifamiliar de 7 niveles* [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco] Cusco, Perú.
- Gamarra, N. (2014). *Análisis de la Interacción Sísmica Suelo – Estructura en Edificación de Albañilería Estructural*. [Tesis de Pregrado. Universidad Nacional del Centro] Huancayo, Perú.
- García, J. (2012). *Evaluación de Daño en Edificios Considerando los Efectos de Interacción Suelo Estructura*. [Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional México] D.F. México.



- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación científica*. México: McGraw Hill/ Interamericana.
- Jines, R. (2017). *Interacción Sísmica Suelo – Estructura en Edificaciones de Sistema Dual en la Ciudad de Moquegua*. [Tesis de Maestría. Universidad Privada de Tacna]. Tacna, Perú.
- León, I. (2007). *Interacción Sísmica Suelo Estructura en Edificaciones de Albañilería Confinada con Plateas de Cimentación*. [Tesis de Pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego]. Trujillo, Perú.
- Vergara, J. & Quesada, V. (2007). *Estadística básica con aplicaciones en ms Excel*. Recuperado de <https://ebevidencia.com/wp-content/uploads/2017/05/estadistica-basica-con-excell.pdf>
- Villareal, G. (2007). *Interacción Suelo - Estructura en Edificios Altos. Asamblea Nacional de Rectores 2007*. Lima.