



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Influencia de la Interacción Suelo - Estructura en la Respuesta
Estructural de un Edificio de Concreto Armado”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Ccalluchi Carrillo, Roly (ORCID: [0000-0002-6423-6333](https://orcid.org/0000-0002-6423-6333))

ASESOR:

Dr. Choque Flores, Leopoldo (ORCID: 0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

ATE VITARTE - PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre por enseñarme a luchar por mis objetivos, a mi padre por enseñarme a tener valentía y humildad, a mi hija (la cosa más bella que no quería que me pasara), por ser la luz que ilumina mi camino, mi cómplice y la alegría de todos los días.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecido con dios, por brindarnos salud en momentos tan difíciles y permitirme alcanzar mis metas proyectadas, a mi familia por el apoyo incondicional a lo largo de mi camino. Así mismo agradecer al ing. Carlos Martínez Romero por brindarme su apoyo profesional y guía a través de su experiencia, para elaborar mi proyecto de investigación. Finalmente deseo expresar mi más sincero y especial agradecimiento al Dr. Leopoldo Choque Flores por su gran apoyo durante el proceso de investigación, quien a través de su enseñanza y entendimiento me guio en el desarrollo de este trabajo investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3. Población, muestra y muestreo	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5. Procedimientos	28
3.6. Método de análisis de datos	38
3.7. Aspectos éticos.....	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIONES	95
VI. CONCLUSIONES	99
VII. RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Cuadro de resultados obtenidos.....	7
Tabla 2.	Valores de Coeficiente C_0	19
Tabla 3.	Calculo de alfa de cronbach.....	27
Tabla 4.	Cuadro de resultados de alfa de Cronbach.....	27
Tabla 5.	Altura del aligerado	30
Tabla 6.	Propiedades mecánicas del concreto reforzado	49
Tabla 7.	cálculo del peso sísmico de la edificación.....	60
Tabla 8.	porcentaje de masa participativa en cada modo de vibración de la estructura.	65
Tabla 9.	Espectro de aceleraciones	68
Tabla 10.	Control de desplazamientos relativos admisibles de entrepiso en la dirección “X”.....	73
Tabla 11.	Control de desplazamientos relativos admisibles de entrepiso en la dirección “Y”.....	73
Tabla 12.	esfuerzos axiales máximas en columnas y placas.....	74
Tabla 13.	Dimensiones de las zapatas.....	77
Tabla 14.	Resumen de masas traslacionales y rotacionales de zapatas	79
Tabla 15.	resumen de los coeficientes de rigidez	82
Tabla 16.	Periodos de vibración y porcentaje de masa participativa del modelo con ISE.....	84
Tabla 17.	Comparativo de desplazamiento lateral de entrepiso en la dirección “X”	87
Tabla 18.	Comparativo de desplazamiento lateral de entrepiso en la dirección “Y”.....	88
Tabla 19.	Comparativo de desplazamiento lateral relativo de entrepiso en la dirección “Y”.	88
Tabla 20.	Comparativo de desplazamiento lateral relativo de entrepiso en la dirección “X”.....	89
Tabla 21.	Variación de cortante lateral de entrepiso para el modelo base fija y modelo con ISE, en la dirección “X”	91
Tabla 22.	Variación de cortante lateral de entrepiso para el modelo base fija y modelo con ISE, en la dirección “Y”	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1.	Modelo de interacción suelo – Zapata – superestructura	14
Figura 2.	Esquema de método de análisis directo.....	15
Figura 3.	Esquema del enfoque de subestructura, cimientos rígidos y supuestos cimientos flexibles.	16
Figura 4.	Sistema de pórticos de concreto armado	28
Figura 5.	Sistema muros estructurales de concreto armado.....	29
Figura 6.	Sistema estructural Dual.....	29
Figura 7.	Losa aligerada unidireccional	30
Figura 8.	Parámetros para dimensionar columnas.....	32
Figura 9.	Mapa sísmico del Perú	35
Figura 10.	diagrama de procedimientos de trabajo	37
Figura 11.	Ubicación de la zona de estudio, Víctor Andrés Belaunde – Cerro Colorado.....	39
Figura 12.	Plano de arquitectura – distribución en planta típica en los cuatro niveles.	40
Figura 13.	Losa aligerada bidireccional, h= 20 cm.	42
Figura 14.	Predimensionamiento de sección de vigas (30x50 cm).	43
Figura 15.	Definición de las secciones de las vigas de concreto armado en planta.	43
Figura 16.	Predimensionamiento de columnas mediante áreas tributarias.	44
Figura 17.	Vista isométrica del modelo matemático 3D en ETABS.	49
Figura 18.	Asignación de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210$ kgf/cm ²	50
Figura 19.	Definición de Columna de 50x50 cm. De concreto $f'c = 210$ kgf/cm ²	51
Figura 20.	Definición de sección de viga de 30x50 cm. Concreto $f'c = 210$ kgf/cm ²	51
Figura 21.	Definición de la losa aligerada bidireccional h = 0.20m en Etabs V.16.2.1. versión estudiante.	52
Figura 22.	Definición del ancho de la placa 0.30m, la longitud de la placa se define en la etapa de dibujo del modelo numérico.	53

