



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Análisis de la interacción suelo-estructura y su influencia en el diseño estructural/
sísmico para una edificación de 6 pisos-Jauja-2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:
Quintana Leandro, Jhonatan Diego (ORCID: 0000-0002-9738-0606)

ASESOR:
Mg. Ing. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA- PERÚ

2019

Dedicatoria

A mis padres por haberme ayudado en todo momento, por sus consejos y los valores que me impartieron en mí; a mis hermanos por todos sus consejos que me permitieron crecer como persona; a toda mi familia que siempre está pendiente de mí y mis estudios y a mis amigos por su constante apoyo emocional y el deseo de superarnos siempre.

Agradecimiento

A todos los ingenieros que conocí en la universidad por haberme ayudado en mi proceso de formación como profesional, por ayudarme a desarrollar mi tesis, como también a fortalecer lo que me apasiona y poder desarrollarlo con respeto y humildad. A mi enamorada por ser la inspiración, el apoyo emocional y alegrías que impartió en mí cada instante. A todos ellos gracias por todo.

Página del Jurado



Declaratoria de autenticidad
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **QUINTANA LEANDRO, Jhonatan Diego** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de investigación titulado:

“Análisis de la interacción suelo – estructura y su influencia en el diseño estructural/sísmico para una edificación de 6 pisos – Jauja - 2018”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Lima 20 de diciembre de 2019

Apellidos y Nombres del Autor

QUINTANA LEANDRO, Jhonatan Diego

DNI: 75857763

Firma

ORCID: 0000-0002-9738-0606

Índice

| | |
|--|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Página del jurado | iv |
| Declaratoria de autenticidad | v |
| Índice | vi |
| Índice de tablas | viii |
| Índice de figuras | x |
| Resumen | xi |
| Abstract..... | xii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Realidad problemática | 2 |
| 1.2. Trabajos previos | 3 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema..... | 7 |
| 1.4. Formulación del problema..... | 15 |
| 1.5. Justificación del estudio..... | 15 |
| 1.6. Hipótesis | 16 |
| 1.7. Objetivos..... | 16 |
| II. MÉTODO | 17 |
| 2.1. Diseño de Investigación..... | 17 |
| 2.2. Variables..... | 17 |
| 2.3. Población y muestra..... | 17 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.5. Procedimiento..... | 20 |
| 2.6 Método de análisis..... | 21 |
| 2.7. Aspectos éticos..... | 21 |
| III. RESULTADOS..... | 22 |
| 3.1. Análisis considerando sistema de base rígida..... | 22 |
| 3.2 Análisis considerando interacción suelo estructura (ISE)..... | 41 |
| 3.3. Comparación de resultados..... | 59 |
| IV. DISCUSIÓN..... | 72 |
| V. CONCLUSIONES..... | 73 |
| V.I. RECOMENDACIONES..... | 74 |
| REFERENCIAS..... | 75 |
| ANEXOS..... | 78 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Valores del coeficiente C_0 cuando $\rho_0 = 0.2\text{kg/cm}$ | 11 |
| Tabla2: Factores de zona | 15 |
| Tabla 3: Ficha de recolección de datos..... | 19 |
| Tabla 4: pesos de cada nivel | 26 |
| Tabla5: Factores de suelo | 28 |
| Tabla 6: Periodos T_p y T_l | 28 |
| Tabla7: Factores de zona | 29 |
| Tabla 8: Peso sísmico de la edificación..... | 30 |
| Tabla 9: resumen de parámetros..... | 30 |
| Tabla 10:Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección X | 38 |
| Tabla 11:Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección Y | 38 |
| Tabla 12:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección X..... | 39 |
| Tabla 13:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección Y..... | 39 |
| Tabla 14:Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección X | 40 |
| Tabla 15:Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección Y | 40 |
| Tabla 16: Área de zapatas..... | 42 |
| Tabla 17:Presión estática en las zapatas | 42 |
| Tabla 18:Resumen de coeficientes de rigidez Barkan..... | 47 |
| Tabla 19:Resumen de masas de traslación Barkan..... | 48 |
| Tabla 20: Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección X - Barkan | 49 |
| Tabla 21:Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección Y-ISE Barkan | 50 |
| Tabla 22:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección X-ISE Barkan..... | 50 |
| Tabla 23:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección Y-ISE Barkan..... | 51 |
| Tabla 24:Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección X-ISE Barkan | 51 |
| Tabla 25:Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección Y-ISE Barkan | 52 |
| Tabla 26:Resumen de coeficientes de rigidez-ISE Sargisian | 55 |
| Tabla 27:Resumen de masas de traslación-ISE Sargisian..... | 55 |
| Tabla 28:Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección X-ISE Sargisian | 56 |
| Tabla 29:Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección Y-ISE Sargisian | 57 |
| Tabla 30:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección X-ISE Sargisian..... | 57 |
| Tabla 31:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección Y-ISE Sargisian..... | 57 |
| Tabla 32:Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección X-ISE Sargisian..... | 58 |

| | |
|---|----|
| Tabla 33: Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección Y-ISE Sargisian..... | 58 |
| Tabla 34: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan -Savinov... | 59 |
| Tabla 35: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan | 60 |
| Tabla 36: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan | 60 |
| Tabla 37: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan -Savinov... | 61 |
| Tabla 38: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan | 62 |
| Tabla 39: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan | 62 |
| Tabla 40: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan –Savinov.. | 63 |
| Tabla 41: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan | 64 |
| Tabla 42: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan | 64 |
| Tabla 43: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan –Savinov.. | 65 |
| Tabla 44: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan | 66 |
| Tabla 45: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan | 66 |
| Tabla 46: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan –Savinov.. | 67 |
| Tabla 47: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan | 68 |
| Tabla 48: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan | 68 |
| Tabla 49: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan –Savinov.. | 69 |
| Tabla 50: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan | 70 |
| Tabla 51: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan | 70 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Interacción de la estructura del suelo en la respuesta de la estructura..... | 8 |
| Figura 2: Zonas sísmica norma E-030..... | 14 |
| Figura 3: Vista principal de edificio..... | 22 |
| Figura 4: Vista de planta de edificio..... | 23 |
| Figura 5: Vista transversal de edificio..... | 24 |
| Figura 6: Espectro de pseudo-aceleraciones X-X..... | 32 |
| Figura 7: Espectro de pseudo-aceleraciones Y-Y..... | 34 |
| Figura 8: Definición del material: concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ | 35 |
| Figura 9: Definición de columna rectangular 25x30..... | 36 |
| Figura 10: Definición de todos los elementos estructurales..... | 36 |
| Figura 11: Definición de patrones de carga..... | 37 |
| Figura 12: Restricción en la base..... | 37 |
| Figura 13: Asignación de coeficientes de rigidez Barkan..... | 48 |
| Figura 14: spring asignados..... | 49 |
| Figura 15: Asignación de coeficientes de rigidez Sargisian..... | 55 |
| Figura 16: spring asignados..... | 56 |

Resumen

El objetivo de esta investigación es determinar la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura en el diseño estructural/sísmico de una edificación de 6 pisos en Jauja-2018; se considera una metodología de tipo aplicada, con nivel explicativo y descriptivo, con un diseño no experimental, la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Entre los primeros resultados tenemos que las fuerzas cortantes en comparación entre el modelo dinámico de Barkan-Savonov y el método convencional o base rígida disminuyen hasta en un 82.20% en el sentido X y hasta un 56.03% en el sentido Y, mientras que en la comparativa del modelo dinámico de Sargisan con el método convencional las fuerzas cortantes disminuyen hasta en un 74.27% en el sentido X y hasta un 37.49% en el sentido Y, se puede ver que los análisis de interacción suelo estructura influyen en las fuerzas cortantes de la edificación lo que hacen que disminuyan en un porcentaje considerable para tener en cuenta un mero diseño estructural sísmico.

Por lo tanto, se concluye que la interacción suelo estructura influye de manera considerable en las fuerzas cortantes sísmicas que se generen.

Palabras claves: fuerzas cortantes, interacción, suelo, estructura, edificación

Abstract

The objective of this investigation and to determine the influence of the effects of the soil-structure interaction on the structural / seismic design of a 6-story building in Jauja-2018; An applied type methodology is considered, with an explanatory and descriptive level, with a non-experimental design, which obtained the following results:

Among the first results we have that the shear forces in comparison between the dynamic model of Barkan-Savonov and the conventional method or rigid base decrease up to 82.20% in the X direction and up to 56.03% in the Y direction, while in the Comparison of the sargisan dynamic model with the conventional method the shear forces decrease by up to 74.27% in the X direction and up to 37.49 in the Y direction, it can be seen that the analysis of soil structure interaction influences the shear forces of the building what they do that they diminish in a considerable percentage to take into account a mere seismic structural design. Therefore, it is concluded that the soil structure interaction greatly influences the seismic shear forces that are generated.

Keywords: shear forces, interaction, soil, structure, building

I. INTRODUCCIÓN

El territorio peruano está siendo considerado uno de los países en donde hay más actividad sísmica, por ende, el Perú está expuesto a vibraciones fuertes que ponen en riesgo la estabilidad del país, que arrastra tanto pérdidas económicas como pérdidas humanas. Es realmente necesario que se sigan haciendo estudios para poder conocer el porqué de este comportamiento de la tierra y así como consecuencia poder aminorarlo y estar más precavido ante un movimiento sísmico. Uno de los recursos más utilizado y estudiados en lo que es el ámbito sísmico es la evaluación del riesgo sísmico en términos probabilísticos, esto quiere decir adelantarnos ante las posibles aceleraciones que sucedan en una determinada zona del territorio.

En un movimiento sísmico actuante, la estructura puede llegar a ser tan perjudicada a un punto en el cual se derrumbe y por consecuencia de esta se realicen pérdidas tanto económicas como vidas humanas como se mencionó en un principio; es por esto que es vital el poder identificar en qué medida es el daño que puede ocasionar dicho movimiento sísmico, para así saber qué tipo de medidas preventivas se pueden tomar para reforzar las edificaciones existentes en dicha zona.

La relación sísmica entre el suelo y la estructura es una mezcla del suelo – cimentación – estructura que básicamente está siendo consecuencia de la flexibilidad del suelo, en donde se analiza la masa, rigidez y el amortiguamiento que aporta el suelo al análisis estructural de la construcción.

Para elaborar un diseño y determinar un desempeño sísmico de estructuras, se debe de tener en cuenta que los parámetros tanto como el periodo natural de vibrar, las formas modales y el amortiguamiento que es asociado a las edificaciones son determinantes. Uno de los puntos más importantes para medir el nivel de seguridad estructural es el comportamiento ante grandes deformaciones y no lineales en los materiales estructurales.

Una característica esencial para que el proyecto de edificación sea apropiado, es obtener un balance entre el sistema estructural tanto en la planta como en la elevación del proyecto. Uno de los problemas bases de la estructura de una edificación suelen ser las fallas en uno de los entrepisos, concentración de esfuerzos en elementos perimetrales, deficiente desempeño de columnas debido a la presencia de efectos de segundo orden ($P-\Delta$), entre diversos factores más.

1.1. Realidad problemática

En el Perú se evidencia diversos desastres en la construcción y diseño de edificaciones, puentes, carreteras, etc. Si enfocamos en el diseño de edificaciones y realizamos una verificación minuciosa para obtener respuestas de los desastres que vienen ocurriendo en base a diseños; pues nos daremos cuenta que los diseños que se realizan no son completos al realizar un análisis y esto debido a la actualización de parámetros que exigen las normas vigentes; por lo que no se considera en un diseño sísmico la interacción suelo estructura que modela el actuar de un suelo ante un evento sísmico que ataque la edificación, esto generaría parámetros de diseño que eviten desastres por grandes eventos sísmicos.

Nuestro país es considerado un territorio de alta actividad sísmica, en el año 2007 Perú vivió un sismo de gran intensidad en el sur del país lo cual a consecuencia dejó numerosas familias sin viviendas que hasta la actualidad se encuentran en reconstrucción, sumando así nuevas construcciones de edificios de gran altura, el método de diseño que está siendo más utilizado es el sistema de zapatas aisladas, conectadas y otros, habitualmente para estos tipos de edificios se considera un empotramiento perfecto en la base de esta, reduciendo los grados de libertad de la estructura en diseño, sin tomar las propiedades elásticas del suelo, por ende el empotramiento no es lo más adecuado; el empotramiento en base no está siendo un método conocido en la carrera, lo cual nos conlleva a que muchas de las variables queden como incógnitas sin respuestas, es por esto que se necesitan nuevos métodos que sean más adecuados para la realización de un modelado estructural factible para la mejora del proyecto. Un claro ejemplo, son los modelos de interacción suelo – estructura los cuales se tomarán en cuenta en este estudio.

Así mismo, se debe buscar criterios de diseño estructural integrado suelo – estructura que tome en cuenta las hipótesis planteadas en este trabajo y así como resultado tener el objetivo de lograr que el análisis sea lo más cercano a la realidad y que las fuerzas que son sometidas a las estructuras sean lo más mínimo posible. Es claro que el modelo integrado será capaz de ir de acuerdo a la reglamentación actual precavando daños humanos y materiales a futuro teniendo como base el diseño sísmico resistente.

1.2.Trabajos previos

Villareal, Genner (2009), realizó un estudio titulado: “Interacción Suelo-Estructura en edificaciones con zapatas aisladas”, dicha tesis consta de objetivos las cuales señalan la producción de una metodología de aplicación y uso de los modelos dinámicos para zapatas aisladas, es claro en que en esta investigación se toma en cuenta la flexibilidad así como las propiedades inerciales del suelo, para poder tomarlos en el desarrollo del cálculo de edificaciones cuando se presente actividad sísmica. El autor explica una metodología de modelamiento en edificaciones con zapatas aisladas bajo las condiciones que hay en el Perú en conjunto con el programa SAP2000, es así como se toma en cuenta los cuatro modelos dinámicos los cuales han sido elegidos a base de distintos ángulos de inclinación y la disipación de la energía en la base. Este a su vez termina desarrollando que dichos modelos dinámicos de interacción suelo – estructura muestra que su flexibilidad de la base está directamente proporcional a la determinación de parámetros con respecto a la construcción de edificaciones con zapatas aisladas. La base de fundación al tener flexibilidad esta nos permite un incremento en sus periodos de vibración por diversos modelos dinámicos desde el 7.1% hasta llegar al 30.1%, y así las fuerzas axiales bajan en los intervalos de 7.6% - 24.8%; las fuerzas cortantes máximas se aminoran del 5% al 17.0% así mismo sus momentos flectores máximos oscilan entre 1.3% y 5.1%. para que finalmente los momentos torsores no sufren ningún tipo de diferencia al respecto.

Herrera, Leonardo (2013) en la siguiente investigación “Evaluación de la interacción dinámica suelo-estructura de edificaciones construidas en ladera”. Respecto a esta investigación, señala que la interacción entre el suelo y una estructura trae consigo un conjunto de efectos cinemáticas e inercial los cuales han sido a consecuencia de la deformación de la estructura – suelo frente a la excitación sísmica. La estructura propiamente dicha es modificada debido a los parámetros dinámicos de su interacción, tales también como las propiedades del terreno en la cimentación. Es así como la cortante basal puede verse disminuida, en los momentos de volteo y las derivas de entrepiso las cuales se calculan para supuestamente con base indeformable, y a causa de esto también se podrá aumentar los desplazamientos laterales.

la Interacción Dinámica Suelo Estructura de los edificios construidos en vertiente, que la inconstante afirmación a la cual se le debe suministrar más apoyo corresponde a los desplazamientos relativos entre la base y el techo de las estructuras, ya que esta presenta

incrementos muy grandes hasta del orden de 6 veces en la ladera de 30° de inclinación con respecto a los obtenidos considerando condiciones topográficas planas horizontales.

Jines, Ruth (2017) en la presente tesis titulada “interacción sísmica suelo - estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua”, el objetivo de la investigación Aplicar y Analizar la Interacción Sísmica Suelo – Estructura a Edificaciones de sistema dual con zapata aislada. La metodología de investigación es descriptivo Correlacional. Los resultados los modelos con interacción suelo estructura, se obtuvo que: en el análisis estático las derivas aumentan 168% en dirección x, 57% en la dirección Y, los desplazamiento aumentan en la dirección x un 90% y 70.85% en dirección Y; mientras en el caso dinámico las derivas aumentan 38% en dirección x, 18% en la dirección Y, los desplazamiento aumentan en la dirección x un 42% y 34% en dirección Y; así mismo en el análisis tiempo historia se obtuvo que las derivas aumentan 34% en dirección x, 17% en la dirección Y, los desplazamiento aumentan en la dirección x un 25% y 26% en dirección Y.

Galacia, William y Leon, Javier (2007) investigaron la tesis titulada “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de albañilería confinada con plateas de cimentación”. Tuvo como objetivo la aplicación de la interacción sísmica entre el suelo – estructura en edificaciones de albañilería confinada con plateas de cimentación. Con su metodología busca mostrar que el suelo interactúe en conjunto con la estructura, y así poder mostrar el real comportamiento sobre este accionar, cuando ocurre un sismo, utilizando así los parámetros ya señalados en el estudio de suelos, algo que muchas veces no se toma en cuenta para el modelamiento de una estructura en la cual no se considera una interacción. Para diseñar una estructura se considera el perfecto balance entre la resistencia y la deformación en esta. Es así como, es claro que a mayor resistencia estas estructuras son capaces de soportar mayores deformaciones causados por eventos sísmicos, dando así un efecto lineal en la construcción de este.

En otra forma, entre que una estructura tenga mayor capacidad de deformación es porque es diseñada para soportar un sismo el cual causara disipación de energía, lo cual está bajo una planificación de los elementos estructurales. Esto da como resultado que, si la estructura esta con empotramiento sus cargas axiales aumentan, pero a medida que el suelo mejora, la diferencia se reduce hasta llegar a un equilibrio en sus resultados, esto nos da por encima al empotramiento respecto a los demás métodos así como el de Sargsian como menos.

Quispe, Diego y Chullo, Jhean (2017) investigaron la tesis titulada “Análisis y diseño estructural de edificio tingo con interacción suelo – estructura en el distrito de sachaca en la

ciudad y departamento de Arequipa con un sistema de muros estructurales”, este trabajo de investigación tiene como objetivo el análisis, diseño y comparación tomando en cuenta la interacción entre el suelo y la estructura en una edificación bajo el sistema de muros estructurales. Bajo este fundamento la norma E.050 nos señala que se debe de realizar un estudio de mecánica de suelos la cual esta desarrollada para suelos y cimentaciones, es por esto que se toma en cuenta dicho estudio y parámetros señalados en este como son los de capacidad portante y la profundidad de desplante. Es así como en este estudio se encontró que numéricamente su desplazamiento máximo fue de 0.8967cm en dirección de la coordenada x y de 0.5034 en la coordenada Y, y en la interacción de suelo estructura su desplazamiento máximo es de 1.0241cm en X-X y en Y-Y 0.6964 es decir se tiene un aumento al 14% en X-X y de 38% en Y-Y, esto a causa de la flexión en la base de fundación. Olarte, Iván y Sánchez, Romel (2014) investigaron en la tesis titulada “Interacción sísmica suelo • estructura en la edificación de la residencia estudiantil de la universidad nacional de Huancavelica”, este trabajo de investigación señala como uno de sus objetivos el analizar el flujo que existe entre la interacción sísmica suelo – estructura en una construcción de una universidad en Huancavelica, esta toma en cuenta la flexibilidad y así también considera las propiedades inerciales del suelo que está en su fundación. Su metodología trata de describir e interpretar en conjunto los acontecimientos y fenómenos que se han suscitado y así relacionarlos unos con otros, tal cual como se hace en la presente investigación, en su actualidad y naturalidad, minimizando el posible control de las variables a estudiar. Bajo estos fundamentos en este estudio se han desarrollado distintas teorías así como uno de los resultados obtenidos arrojó que la flexibilidad de la base de fundación permite que los desplazamientos de centro de masa en el eje OX aumente en un 58.07% hasta el 62.99%, así como en el eje OY en el cual disminuye su desplazamiento bajo resultado de su rigidez en su cimentación hasta un 78%, de igual forma las fuerzas axiales que considera este estructura se reducen a un 23.29% y las cortantes hasta un 20.89% y los momentos flectores hasta el 5.68% esto en dirección de X-X; las fuerzas axiales cuando aumentan al 71.83%, las cortantes a suben a un 83.80% y al igual su momento flector aumente hasta el 80.06%. Santos, Ricardo (1974) en su tesis titulada “Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones aporticadas en el barrio de pueblo nuevo de la ciudad de Lircay”, investigo sobre como determinar su análisis estructural con la aplicación del modelo tradicional y los actuales de interacción sísmica suelo y estructura para una edificación con aporticado en el barrio de Pueblo Nuevo de la ciudad de Lircay. Bajo este estudio se tejió una metodología

el cual describe y muestra datos estadísticos y bibliográficos. El autor describe cada variable de estudio, así como también sus datos estadísticos los presenta bajo un proceso, en su bibliografía realiza una repetitiva revisión acerca de estos. Tal es así que, se tiene como uno de los resultados que la flexibilidad respecto a la base de fundación es directamente proporcional respecto a los parámetros de cálculos. Según la norma E – 030, la base de fundación en su flexibilidad debe permitir el periodo de vibración hasta un 8.98% para el modelo de Barkan, en Llichev 26.64, en Sargsian 31.78% y finalmente en la norma rusa 10.75%, así como para la primera vibración se reduce para Barkan en 8.98%, para Llichev en 26.64%, en Sargsian 31.78% y para la norma rusa 10.75%.

Fernandez, Luciano y Avilés, Javier (2008) en el artículo “Efectos de interacción suelo-estructura en edificios con planta baja blanda” este trabajo de investigación, se desarrolla bajo un enfoque de estudio sobre los suelos vulnerables causados por efectos sísmicos. Esto lo cual se debe a que el suelo es del tipo blando. Esta metodología nos invita a diseñar y analizar el comportamiento bajo el sismo en una estructura, al igual que describir los parámetros, formas modales y de amortiguamiento los cuales son asociados a la estructura. Uno de los niveles importantes en la seguridad estructural es también el analizar los efectos ante las deformaciones y no lineales en los materiales. Así también se tiene en uno de las evaluaciones realizadas en la amplificación dinámica y distorsiones que en el entrepiso se causan daños producto del contraste con la rigidez del piso superior. Es así como se demuestra también que la interacción suelo estructura se muestra menos crítico bajo este problema. Estos métodos se realizan bajo mayor participación respecto a modos ya superiores. Es por esta razón que la interacción suelo estructura se muestra básicamente en el primer método, a diferencia que en el piso de tipo blando el cual cambia las frecuencias de modos superiores.