Figura 23.	Modelo matemático elaborado para el edificio en estudio en el programa Etabs V.16.2.1 versión estudiante.	53
Figura 24.	Asignación de restricciones en la base.	54
Figura 25.	definición de patrones de carga.....	55
Figura 26.	Asignación de cargas permanentes debido al peso del ladrillo de la losa aligerada y los acabados (150 kg/ m ²).	56
Figura 27.	Asignación de carga mínima repartida debido al uso del edificio (250 kg/ m ²) y (100 kg/ m ²) en azotea.....	57
Figura 28.	Definición de diafragma rígido en losas de cada nivel.	58
Figura 29.	Definición en Etabs para el cálculo de la masa sísmica 100%CM+25%CV y la excentricidad accidental de la estructura en cada dirección de análisis.....	59
Figura 30.	Definición de patrones de carga sísmico estático equivalente en dirección “X” y “Y”.	59
Figura 31.	Definición de coeficiente de cortante basal en la dirección X-X.	61
Figura 32.	Definición de coeficiente de cortante basal en la dirección Y-Y.	62
Figura 33.	Imagen gráfica de la distribución de fuerza cortante y cortante basal en la dirección X-X (VEX = 140.05 tonf).....	62
Figura 34.	Imagen gráfica de la distribución de fuerza cortante y cortante basal en la dirección Y-Y (VEY = 140.05 tonf).....	63
Figura 35.	Modos de vibración del edificio con base fija.	64
Figura 36.	Espectro de aceleraciones	67
Figura 37.	Definición de espectro de diseño de la Norma E.030.	69
Figura 38.	Definición de carga sísmica en la dirección “X”.	70
Figura 39.	cortante dinámico en la dirección X-X.	71
Figura 40.	cortante dinámico en la dirección Y-Y.	72
Figura 41.	diagrama de esfuerzos axiales eje B-B.	74
Figura 42.	diagrama de momentos flexores en columnas y vigas.	75
Figura 43.	Asignación de los coeficientes de rigidez que representan las propiedades mecánicas del suelo de fundación.....	83
Figura 44.	Asignación de resortes al modelo número que representan el suelo de fundación.....	83
Figura 45.	Modos y periodos de vibración del edificio con modelo base fija.	85

Figura 46.	Modos y periodos de vibración del edificio con modelo ISE.....	85
Figura 47.	Comparativo de desplazamientos máximos de entrepiso para el modelo de base fija y modelo con ISE.	87
Figura 48.	Comparativo de distorsión relativo de entrepiso en la dirección "X"	89
Figura 49.	Comparativo de cortante basal dinámico del modelo base fija y modelo con ISE.....	90
Figura 50.	Distribución de cortantes de entrepiso de modelo base fija y modelo con ISE.....	92

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evalúa la variación en la respuesta estructural considerando la interacción suelo – estructura en un edificio de concreto armado, de sistema estructural dual, de 04 pisos, destinado para oficinas en la ciudad de Arequipa, distrito de Cerro Colorado. Mediante el análisis de un modelo dinámico de base fija y el modelo dinámico de interacción suelo – estructura. la metodología de investigación utilizada es de tipo no experimental – descriptivo, la edificación fue analizada mediante el modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov y el modelo de base fija, en un suelo intermedio (S2), para el análisis sísmico dinámico modal espectral se realizó bajo los lineamientos de la Norma E.030. Luego se realizó un análisis comparativo entre el modelo dinámico de base fija y el modelo dinámico con ISE.

Finalmente, los resultados indican que existe un incremento para el modo1, modo 2 y modo 3 de 9.84%, 9.84% y 10.23% respectivamente y un incremento de 19.29% para los desplazamientos laterales máximos y las derivas de entrepiso se incrementó de 0.59% a 0.65% para el modelo con ISE. Sin exceder la distorsión límite para el concreto armado de la Norma E.030. La cortante basal sufrió un incremento de 3.57% para la dirección “X-X” y “Y-Y”, las fuerzas axiales máximas crecer en 7.75%, esfuerzos cortantes máximos y momentos flectores máximos han sufrido una reducción del 12.80% y 25.95% respectivamente.

Palabras clave: Interacción suelo – estructura, modelo numérico, respuesta estructural.

ABSTRACT

This research work evaluates the variation in the structural response considering the soil-structure interaction in a reinforced concrete building, with a dual structural system, of 04 floors, intended for offices in the city of Arequipa, district of Cerro Colorado. The research methodology used is non-experimental - descriptive, the building was analyzed by means of the dynamic model D.D. Barkan - O.A. Savinov and the fixed base model, in an intermediate soil (S2), for the seismic dynamic modal spectral analysis was performed under the guidelines of the E.030 Standard. Then a comparative analysis was performed between the fixed base dynamic model and the dynamic model with ISE.

Finally, the results indicate that there is an increase for mode 1, mode 2 and mode 3 of 9.84%, 9.84% and 10.23% respectively and an increase of 19.29% for the maximum lateral displacements and the interstory drifts increased from 0.59% to 0.65% for the model with ISE. Without exceeding the limiting distortion for reinforced concrete of the E.030 Standard. The basal shear suffered an increase of 3.57% for the "X-X" and "Y-Y" direction, the maximum axial forces increased by 7.75%, maximum shear forces and maximum bending moments have suffered a reduction of 12.80% and 25.95% respectively.

Keywords: Soil-structure interaction, numerical model, structural response.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú se encuentra ubicada en una de las regiones de mayor potencial sísmico a nivel mundial debido a que forma parte del cinturón de fuego del pacífico, a la fecha existe una gran información científica que muestra que existe una gran acumulación de energía sísmica en las zonas de contacto entre las placas tectónicas Sudamérica y Nazca; cuya liberación de esta energía sísmica podría generar aceleraciones similares a las del terremoto del año 1746 y un sismo de magnitud menor o igual a 8.8 Mw (INDECI, 2015). así mismo el 83% de la población de la región Arequipa está concentrado en la provincia de Arequipa (INEI, 2020). donde se encuentran expuestos permanentemente a la ocurrencia de un futuro sismo severo de gran magnitud e intensidad.

En Perú, específicamente en la ciudad de Arequipa, distrito de cerro colorado, las construcciones de concreto armado, sistema dual se vienen incrementado de manera exponencial, de manera que, es de vital importancia dar el adecuado tratamiento y modelamiento estructural de las edificaciones y así garantizar la seguridad estructural. Los daños que causa la ocurrencia de los sismos en gran parte dependen de las condiciones geotécnicas de los suelos, es de ahí que nace la necesidad de realizar un estudio conjunto entre el suelo, cimentación y la superestructura, considerando la interacción real entre el suelo y estructura. Se debe considerar el suelo y la estructura como un sistema que interactúa entre sí, de modo que, si algún componente del sistema falla, afecta necesariamente a la estructura; es un error estudiar de forma aislada, ya que esto no sucede en la realidad (Rodríguez, 2019).

En los últimos años el problema de la ISE (Interacción Suelo – Estructura), está siendo estudiada de manera importante, en un sentido general, este problema se puede plantear como el contacto dinámico entre la base y la (Villareal, 2006). sin embargo, cabe indicar que en la actualidad el problema de la ISE está aún lejos de su verdadera formulación, debido a que los modelos matemáticos y físicos tienen un sinnúmero de espectros no determinados, por tal razón es un problema abierto para los investigadores, es importante considerar los efectos de la ISE de manera que en el análisis y diseño estructural no hay estructura que pueda ser aislada del terreno de fundación (Villareal, Cerna y Espinoza, 2021).

Es inaceptable analizar y diseñar las estructuras sin considerar la ISE en suelos blandos, ya que su impacto no solo está en las propiedades dinámicas y fuerzas de diseño, sino en los desplazamientos totales que puede alcanzar de la estructura, es importante considerar la ISE, no únicamente en estructuras cimentadas en suelos blandos y deformables, sino también en estructuras con cimentaciones en suelos firmes (Tena, 2019).