León, Juan (2016) en su tesis titulada “Análisis comparativo del diseño de una edificación de hormigón armado considerando el sistema de base rígida versus la interacción suelo-estructura”,

Dicho autor desarrollo una investigación para la comparación de los resultados del análisis y diseño estructural en una edificación de hormigón armado en la ciudad de Quito tomando en cuenta el sistema de base rígida contra la interacción entre el suelo y la estructura, en la cual se aplica la aún vigente norma NEC conjunto con el programa de construcción y diseño ETABS 2015. En este trabajo de investigación se busca aprobar las hipótesis señaladas, es bajo esta razón que dicho proyecto estará en etapas la cual la primera será en analizar el

diseño de dicha edificación, siguiendo así con la segunda que será aplicar dichos fundamentos de interacción suelo – estructura, para finalmente continuar con la comparación entre los resultados obtenidos por el autor y los análisis previos. Una de sus conclusiones más resaltantes se tiene que la interacción suelo estructura se debería de desarrollar en suelos considerados, esto se tomó en cuenta bajo el análisis en dicha edificación, esto por que influye en la determinación de vibración libre, desplazamiento, al igual que la distribución de fuerzas interiores en una edificación. Es así como finalmente se debe mencionar que el efecto ya mencionado a medida que la edificación es más alta o el suelo es más alto la interacción aumenta.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Interacción suelo- estructura

Las cargas de diseño de terremoto aplicadas a los cimientos surgen de las fuerzas de inercia desarrolladas en la superestructura y de las deformaciones del suelo, causadas por el paso de ondas sísmicas, impuestas sobre los cimientos. Estos dos fenómenos se refieren en la literatura técnica como carga inercial y cinemática. La importancia relativa de cada factor depende de las características de los cimientos y naturaleza del campo de onda entrante. El término genérico que abarca ambos fenómenos es interacción suelo-estructura (SSI). Sin embargo, más a menudo, los ingenieros de diseño se refieren a la carga inercial como SSI, ignorando el componente cinemático.

En la figura 1 se muestra las características clave del problema en estudio (Gazetas-Mylonakis, 1998). Eso se presenta en la situación general de una base incrustada soportada sobre pilotes, pero todas las conclusiones son válidas para cualquier tipo de base. Las capas de suelo lejos de la estructura están sujetas a la excitación sísmica que consiste en numerosas ondas incidentes: ondas de corte (ondas S), dilatacionales ondas (onda P), ondas superficiales (ondas R o L). La naturaleza de las ondas entrantes está dictada por condiciones sismológicas pero la geometría, rigidez y características de amortiguación del depósito del suelo modificar este movimiento; este es modificado, es el movimiento de campo libre en el sitio de la fundación. La determinación del movimiento de campo libre es en sí misma una tarea desafiante porque, como lo señala Lysmer (1978), el movimiento de diseño generalmente se especifica en una sola ubicación, la superficie del suelo y el campo de onda completo no se puede volver a calcular a partir de esta información incompleta; eso es el problema está matemáticamente mal planteado. Se deben hacer suposiciones con respecto a la

composición exacta del movimiento de campo libre y se puede afirmar que no hay una solución satisfactoria disponible hasta la fecha.(Johnson, 2002)

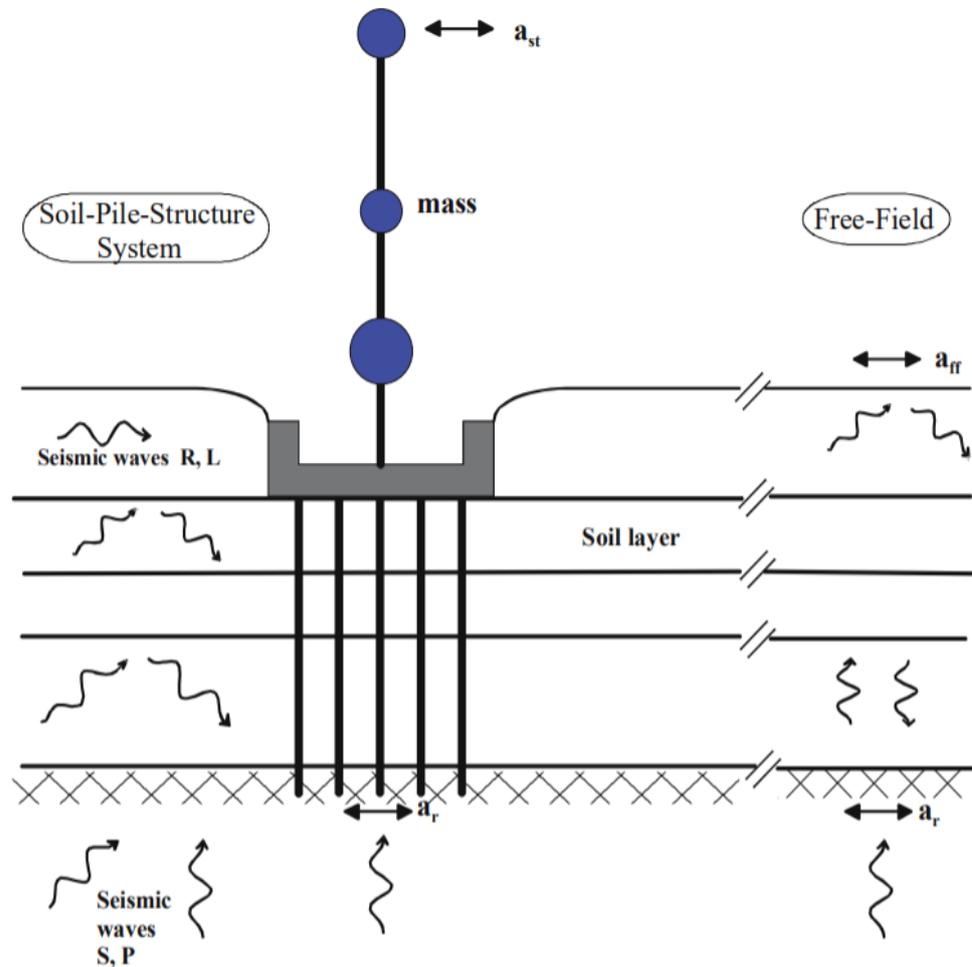


Figura 1: Interacción de la estructura del suelo en la respuesta de la estructura.

Fuente: Johnson, 2002

Consideremos ahora el movimiento alrededor de la estructura y sus cimientos: el suelo que se deforma sísmicamente obligará a los pilotes y los cimientos incrustados a moverse, y posteriormente a la estructura soportada incluso sin la superestructura, el movimiento de los cimientos será diferente del movimiento de campo libre debido a las diferencias de rigidez entre el suelo, por un lado, y los pilotes y cimientos por otro lado; las ondas incidentes se reflejan y dispersan por los cimientos y pilotes que a su vez se estresan desarrollando curvaturas y momentos de flexión. Este es el fenómeno de la

interacción cinemática. El movimiento inducido en los cimientos genera oscilaciones en la superestructura que desarrollan fuerzas de inercia y vuelco de momentos en su base. Por lo tanto, los cimientos, los pilotes y, finalmente, la experiencia del suelo circundante, fuerzas dinámicas adicionales y desplazamientos. Este es el fenómeno de la interacción inercial.

Obviamente, la base, en un sentido amplio, debe verificarse para la combinación de inercia y carga cinemática la evaluación de los efectos de SSI de los sistemas lineales, el modelo constitutivo más apropiado para el suelo es el elástico lineal o, más comúnmente, el modelo lineal visco elástico equivalente.

Sin embargo, como se mostrará, las no linealidades del suelo a menudo pueden explicarse de manera aproximada, simplemente eligiendo valores apropiados para los parámetros del suelo.

Modelos de interacción suelo-estructura

En transcurso de los años se ha demostrado modelos que han sido aceptados, debido a sus variables que son demostrados, a través de coeficientes de rigidez, y expresan la interacción entre el suelo y la estructura. A continuación, se dará una breve referencia acerca de estas según los modelos ISE conocidos:

Modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov

Según VALDERRAMA y MEZA (2014):

Es un prototipo teórico – experimental, que básicamente trata sobre el cómo interactúan la cimentación con la base de fundación en forma de un proceso que está implantado por vibraciones las cuales han sido forzadas. El científico D.D Barkan formulo coeficientes de rigidez los cuales, estarán en función de los coeficientes de compresión y desplazamiento elástico los cuales perjudican la inercia así mismo como el área. En este prototipo se limita el giro que se da en el tercer eje (Z), por ende, exclusivamente se evalúa cinco de los seis grados de libertad, según las siguientes ecuaciones.

$$K_Z = C_Z A$$

$$K_X = C_X A$$

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

Dónde:

C_Z, C_ϕ : Coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme

C_X : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme

A: Área de la base de la cimentación

I: Momento de inercia de la base de la cimentación respecto al eje principal, perpendicular al plano de vibración.

Los coeficientes de compresión y desplazamiento de la base en el modelo D.D.

Barkan-O.A. Savinov son:

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

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

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

Dónde:

C_0, D_0 : Coeficientes determinados a través de experimentos realizados para $\rho = \rho_0$

a, b : Dimensiones de la cimentación en el planta

Δ : Coeficiente empírico, asumido para cálculos prácticos igual $a\Delta = 1m-1$.

Para el coeficiente D_0 , se tiene:

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_0$$

Para cálculos prácticos se recomienda utilizar las siguientes formulas:

$$C_0 = 1.7 * \frac{E_0}{1 - \mu^2} * 10^{-3} \left(\frac{Kg}{cm^3} \right)$$

$$D_0 = 1.7 * \frac{E_0}{(1 + \mu)(1 - 0.5\mu)} * 10^{-3} \left(\frac{Kg}{cm^3} \right)$$

Dónde:

E_0 : Modulo de elasticidad, calculado experimentalmente para presión estática del suelo de 0,1-0,2 kg/cm².

También se pueden tomar valores del coeficiente C_0 cuando $\rho_0 = 0,2$ kg/cm², obtenidos de acuerdo al tipo de perfil de suelo de la base de fundación. Ver tabla N° 1.

Tabla 1: Valores del coeficiente C_0 cuando $\rho_0 = 0.2kg/cm$

| Tipo de perfil | Características de la base de fundación | Suelo | $C_0(kg/cm^3)$ |
|----------------|---|---|----------------|
| S1 | Roca o suelos muy rígidos | Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$) | 3.0 |
| | | Arena compactada | 2.2 |
| | | Cascajo, grava, canto rodado, arena densa | 2.6 |
| S2 | Suelos intermedios | Arcilla y arena arcillosa plástica ($0.25 < I_L \leq 0.5$) | 2.0 |
| | | Arena plástica ($0 < I_t \leq 0.5$) | 1.6 |
| | | Arena polvorosa medio densa y densa ($e \leq 0.80$) | 1.4 |
| | | Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad | 1.8 |
| S3 | Suelos flexibles o con estratos de gran espesor | Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0.5 < I_L \leq 0.75$) | 0.8 |
| | | Arena plástica ($0.5 < I_t \leq 1$) | 1.0 |
| | | Arenas polvorosa, saturada, porosa ($e > 0.80$) | 1.2 |
| S4 | Condiciones excepcionales | Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0.75$) | 0.6 |
| | | Arena movediza ($I_L > 1$) | 0.6 |

Fuente: adaptado de Interacción Sísmica Suelo-Estructura en edificaciones con zapatas aisladas, (p.31), por G. Villareal Castro, 2009, Lima: Perú.

Como se puede mostrar en el modelo dinámico ensayado D.D.Barkan – O.A. Savinov es un ensayo teórico – experimental, dado por una interacción entre la cimentación y la base de fundación en modo de proceso determinado de vibraciones forzadas.

Esto abrió paso a que muchos criticaran este prototipo por muchos términos, tratándose de si función del determinado modelo en el cálculo sísmicos de edificaciones el cual considera la interacción entre el suelo y la estructura. Aunque no lo parezca esto es, totalmente normal ya que, el sistema entre el suelo y la estructura se analiza como un proceso ondulatorio no estacionario.

Modelo dinámico A.E. Sargsian.

Según Villareal, Genner (2009) la interacción suelo - estructura en las investigaciones de A.E. Sargsian y A.A. Najapetian se desarrolló otro tipo de modelo dinámico, el cual fue útil para fines académicos, razón por la cual esta no ha sido tomada en cuenta sus términos y se limitara a tomar en cuenta sus fórmulas a las que ellos han terminado de concluir, las cuales si son necesarias para futuros cálculos.

Tal como se mencionó, en su análisis se ingresan parámetros parecidos a los estáticos de rigidez de la base de fundación K_x , K_ϕ , K_z ; que se determinan por las siguientes formulas:

$$K_x = \frac{28.8(1 - \mu^2) * \rho * C_2^2 * \sqrt{A}}{\pi * (7 - 8\mu)}$$

$$K_\phi = \frac{8.52 * \rho * C_2^2 * I}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu) * \sqrt{A}}$$

$$K_z = \frac{\rho * C_1^2 * \sqrt{A}}{\Phi * (1 - \mu^2)}$$

Dónde:

P: Densidad del suelo de fundación

A: Área de la base de la cimentación

I: Momento de inercia del área de la base de la cimentación respecto al eje horizontal, que pasa por el centro de gravedad perpendicular al plano de vibración

$\Phi = 0,833$

C1: Velocidad de propagación de las ondas longitudinales en el suelo de fundación

C2: Velocidad de propagación de las ondas transversales.

De acuerdo a la concepción de semiespacio elástica, las velocidades de propagación de las ondas longitudinales y transversales se pueden calcular por las siguientes formulas:

$$C_1^2 = \frac{(1 - \mu) * E}{(1 + \mu) * (1 - 2\mu) * \rho}$$

$$C_2^2 = \frac{E}{2 * (1 + \mu) * \rho}$$

Dónde:

E: Modulo de elasticidad de la base de fundación.

Análisis Estructural de edificios

San Bartolomé, Ángel. 1998 página 9. En su libro “Análisis de Edificios”. Según el autor: concluye que en un análisis estructural no existe métodos totalmente exactos que permita resolver, esto se debe no solo a que hay muchas variables sueltas que se presentan a lo largo de estos problemas, sino que también en el modelado de la estructura. Un claro ejemplo es cuando se aparta los problemas de la interacción entre el tabique y pórtico, losa – viga o suelo estructura, en el cual se emplea sistemas aporricados con paños libres de tabiques, vigas de sección rectangular y elementos verticales como columnas, las placas, entre otras estructuras que son empotradas en la base; en otras oportunidades, este tipo de estudio arroja resultados fuera de lo normado. De igual forma se acostumbra a tomar un solo módulo de elasticidad para todo el proyecto, no tomando en cuenta que esto puede variar tanto de barra en barra como de piso en piso, es así como también se desprecia las fisuras que en los elementos de concreto se pueden dar y cambiar en importantes elementos estructurales y así cambiar la inercia de las secciones transversales.

Modelamiento Estructural con Etabs

Según (Ing. Hernández, Eliud. 2008, página 2). En su libro “Análisis y Diseño Estructural Utilizando el Programa ETABS v9”.

El programa etabs, es un desarrollador de diseño, así como también de análisis básicamente trabajan con sistemas de edificaciones. Este programa no solo maneja proyectos de edificios pequeños, sino que también edificios grandes y complejos, incluyendo aquí un amplio rango de comportamientos no lineales, haciéndolo la herramienta predilecta para los ingenieros estructurales en la industria de la construcción. Unas de las ventajas del programa son:

- ✓ Trabaja fácilmente con pisos de acero, concreto, compuestos o cerchas, asimismo rampas lineales y no lineales, muros de corte, completamente integrado y disponibles desde la misma interfaz usada para su análisis y modelado del edificio.
- ✓ Acepta que se realice un pre dimensionamiento inicial de los elementos de acero y concreto, para luego optimizarlos con los términos de sismo resistencia.
- ✓ Asimismo, permite que se puedan aplicar múltiples tipos de cargas, así como de combinaciones, tanto lateral como vertical, introduciendo carga automática por viento y sismo y cargas por espectros de respuesta, con curvas ya determinadas.
- ✓ Es por esto que es una herramienta de gran uso y ayuda para un análisis predilecto por muchos ingenieros dedicados al rubro de la estructura.

Norma E.030: Diseño Sismo resistente

Según la norma técnica peruana E-030 de diseño sismo resistente. Modificada por D.S. N° 003-2016-Vivienda. Numeral 1.4 (Concepción estructural sismo resistente).

Es importante considerar: tanto la simetría como la distribución de las cargas y las rigideces, Y en los entrepisos. También realizar una selección de calidad de los materiales adecuados para la construcción, evaluar las resistencias que sean adecuadas frente a las cargas laterales, ser continuo estructuralmente tanto en planta como en la elevación del edificio.

Ductilidad, el cual se entiende como la deformación de la estructura más allá de su rango elástico. Deformación lateral limitada. Inserción de líneas sucesivas de resistencia.

También se tiene que tener en cuenta las condiciones locales como la buena práctica en la construcción y la supervisión rigurosa en la edificación.

Según la norma técnica E-030 diseño sismo resistente. Modificada por D.S. N° 003-2016-Vivienda. Capítulo 2. Peligro sísmico. Numeral 2.1 Zonificación. El territorio peruano está dividido en cuatro zonas. Esta división de zonas que se ha propuesto se basa en la distribución espacial de la actividad sísmica que se ha observado, así como sus características generales de estos sismos, la atenuación de estos entre la distancia con su epicentro, tal como la información geotectónica. Ver Figura 2



Figura 2: Zonas sísmica norma E-030

Fuente: norma E030

De acuerdo a la distribución de zonas de la norma E-030 se asigna un factor Z, que indica como la máxima aceleración horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser superada en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad. Ver tabla N° 2.

Tabla2: Factores de zona

| Factores de Zona | |
|-------------------------|----------|
| Zona | Z |
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.10 |

Fuente norma E030

1.4. Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en el diseño estructural/sísmico de una edificación de 6 pisos en Jauja-2018?

Problemas Específicos

¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en el desplazamiento lateral máximo de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018?

¿De qué manera la interacción suelo estructura influiría en las fuerzas cortantes de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018?

¿De qué manera la interacción suelo estructura influiría en los momentos flectores de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018?

1.5. Justificación del estudio

Justificación Técnica

En el Perú se han realizado estudios similares de la edificación presentada analizando desplazamientos, derivas y fuerzas internas, lo que excluye la influencia en que genera el análisis de interacción suelo estructura con las cargas sísmicas calculadas y asignadas en el modelamiento, es estudio ayuda generar más análisis sísmicos y los resultados ayudaran a

analizar patrones para desarrollar e integrar la interacción suelo estructura en el diseño de cualquier proyecto a realizar en este tipo de suelo.

Justificación Económica

Luego de realizar averiguaciones con diversos ingenieros especialistas en estructuras sobre el cobre de un modelamiento estructural y un diseño sísmico de una edificación varia en un costo de 1000 a 5000 nuevos soles que dependerá de los metros cuadrados de la edificación a modelar, muchas veces el factor económico influye en no realizar estos análisis, pues al no realizarlo estarían en un riesgo latente dentro de la edificación porque no tendrían conocimiento la seguridad de que la edificación está correctamente diseñada estructuralmente y sísmicamente.

Justificación Social

A nivel nacional el Perú viene creciendo de forma extraordinaria en el sector construcción con diversas edificaciones de gran altura por lo que Jauja no se queda atrás, anteriormente no se visualizaba en las avenidas, calles, jirones edificaciones de gran altura, hoy en día se puede ver algunas edificaciones que conlleva a preguntarse el motivo de avance en estas construcciones que generarían comercio y turismo en la ciudad con lo que generaría una mejor interculturalidad.

1.6.Hipótesis

Hipótesis General

- ✓ La interacción suelo-estructura influye positivamente en el diseño estructural/sismo para una edificación de 6 pisos Jauja-2018.

Hipótesis Específicas

- ✓ La interacción suelo-estructura influye de manera positiva en el desplazamiento lateral máximo en la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.
- ✓ La interacción suelo-estructura influye en las fuerzas internas de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.
- ✓ La interacción suelo-estructura influye en los momentos flectores de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.

1.7.Objetivos

Objetivos Generales

- ✓ Analizar la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura en el diseño estructural/sísmico de una edificación de 6 pisos en Jauja-2018

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en el desplazamiento lateral máximo de la edificación de 6 pisos Jauja-2018.
- ✓ Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en las fuerzas internas de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.
- ✓ Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en los momentos flectores de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

No experimental

- **Tipo de investigación aplicada:** Constructiva o utilitaria, esta se basa en aplicar conocimientos ya teóricos creados para determinada efecto o causal. Dicho esto busca el porqué de las reacciones para así poder llegar a una determinación y modificar el causal del elemento. Además, que intervienen conocimientos científicos ya impartidos en métodos tecnológicos.
- **Nivel de Investigación Correlacional:** Este método juega con los métodos analíticos y sintéticos, junto con el inductivo y deductivo, es así como se le busca respuestas al objeto de estudio.

2.2. Variables

- ✓ Dependiente: Diseño estructural/sismo de una edificación.
- ✓ Independiente: Interacción suelo-estructura.

2.3. Población y muestra

Unidades de Estudio

- Peso de la estructura
- Desplazamientos laterales.
- Periodo fundamental de vibración.
- Esfuerzos internos de elementos estructurales.

Población

No probabilística: Todas las edificaciones de 6 pisos en Jauja-Yauyos

Muestra

No probabilística: Edificación de 6 pisos del jr. Bolívar N°204-Jauja-Yauyos

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Se utilizará una ficha de recolección de datos según indicadores para cada uno de los métodos de estudio.