Al observar las actuales tendencias de modelamiento estructural referidas a la ISE (Interacción Suelo – Estructura), se puede inferir que es posible modelar esta edificación donde los sistemas de apoyos consideren la presencia física de las cimentaciones y el suelo donde se apoya. Este tipo de modelamiento permite acercarnos al real comportamiento de los sistemas de apoyo en las estructuras y, por lo tanto, a una respuesta más próxima de la edificación frente a las acciones de gravedad y principalmente de sismo.

Por lo tanto, se plantea como **Problema general:** ¿Cuál es la variación en la respuesta estructural con y sin interacción suelo – estructura en un edificio de concreto armado, Cerro Colorado -Arequipa?

Como Problemas específicos se formuló lo siguiente: **Problema específico 1** ¿Cómo se caracteriza las propiedades mecánicas del suelo para su incorporación en el modelo numérico considerando ISE?, **Problema específico 2** ¿Cómo realizar el modelo numérico considerando la Interacción Suelo – estructura, para el análisis sísmico dinámico de una Edificación de Concreto Armado?, **Problema específico 3** ¿Cuál es la variación en el periodo fundamental de vibración y desplazamientos con y sin considerar la interacción suelo - estructura, en un edificio de concreto armado?, **Problema específico 4** ¿En qué medida existe variación en la cortante basal y las fuerzas internas con y sin considerar la Interacción Suelo -Estructura, de una edificación de concreto armado?

Justificación teórica, En la presente investigación se quiere mejorar el modelo convencional del sistema de apoyos de edificios, el cual asumía el empotrado en la base de la columna, el mismo que posee muchas simplificaciones que no considera sobre el tipo de suelo en la que está apoyado el edificio. En esta investigación se pretende contrastar la respuesta del edificio ante solicitaciones sísmicas

considerando dos sistemas de apoyo: bases empotradas y apoyos elásticos basados en la Interacción Suelo – Estructura.

Justificación práctica, En la presente investigación se muestra que la respuesta estructural del edificio con bases elásticas planteadas por la Interacción Suelo – Estructura es más cercana a la realidad, debido a que se considera la rigidez del suelo y de la cimentación. El resultado también ayudará a que posteriormente, los diseños estructurales sean corregidos por las variaciones de las fuerzas internas generadas en los elementos estructurales.

Justificación metodológica, la presente investigación es aplicativo, de manera que se muestra el procedimiento metodológico para la determinación e introducción de los coeficientes de Interacción Suelo - Estructura en los apoyos de la edificación. La determinación estará sustentada por el Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov, y la incorporación estará determinada por la secuencia de comandos para ingresarlos en el programa ETABS. Esto implica que servirá de guía para los Ingenieros estructurales en la práctica común, debido a que el RNE aún no considera procedimientos de análisis dinámico sísmico con la incorporación de la ISE.

Como **objetivo general** de la investigación se plantea: Determinar la variación en la respuesta estructural con y sin interacción suelo – estructura en un edificio de concreto armado, Cerro colorado, Arequipa.

Para llegar a ello se desglosan los siguientes **objetivos específicos:** **O.E.1.** caracterizar las propiedades mecánicas del suelo, para incorporar en el modelo numérico considerando la ISE. **O.E.2.** Realizar el modelo numérico considerando la Interacción suelo - estructura, para el análisis sísmico dinámico de una edificación de concreto armado. **O.E.3.** Evaluar la variación en el periodo fundamental de vibración y desplazamientos con y sin considerar la interacción suelo - estructura, en un edificio de concreto armado. **O.E.4.** Comparar la variación en la cortante basal y las fuerzas internas con y sin considerar la Interacción Suelo -Estructura, de una edificación de concreto armado.

Hipótesis: Se formulan hipótesis cuando en la investigación se quiere probar una suposición y no sólo mostrar los rasgos característicos de una determinada situación. Las investigaciones descriptivas no requieren formular hipótesis (Bernal, 2010, p. 136).

Las **limitaciones en el presente trabajo de investigación** son mínimas ya que se tiene el material bibliográfico y programas computacionales desarrollados para la ingeniera que han venido mostrando precisión en los resultados, se tiene las siguientes limitaciones de estudio:

Espacial

El estudio se realizará en la ciudad de Arequipa, distrito de Cerro Colorado, Asentamiento humano Víctor Andrés Belaunde, en un edificio de 04 pisos, sistema dual de concreto armado.

Temporal

El presente trabajo de investigación tiene fecha de inicio el mes de diciembre del año 2021 y fecha de culminación de la investigación mes de mayo del 2022, alcanzando los resultados, recomendaciones de la investigación

II. MARCO TEÓRICO

Como **Antecedentes nacionales** tenemos a **(Tasilla, 2018)** en su investigación del hospital regional de Cajamarca, tiene como objetivo determinar los efectos de ISE considerando distintos tipos de suelos considerados en la Norma Técnica E030. Como método de investigación es descriptiva, Para el modelamiento y análisis uso el programa ETABS 2016 versión educacional. como parte de sus conclusiones indica lo siguiente: Que al considerar la ISE se generan variaciones en el comportamiento dinámico de la estructura, se producen incrementos en los periodos de vibración del edificio; inicialmente se incrementa de 0.421 segundos a 0.499 segundos, 0.511 segundos, 0.689 segundos y 0.912 segundos en los tipos de suelo Roca Dura, Muy Rígido, Intermedio y Blando respectivamente; así como también el edificio con ISE genera un aumento en las derivas máximas de entrepiso de 66.67% y 80.00% en el eje "X" y eje "Y" respectivamente para el suelo tipo Roca Dura, 125.00% en "X" y 88.24% en "Y" para el suelo muy rígido, 471.43% en "X" y 395.00% en "Y" para el Suelo Intermedio y 1246.67% en "X" y 1057.14% en "Y" en suelo blando.

(Sucasaca y Mamani, 2017) en su investigación tiene como objetivo averiguar los efectos que se generan al considerar la ISE para el estadio universitario de puno, llegando a las siguientes conclusiones: Al incorporar distintos métodos de ISE se determina que existen variaciones en las características dinámicas de la estructura tales como el periodo de vibración, modo de vibración, desplazamientos y fuerzas internas, el periodo de vibración para el modelo de análisis tradicional con base fija empotrada es de 0.876 segundos , generándose un incremento a 0.882 segundos hasta 0.917 segundos considerando la ISE; De la misma manera las derivas máximas con el modelo FEMA ha sufrido un incremento en las direcciones "X" y "Y" como se detalla: 252.06% en "X" y 470.38% en "Y", para el modelo Barkan existe un incremento de 146.46% en el eje "X" y 292.93% en eje "Y", con el modelo Winkler hay un incremento de 34.12% en eje "X" y 53.03% en eje "Y", así bajo el modelo de la Norma Rusa hay un incremento de 23.27% en eje "X" y 49.94% en eje "Y", con estos resultados se afirma que el análisis considerando la ISE se acerca más a al comportamiento real de la estructura ante una eventualidad sísmica.

(Angulo, 2017) en su tesis del tipo de estudio descriptivo, cuyo objetivo es determinar las características del análisis sísmico de la edificación en estudio considerando la flexibilidad del suelo con el método de ISE, donde se alcanza a las siguientes conclusiones: al considerar una edificación con base flexible el periodo de vibración de la edificación sufre un incremento, modificándose también las fuerzas internas y los desplazamientos máximos por piso.

(Villareal, 2020) en su artículo tiene como objetivos resolver las problemáticas y metodologías para zapatas las edificaciones con zapatas aisladas, tomando en cuenta la poca rigidez de los cimientos. Los cálculos tomaron en cuenta la norma E.030 con los registros de aceleraciones Lima (17 octubre 1996) y San Martín (25 septiembre 2005) aplicado a un edificio de 05 pisos constituido por pórticos de Concreto Armado, demostrando en sus conclusiones que considerando la ISE en los apoyos, existen variaciones en el cálculo de estructuras, tal como muestra la siguiente tabla 1:

Tabla 1. Cuadro de resultados obtenidos

VARIACIONES EN LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALCULO						
PARAMETROS DE CALCULO	Norma Peruana E030	Norma Rusa SNIP II-7-81*	Acelerogramas Lima (17.10.66) y Moyobamba (25.09.05)	cuando $\alpha=0^\circ$	cuando $\alpha=45^\circ$	cuando $\alpha=90^\circ$
Parámetros que sufrieron un incremento						
Primer modo de vibración	30.1%	30.1%		30.1%		
desplazamientos máximos de C.M. OX	28.3%	54.1%	46.1%	28.3%	34.8%	32.7%
desplazamientos máximos de C.M. OY	24.1%	44.6%	37.7%	24.1%	23.3%	32.5%
Parámetros que sufrieron una disminución						
fuerzas axiales máximas	24.8%	17.0%	27.0%	24.8%	15.4%	18.2%
fuerzas cortantes máximas	17.0%	33.1%	37.7%	17.0%	13.4%	17.5%
momentos flectores máximos	5.1%	29.7%	42.2%	5.1%	25.7%	28.9%

Fuente: (Villareal, 2020).