Instrumentos

- En la presente investigación se utilizará cuadros de recolección de datos Ver tabla N°3

Tabla 3: Ficha de recolección de datos

| | | | | | |
|--|---|---|---|----------|----------|
| <p>PROYECTO: "Análisis de la interacción suelo-estructura y su influencia en el diseño estructural/sismo para una edificación de 6 pisos-jauja-2018"</p> | | | | | |
| <p>AUTOR: QUINTANA LEANDRO Jhonatan Diego</p> | | | | | |
| I. | INFORMACIÓN GENERAL | | | | |
| | Ubicación: | | | | |
| | Distrito: | JAUJA | Altitud: | | |
| | Provincia: | JAUJA | Latitud: | | |
| | Región: | JUNÍN | Longitud: | | |
| II. | MODELO DE ILLICHEV | | | | |
| | Capacidad de carga última (kg/cm ²) | Presión de contacto (kg/cm ²) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m ²) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| III. | MODELO DE COEFICIENTE DE BALASTO. | | | | |
| | Capacidad de carga última (kg/cm ²) | Presión de contacto (kg/cm ²) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m ²) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| IV. | MODELO DE DINÁMICO DE BARKAN | | | | |
| | Capacidad de carga última (kg/cm ²) | Presión de contacto (kg/cm ²) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m ²) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| V. | MODELO DE SARGSIAN | | | | |
| | Capacidad de carga última (kg/cm ²) | Presión de contacto (kg/cm ²) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m ²) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| VI. | ZAPATAS | | | | |
| | Verificación por flexión (kg) | Verificación por cortante (kg) | Cuantía de acero(cm ²) | | |
| | | | | | |
| VII. | VIGAS | | | | |
| | Verificación por flexión(kg) | Verificación por cortante(kg) | Cuantía de acero(cm ²) | | |
| | | | | | |
| VIII | COLUMNAS | | | | |
| | Verificación por flexión(kg) | Verificación por cortante(kg) | Cuantía de acero(cm ²) | | |
| | | | | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES | | | | | |
| PROFESIÓN: | | | | | |
| REGISTRO CIP N°: | | | | | |
| CORREO ELECTRÓNICO: | | | | | |
| CELULAR: | | | | | |

2.5. Procedimiento

Trabajo de Campo

En la siguiente investigación el trabajo de campo se realizó con la aplicación y apoyo de la ficha técnica. El instrumento sirvió para realizar el análisis en campo, en donde se recopila la mayor información posible, de acuerdo con el tema de investigación, datos del proyecto y las características que servirán para el posterior análisis, en el siguiente estudio consto con dos fases una en trabajo de recolección de datos en el lugar de estudio y en laboratorio, obteniendo datos de peso específico, capacidad máxima admisible, tipo de suelo. Por otro lado, trabajo en gabinete en donde se recopiló datos de módulos de rigideces para los para la aplicación de los modelos matemáticos.

Trabajo de laboratorio

En el presente estudio se consideró la Norma Técnica E.050 suelo y cimentaciones, con la finalidad de obtener los parámetros geotécnicos para elaborar el estudio de suelo en el lugar jr. Bolívar N°204, Distrito de Jauja, Provincia de Jauja-Junín, por lo que la norma expone que se realizara una calicata por cada 800m² en edificaciones tipo C.

Estos ensayos ejecutados de acuerdo con la norma ASTM y MTC son los siguientes:

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado MTC E 107-2016
- Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206-2016
Ensayo con el cual se obtiene el peso específico del suelo
- Corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas ASTM D 3080

Ensayo de clasificación de suelos: Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Para la elaboración del presente ensayo se tomó mientras a cielo abierto de 40kg, de calicata realizada, las cuales fueron al laboratorio para su posterior análisis de estas.

MTC E 107-2016: El ensayo fue elaborado en el laboratorio de centauro ingenieros SAC, así como se muestra en el certificado brindado

- Calicata N°01

Se obtuvo de una profundidad de 3m realizado en el jr. Bolívar N°204, Distrito de Jauja, Provincia de Jauja-Junín, con la cual en el laboratorio se procedió a realizar la clasificación de acuerdo con el tipo de suelo.

- Clasificación SUCS **ASTM D 2487: CL**
- Descripción de la muestra: **Arcilla arenosa de mediana plasticidad**
- Contenido de humedad (%) **MTC E 108-2016: 17.22**

Peso específico y absorción de agregado gruesos

Con las muestras obtenidas en campo (calicatas) se realiza los análisis en peso del material y el volumen de estas, para que luego mediante fórmulas matemáticas obtener el peso específico del suelo a investigar.

MTC E 206-2016: El ensayo fue elaborado en el laboratorio de centauro ingenieros SAC, así como se muestra en el certificado brindado

- Calicata N°01

- Peso bulk base seca (g/cm³): 1.832

Ensayo de corte directo

En la presente investigación se realizó calicatas a cielo abierto para la cual se extrajo 40kg de muestra, las cuales fueron las más representativas en dicho suelo, obteniendo de estas la cohesión y el Angulo de fricción.

ASTM D 3080: El ensayo fue elaborado en el laboratorio de centauro ingenieros SAC, así como se muestra en el certificado brindado

- Calicata N°01

- Cohesión (kg/cm²): 0.070
- Angulo de fricción: 22.37°

2.6 Método de análisis

Para este trabajo de investigación se desarrollará bajo los análisis de los parámetros de tendencia central, así como los de tendencia variacional, que nos brinda a través de los gráficos de valores de cada propiedad de estudio, estos serán procesados con Excel y adicional a ello se empleará el software ETABS para la obtener fuerzas cortantes, momentos flectores y desplazamientos laterales.

2.7. Aspectos éticos

Para lograr obtener los objetivos impuestos en dicha investigación, el investigador está vinculado en respetar y obedecer los datos obtenidos en las normas técnicas que serán útil en el proceso del estudio, respetando de esta forma los resultados adquiridos en los en los trabajos realizados.

III. Resultados

3.1. Análisis considerando sistema de base rígida

La estructura a considerar el análisis y diseño corresponde a una edificación de vivienda unifamiliar de concreto armado de 5 plantas 160 m² de área y una altura total de 17.20m. la altura de entrepiso es de 2.60m, La edificación cuenta con 12 zapatas las cuales son aisladas; la edificación se encuentra ubicada en el jr. Bolívar N°204, el tipo de suelo encontrado con la muestra sacada por la calicata en el terreno. Ver figura N°3

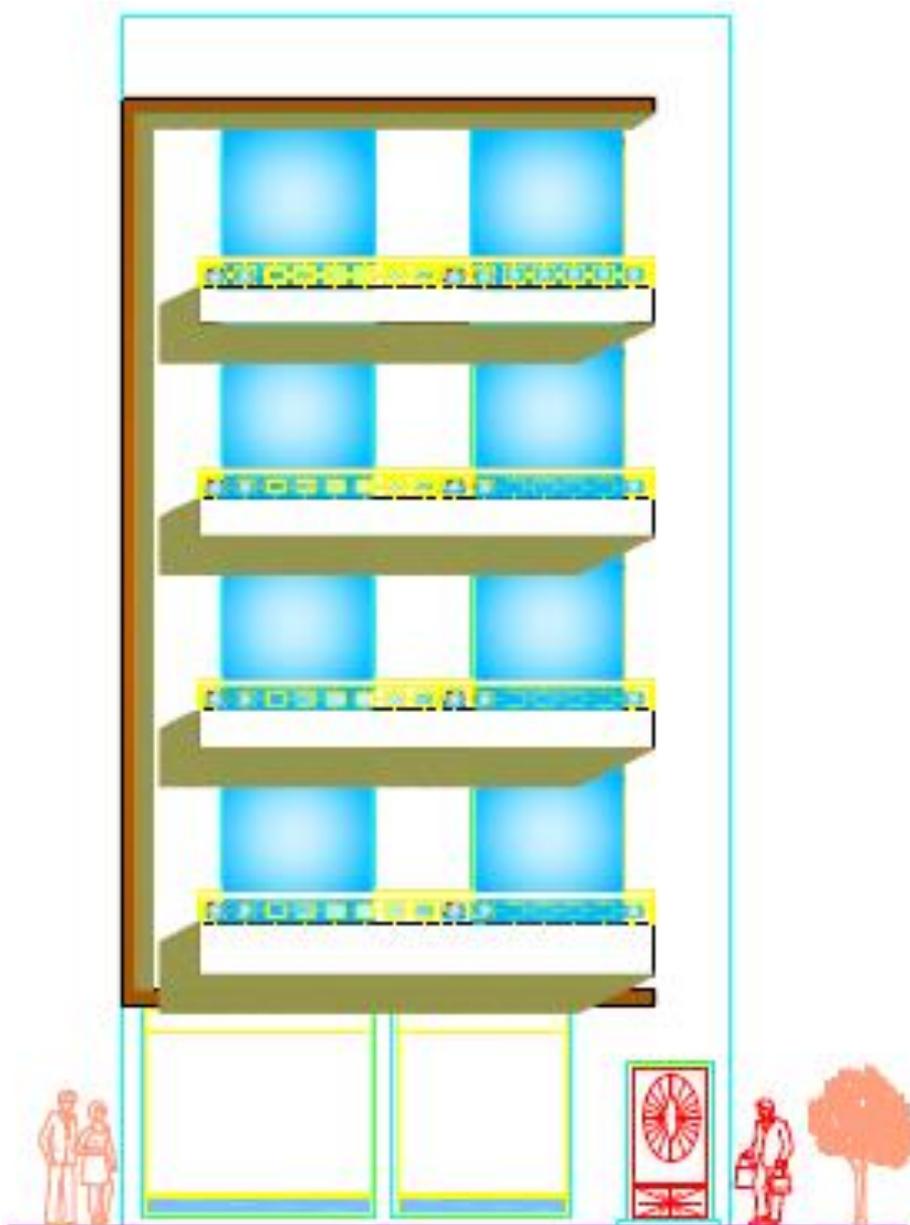


Figura 3: Vista principal de edificio

Fuente: Propio

El edificio presenta una distribución típica de vivienda unifamiliar en la cual cada nivel presenta dos mini departamentos con cocina, comedor, dormitorios, lavandería, etc., la arquitectura de los muros es de 15cm y columnas variables. Ver figura N°4

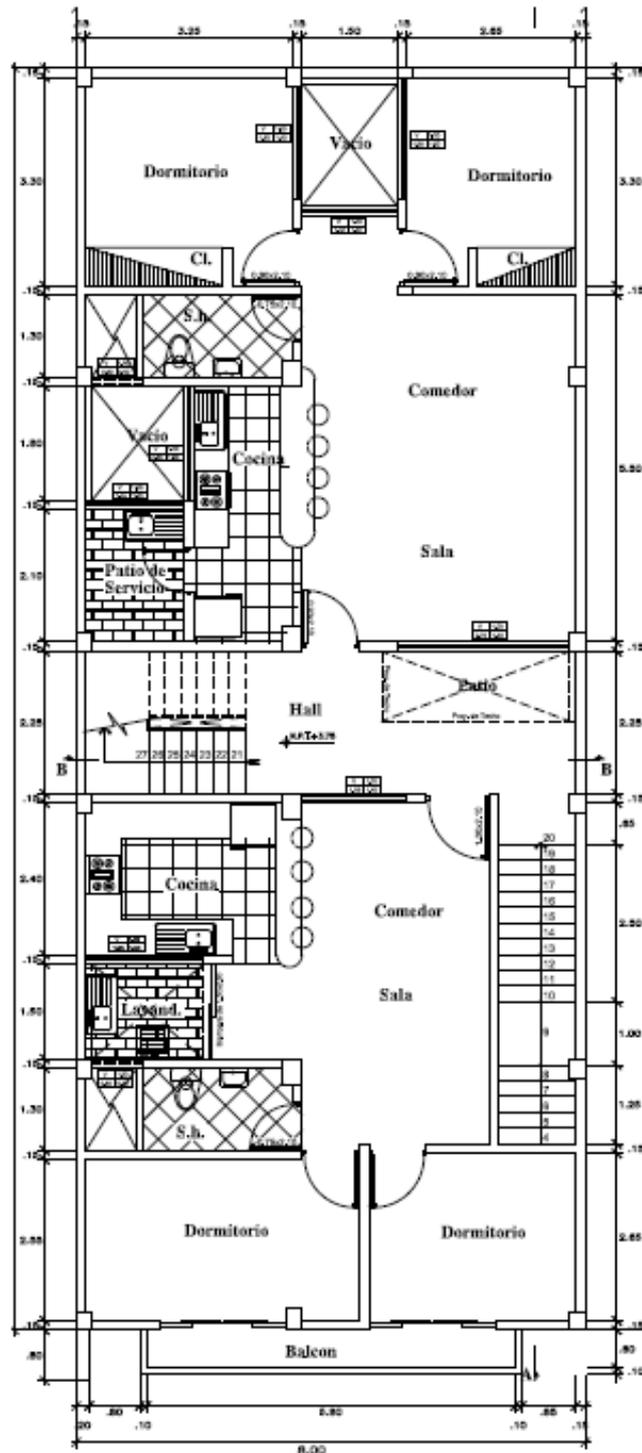


Figura 4: Vista de planta de edificio

Fuente: propio

El corte transversal de la edificación se puede observar la altura de entrepiso y la altura total, así como también el espesor de losas aligeradas y detalles que debemos considerar al modelar la edificación en el programa etabs. Ver figura N° 5

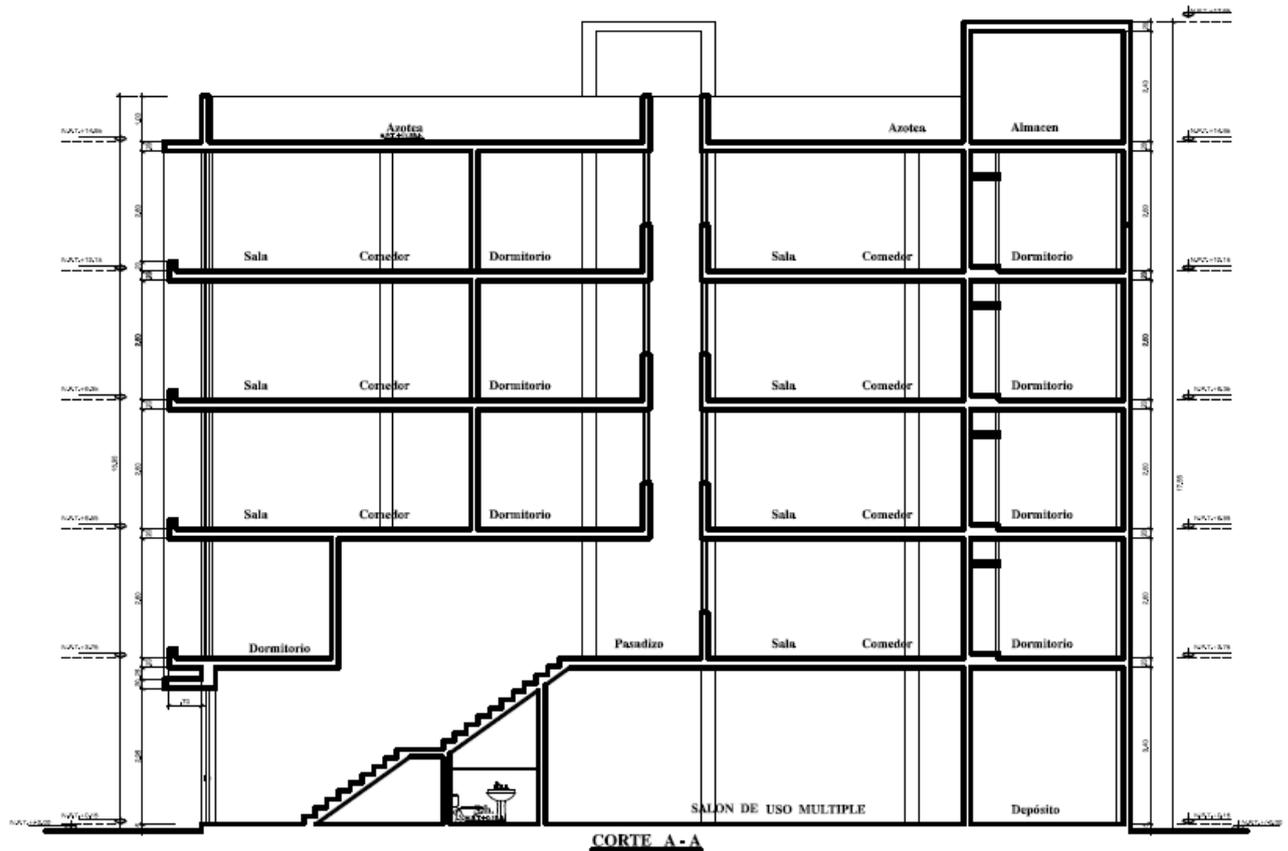


Figura 5: Vista transversal de edificio

Fuente: propio

La estructura presenta luces entre 2.00m y 4.00m en el sentido Y; y entre 3.00m y 4.50m en el sentido X.

Para el diseño de la estructura de concreto armado se consideró vigas peraltadas, así como también losas alivianadas armadas en una o dos direcciones según indique los cálculos. Con respecto a los materiales se utilizará una resistencia de concreto armado a la compresión simple a 28 días de 210 kg/cm² y acero de refuerzo con esfuerzo a la fluencia de 4200kg/cm².

Normas a utilizar:

Para el análisis y diseño se considerará las disposiciones indicadas en las Normas Nacionales e Internacionales descritas a continuación:

- Norma técnica peruana E030 (Diseño sismo resistente)
- Norma técnica peruana E050 (Suelos y cimentaciones)

- Norma técnica peruana E020 (Cargas)
- Norma técnica peruana E060 (Concreto armado)
- Norma técnica peruana E070 (Albañilería)
- ACI 318-2014 (American Concrete Institute)

Parámetros de diseño:

Esfuerzo de diseño de los materiales:

| | |
|---|----------------------------------|
| -Resistencia a la compresión del concreto | $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ |
| -Módulo de elasticidad del concreto | $E_c = 217370.7 \text{ Kg/cm}^2$ |
| -Esfuerzo de fluencia del acero | $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ |
| -Esfuerzo de tensión del acero | $f_y = 6300 \text{ Kg/cm}^2$ |
| -Coeficiente de Poisson | $\mu = 0.15$ |

Carga muerta

Peso propio de los elementos

| | | |
|--------------------------------|---|---------------------------|
| ➤ Elementos de Concreto Armado | : | 2400.00 kg/m ³ |
| ➤ Tabiquería | : | 100.00 kg/m ² |
| ➤ Acabados | : | 100.00 kg/m ² |

Carga viva

Sobrecarga según las Normas de Cargas E020

| | | |
|-----------------|---|-----------------------|
| ➤ 1° y 5° Nivel | : | 200 kg/m ² |
| ➤ Azotea | : | 100 kg/m ² |

Cargas de diseño:

Cargas Muertas (CM), las cargas muertas incluyen el peso de las estructuras permanentes y componentes no estructurales de una edificación, ya sea el peso propio de los elementos estructurales, peso de los tabiques, muros, parapetos o elementos no estructurales que aporten carga adicional a la estructura.

- **Cargas vivas (CV)**, son las cargas producidas por el uso o la ocupación de una estructura o edificio. Ellas incluyen el peso de todas las cargas móviles, herramientas, equipos misceláneos, partes de equipos desmontables y material

de almacenaje. Las cargas vivas y sus reducciones deberán satisfacer los requerimientos del RNE.

- **Cargas sísmicas (S)**, las cargas de sismo se obtendrán mediante los parámetros establecidos en la NTE.030 del RNE.

Calculo de peso por cada nivel:

Mediante el programa se obtuvieron las masas de cada nivel, con las cuales se multiplicarán por la aceleración de la gravedad para obtener el peso de la edificación ver tabla N°4.

Tabla 4: pesos de cada nivel

| Nivel | Masa | Peso | Und. |
|----------|----------|----------|-------|
| 5° Nivel | 10.06072 | 98.6615 | Tonf. |
| 4° Nivel | 14.09955 | 138.2686 | Tonf. |
| 3° Nivel | 14.27436 | 139.9829 | Tonf. |
| 2° Nivel | 14.42005 | 141.4117 | Tonf. |
| 1° Nivel | 18.4444 | 180.8769 | Tonf. |

Fuente: Propio

Cortante basal:

$$K = 1.00 \text{ ----- } T < 5s \text{ ---- } X-X$$

$$K = 1.00 \text{ ----- } T < 5s \text{ ---- } Y-Y$$

$$V_x - x = \frac{ZUCS}{R_x} P$$

$$V_y - y = \frac{ZUCS}{R_y} P$$

A partir de la obtención de la cortante estática y dinámica se verificará con un factor de escala de acuerdo a la norma técnica de edificaciones E030.

V. Din. > 90% V. Est. (Irregular) V. Din. > 90% V. Est. (Irregular)

V. Dinámico X = 115.50 Ton

V. Dinámico Y = 250.21 Ton

90% V. Estático X = 114.30 Ton

90% V. Estático Y = 240.03 Ton

V. Dinámico > 90% V. Estático

V. Dinámico > 90% V. Estático

Análisis modal:

Este análisis permite calcular las distintas formas de vibración que existe en una estructura respecto a la rigidez de las masas a las que este está sometido. Dichos modos se usan para poder determinar cómo es el comportamiento de dicha estructura, y se toman cual base para análisis posteriores a realizarse sobre el espectro y el tiempo – historia.

Es por esto que se cuenta con dos formas de analizar tal es así como el análisis del vector propio y el análisis de vector Ritz

. Según recomendaciones los vectores Ritz se deben usar en el análisis dinámico tiempo historia.

Este análisis es el primero que se ejecutará en cada modelo para determinar el periodo fundamental de la estructura, así como los modos de vibración, la masa participativa, datos que nos servirán para realizar los análisis subsecuentes.

Análisis sísmico estático:

El análisis sísmico estático o también denominado de la fuerza equivalente se llevará a cabo considerando lo estipulado en la Norma E-030-2016. Este análisis estático se realizará con fines comparativos, como por ejemplo en porcentaje de cortante basal.

A continuación, vamos determinando los parámetros necesarios para este análisis.

Periodo fundamental de vibración T:

Se determina con la siguiente expresión:

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

Dónde:

hn: altura de la edificación desde nivel de terreno natural

Ct: 45 debido a que la edificación está construida con un sistema dual.

Reemplazando se tiene:

$$T = \frac{17.2}{45} = 0.3822$$

Del análisis modal realizado se determinará como periodo fundamental el periodo del primer modo.