(Villareal y Aguila, 2021) en su artículo tiene como objetivo de la investigación interpretar y entender la influencia en el análisis dinámico la inserción de la ISE en los edificios de Concreto Armado, plantea modelados matemáticos por el método FEMA 440 para edificaciones de diferentes condiciones de 04, 08 y 12 niveles apoyados en estratos de arena densa y arcilla blanda. por lo tanto, al modelar conjuntamente el suelo con la estructura, se observa que en cada caso aumenta 2.10% y 125.83% para edificios apoyados en arcilla blanda de 04 y 12 niveles respectivamente el periodo de vibración; En cuanto a la cortante basal de observa un incremento de 0.703%, 0.711% y 0.202% respectivamente en arena densa y para el caso de arcilla blanda 7.81% en Gazetas y 1.287 en Barkan; En cuanto a derivas de piso el valor límite de la Norma E030 de 0.007 no fue superado, pero si se presentó incrementos de 3.3% hasta 6.5% en terreno de arena densa, en terreno

de arcilla blanda si fue excedido en algunos niveles de pisos llegando a porcentajes de 9.10% y en modelos de Barkan y la Norma Rusa .

(Villareal, Cerna y Espinoza, 2021) en su artículo, teniendo como objetivo de la investigación desarrollar metodologías de cálculo dinámico de edificio que reflejen los esfuerzos reales para un diseño estructural que brinde confianza y seguridad; el estudio se realiza para edificaciones multifamiliares de cinco niveles con muros de ductilidad limitada en la ciudad de Trujillo, el análisis con ISE se realiza a través de dos métodos de Barkan D.D. – Savinov O.A. y el modelo de la norma Rusa, y un modelo tradicional con base fija empotrada, se realiza el modelo numérico y el análisis sísmico mediante el programa SAP 2000, llegando a la siguiente conclusión: considerar la ISE permite realizar un estudio más cercano al comportamiento real de la estructura bajo la acción sísmica, de manera que los esfuerzos se redistribuyen en los elementos estructurales y disipando cierto porcentaje de la energía inducida por el sismo.

(Hinostroza, 2021) en su investigación analizo las variaciones en la respuesta dinámica estructural de edificaciones de 7 y 14 pisos ubicado en la ciudad de Ica, en un perfil de suelo S3, mediante modelos dinámicos con base fija y considerando la ISE bajo los lineamientos de la Norma Americana (NIST GCR 12-917-21). Y posteriormente efectuó un análisis comparativo de los resultados encontrando donde el periodo fundamental de vibración incremento en 49%, 57%, 19% para el edificio con 7 pisos y 57%, 57%, 22% para la edificación de 14 pisos en los tres primeros modos de vibración y la fuerza cortante basal sufrió un incremento de 8% y 11% para la edificación de 7 y 14 pisos respectivamente.

(Angulo, 2017) En su investigación para determinar las características del análisis sísmico de un edificio con sótano utilizando ISE, lo cual considera un diseño de investigación no experimental, descriptivo aplicada. concluyo se encontró mayores desplazamientos esto debido a que sufrió un incremento las cortantes basales para el modelo numérico que considera la ISE, así también se observa que la edificación se vuelve más flexible y es demostrado con los periodos de vibración han incrementado respecto al modelo numérico con base fija, finalmente al realizar comparativo de los resultados de ambos modelos se determina que al considerar

la flexibilidad del suelo se generaron mayores incrementos en los desplazamientos y fuerzas axial que deben considerar en el diseño.

(**Llanos et al., 2020**) En su investigación realiza el análisis dinámico considerando la Interacción suelo estructura para cuatro zonas de la ciudad de Juliaca, en edificaciones de dos, tres, cuatro y cinco niveles con el objetivo de determinar la influencia de la ISE en el comportamiento de las viviendas de pódicos. Los resultados muestran que la influencia de ISE no es significativa para los edificios de 2 y 3 pisos, en contraste para las edificaciones de 4 y 5 es muy significativo; en cuanto a desplazamiento, fuerzas cortantes y momentos de volteo.

Como **Antecedentes internacionales** tenemos a (**Miao et al., 2020**) en este artículo se investigan las interacciones dinámicas que existen en un sistema que consta de múltiples edificios sobre el suelo, suelo y una estación de metro cuando se someten a movimientos del suelo, normalmente denominados interacción estructura superficial-suelo-estructura subterránea (SSSI). En ensayos de mesa vibratoria sobre la respuesta sísmica de un sistema que comprende un edificio, un túnel y suelo, se realizó una simulación numérica. Los resultados se compararon con registros experimentales para la verificación del modelado numérico. De acuerdo con el procedimiento de modelado, se desarrolló aún más el software ABAQUS y se obtuvo rápidamente un sistema de modelado automático que creaba un sistema de múltiples edificios sobre el suelo-suelo-estación de metro y se mejoró para el cálculo en el dominio del tiempo. Se llamó a la subrutina del modelo constitutivo de Davidenkov modificado para considerar la no linealidad del suelo blando en el proceso computacional. Se estudió la influencia de la Interacción en el análisis sísmico en la estación de metro utilizando el sistema de auto-modelado. La relación de deriva entre pisos y la aceleración máxima se seleccionaron para evaluar la interacción dinámica en este complicado sistema. En este estudio se consideraron los factores que influyen, incluida la distancia horizontal entre los edificios y la estación de metro, el número de edificios, la altura de los edificios y la profundidad del entierro de la estación de metro. Los resultados numéricos indican que varios factores clave, como el número de edificios y la profundidad del entierro, evidentemente pueden amplificar o atenuar los resultados estructurales del sistema subterráneo.

(Zhang, Seylabi y Taciroglu, 2019) En este artículo se presenta una investigación denominada “Una caja de herramientas ABAQUS para el análisis de la interacción suelo-estructura” Está bien establecido que los efectos de la interacción suelo-estructura (SSI) pueden tener consecuencias importantes en caso de terremotos fuertes, y su cuantificación precisa puede convertirse en un tema crítico en el diseño de estructuras resistentes a los terremotos. En general, los análisis de SSI se llevan a cabo mediante métodos directos o de subestructura. En cualquier opción, los modelos numéricos presentan dominios computacionales truncados y / o de orden reducido. Para el truncamiento, las representaciones de límites que absorben perfectamente las ondas salientes y permiten la prescripción consistente de movimientos de entrada son cruciales. En la actualidad, las capacidades antes mencionadas no están ampliamente disponibles para investigadores e ingenieros en ejercicio. Para ello, implementamos el llamado Método de reducción de dominio (DRM) y Capas perfectamente emparejadas (PML) en ABAQUS, calculando y prescribiendo las fuerzas nodales efectivas, y mediante una subrutina de elemento definido por el usuario (UEL), respectivamente. Luego verificamos la precisión y estabilidad de estas implementaciones para dominios de suelo homogéneos y heterogéneos, ondas SV incidentes verticales e inclinadas y problemas bidimensionales y tridimensionales. Finalmente, presentamos dos ejemplos de aplicación útiles del uso de las características implementadas, a saber, la extracción de funciones de impedancia, el análisis de respuesta de estructuras enterradas sujetas a ondas planas inclinadas. Los códigos implementados para DRM y PML se difundirán para un uso más amplio.

(Espinosa, Carrión y Morales, 2019) En su artículo compara los periodos de vibración y derivas de entrepiso, mediante tres modelos numéricos considerando y sin considerar la ISE en una edificación de 8 niveles y un sótano, fundada en un suelo blanco cohesivo, concluyendo que los resultados muestran que la ISE influye directamente en la respuesta estructural.

(Tena, 2019) en su artículo se demuestra la relevancia de insertar la ISE en el análisis estructural, que se encuentran fundadas en suelos firmes y cimentaciones superficiales, y su inequívoco y elemental aplicación en suelos compresibles en la ciudad de México, revisando estudios realizados con la incorporación de la ISE en

estructuras cimentadas en suelos firmes de relleno con cimentaciones someras y estructuras cimentadas en suelos blandos, que después de la ocurrencia de sismos de considerable magnitud han ocasionado daños en los edificios de estudio, concluyendo que se discute en base a estudios detallados realizados esencialmente en estructuras existentes que su comportamiento sísmico ha sido registrado durante la ocurrencia de un sismo intenso y/o sus propiedades dinámicas se obtuvieron mediante pruebas de vibración forzada; de ahí que es importante modelar las estructuras con interacción suelo-estructura, no únicamente en estructuras cimentadas en suelos blandos y deformables, sino también en estructuras con cimentaciones en suelos firmes.