Parámetros de sitio (S, T_p, T_l)

De la ubicación de la edificación en estudio se determina como Zona 2 (Distrito Yauyos-Jauja-Junín)

Según el estudio de mecánica de suelos realizado se trata de un suelo CL (arcilla inorgánica de mediana plasticidad con bajo grado de compacidad), por lo que según la Norma E 030 este suelo clasifica como un **S2** (suelo blando). Luego en las tablas N°03 y N°04 de la Norma E030 se determinan los parámetros S , T_p y T_l . Ver tabla N°5 y N°6

Tabla5: Factores de suelo

| ZONA \ SUELO | S_0 | S_1 | S_2 | S_3 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| Z_4 | 0,80 | 1,00 | 1,05 | 1,10 |
| Z_3 | 0,80 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |
| Z_2 | 0,80 | 1,00 | 1,20 | 1,40 |
| Z_1 | 0,80 | 1,00 | 1,60 | 2,00 |

Fuente: Norma E-030-2016

Tabla 6: Periodos T_p y T_l

| | Perfil de suelo | | | |
|-----------|-----------------|-------|-------|-------|
| | S_0 | S_1 | S_2 | S_3 |
| T_p (s) | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 |
| T_l (s) | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 1,6 |

Fuente: Norma E-030-2016

De las tablas anteriores para el tipo de suelo que tenemos en la base de la fundación de la edificación en estudio se determinan los siguientes parámetros:

$$S = 1.15$$

$$T_p = 0.6 \text{ s}$$

$$T_s = 2.0 \text{ s}$$

Del análisis modal se podrá determinar el periodo fundamental y se establecerá las siguientes comparaciones para calcular el valor del factor de amplificación sísmica C .

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

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

$$T_l < T \rightarrow C = 2.5 \left(\frac{T_p T_l}{T^2} \right)$$

Factor de zona (Z)

La Norma E030 en la tabla N°01 establece un factor Z para cada zona el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedido en 50 años, dicho factor se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad. Ver tabla N° 7

Tabla7: Factores de zona

| ZONA | Z |
|------|------|
| 4 | 0,45 |
| 3 | 0,35 |
| 2 | 0,25 |
| 1 | 0,10 |

Fuente: Norma E-030-2016

Por lo tanto, de la tabla se determina que para la edificación en estudio se tiene un factor de zona $Z=0.35$.

Categoría de la Edificación (U)

La edificación en estudio, según lo que se especificó anteriormente clasifica como edificación importante de categoría C, por lo que según la Norma E030 le corresponde un factor $U=1.0$.

Coefficiente de reducción sísmica (R_0)

Como se ha especificado anteriormente la edificación modelo que se está tomando en cuenta en la investigación es una estructura dual de concreto armado por lo que según la Norma E030 le corresponde un factor de reducción $R_0=7$.

Irregularidad estructural en altura

Según los cálculos, el factor de irregularidad en altura es: $I_a=1.0$

Irregularidad estructural en planta

Según los cálculos, el factor de irregularidad en planta es: $I_p=0.90$

Peso sísmico (P)

El peso sísmico para edificaciones importantes de categoría B según la Norma E030-2016 se calculará sumando el 100% de la carga muerta más el 50% de la carga viva. A continuación, se presenta el cálculo del peso sísmico por piso. Ver tabla N°8

Tabla 8: Peso sísmico de la edificación

| Piso | Carga Muerta (tn) | Carga viva(tn) | Peso sísmico(tn) | Altura(m) |
|----------|-------------------|-----------------|------------------|--------------|
| Edificio | 685.2585 | 122.5612 | 746.5391 | 17.20 |

Fuente: Propio

Fuerza cortante en la base

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

Dónde:

V: cortante basal

Z, U, C, S, R: parámetros ya definidos anteriormente

P: peso sísmico de la edificación = 746.54

Además debe cumplir que $\frac{C}{R} \geq 0.125$

Entonces:

Tabla 9: resumen de parámetros

| | |
|-----|-------------|
| Z | 0.35 |
| U | 1 |
| C | 2.5 |
| S | 1.15 |
| Rxy | 7x1x0.9=6.3 |
| P | 746.54 |

Fuente: propio

Remplazando entonces todos los parámetros anteriores se tiene:

$$V = \frac{0.35 \times 1 \times 2.5 \times 1.15}{6.3} \times 746.54 = 119.24 \text{ tn}$$

Análisis Sísmico Dinámico Modal-Espectral

Para analizar los modelos por este procedimiento se seguirá la metodología estipulada en el numeral 4.6 de la Norma E030-2016, ayudados del software ETABS 2016 V16.1.0.

Modos de vibración

Para el análisis este nos arroja resultados los cuales han sido considerados las vibraciones las cuales sus masas muestran lo efectivas que son al sumarse en total al menos el 90% de

toda la masa participativa y como mínimo deberán tomarse en cuenta los tres primeros modos predominantes en la dirección de análisis.

Aceleración espectral

Para cada una de las direcciones horizontales a analizar se usará un espectro inelástico de pseudoaceleraciones definido por:

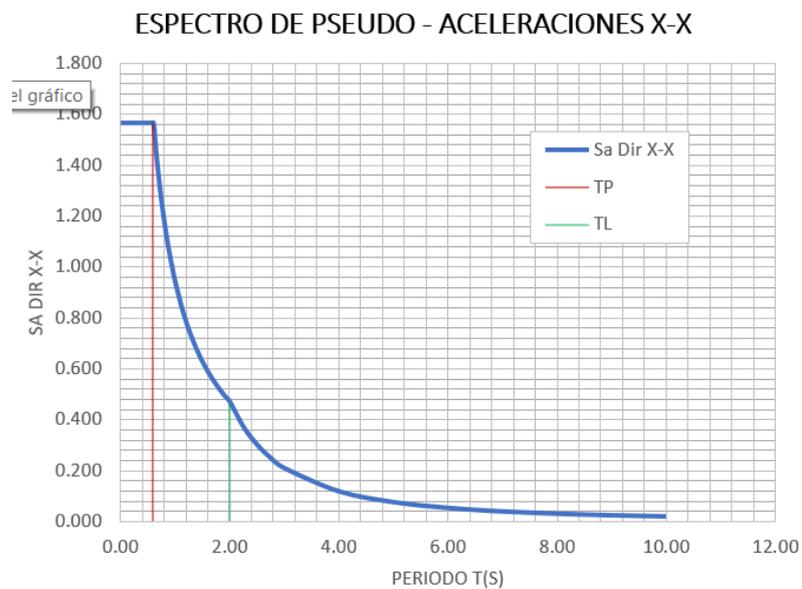
$$S_a = \frac{ZUCS}{R} xg$$

Dónde:

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

Los demás parámetros han sido determinados anteriormente.

En la figura N°6 se muestra los periodos de vibración y aceleraciones de acuerdo a la norma técnica peruana E-030 de diseño sismo resistente en la dirección X-X del análisis en la edificación.



| C | T | Sa Dir X-X |
|----------|----------|-------------------|
| 2.50 | 0.00 | 1.567 |
| 2.50 | 0.02 | 1.567 |
| 2.50 | 0.04 | 1.567 |
| 2.50 | 0.06 | 1.567 |
| 2.50 | 0.08 | 1.567 |
| 2.50 | 0.10 | 1.567 |

| C | T | Sa Dir X-X |
|----------|----------|-------------------|
| 1.67 | 0.90 | 1.045 |
| 1.58 | 0.95 | 0.990 |
| 1.50 | 1.00 | 0.940 |
| 1.36 | 1.10 | 0.855 |
| 1.25 | 1.20 | 0.783 |
| 1.15 | 1.30 | 0.723 |

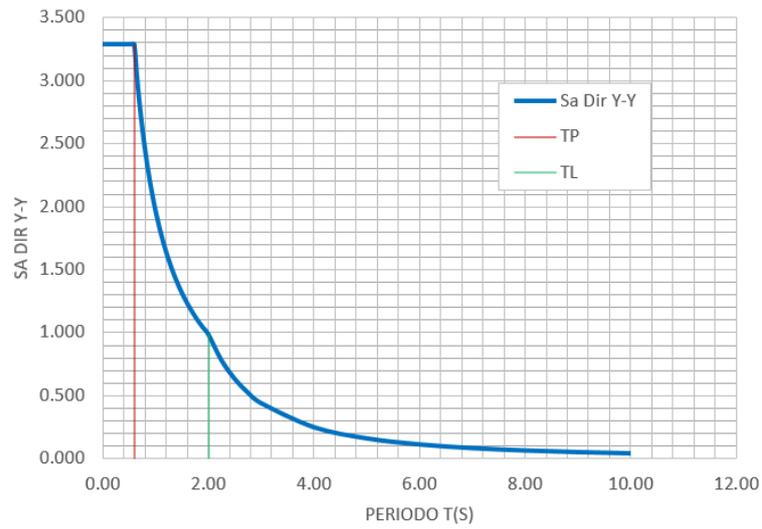
| | | | | | |
|------|------|-------|------|-------|-------|
| 2.50 | 0.12 | 1.567 | 1.07 | 1.40 | 0.672 |
| 2.50 | 0.14 | 1.567 | 1.00 | 1.50 | 0.627 |
| 2.50 | 0.16 | 1.567 | 0.94 | 1.60 | 0.588 |
| 2.50 | 0.18 | 1.567 | 0.88 | 1.70 | 0.553 |
| 2.50 | 0.20 | 1.567 | 0.83 | 1.80 | 0.522 |
| 2.50 | 0.25 | 1.567 | 0.79 | 1.90 | 0.495 |
| 2.50 | 0.30 | 1.567 | 0.75 | 2.00 | 0.470 |
| 2.50 | 0.35 | 1.567 | 0.59 | 2.25 | 0.371 |
| 2.50 | 0.40 | 1.567 | 0.48 | 2.50 | 0.301 |
| 2.50 | 0.45 | 1.567 | 0.40 | 2.75 | 0.249 |
| 2.50 | 0.50 | 1.567 | 0.33 | 3.00 | 0.209 |
| 2.50 | 0.55 | 1.567 | 0.19 | 4.00 | 0.118 |
| 2.50 | 0.60 | 1.567 | 0.12 | 5.00 | 0.075 |
| 2.31 | 0.65 | 1.446 | 0.08 | 6.00 | 0.052 |
| 2.14 | 0.70 | 1.343 | 0.06 | 7.00 | 0.038 |
| 2.00 | 0.75 | 1.254 | 0.05 | 8.00 | 0.029 |
| 1.88 | 0.80 | 1.175 | 0.04 | 9.00 | 0.023 |
| 1.76 | 0.85 | 1.106 | 0.03 | 10.00 | 0.019 |

Figura 6: Espectro de pseudo-aceleraciones X-X

Fuente propio

En la figura N°7 se muestra los periodos de vibración y aceleraciones de acuerdo a la norma técnica peruana E-030 de diseño sismo resistente en la dirección X-X del análisis en la edificación.

ESPECTRO DE PSEUDO - ACELERACIONES Y-Y



| C | T | Sa Dir Y-Y |
|------|------|------------|
| 2.50 | 0.00 | 3.290 |
| 2.50 | 0.02 | 3.290 |
| 2.50 | 0.04 | 3.290 |
| 2.50 | 0.06 | 3.290 |
| 2.50 | 0.08 | 3.290 |
| 2.50 | 0.10 | 3.290 |
| 2.50 | 0.12 | 3.290 |
| 2.50 | 0.14 | 3.290 |
| 2.50 | 0.16 | 3.290 |
| 2.50 | 0.18 | 3.290 |
| 2.50 | 0.20 | 3.290 |
| 2.50 | 0.25 | 3.290 |
| 2.50 | 0.30 | 3.290 |
| 2.50 | 0.35 | 3.290 |
| 2.50 | 0.40 | 3.290 |
| 2.50 | 0.45 | 3.290 |
| 2.50 | 0.50 | 3.290 |
| 2.50 | 0.55 | 3.290 |
| 2.50 | 0.60 | 3.290 |

| C | T | Sa Dir Y-Y |
|------|------|------------|
| 1.67 | 0.90 | 2.194 |
| 1.58 | 0.95 | 2.078 |
| 1.50 | 1.00 | 1.974 |
| 1.36 | 1.10 | 1.795 |
| 1.25 | 1.20 | 1.645 |
| 1.15 | 1.30 | 1.519 |
| 1.07 | 1.40 | 1.410 |
| 1.00 | 1.50 | 1.316 |
| 0.94 | 1.60 | 1.234 |
| 0.88 | 1.70 | 1.161 |
| 0.83 | 1.80 | 1.097 |
| 0.79 | 1.90 | 1.039 |
| 0.75 | 2.00 | 0.987 |
| 0.59 | 2.25 | 0.780 |
| 0.48 | 2.50 | 0.632 |
| 0.40 | 2.75 | 0.522 |
| 0.33 | 3.00 | 0.439 |
| 0.19 | 4.00 | 0.247 |
| 0.12 | 5.00 | 0.158 |

| | | | | | |
|------|------|-------|------|-------|-------|
| 2.31 | 0.65 | 3.037 | 0.08 | 6.00 | 0.110 |
| 2.14 | 0.70 | 2.820 | 0.06 | 7.00 | 0.081 |
| 2.00 | 0.75 | 2.632 | 0.05 | 8.00 | 0.062 |
| 1.88 | 0.80 | 2.468 | 0.04 | 9.00 | 0.049 |
| 1.76 | 0.85 | 2.323 | 0.03 | 10.00 | 0.039 |

Figura 7: Espectro de pseudo-aceleraciones Y-Y

Fuente: Propio

Cortante dinámico en la base

La fuerza cortante basal dinámica calculada por este método para cada dirección de análisis no será menor que el 90% del cortante basal estático para edificaciones irregulares ni del 80% para edificaciones regulares. De sucederse el caso se deberá escalar para lograr por lo menos el 90% u 80% del cortante estático según sea la edificación en análisis irregular o regular respectivamente.

Definición de materiales

Antes de empezar a dibujar y definir los elementos estructurales, se procede a realizar la definicion de los materiales que se utilizaran en la edificacion como el tipo de concreto de acuerdo a la resistencia, el acero corrugado grado 60. Ver figura N°8

Material Property Data

General Data

Material Name:

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: ■ Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: kgf/m³

Mass per Unit Volume: kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: kgf/mm²

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1/C

Shear Modulus, G: kgf/mm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Figura 8:Deficini3n del material: concreto f'c=210 kg/cm2

Fuente: Etabs

Definición de secciones

Se realiza la creación de las diferentes secciones de las columnas y vigas con las propiedades de cada elemento que se plantearon para la edificación. Ver figura N°9

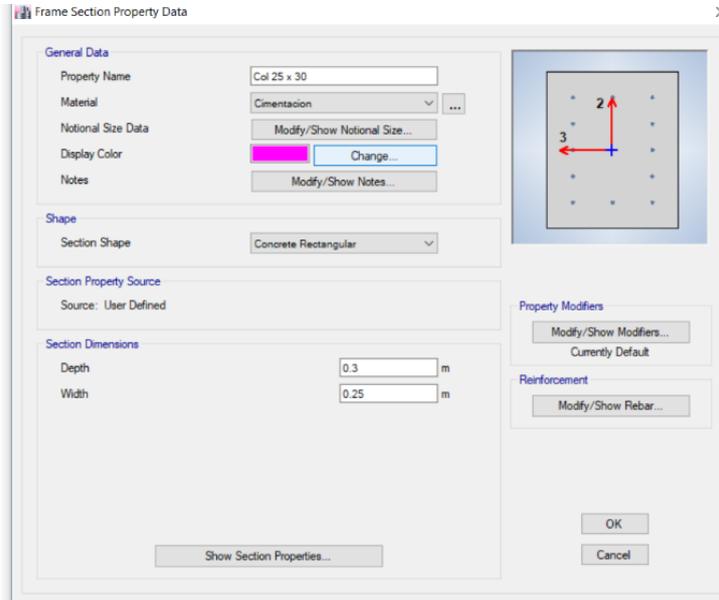


Figura 9: Definición de columna rectangular 25x30

Fuente: Etabs

En la figura 10 se muestra todas las secciones creadas de las columnas, vigas de la edificación.

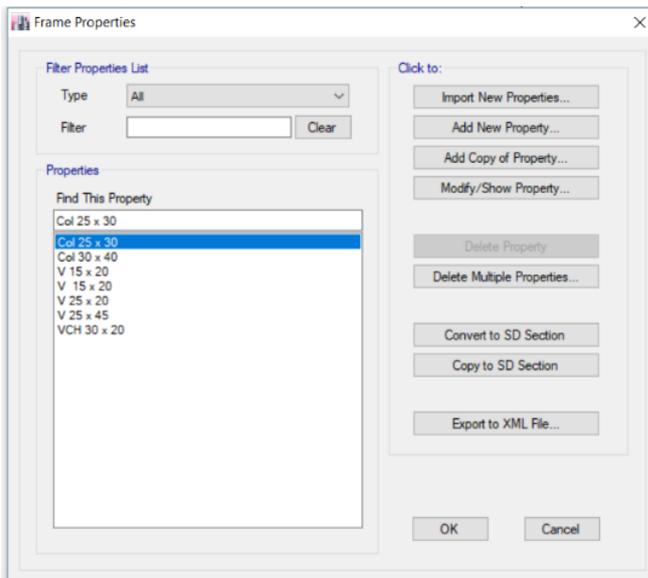


Figura 10: Definición de todos los elementos estructurales

Fuente: Etabs

Definición de patrones de carga

Para el siguiente paso se realiza la creación de los tipos de carga que actuarán en la edificación que se definen mediante patrones de carga como las de su propio peso, cargas de sismo, las combinaciones que se realizan de acuerdo a la norma técnica peruana E-020 de cargas. Ver figura 11

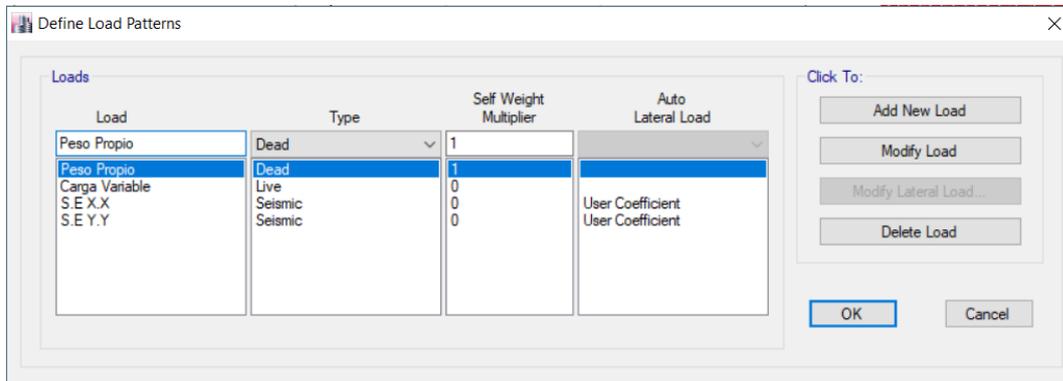


Figura 11: Definición de patrones de carga

Fuente: Etabs

Definición de apoyos empotrados en la base

Luego de definir las cargas, se procede a asignar el tipo de apoyo que tendrá la estructura como se define un apoyo con base rígida se restringe rotación traslación en todas las direcciones del apoyo. Como se muestra en la figura 12

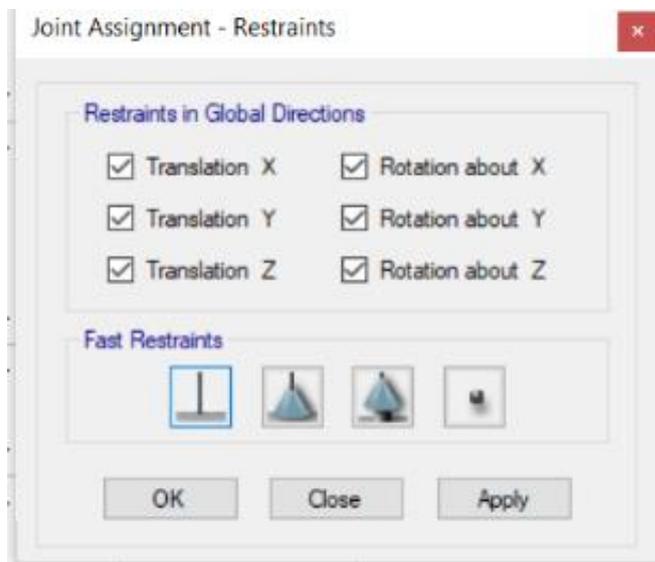


Figura 12: Restricción en la base

Fuente: Etabs

Después de realizar los pasos anteriores y dibujar la edificación se realiza el análisis por lo que se obtiene las siguientes tablas:

Desplazamientos:

A continuación, se presenta los desplazamientos de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación de estudio: ver tabla 10 y tabla 11

Tabla 10: Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección X

| Piso | Z | Carga | X-Dir | Y-Dir |
|-------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| | m | | mm | mm |
| Piso 5 | 15.45 | SD-XX | 29.22 | 3.913 |
| Piso 4 | 12.85 | SD-XX | 26.474 | 3.583 |
| Piso 3 | 10.05 | SD-XX | 21.98 | 3.004 |
| Piso 2 | 7.25 | SD-XX | 16.434 | 2.269 |
| Piso 1 | 4.45 | SD-XX | 10.255 | 1.438 |

Fuente: propio

Tabla 11: Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección Y

| Piso | Z | Carga | X-Dir | Y-Dir |
|-------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| | m | | mm | mm |
| Piso 5 | 15.45 | SD-YY | 1.526 | 3.922 |
| Piso 4 | 12.85 | SD-YY | 1.345 | 3.556 |
| Piso 3 | 10.05 | SD-YY | 1.068 | 2.952 |
| Piso 2 | 7.25 | SD-YY | 0.865 | 2.198 |
| Piso 1 | 4.45 | SD-YY | 0.647 | 1.349 |

Fuente: propio

Fuerzas Cortantes

A continuación, se presenta las fuerzas cortantes máximas de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación: ver tabla 12 y tabla 13

Tabla 12: Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección X

| Piso | Carga | V |
|--------|---------------|---------|
| | | tonf |
| Piso 5 | SD X-X Max | 17.2569 |
| Piso 4 | SD X-X Max | 38.2769 |
| Piso 3 | SD X-X Max | 55.9144 |
| Piso 2 | SD X-X Max | 70.0139 |
| Piso 1 | SD X-X Max | 80.844 |

Fuente: propio

Tabla 13: Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección Y

| Piso | Carga | V |
|--------|---------------|----------|
| | | tonf |
| Piso 5 | SD Y-Y Max | 42.4901 |
| Piso 4 | SD Y-Y Max | 96.4183 |
| Piso 3 | SD Y-Y Max | 141.7667 |
| Piso 2 | SD Y-Y Max | 175.7805 |
| Piso 1 | SD Y-Y Max | 199.1445 |

Fuente propio

Momentos flectores:

A continuación, se presenta los momentos flectores máximos de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación: ver tabla 14 y tabla 15

Tabla 14: Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección X

| Piso | Carga | M |
|--------|---------------|----------|
| | | tonf-m |
| Piso 5 | SD X-X Max | 0.8449 |
| Piso 4 | SD X-X Max | 46.2934 |
| Piso 3 | SD X-X Max | 154.2634 |
| Piso 2 | SD X-X Max | 310.9404 |
| Piso 1 | SD X-X Max | 505.9974 |

Fuente: propio

Tabla 15: Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección Y

| Piso | Carga | M |
|--------|---------------|----------|
| | | tonf-m |
| Piso 5 | SD Y-Y Max | 16.8236 |
| Piso 4 | SD Y-Y Max | 160.9644 |
| Piso 3 | SD Y-Y Max | 463.7014 |
| Piso 2 | SD Y-Y Max | 889.0446 |
| Piso 1 | SD Y-Y Max | 1403.507 |

Fuente propio

3.2 Análisis considerando interacción suelo estructura (ISE)

Para considerar la ISE en el comportamiento estructural de la edificación en estudio, se debe modelar la cimentación, dicha cimentación según los planos existentes es a base de zapatas aisladas excéntricas, sin vigas de cimentación. En el centroide de cada zapata se colocará los coeficientes de rigidez del Modelo D.D Barkan-O.A Savinov, Modelo dinámico A.E. Sargsian.

Para modelar la zapata en el software etabs se ha creado un material extremadamente rígido ($E=9 \times 10^8 \text{ T/m}^2$ y $\nu=0.05$) ya que no se va analizar el desempeño de las zapatas sino más bien se quiere representar la interacción del suelo y la zapata, o en todo caso considerar la flexibilidad del suelo. A continuación, se presenta el modelo con zapatas aisladas según los planos de cimentaciones existentes de la edificación en estudio, cabe aclarar que la profundidad de desplante de la zapata es de 1.65m según los planos existentes.

Determinación de los coeficientes de rigidez del modelo dinámico D.D barkan- O.A savinov

Parámetros de mecánica de suelos:

Tipo de suelo: arcilla limosa arenosa(CL)

Capacidad admisible: 1.89 kg/cm²

Densidad del suelo: 0.183 t.s/m⁴

Coefficiente de Poisson del suelo: 0.3

Es necesario determinar primeramente la presión estática para los tres tipos de zapatas aisladas, para lo cual se utilizará la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{Pesodelaedificacion + PesodezAapata}{Areadezapata}$$

Antes de realizar en cálculo de presión estática, calculamos el área de las zapats aisladas según las dimensiones que muestra la edificación en el plano de estructuras (ver anexo 2).

Ver tabla 16.

Tabla 16: Área de zapatas

| Zapata | Dimensiones | | | Cantidad (und) | Área (cm ²) |
|------------|-------------|--------|--------|-------------------|----------------------------|
| | a m | b m | c m | | |
| CENTRAL | 1.3 | 1.4 | 0.6 | 4 | 7.28 |
| PERIMETRAL | 1 | 1.3 | 0.6 | 2 | 2.6 |
| ESQUINERA | 1 | 1 | 0.6 | 12 | 12 |

Fuente propio

Ahora que obtuvimos las áreas de las zapatas aisladas según las dimensiones correspondientes realizamos el cálculo de la presión estática de zapatas. Ver tabla 17

Tabla 17: Presión estática en las zapatas

| Zapata | Peso Total | Área | ρ |
|------------|------------|----------------|--------------------|
| | Ton | m ² | kg/cm ² |
| CENTRAL | 229.16 | 7.28 | 3.148 |
| PERIMETRAL | 42.712 | 2.6 | 1.643 |
| ESQUINERA | 102.27 | 12 | 0.852 |

Fuente propio

En el estudio de mecánica de suelos realizado para la presente tesis, se determinó que el suelo sobre el que está cimentada la edificación en estudio es una arcilla limosa arenosa de mediana plasticidad el cual clasifica como un suelo intermedio S2 y capacidad admisible de 1.89 kg/cm², por lo que considerando la tabla N°1 de la presente Tesis, se determina el coeficiente $C_0=2.0 \text{ kg/cm}^3$.

Determinación del coeficiente D_0 :

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} * C_0$$

$$D_0 = \frac{1 - 0.3}{1 - 0.5(0.3)} * 2$$

$$D_0 = 1.647 \text{ kg/cm}^3$$

Determinación de los coeficientes de rigidez equivalentes:

Zapata Central

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

$$C_z = 2 \left[1 + \frac{2(1.3 + 1.4)}{1 * 1.3 * 1.4} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_z = 31.4765 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_x = C_y = 1.647 \left[1 + \frac{2(1.3 + 1.4)}{1 * 1.3 * 1.4} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_x = C_y = 25.9209 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_{\varphi y} = 2 \left[1 + \frac{2(1.3 + 3 * 1.4)}{1 * 1.3 * 1.4} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_{\varphi y} = 55.8903 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_{\varphi x} = 2 \left[1 + \frac{2(3 * 1.3 + 1.4)}{1 * 1.3 * 1.4} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_{\varphi x} = 54.1465 \text{ kg/cm}^3$$

Ahora por la fórmula (1.0) determinamos los coeficientes de rigidez **K_x**, **K_y**, **K_z**, **K_{φx}**, **K_{φy}**:

$$K_z = C_z A$$

$$K_z = 31.4765 * 130 * 140$$

$$K_z = 572871.404 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} = 57287.1404 \frac{\text{tn}}{\text{m}}$$

$$K_x = K_y = C_x A$$

$$K_x = K_y = 25.9209 * 130 * 140$$

$$K_x = K_y = 471759.601 \frac{\text{kg}}{\text{cm}} = 47175.9601 \frac{\text{tn}}{\text{m}}$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} I$$

$$K_{\phi x} = 54.1465x \left(\frac{130^3 x 140}{12} \right)$$

$$K_{\phi x} = 1387864289.3 \text{ kg.cm}$$

$$K_{\phi x} = 13878.642893 \text{ tn.m}$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} I$$

$$K_{\phi y} = 55.8903x \left(\frac{130x140^3}{12} \right)$$

$$K_{\phi y} = 1661432866.0 \text{ kg.cm}$$

$$K_{\phi y} = 16614.328660 \text{ tn.m}$$

Zapata perimetral

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

$$C_z = 2 \left[1 + \frac{2(1+1.3)}{1 * 1 * 1.3} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_z = 26.0143 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_x = C_y = 1.647 \left[1 + \frac{2(1+1.3)}{1 * 1 * 1.3} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_x = C_y = 21.4228 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_{\phi y} = 2 \left[1 + \frac{2(1+3 * 1.3)}{1 * 1 * 1.3} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_{\phi y} = 48.9421 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_{\phi x} = 2 \left[1 + \frac{2(3 * 1 + 1.3)}{1 * 1.3 * 1.3} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_{\phi x} = 43.6511 \text{ kg/cm}^3$$

Ahora por la fórmula siguiente determinamos los coeficientes de rigidez **K_x**, **K_y**, **K_z**, **K_{φ_x}**,

K_{φ_y}:

$$K_z = C_z A$$

$$K_z = 26.0143 * 100 * 130$$

$$K_z = 338185.7387 \text{ kg/cm}$$

$$K_z = 33818.5739 \text{ tn/m}$$

$$K_x = K_y = C_x A$$

$$K_x = K_y = 21.4228 * 100 * 130$$

$$K_x = K_y = 278495.9558 \text{ kg/cm}$$

$$K_x = K_y = 27849.5959 \text{ tn/m}$$

$$K_{\phi x} = C_{\phi x} I$$

$$K_{\phi x} = 43.6511 x \left(\frac{100^3 x 130}{12} \right)$$

$$K_{\phi x} = 472886837.984 \text{ kg.cm}$$

$$K_{\phi x} = 4728.8684 \text{ tn.m}$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} I$$

$$K_{\phi y} = 48.9421 x \left(\frac{100 * 130^3}{12} \right)$$

$$K_{\phi y} = 896048908.5 \text{ kg.cm}$$

$$K_{\phi y} = 8960.4891 \text{ tn.m}$$

Zapata esquinera

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

$$C_z = 2 \left[1 + \frac{2(1 + 1)}{1 * 1 * 1} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_z = 20.6428 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_x = 1.647 \left[1 + \frac{2(1+1)}{1 * 1 * 1} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_x = C_y = 16.9994 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_{\varphi y} = 2 \left[1 + \frac{2(1+3*1)}{1 * 1 * 1} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_{\varphi y} = 37.1570 \text{ kg/cm}^3$$

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

$$C_{\varphi x} = 2 \left[1 + \frac{2(3*1+1)}{1 * 1 * 1} \right] \sqrt{\frac{3.148}{0.2}}$$

$$C_{\varphi x} = 37.1570 \text{ kg/cm}^3$$

Ahora por la fórmula siguiente determinamos los coeficientes de rigidez **K_x**, **K_y**, **K_z**, **K_{φx}**, **K_{φy}**:

$$K_z = C_z A$$

$$K_z = 20.6428 \times 100 \times 100$$

$$K_z = 206428.0545 \text{ kg/cm}$$

$$K_z = 20642.805 \text{ tn/m}$$

$$K_x = K_y = C_x A$$

$$K_x = K_y = 16.9994 * 100 * 100$$

$$K_x = K_y = 169993.5028 \text{ kg/cm}$$

$$K_x = K_y = 16999.3503 \text{ tn/m}$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} I$$

$$K_{\phi x} = 37.1570x \left(\frac{100^3 \times 100}{12} \right)$$

$$K_{\phi x} = 309642081.7 \text{kg. m}$$

$$K_{\phi x} = 3096.42082 \text{tn. m}$$

$$K_{\phi y} = C_{\phi y} I$$

$$K_{\phi y} = 37.1570x \left(\frac{100 \times 100^3}{12} \right)$$

$$K_{\phi y} = 309642081.7 \text{kg.m}$$

$$K_{\phi y} = 3096.42082 \text{tn.m}$$

Los coeficientes de rigidez K_x , K_y , K_z , $K_{\phi x}$, $K_{\phi y}$ calculados se asignarán en el centroide de cada zapata aislada en la tabla 18 se visualiza el resumen de estas.

Tabla 18: Resumen de coeficientes de rigidez Barkan

| Zapata | $K_x=K_y$ | K_z | $K_{\phi x}$ | $K_{\phi y}$ |
|------------|------------|------------|--------------|--------------|
| | tn/m | tn/m | tn.m | tn.m |
| CENTRAL | 47175.9601 | 57287.1404 | 13878.6429 | 16614.3287 |
| PERIMETRAL | 27849.5959 | 33818.5739 | 4728.8684 | 8960.4891 |
| ESQUINERA | 16999.3503 | 20642.805 | 3096.4208 | 3096.4208 |

Fuente: propio

Para el eje Z el coeficiente de rigidez según el modelo de D.D. Barkan O.A. Savinov restringe la rotación en Z, por esta razón no se determina y por eso se restringe el giro en Z en la modelación del edificio.

Seguidamente se calculan las masas traslacionales respecto a los ejes centroidales X, Y, Z y las masas rotacionales respecto a los ejes de contacto suelo-zapata, indicados con X', Y', Z'. En cálculo de masa de traslación se realiza mediante las formulas siguientes; para una mejor visualización se procedió a utilizar un cuadro de Excel en base a tablas y así obtener de forma automática. Ver tabla 19.

$$M_t = M_x = M_y = M_z = P_{zapata} / g$$

Masa de rotación

$$M_{\phi x} = M_t \left(\frac{c}{2} \right)^2 + \frac{M_t (b^2 + c^2)}{12}$$

$$M_{\phi y} = M_t \left(\frac{c}{2} \right)^2 + \frac{M_t (a^2 + c^2)}{12}$$

$$M_{\Phi Z} = \frac{M_t(a^2 + b^2)}{12}$$

Tabla 19: Resumen de masas de traslación Barkan

| Zapata | a | b | c | M _x =M _y =M _z | M _{Φ_x} | M _{Φ_y} | M _{Φ_z} |
|------------|-----|-----|-----|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | m | m | m | Ton.s ² /m | ton s ² /m | ton s ² .m | Ton.s ² .m |
| CENTRAL | 1.3 | 1.4 | 0.6 | 0.2672 | 0.0757 | 0.0697 | 0.0813 |
| PERIMETRAL | 1 | 1.3 | 0.6 | 0.1908 | 0.0498 | 0.0388 | 0.0428 |
| ESQUINERA | 1 | 1 | 0.6 | 0.1468 | 0.0298 | 0.0298 | 0.0245 |

Fuente propia

Asignación de coeficientes de rigidez

Para proceder la asignación en el programa etabs se define un spring y luego se coloca sus propiedades calculadas con el modelo dinámico de barkan (ver tabla 18), con esto podremos realizar el análisis en la base y la edificación. Ver figura 13.

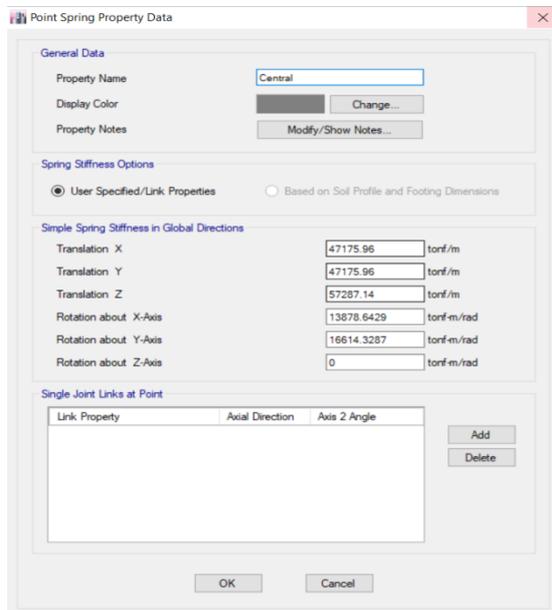


Figura 13: Asignación de coeficientes de rigidez Barkan

Fuente: propio

En la figura 14 se muestra lo spring asignados para cada cimentación aislada entre centrales perimetrales y esquineras.

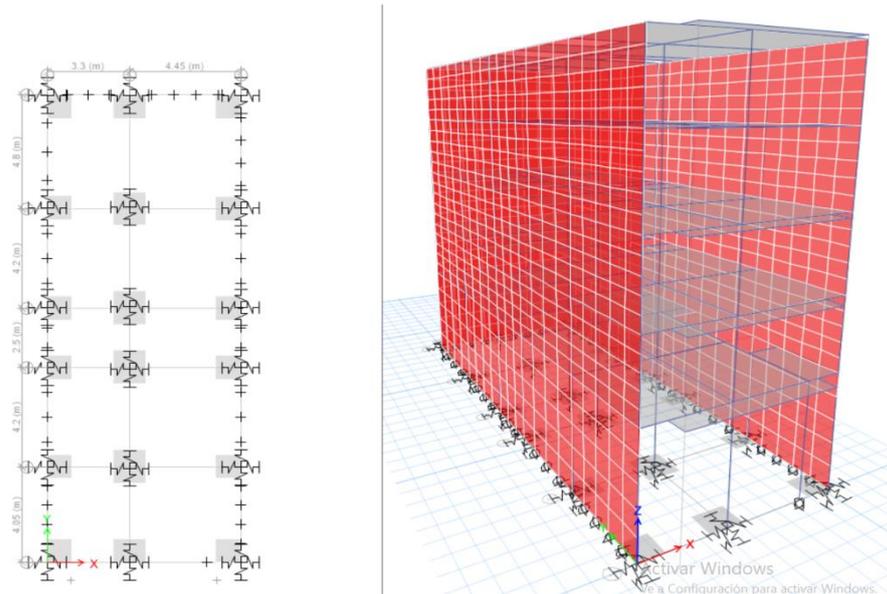


Figura 14: spring asignados

Fuente: propio

Después de realizar los pasos anteriores y dibujar la edificación se realiza el análisis por lo que se obtiene las siguientes tablas:

Desplazamientos:

A continuación, se presenta los desplazamientos de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación de estudio la edificación:

Ver tabla 20 y tabla 21.

Tabla 20: Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección X - Barkan

| Piso | Z | Carga | X-Dir | Y-Dir |
|--------|-------|-------|----------|----------|
| | m | | mm | mm |
| Piso 5 | 15.45 | SD-XX | 0.11925 | 0.000656 |
| Piso 4 | 12.85 | SD-XX | 0.119087 | 0.000649 |
| Piso 3 | 10.05 | SD-XX | 0.1189 | 0.00064 |
| Piso 2 | 7.25 | SD-XX | 0.1187 | 0.00063 |
| Piso 1 | 4.45 | SD-XX | 0.349152 | 0.000785 |
| Base | 0 | SD-XX | 0.81668 | 0.001011 |

Fuente: propio

Tabla 21:Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección Y-ISE Barkan

| Piso | Z | Carga | X-Dir | Y-Dir |
|--------|-------|-------|----------|----------|
| | m | | mm | mm |
| Piso 5 | 15.45 | SD-YY | 0.001792 | 0.24113 |
| Piso 4 | 12.85 | SD-YY | 0.00173 | 0.241084 |
| Piso 3 | 10.05 | SD-YY | 0.001664 | 0.241028 |
| Piso 2 | 7.25 | SD-YY | 0.001621 | 0.240965 |
| Piso 1 | 4.45 | SD-YY | 0.002266 | 0.494109 |
| Base | 0 | SD-YY | 0.005733 | 1.221101 |

Fuente: propio

Fuerzas Cortantes

A continuación, se presenta las fuerzas cortantes máximas de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación de estudio: Ver tabla 22 y tabla 23.

Tabla 22:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección X-ISE Barkan

| Piso | Carga | V |
|--------|---------------|---------|
| | | tonf |
| Piso 5 | SD X-X Max | 5.2571 |
| Piso 4 | SD X-X Max | 15.7138 |
| Piso 3 | SD X-X Max | 26.4003 |
| Piso 2 | SD X-X Max | 37.2452 |
| Piso 1 | SD X-X Max | 50.1638 |

Fuente: propio

Tabla 23:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección Y-ISE Barkan

| Piso | Carga | V |
|-------------|---------------|-------------|
| | | tonf |
| Piso 5 | SD Y-Y Max | 11.4976 |
| Piso 4 | SD Y-Y Max | 34.461 |
| Piso 3 | SD Y-Y Max | 57.8669 |
| Piso 2 | SD Y-Y Max | 81.7423 |
| Piso 1 | SD Y-Y Max | 110.2095 |

Fuente: propio

Momentos flectores:

A continuación, se presenta los momentos flectores máximos de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación de estudio: Ver tabla 24 y tabla 25.

Tabla 24:Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección X-ISE Barkan

| Piso | Carga | M |
|-------------|---------------|---------------|
| | | tonf-m |
| Piso 5 | SD X-X Max | 0.0049 |
| Piso 4 | SD X-X Max | 13.7 |
| Piso 3 | SD X-X Max | 57.7268 |
| Piso 2 | SD X-X Max | 131.6764 |
| Piso 1 | SD X-X Max | 235.9909 |

Fuente: propio

Tabla 25: Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección Y-ISE Barkan

| Piso | Carga | M |
|--------|---------------|----------|
| | | tonf-m |
| Piso 5 | SD Y-Y Max | 0.0275 |
| Piso 4 | SD Y-Y Max | 30.0249 |
| Piso 3 | SD Y-Y Max | 126.6237 |
| Piso 2 | SD Y-Y Max | 288.7602 |
| Piso 1 | SD Y-Y Max | 517.7495 |

Fuente: propio

Determinación de los coeficientes de rigidez del modelo dinámico A.E. Sargsian.

Parámetros de mecánica de suelos:

Tipo de suelo: arcilla limosa arenosa(CL)

Capacidad admisible: 1.89 kg/cm²

Densidad del suelo: 0.183 t.s²/m⁴

Coefficiente de Poisson del suelo: 0.3

Módulo de elasticidad: 191.90 tn/m²

Con los siguientes datos realizamos el cálculo de velocidades de propagación de las ondas transversales y longitudinales del suelo de fundación:

$$C_1^2 = \frac{(1 - \mu) * E}{(1 + \mu) * (1 - 2\mu) * \rho}$$

$$C_1^2 = \frac{(1 - 0.3) * 191.90}{(1 + 0.3) * (1 - 2 * 0.3) * 0.183}$$

$$C_1^2 = 1411.623 \text{ m/s}$$

$$C_2^2 = \frac{E}{2 * (1 + \mu) * \rho}$$

$$C_2^2 = \frac{191.90}{2 * (1 + 0.3) * 0.183}$$

$$C_2^2 = 403.321 \text{ m/s}$$

Ahora realizamos el cálculo de los coeficientes de rigideces para cada tipo de zapata aislada que muestra la edificación (Ver anexo 2).

Zapata Central:

$$K_X = K_Y = \frac{28.8(1 - \mu^2) * \rho * C_2^2 * \sqrt{A}}{\pi * (7 - 8\mu)}$$

$$K_X = K_Y = \frac{28.8(1 - 0.3^2) * 0.183 * 403.312^2 * \sqrt{1.3 * 1.4}}{\pi * (7 - 8 * 0.3)}$$

$$K_X = K_Y = 72830.55 \text{ tn/m}$$

$$K_{\phi x} = \frac{8.52 * \rho * C_2^2 * I}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu) * \sqrt{A}}$$

$$K_{\phi x} = \frac{8.52 * 0.183 * 403.321^2 * \frac{1.3^3 * 1.4}{12}}{\sqrt{\pi} * (1 - 0.3) * \sqrt{1.3 * 1.4}}$$

$$K_{\phi x} = 38838.28 \text{ tn.m}$$

$$K_{\phi y} = \frac{8.52 * \rho * C_2^2 * I}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu) * \sqrt{A}}$$

$$K_{\phi y} = \frac{8.52 * 0.183 * 403.321^2 * \frac{1.3 * 1.4^3}{12}}{\sqrt{\pi} * (1 - 0.3) * \sqrt{1.3 * 1.4}}$$

$$K_{\phi y} = 45043.26 \text{ tn.m}$$

$$K_Z = \frac{\rho * C_1^2 * \sqrt{A}}{\phi * (1 - \mu^2)}$$

$$K_Z = \frac{0.183 * 1411.623^2 * \sqrt{1.3 * 1.4}}{0.833 * (1 - 0.3^2)}$$

$$K_Z = 648989.76 \text{ tn/m}$$

Zapata perimetral:

$$K_X = K_Y = \frac{28.8(1 - \mu^2) * \rho * C_2^2 * \sqrt{A}}{\pi * (7 - 8\mu)}$$

$$K_X = K_Y = \frac{28.8(1 - 0.3^2) * 0.183 * 403.321^2 * \sqrt{1 * 1.3}}{\pi * (7 - 8 * 0.3)}$$

$$K_X = K_Y = 61553.05 \text{ tn/m}$$

$$K_{\phi x} = \frac{8.52 * \rho * C_2^2 * I}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu) * \sqrt{A}}$$

$$K_{\varphi x} = \frac{8.52 * 0.183 * 403.321^2 * \frac{1^3 * 1.3}{12}}{\sqrt{\pi} * (1 - 0.3) * \sqrt{1} * 1.3}$$

$$K_{\varphi x} = 19422.68 \text{ tn.m}$$

$$K_{\varphi y} = \frac{8.52 * \rho * C_2^2 * I}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu) * \sqrt{A}}$$

$$K_{\varphi y} = \frac{8.52 * 0.183 * 403.321^2 * \frac{1 * 1.3^3}{12}}{\sqrt{\pi} * (1 - 0.3) * \sqrt{1} * 1.3}$$

$$K_{\varphi y} = 32824.34 \text{ tn.m}$$

$$K_Z = \frac{\rho * C_1^2 * \sqrt{A}}{\emptyset * (1 - \mu^2)}$$

$$K_Z = \frac{0.183 * 1411.623^2 * \sqrt{1} * 1.3}{0.833 * (1 - 0.3^2)}$$

$$K_Z = 578496.45 \text{ tn/m}$$

Zapata esquinera:

$$K_X = K_y = \frac{28.8(1 - \mu^2) * \rho * C_2^2 * \sqrt{A}}{\pi * (7 - 8\mu)}$$

$$K_X = K_y = \frac{28.8(1 - 0.3^2) * 0.183 * 403.321^2 * \sqrt{1} * 1}{\pi * (7 - 8 * 0.3)}$$

$$K_X = K_y = 53985.59 \text{ tn/m}$$

$$K_{\varphi x} = K_{\varphi y} = \frac{8.52 * \rho * C_2^2 * I}{\sqrt{\pi} * (1 - \mu) * \sqrt{A}}$$

$$K_{\varphi x} = K_{\varphi y} = \frac{8.52 * 0.183 * 403.321^2 * \frac{1^3 * 1}{12}}{\sqrt{\pi} * (1 - 0.3) * \sqrt{1} * 1}$$

$$K_{\varphi x} = K_{\varphi y} = 1703.82 \text{ tn.m}$$

$$K_Z = \frac{\rho * C_1^2 * \sqrt{A}}{\emptyset * (1 - \mu^2)}$$

$$K_Z = \frac{0.183 * 1411.623 * \sqrt{1} * 1}{0.833 * (1 - 0.3^2)}$$

$$K_Z = 481063.21 \text{ tn/m}$$

Los coeficientes de rigidez **K_x**, **K_y**, **K_Z**, **K_{φx}**, **K_{φy}** calculados se asignarán en el centroide de cada zapata. En la tabla 26 y tabla 27 se muestra el resumen de los coeficientes calculados.

Tabla 26:Resumen de coeficientes de rigidez-ISE Sargisian

| Zapata | $K_x=K_y$ | K_z | K_{ox} | K_{oy} |
|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| | tn/m | tn/m | tn.m | tn.m |
| CENTRAL | 72830.55 | 648989.76 | 38838.28 | 45043.26 |
| PERIMETRAL | 61553.05 | 578496.45 | 19422.68 | 32824.34 |
| ESQUINERA | 53985.59 | 481063.21 | 1703.82 | 1703.82 |

Fuente: propio

Tabla 27:Resumen de masas de traslación-ISE Sargisian

| Zapata | a | b | c | $M_x=M_y=M_z$ | $M\Phi_x$ | $M\Phi_y$ | $M\Phi_z$ |
|------------|-----|-----|-----|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | m | m | m | Ton.s2/m | ton s2/m | ton s2.m | Ton.s2.m |
| CENTRAL | 1.3 | 1.4 | 0.6 | 0.2672 | 0.0757 | 0.0697 | 0.0813 |
| PERIMETRAL | 1 | 1.3 | 0.6 | 0.1908 | 0.0498 | 0.0388 | 0.0428 |
| ESQUINERA | 1 | 1 | 0.6 | 0.1468 | 0.0298 | 0.0298 | 0.0245 |

Fuente: propio

Asignación de coeficientes de rigidez

Para proceder la asignación en el programa etabs se define un spring y luego se coloca sus propiedades calculadas con el modelo dinámico de sargisian (ver tabla 26), con esto podremos realizar el análisis en la base y la edificación. Ver figura 15.

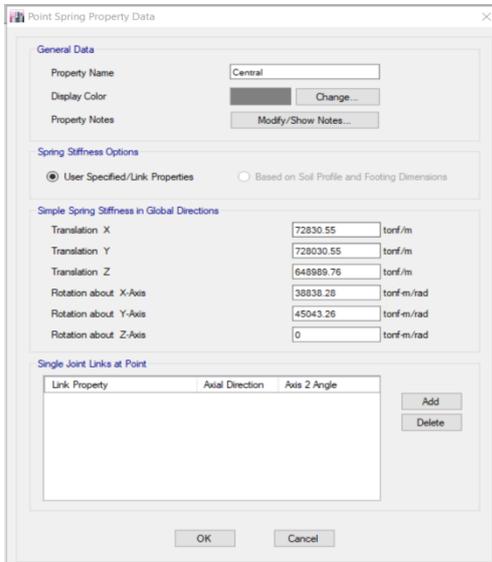


Figura 15:Asignación de coeficientes de rigidez Sargisian

Fuente: propio

En la figura 16 se muestra lo spring asignados para cada cimentación aislada entre centrales perimetrales y esquineras.

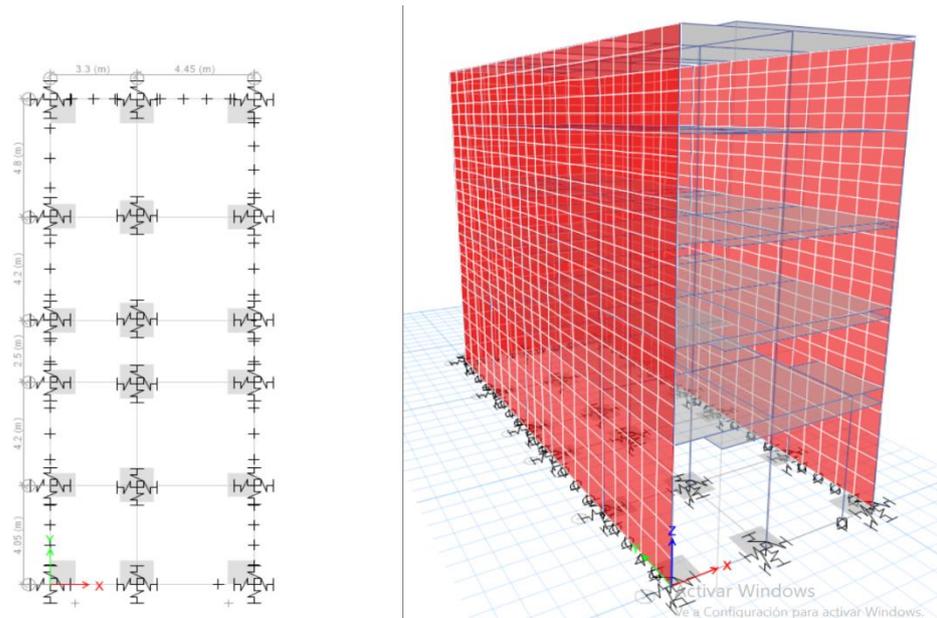


Figura 16: spring asignados

Fuente: propio

Después de realizar los pasos anteriores y dibujar la edificación se realiza el análisis por lo que se obtiene las siguientes tablas:

Desplazamientos:

A continuación, se presenta los desplazamientos de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación de estudio: Ver tabla 28 y tabla 29.

Tabla 28: Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección X-ISE Sargisian

| Piso | Z | Carga | X-Dir | Y-Dir |
|--------|-------|-------|----------|----------|
| | m | | mm | mm |
| Piso 5 | 15.45 | SD-XX | 0.003242 | 0.000037 |
| Piso 4 | 12.85 | SD-XX | 0.003236 | 0.000037 |
| Piso 3 | 10.05 | SD-XX | 0.00323 | 0.000037 |
| Piso 2 | 7.25 | SD-XX | 0.003223 | 0.000037 |
| Piso 1 | 4.45 | SD-XX | 0.269244 | 0.000393 |
| Base | 0 | SD-XX | 0.5847 | 0.00052 |

Fuente: propio

Tabla 29:Desplazamientos de máximo de cada nivel en la dirección Y-ISE Sargisian

| Piso | Z | Carga | X-Dir | Y-Dir |
|--------|-------|-------|------------|------------|
| | m | | mm | mm |
| Piso 5 | 15.45 | SD-YY | 0.000129 | 0.0001293 |
| Piso 4 | 12.85 | SD-YY | 0.000129 | 0.00012946 |
| Piso 3 | 10.05 | SD-YY | 0.000129 | 0.00012964 |
| Piso 2 | 7.25 | SD-YY | 0.00013 | 0.00012981 |
| Piso 1 | 4.45 | SD-YY | 0.00046754 | 0.25316266 |
| Base | 0 | SD-YY | 0.00103335 | 0.61072883 |

Fuente: propio

Fuerzas Cortantes

A continuación, se presenta las fuerzas cortantes máximas de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación de estudio: Ver tabla 30 y tabla 31.

Tabla 30:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección X-ISE Sargisian

| Piso | Carga | V |
|--------|---------------|---------|
| | | tonf |
| Piso 5 | SD X-X Max | 10.9456 |
| Piso 4 | SD X-X Max | 29.131 |
| Piso 3 | SD X-X Max | 43.6315 |
| Piso 2 | SD X-X Max | 54.3042 |
| Piso 1 | SD X-X Max | 62.118 |

Fuente: propio

Tabla 31:Fuerza cortante máxima de cada nivel en la dirección Y-ISE Sargisian

| Piso | Carga | V |
|--------|---------------|---------|
| | | tonf |
| Piso 5 | SD Y-Y Max | 22.9852 |

| | | |
|--------|---------------|----------|
| Piso 4 | SD Y-Y Max | 61.174 |
| Piso 3 | SD Y-Y Max | 91.6245 |
| Piso 2 | SD Y-Y Max | 114.0373 |
| Piso 1 | SD Y-Y Max | 130.4465 |

Fuente propio

Momentos flectores:

A continuación, se presenta los momentos flectores máximos de la estructura para los casos más críticos en las dos direcciones de análisis que se aplicó en la edificación de estudio: Ver tabal 32 y tabla 33

Tabla 32: Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección X-ISE Sargisian

| Piso | Carga | M |
|--------|---------------|----------|
| | | tonf-m |
| Piso 5 | SD X-X Max | 0 |
| Piso 4 | SD X-X Max | 28.4585 |
| Piso 3 | SD X-X Max | 110.0253 |
| Piso 2 | SD X-X Max | 232.1934 |
| Piso 1 | SD X-X Max | 384.2451 |

Fuente: propio

Tabla 33: Momentos flectores máximos de cada nivel en la dirección Y-ISE Sargisian

| Piso | Carga | M |
|--------|---------------|----------|
| | | tonf-m |
| Piso 5 | SD Y-Y Max | 0 |
| Piso 4 | SD Y-Y Max | 59.7615 |
| Piso 3 | SD Y-Y Max | 231.0489 |

| | | |
|--------|---------------|----------|
| Piso 2 | SD Y-Y Max | 487.5973 |
| Piso 1 | SD Y-Y Max | 806.9018 |

Fuente propio

3.3. Comparación de resultados

Desplazamientos

En las tablas 34, 35 y 36 se muestra las comparaciones de desplazamientos en el Sentido X-X.

Tabla 34: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan -Savinov

| Piso | Base rigida | Barkan | Variacion | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 10.255 | 0.349152 | 9.905848 | 96.60 |
| Piso 2 | 16.434 | 0.1187 | 16.3153 | 99.28 |
| Piso 3 | 21.98 | 0.1189 | 21.8611 | 99.46 |
| Piso 4 | 26.474 | 0.119087 | 26.354913 | 99.55 |
| Piso 5 | 29.22 | 0.11925 | 29.10075 | 99.59 |



Fuente: propio

Tabla 35: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan

| Piso | Base rigida | Sargisan | Variacion | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 10.255 | 0.269244 | 9.985756 | 97.37 |
| Piso 2 | 16.434 | 0.003223 | 16.430777 | 99.98 |
| Piso 3 | 21.98 | 0.00323 | 21.97677 | 99.99 |
| Piso 4 | 26.474 | 0.003236 | 26.470764 | 99.99 |
| Piso 5 | 29.22 | 0.003242 | 29.216758 | 99.99 |



Fuente: propio

Tabla 36: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan

| Piso | Barkan | Sargisan | Variacion | % |
|--------|----------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 0.1187 | 0.003223 | 0.115477 | 97.28 |
| Piso 2 | 0.1189 | 0.00323 | 0.11567 | 97.28 |
| Piso 3 | 0.119087 | 0.003236 | 0.115851 | 97.28 |
| Piso 4 | 0.11925 | 0.003242 | 0.116008 | 97.28 |
| Piso 5 | 0.349152 | 0.269244 | 0.079908 | 22.89 |

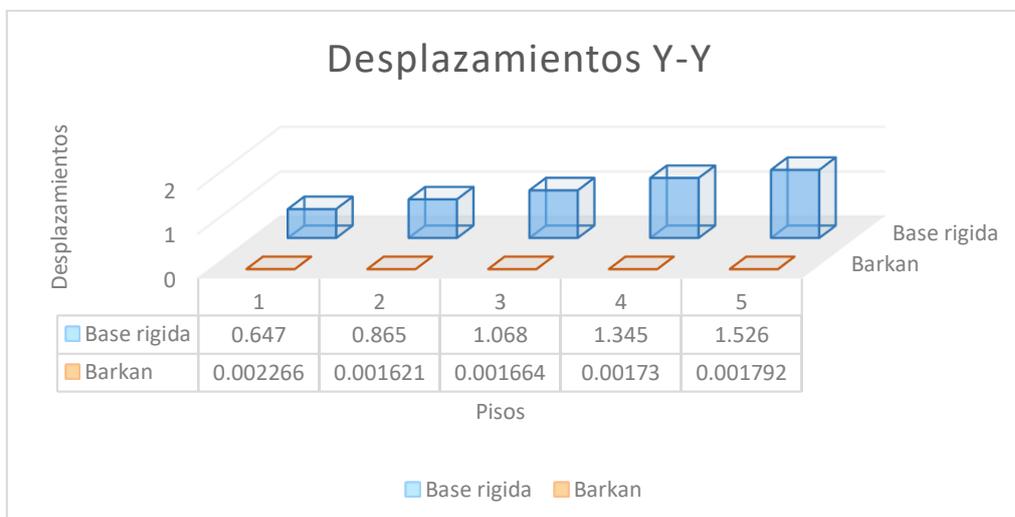


Fuente: propio

En las tablas 37, 38 y 39 se muestra las comparaciones de desplazamientos en el Sentido Y-Y

Tabla 37: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan - Savinov

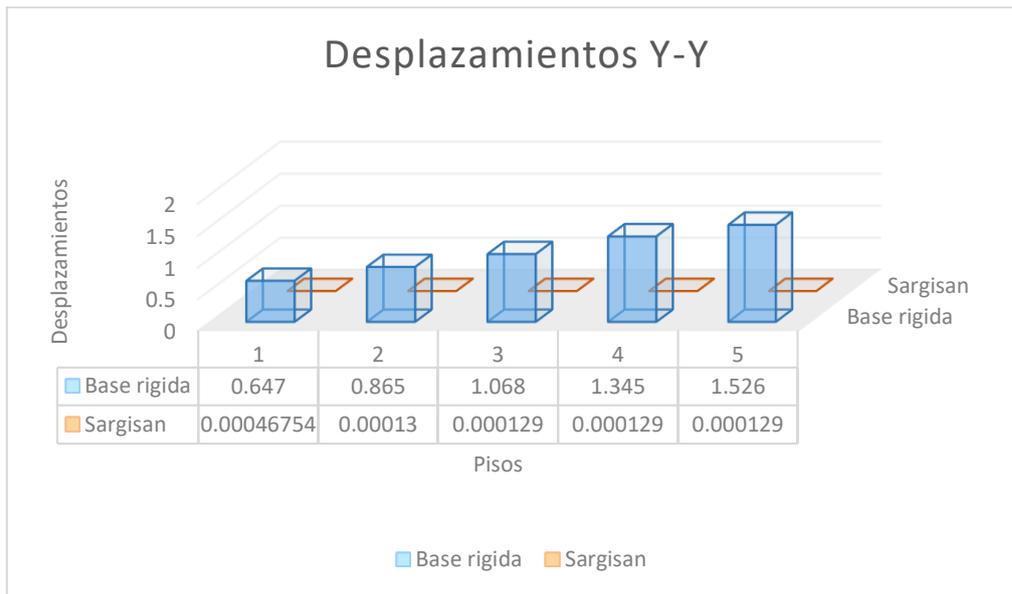
| Piso | Base rígida | Barkan | Variacion | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 0.647 | 0.002266 | 0.644734 | 99.65 |
| Piso 2 | 0.865 | 0.001621 | 0.863379 | 99.81 |
| Piso 3 | 1.068 | 0.001664 | 1.066336 | 99.84 |
| Piso 4 | 1.345 | 0.00173 | 1.34327 | 99.87 |
| Piso 5 | 1.526 | 0.001792 | 1.524208 | 99.88 |



Fuente: propio

Tabla 38: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan

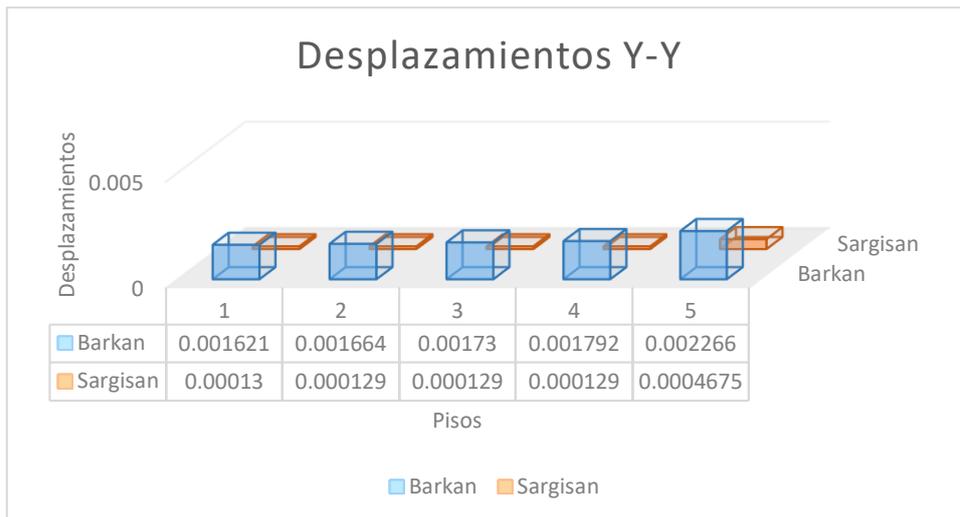
| Piso | Base rígida | Sargisan | Variacion | % |
|--------|-------------|------------|------------|-------|
| Piso 1 | 0.647 | 0.00046754 | 0.64653246 | 99.93 |
| Piso 2 | 0.865 | 0.00013 | 0.86487 | 99.98 |
| Piso 3 | 1.068 | 0.000129 | 1.067871 | 99.99 |
| Piso 4 | 1.345 | 0.000129 | 1.344871 | 99.99 |
| Piso 5 | 1.526 | 0.000129 | 1.525871 | 99.99 |



Fuente: propio

Tabla 39: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan

| Piso | Barkan | Sargisan | Variacion | % |
|--------|----------|------------|------------|-------|
| Piso 1 | 0.001621 | 0.00013 | 0.001491 | 91.98 |
| Piso 2 | 0.001664 | 0.000129 | 0.001535 | 92.25 |
| Piso 3 | 0.00173 | 0.000129 | 0.001601 | 92.54 |
| Piso 4 | 0.001792 | 0.000129 | 0.001663 | 92.80 |
| Piso 5 | 0.002266 | 0.00046754 | 0.00179846 | 79.37 |



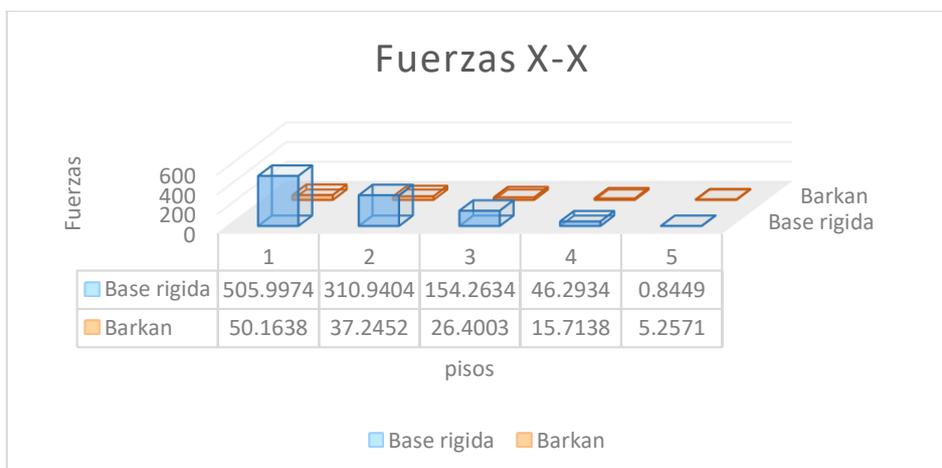
Fuente: propio

Fuerzas:

En las tablas 40, 41 y 42 se muestra las comparaciones de desplazamientos en el Sentido X-X

Tabla 40: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan – Savinov

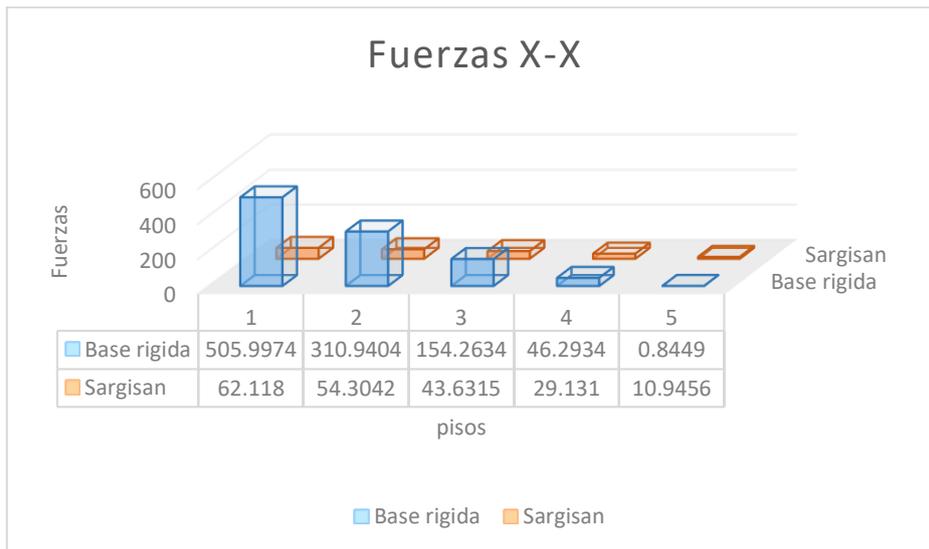
| Piso | Base rigida | Barkan | Variacion | % |
|--------|-------------|---------|-----------|-------|
| Piso 1 | 505.9974 | 50.1638 | 455.8336 | 90.09 |
| Piso 2 | 310.9404 | 37.2452 | 273.6952 | 88.02 |
| Piso 3 | 154.2634 | 26.4003 | 127.8631 | 82.89 |
| Piso 4 | 46.2934 | 15.7138 | 30.5796 | 66.06 |
| Piso 5 | 0.8449 | 5.2571 | 4.4122 | 83.93 |



Fuente: propio

Tabla 41: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan

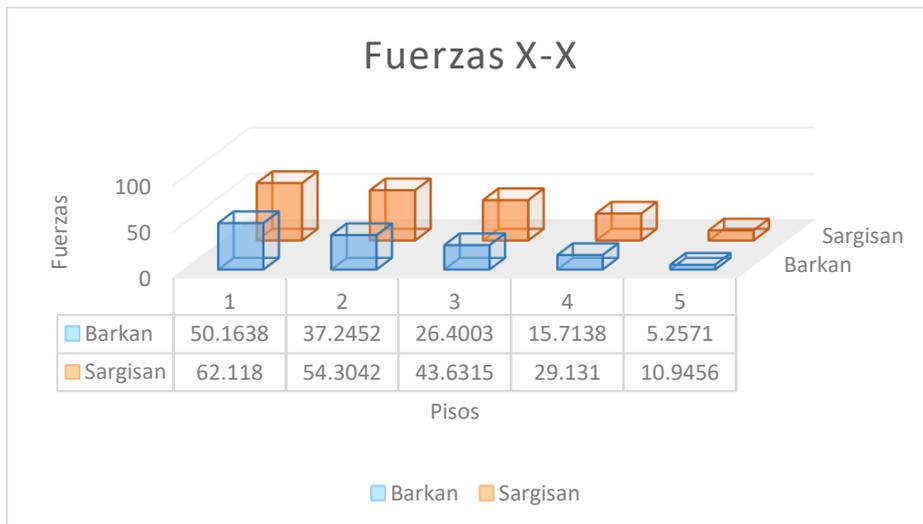
| Piso | Base rígida | Sargisan | Variación | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 505.9974 | 62.118 | 443.8794 | 87.72 |
| Piso 2 | 310.9404 | 54.3042 | 256.6362 | 82.54 |
| Piso 3 | 154.2634 | 43.6315 | 110.6319 | 71.72 |
| Piso 4 | 46.2934 | 29.131 | 17.1624 | 37.07 |
| Piso 5 | 0.8449 | 10.9456 | 10.1007 | 92.28 |



Fuente: propio

Tabla 42: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan

| Piso | Barkan | Sargisan | Variación | % |
|--------|---------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 50.1638 | 62.118 | 11.9542 | 19.24 |
| Piso 2 | 37.2452 | 54.3042 | 17.059 | 31.41 |
| Piso 3 | 26.4003 | 43.6315 | 17.2312 | 39.49 |
| Piso 4 | 15.7138 | 29.131 | 13.4172 | 46.06 |
| Piso 5 | 5.2571 | 10.9456 | 5.6885 | 51.97 |

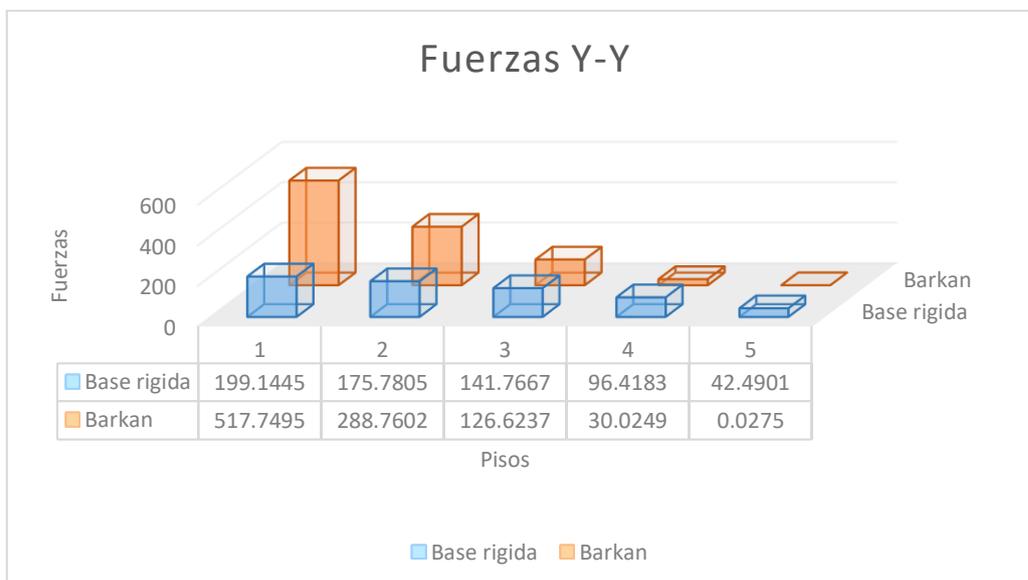


Fuente: propio

En las tablas 43, 43 y 45 se muestra las comparaciones de desplazamientos en el Sentido Y-Y

Tabla 43: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan – Savinov

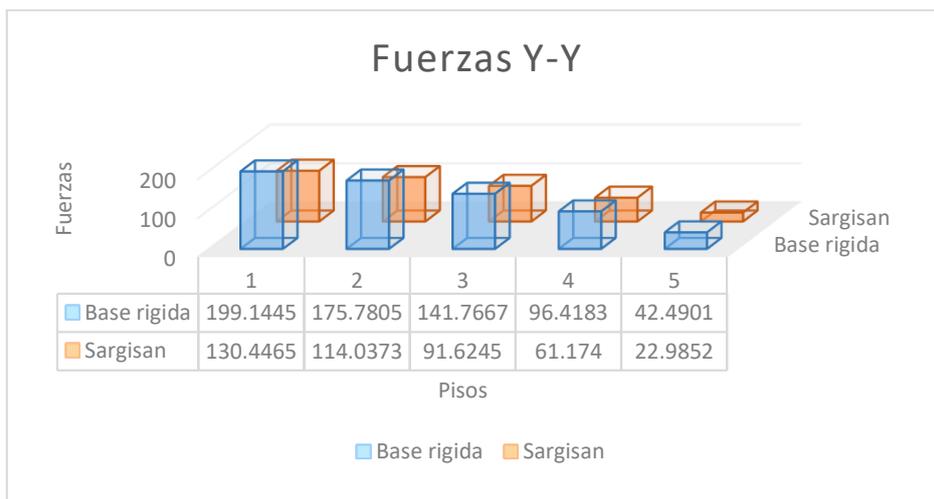
| Piso | Base rigida | Barkan | Variación | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 199.1445 | 517.7495 | 318.605 | 61.54 |
| Piso 2 | 175.7805 | 288.7602 | 112.9797 | 39.13 |
| Piso 3 | 141.7667 | 126.6237 | 15.143 | 10.68 |
| Piso 4 | 96.4183 | 30.0249 | 66.3934 | 68.86 |
| Piso 5 | 42.4901 | 0.0275 | 42.4626 | 99.94 |



Fuente propio:

Tabla 44: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan

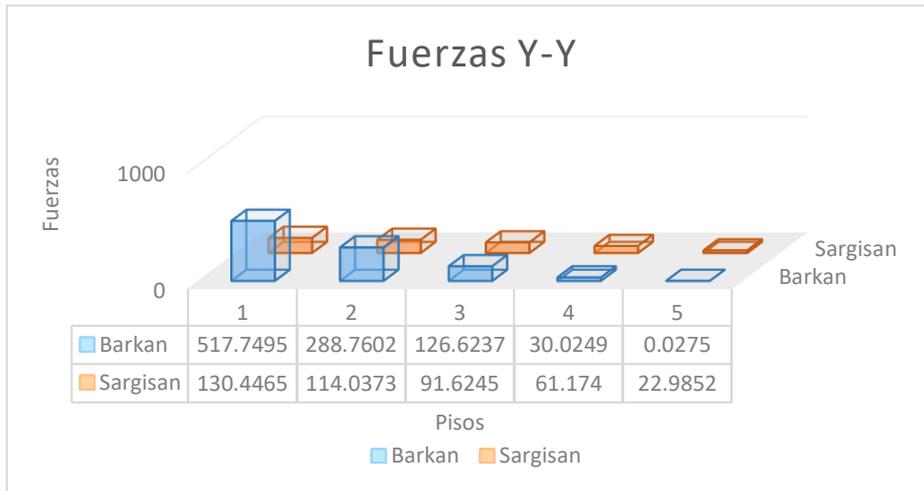
| Piso | Base rígida | Sargisan | Variación | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 199.1445 | 130.4465 | 68.698 | 34.50 |
| Piso 2 | 175.7805 | 114.0373 | 61.7432 | 35.13 |
| Piso 3 | 141.7667 | 91.6245 | 50.1422 | 35.37 |
| Piso 4 | 96.4183 | 61.174 | 35.2443 | 36.55 |
| Piso 5 | 42.4901 | 22.9852 | 19.5049 | 45.90 |



Fuente: propio

Tabla 45: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan

| Piso | Barkan | Sargisan | Variación | % |
|--------|----------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 517.7495 | 130.4465 | 387.303 | 74.81 |
| Piso 2 | 288.7602 | 114.0373 | 174.7229 | 60.51 |
| Piso 3 | 126.6237 | 91.6245 | 34.9992 | 27.64 |
| Piso 4 | 30.0249 | 61.174 | 31.1491 | 50.92 |
| Piso 5 | 0.0275 | 22.9852 | 22.9577 | 99.88 |



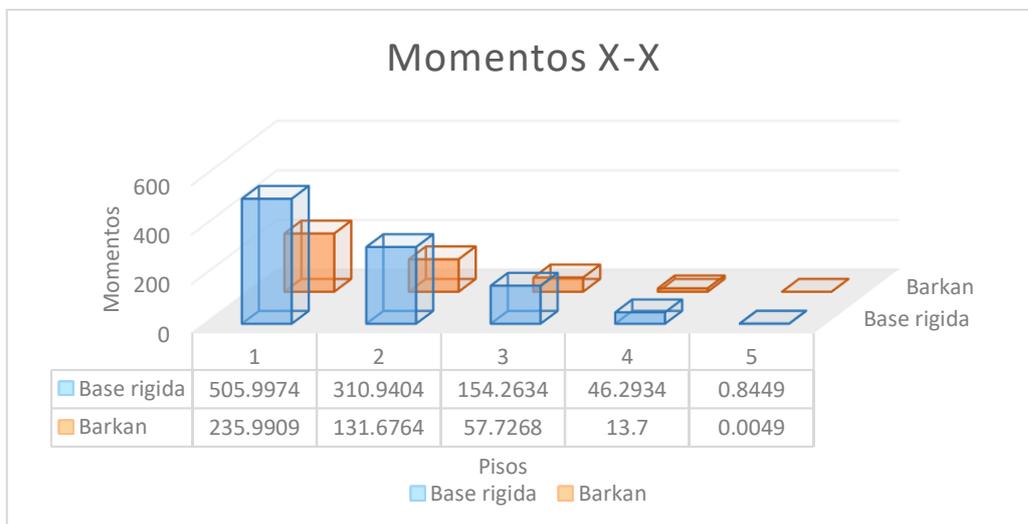
Fuente propio:

Momentos:

En las tablas 46, 47 y 48 se muestra las comparaciones de desplazamientos en el Sentido Y-Y

Tabla 46: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan – Savinov

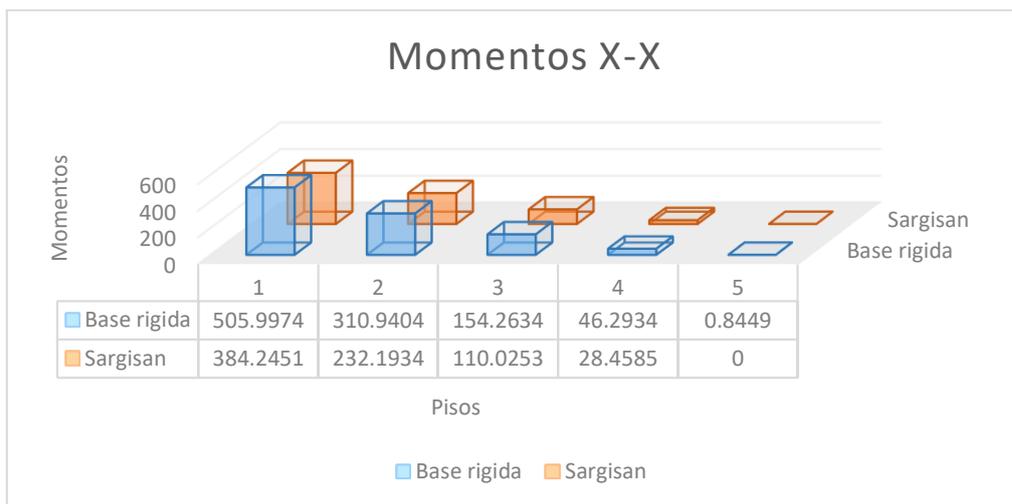
| Piso | Base rigida | Barkan | Variación | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 505.9974 | 235.9909 | 270.0065 | 53.36 |
| Piso 2 | 310.9404 | 131.6764 | 179.264 | 57.65 |
| Piso 3 | 154.2634 | 57.7268 | 96.5366 | 62.58 |
| Piso 4 | 46.2934 | 13.7 | 32.5934 | 70.41 |
| Piso 5 | 0.8449 | 0.0049 | 0.84 | 99.42 |



Fuente propio:

Tabla 47: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan

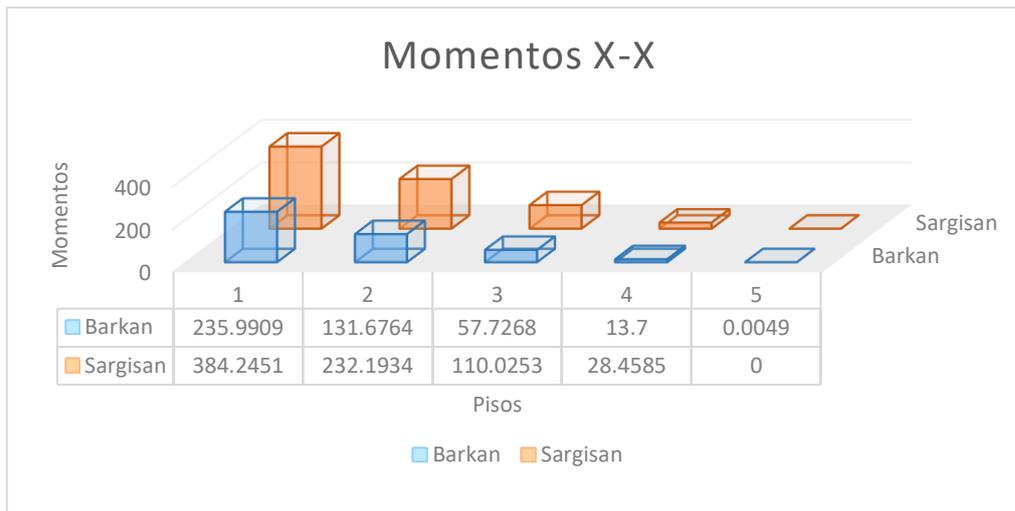
| Piso | Base rígida | Sargisan | Variación | % |
|--------|-------------|----------|-----------|--------|
| Piso 1 | 505.9974 | 384.2451 | 121.7523 | 24.06 |
| Piso 2 | 310.9404 | 232.1934 | 78.747 | 25.33 |
| Piso 3 | 154.2634 | 110.0253 | 44.2381 | 28.68 |
| Piso 4 | 46.2934 | 28.4585 | 17.8349 | 38.53 |
| Piso 5 | 0.8449 | 0 | 0.8449 | 100.00 |



Fuente: propio

Tabla 48: Comparación con los modelos dinámicos de Barkan-Savinov y Sargisan

| Piso | Barkan | Sargisan | Variación | % |
|--------|----------|----------|-----------|--------|
| Piso 1 | 235.9909 | 384.2451 | 148.2542 | 38.58 |
| Piso 2 | 131.6764 | 232.1934 | 100.517 | 43.29 |
| Piso 3 | 57.7268 | 110.0253 | 52.2985 | 47.53 |
| Piso 4 | 13.7 | 28.4585 | 14.7585 | 51.86 |
| Piso 5 | 0.0049 | 0 | 0.0049 | 100.00 |

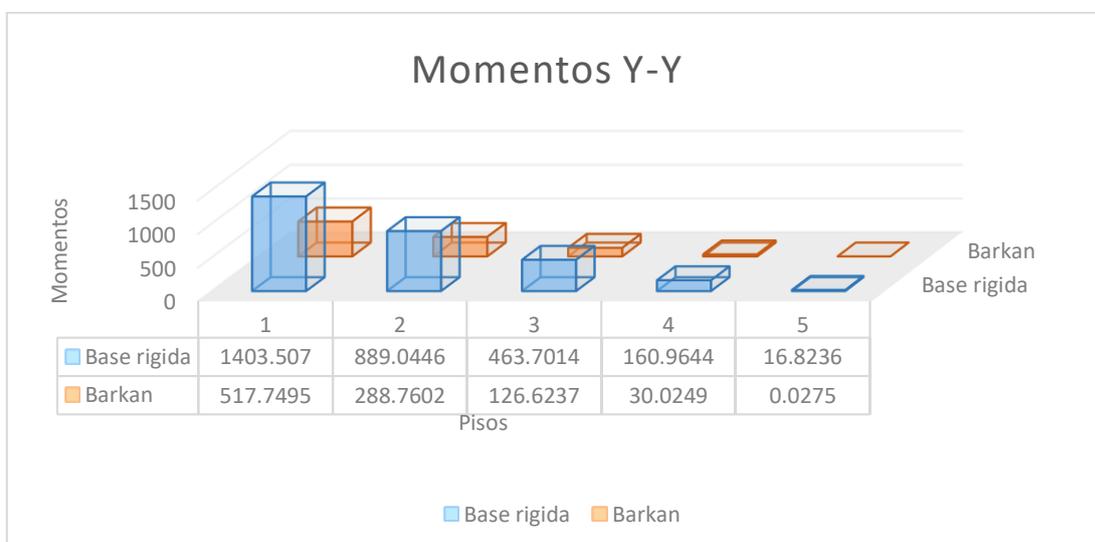


Fuente: Propio

En las tablas 49, 50 y 51 se muestra las comparaciones de desplazamientos en el Sentido Y-Y

Tabla 49: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Barkan – Savinov

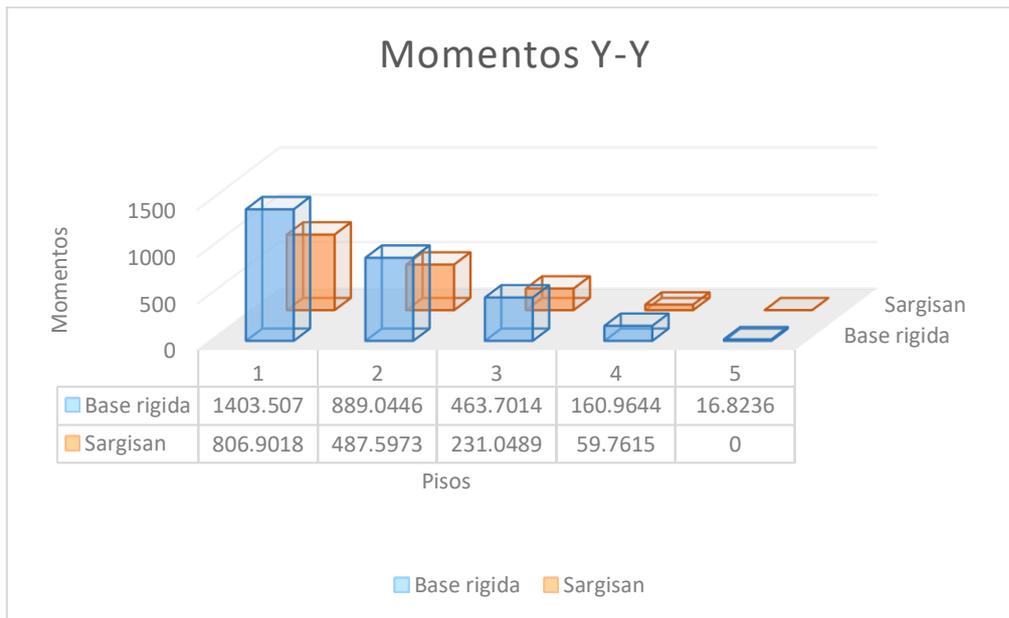
| Piso | Base rigida | Barkan | Variacion | % |
|--------|-------------|----------|-----------|-------|
| Piso 1 | 1403.507 | 517.7495 | 885.7575 | 63.11 |
| Piso 2 | 889.0446 | 288.7602 | 600.2844 | 67.52 |
| Piso 3 | 463.7014 | 126.6237 | 337.0777 | 72.69 |
| Piso 4 | 160.9644 | 30.0249 | 130.9395 | 81.35 |
| Piso 5 | 16.8236 | 0.0275 | 16.7961 | 99.84 |



Fuente: propio

Tabla 50: Comparación con los modelos de base rígida y dinámico de Sargisan

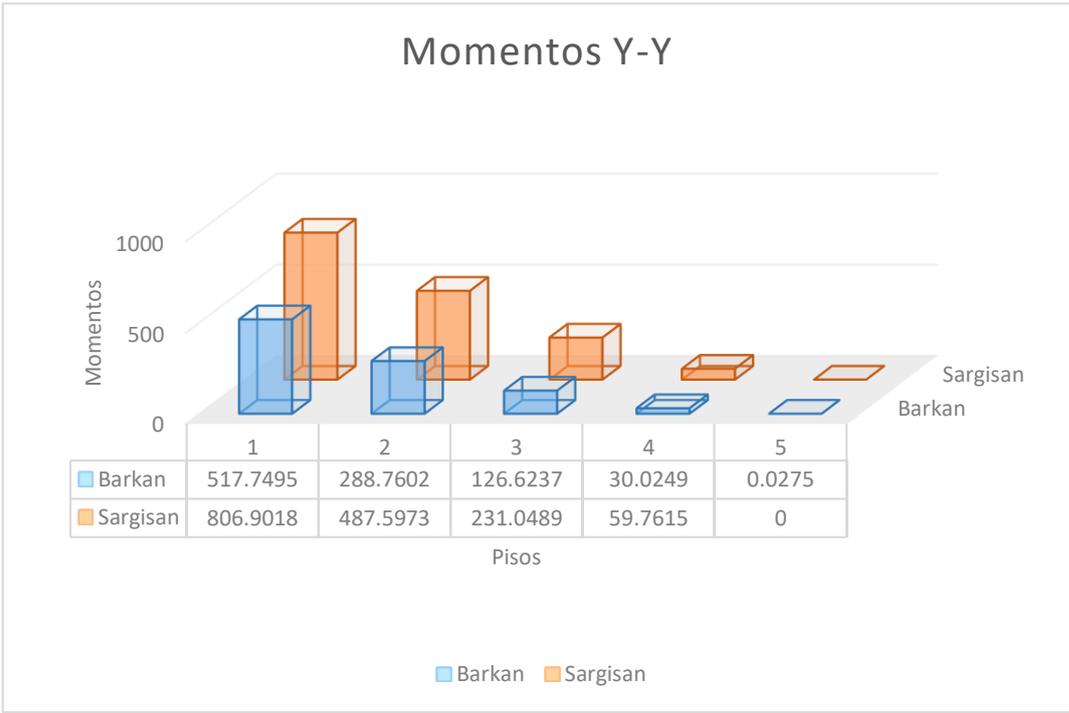
| Piso | Base rigida | Sargisan | Variacion | % |
|--------|-------------|----------|-----------|--------|
| Piso 1 | 1403.507 | 806.9018 | 596.6052 | 42.51 |
| Piso 2 | 889.0446 | 487.5973 | 401.4473 | 45.15 |
| Piso 3 | 463.7014 | 231.0489 | 232.6525 | 50.17 |
| Piso 4 | 160.9644 | 59.7615 | 101.2029 | 62.87 |
| Piso 5 | 16.8236 | 0 | 16.8236 | 100.00 |



Fuente: propio

Tabla 51: Comparación con los modelos dinamicos de Barkan-Savinov y Sargisan

| Piso | Barkan | Sargisan | Variacion | % |
|--------|----------|----------|-----------|--------|
| Piso 1 | 517.7495 | 806.9018 | 289.1523 | 35.83 |
| Piso 2 | 288.7602 | 487.5973 | 198.8371 | 40.78 |
| Piso 3 | 126.6237 | 231.0489 | 104.4252 | 45.20 |
| Piso 4 | 30.0249 | 59.7615 | 29.7366 | 49.76 |
| Piso 5 | 0.0275 | 0 | 0.0275 | 100.00 |



Fuente: propio

IV. DISCUSIÓN

Analizar la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura en el diseño estructural/sísmico de una edificación de 6 pisos en Jauja-2018

- Según los resultados obtenidos en la tesis de León (2016), se determinó que la interacción suelo estructura influye en los desplazamientos, fuerzas; este efecto incrementa según la edificación y el tipo suelo que presente. Lo cual se asemeja a los resultados que conseguimos en esta investigación donde se determinó que la interacción suelo estructura influye directamente en los desplazamientos, cortantes basales, momentos flectores; que dependerán del tipo de suelo que presente la edificación y sus características de esta.

Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en el desplazamiento lateral máximo de la edificación de 6 pisos Jauja-2018.

- Según los resultados obtenidos en la tesis de Jines (2017), se determinó que los desplazamientos en la dirección x aumentan un 90% y en la dirección y un 70.85%. Lo cual no se asemeja en los resultados que conseguimos, ya que se obtuvo que los desplazamientos en la dirección x disminuyen un 97% y en la dirección y disminuye un 98% esto debido al tipo de suelo que presenta la edificación.

Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en las fuerzas internas de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.

- Según los resultados obtenidos en la tesis de Olarte y Sánchez (2014), se determinó que las fuerzas cortantes disminuyen un 20.89% en la dirección X, y en la dirección Y aumentan en un 83.80%. Lo cual se asemeja a los resultados que conseguimos, ya que se obtuvo que las fuerzas cortantes en la dirección X disminuyen un 82.20% y en la dirección Y las fuerzas cortantes aumentan en un 56.03%.

Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en los momentos flectores de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.

- Según los resultados obtenidos en la tesis de Olarte y Sánchez (2014), se determinó que los momentos flectores disminuyen 5.86% en la dirección X y en la dirección Y aumentan en un 82.06%. Lo cual se asemeja a los resultados que conseguimos ya que se obtuvo que los momentos flectores en la dirección X disminuyen en un 68.68% y en la dirección Y disminuyen en un 76.90%.

V. CONCLUSIONES

- Se analizó que la interacción suelo estructura influye en los desplazamientos máximos, las fuerzas cortantes y momentos flectores en los sentidos X, Y de la edificación en estudio ya que el suelo presenta flexibilidad que puede actuar con los modelos dinámicos aplicados y obtener una diferenciación con el método convencional o modelo de base rígida.
- Se determinó que los desplazamientos en comparación entre el modelo dinámico de Barkan-Savonov y el método convencional o base rígida disminuyen hasta en un 97% en el sentido X y hasta en un 98% en el sentido Y; en cuanto a la comparativa del modelo dinámico de sargisan con el método convencional el desplazamiento disminuye hasta un 98% en el sentido X y hasta un 99% en el sentido Y.
- Se determinó que las fuerzas cortantes en comparación entre el modelo dinámico de Barkan-Savonov y el método convencional o base rígida disminuyen hasta en un 82.20% en el sentido X y hasta un 56.03% en el sentido Y, mientras que en la comparativa del modelo dinámico de sargisan con el método convencional las fuerzas cortantes disminuyen hasta en un 74.27% en el sentido X y hasta un 37.49 en el sentido Y.
- Se determinó que los momentos flectores en comparación entre el modelo dinámico de Barkan-Savonov y el método convencional o base rígida disminuyen hasta en un 68.68% en el sentido X y hasta en un 76.90% en el sentido Y; en cuanto a la comparativa del modelo dinámico de sargisan con el método convencional los momentos flectores disminuyen hasta un 43.32% en el sentido X y hasta un 60.14% en el sentido Y.

V.I. RECOMENDACIONES

- Desarrollar análisis de interacción suelo estructura y aplicar a diferentes tipos de suelo y edificaciones con gran altura para visualizar mejor los resultados.
- Realizar estudios sobre la influencia de la interacción suelo estructura con cimentaciones conectadas o combinadas.
- Para estudios posteriores similares realizar uno mismo el ensayo de suelo para obtener un resultado confiable y así realizar el diseño o análisis correspondiente.
- Realizar estudios de interacción suelo estructura para centros comerciales considerando la zonificación que muestra la norma técnica peruana E-030 de diseño sísmico.

REFERENCIAS

- AGATÓN, E., GARCÍA, H. Interacción sísmica suelo estructura. Suelos y edificios típicos para Medellín. Tesis (Título de ingeniero de minas). Medellín, Colombia: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 1999. 195p.
- ANGULO Luna, Luis. Análisis sísmico de un edificio de siete pisos con sótano utilizando interacción suelo-estructura en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2017. 63p.
- BARKAN, D. (1948). La dinámica de las fundaciones. Moscú: M. Stryvoenmorizdat.
- BARTOLOME, A. (1998). Construcciones de albañilería. Lima-Perú: 1° edición.
- BARTOLOME, A. (1999). Análisis de edificios. Lima-Perú: 2° edición.
- CABAÑEZ. (2012). Problemas de interacción suelo estructura en cimentaciones y muros de contención. Madrid: Universidad de Barcelona.
- CARHUAMPOMA Meza, Michael y PARODI Choccelahua, Israel. Interacción sísmica suelo estructura en edificaciones aporricadas en el barrio de pueblo nuevo de la ciudad de Lircay. Tesis (Título de ingeniero civil). Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, 2015. 91p.
- FERNANDEZ S., Luciano y AVILÉS L., Javier. Efectos de interacción suelo-estructura en edificios con planta baja blanda. Revista de ingeniería sísmica, (79):71-90, octubre 2008.
- GABRIEL, R. y. (2012). Análisis de los efectos de interacción sísmica suelo estructura en una edificación de hormigón armado ubicada en Cochabamba-Bolivia. Boletín Informativo Asocem 2012, 3.
- GALACIA Guarníz, Wiliam y LEÓN Vasquez, Javier. Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de albañilería confinada con plateas de cimentación. Tesis (Magister en ingeniería). Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, 2007. 48p.
- GAMARRA Gomez, Niik. Análisis de la interacción sísmica suelo-estructura en edificación de albañilería estructural. Tesis (Título de ingeniero civil). Huancayo, Perú: Universidad del Centro del Perú, 2014. 234p.
- HARSÉN, Teodoro. 2005. Diseño de Estructuras de Concreto Armado. Lima. Pontificia Universidad Católica del Perú
- HERNÁNDEZ, Eliud. 2008. Libro Análisis y Diseño Estructural Utilizando el Programa ETABS v9.

- HERRERA Baquero, Leonardo. Evaluación de la interacción dinámica suelo-estructura de edificaciones construidas en ladera. Tesis (Magister en Ingeniería Geotecnia). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2013. 214 p.
- ILICHEV, V. (1973). La determinación de los esfuerzos dinámicos bajo los cimientos de los edificios al paso de las ondas elásticas en el suelo. VIII congreso internacional sobre mecánicas de suelos e ingeniería de fundación, 121-138.
- JINES Cabezas, Ruth. Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones de sistema dual en la ciudad de Moquegua. Tesis (Magister en ingeniería con mención en estructuras). Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna, 2017. 134p.
- LEON Alvarado. Interacción estática suelo-estructura análisis con el método de elementos finitos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2011. 175p.
- OLARTE Breña, Iván y SÁNCHEZ Choque, Omar. Interacción sísmica suelo-estructura en la edificación de la residencia estudiantil de la universidad de Huancavelica. Tesis (Título de ingeniero civil). Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, 2014. 185p.
- PINEDA, M., RAMÍREZ, A. Estudio paramétrico de los efectos de la Interacción Sísmica Suelo Estructura en suelos en los que la velocidad de onda de corte varía con la profundidad. Tesis (Título de ingeniero de minas). Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2005. 175p.
- QUISPE Rodríguez, Diego y CHULLO Merma, Jhean. Análisis y diseño estructural de edificio tingo con interacción suelo-estructura en el distrito de sachaca en la ciudad y departamento de Arequipa con un sistema de muros estructurales. Tesis (Título de ingeniero civil). Arequipa, Perú: Universidad Católica de Santa María, 2017. 191p.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) Norma Técnica Peruana Vigente E.020 Cargas, Lima, Perú. 2016. 36p.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) Norma Técnica Peruana Vigente E.030 Sismo Resistente, Lima, Perú. 2016. 36p.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) Norma Técnica Peruana Vigente E.050 Cimentaciones, Lima, Perú. 2016. 38p.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) Norma Técnica Peruana Vigente E.060 Concreto Armado, Lima, Perú. 2016. 36p.

- SANCHEZ-Sesma. Elementary solutions for the response of a wedge-shaped medium to incident SH and SV waves. *Bull. seism. Soc. Am.*, 80, 737-742, 1990.
- SOKOLOV, V.Y. Site & region-specific response spectra: a probabilistic approach. In: *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2000. no. 20. P. 273-281.
- VALDERRAMA, Christian y MEZA, José. Influencia de la interacción suelo-estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación aporricada con zapatas aisladas. Tesis (Título de ingeniero civil). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2014. 133p.
- VASCO, Patricio. 2003. Libro Guía para Análisis y Diseño Estructural de Edificios de Hormigón Armado.
- VASQUEZ, Y. (9 de junio del 2014). Sistemas Estructurales. Recuperado de <https://es.slideshare.net/yerikajc/sistemas-estructurales-1>
- VILLAREAL Castro, Genner. Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas. Lima, Perú: Asamblea Nacional de Rectores, 2009. 107p.
- VILLAREAL, D. G. (2002). Calculo sísmico con acelerogramas. *Alma Va/leja*, 22-23.
- VILLAREAL, D. G. (2003). Calculo de edificios altos bajo la acción sísmica, considerando la flexibilidad del suelo de fundación. Moscú-Rusia: Encuentros de Científicos Peruanos en Rusia.
- VILLAREAL, D. G. (2005). Uso de la cimentación con pilotes para edificaciones en zona sísmica. *Alma Va/leja*, 14-15.
- VILLAREAL, D.G. (2001). Diseño y construcción de Edificaciones Antisísmicas. 1º seminario taller binacional de desastres naturales Antrópicos y IV congreso ecuatoriano de mecánica de suelos e ingeniería geotécnica, 10.
- WOLF, I. (2011). Evaluación de daño en edificios considerando los efectos de interacción suelo estructura. México D.F.: Sección de Estudios y Postgrados e investigación.
- WONG, L. y. (1987). Evaluación de daño en edificios considerando los efectos de interacción suelo estructura. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis de la interacción suelo-estructura y la influencia en el diseño estructural/sismo para una edificación de 6 pisos-Jauja-2018

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES |
|---|--|---|--|---|---|
| <p>PROBLEMA GENERAL ¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en el diseño estructural/sísmico de una edificación de 6 pisos en Jauja-2018?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿De qué manera la interacción suelo-estructura influirá en el desplazamiento lateral máximo de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018?</p> <p>¿De qué manera la interacción suelo estructura influiría en las fuerzas cortantes de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018?</p> <p>¿De qué manera la interacción suelo estructura influiría en los momentos flectores de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018?</p> | <p>OBJETIVOS GENERAL Determinar la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura en el diseño estructural/sísmico de una edificación de 6 pisos en Jauja-2018.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en el desplazamiento lateral máximo de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018. Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en las fuerzas cortantes de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018. Determinar la interacción suelo-estructura y su influencia en los momentos flectores de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.</p> | <p>HIPÓTESIS GENERAL La interacción suelo-estructura influye positivamente en el diseño estructural/sismo para una edificación de 6 pisos Jauja-2018.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS La interacción suelo-estructura influye de manera positiva en el desplazamiento lateral máximo en la edificación de 6 pisos en Jauja-2018. La interacción suelo-estructura influye en las fuerzas cortantes la edificación de 6 pisos en Jauja-2018. La interacción suelo-estructura influye en los momentos flectores de la edificación de 6 pisos en Jauja-2018.</p> | <p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interacción suelo-estructura <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño estructural/sismo de una edificación | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Modelos de interacción suelo-estructura ✓ Cálculos de interacción suelo-estructura ✓ Esfuerzos de una edificación ✓ Desplazamientos de una edificación ✓ Derivas de una edificación ✓ Cortante Basal de una edificación ✓ Momentos flectores de una edificación ✓ Fuerzas cortantes de una edificación | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Centímetros ✓ Toneladas ✓ Toneladas x metro |

Fuente: Elaboración propio

ANEXO 2: FICHAS DE VALIDACIÓN DE DATOS

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | | |
|--|--|--------------------------------|--|---|--|
| PROYECTO: " Análisis de la interacción suelo-estructura y su influencia en el diseño estructural/sismo para una edificación de 6 pisos-jauja-2018" | | | | | |
| AUTOR: QUINTANA LEANDRO Jhonatan Diego | | | | | |
| I. INFORMACIÓN GENERAL | | | | | |
| UBICACIÓN: | | | | | |
| DISTRITO: | | JAUJA | | ALTITUD: | |
| PROVINCIA: | | JAUJA | | LATITUD: | |
| REGION: | | JUNIN | | LONGITUD: | |
| II. MODELO DE ILLICHEV | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | | Área(m2) Largo(m) Ancho(m) | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| III. MODELO DE COEFICIENTE DE BALASTO. | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | | Área(m2) Largo(m) Ancho(m) | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| IV. MODELO DE DINAMICO DE BARKAN | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | | Área(m2) Largo(m) Ancho(m) | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| V. MODELO DE SARGSIAN | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | | Área(m2) Largo(m) Ancho(m) | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| VI. ZAPATAS | | | | | |
| Verificación por flexión (kg) | | Verificación por cortante (kg) | | Cuantía de acero(cm2) | |
| | | | | | |
| VII. VIGAS | | | | | |
| Verificación por flexión(kg) | | Verificación por cortante(kg) | | Cuantía de acero(cm2) | |
| | | | | | |
| VIII. COLUMNAS | | | | | |
| Verificación por flexión(kg) | | Verificación por cortante(kg) | | Cuantía de acero(cm2) | |
| | | | | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES | | | | | |
| PROFESION: | | | | | |
| REGISTRO CIP Nº: | | | | | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | | |
| CELULAR: | | | | | |



 EDSON TONAR CHOCCELANUA
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 148961

95

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | | |
|--|--|--------------------------------|---|----------|----------|
| PROYECTO: " Análisis de la interacción suelo-estructura y su influencia en el diseño estructural/sismo para una edificación de 6 pisos-jauja-2018" | | | | | |
| AUTOR: QUINTANA LEANDRO Jhonatan Diego | | | | | |
| I. INFORMACIÓN GENERAL | | | | | |
| UBICACIÓN: | | | | | |
| DISTRITO: | | JAUJA | ALTITUD: | | |
| PROVINCIA: | | JAUJA | LATITUD: | | |
| REGION: | | JUNIN | LONGITUD: | | |
| II. MODELO DE ILLICHEV | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| III. MODELO DE COEFICIENTE DE BALASTO. | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| IV. MODELO DE DINAMICO DE BARKAN | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| V. MODELO DE SARGSIAN | | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) | Ancho(m) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| VI. ZAPATAS | | | | | |
| Verificación por flexión (kg) | | Verificación por cortante (kg) | Cuantía de acero(cm2) | | |
| | | | | | |
| VII. VIGAS | | | | | |
| Verificación por flexión(kg) | | Verificación por cortante(kg) | Cuantía de acero(cm2) | | |
| | | | | | |
| VIII. COLUMNAS | | | | | |
| Verificación por flexión(kg) | | Verificación por cortante(kg) | Cuantía de acero(cm2) | | |
| | | | | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES | | | | | |
| PROFESION: | | | | | |
| REGISTRO CIP N°: | | | | | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | | |
| CELULAR: | | | | | |



VÍCTOR LUIS RODRÍGUEZ RÚA, Víctor Luis
ING. CIVIL
Reg. CIP. N° 215382

87

| FICHA DE RECOLECCION DE DATOS | | | | |
|--|--|--------------------------------|---|-------------------|
| PROYECTO: " Análisis de la interacción suelo-estructura y su influencia en el diseño estructural/sismo para una edificación de 6 pisos-jauja-2018" | | | | |
| AUTOR: QUINTANA LEANDRO Jhonatan Diego | | | | |
| I. INFORMACIÓN GENERAL | | | | |
| UBICACIÓN: | | | | |
| DISTRITO: | | JAUJA | ALTITUD: | |
| PROVINCIA: | | JAUJA | LATITUD: | |
| REGION: | | JUNIN | LONGITUD: | |
| II. MODELO DE ILLICHEV | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) Ancho(m) |
| | | | | |
| | | | | |
| III. MODELO DE COEFICIENTE DE BALASTO. | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) Ancho(m) |
| | | | | |
| | | | | |
| IV. MODELO DE DINAMICO DE BARKAN | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) Ancho(m) |
| | | | | |
| | | | | |
| V. MODELO DE SARGSIAN | | | | |
| Capacidad de carga ultima (kg/cm2) | | Presión de contacto (kg/cm2) | Dimensionamiento de Zapatas, Vigas y Columnas | |
| | | | Área(m2) | Largo(m) Ancho(m) |
| | | | | |
| | | | | |
| VI. ZAPATAS | | | | |
| Verificación por flexión (kg) | | Verificación por cortante (kg) | Cuantía de acero(cm2) | |
| | | | | |
| VII. VIGAS | | | | |
| Verificación por flexión(kg) | | Verificación por cortante(kg) | Cuantía de acero(cm2) | |
| | | | | |
| VIII. COLUMNAS | | | | |
| Verificación por flexión(kg) | | Verificación por cortante(kg) | Cuantía de acero(cm2) | |
| | | | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES | | | | |
| PROFESION: | | | | |
| REGISTRO CIP N°: | | | | |
| CORREO ELECTRONICO: | | | | |
| CELULAR: | | | | |



90

ANEXO 3: REGISTROS FOTOGRÁFICOS

Calicata



Ensayo corte directo



Granulometría



Limite líquido y plástico