(Aguiar y Ortiz, 2017) en su artículo realiza el análisis dinámico de un edificio que se encuentra ubicada en la ciudad de Manta, en un tipo de perfil de suelo “c”, mediante modelos que consideran los apoyos de la base empotrada, se realiza a través de métodos espectrales, donde se determinó los desplazamientos y fuerzas que se generan en el centro masas del edificio con los espectros de Manta, Por otro lado, se utiliza el método ASCE-10 para conseguir el modelo simple con un grado de libertad y bajo la recomendación de NEHRP-12 se incorpora la ISE, donde la estructura tiene vigas de cimentación para poder ser comparadas con los modelos usuales. Al final, en base a las distorsiones se esclarecen los daños registrados en el sismo severo del 16 de abril del 2016, con una magnitud de 7.8; así mismo concluye al estar fundada la edificación en un suelo tipo “c” y tener vigas de cimentación, la ISE no genero mayor incidencia en los periodos y desplazamientos por lo se podría realizar el análisis sin tomar en cuenta la flexibilidad de la cimentación.

(Pinto y Ledezma, 2019) en su investigación plantea analizar el comportamiento sísmico de edificios altos tomando en cuenta la interacción dinámica suelo estructura (DSSI), realizando el análisis bidimensional con elementos finitos no-lineales, donde el resultado muestra considerables en esfuerzos laterales de los muros, modificando la respuesta sísmica respecto al análisis simplificado utilizado tradicionalmente en las Normas de diseño estructural, así mismo La investigación muestra la importancia de considerar todos los variables como son las profundidades de los subterráneos, características de suelo y las edificaciones colindante es sus lados, la investigación se desarrolla dentro del contexto chileno.

(Calderín, Almenarez y Boada, 2020) en su investigación “Consideración del fenómeno interacción suelo-estructura en edificio prefabricado” con el objetivo de evaluar una edificación de 18 niveles, en la ciudad de mayor peligro sísmico de Cuba, mediante un estudio comparativo por los códigos de diseño americano ASCE (American Society of Civil Engineers) y la Norma mexicana, utilizando modelos simplificados, que consideran el alargamiento del período fundamental, variación del amortiguamiento asociado y disminución de la ductilidad de la edificación como resultado de la flexibilidad del suelo ante la ocurrencia de sismos, Se exponen los resultados obtenidos de acuerdo con los códigos antes mencionados. Alcanzando a la siguiente conclusión; Que al no considerarse en su norma NC 46:2017 de Cuba arroja cortantes cuantitativamente mayores que recaen en un sobre diseño y aumento en los índices económicos, así mismo ambos códigos de diseño muestran valores similares en períodos fundamentales y desplazamientos en el sentido vertical “Y”, valores distintos en desplazamientos horizontales en “X”, así como los valores de cortante, resultaron mayores por la norma americana.

(Arancibia, 2020) en su tesis que tiene como objetivo mejorar la predicción del desempeño de estructuras de albañilería frente a un evento sísmico, efectuando modelos de elementos finitos que plasman el fenómeno de ISE de manera que se obtengan resultados más cercanos a la realidad. El estudio es realizado para todas las edificaciones bajas de albañilería que representan el 47% de viviendas existentes a nivel de Chile, se realiza el estudio considerando dos metodologías, subestructura donde se analiza mediante resortes y amortiguadores el comportamiento de la interfaz suelo- cimentación y de forma directa a través de bordes artificiales absorbentes de Lysmer – Kuhlmeier y los bordes TDOF, bajo el contexto de la norma chilena NCh. 433, llegando a las siguientes conclusiones: Al incorporar el efecto dinámico de ISE existen variaciones respecto al modelo de análisis tradicional, las respuestas sísmicas obtenidas se asemejan al comportamiento real de las edificaciones frente a una eventual ocurrencia de la excitación sísmica.

Conceptos teóricos

Con fin de conocer de manera más amplia y profunda del siguiente trabajo de investigación a continuación se muestran las bases teóricas de las variables y dimensiones del estudio.

interacción suelo – estructura

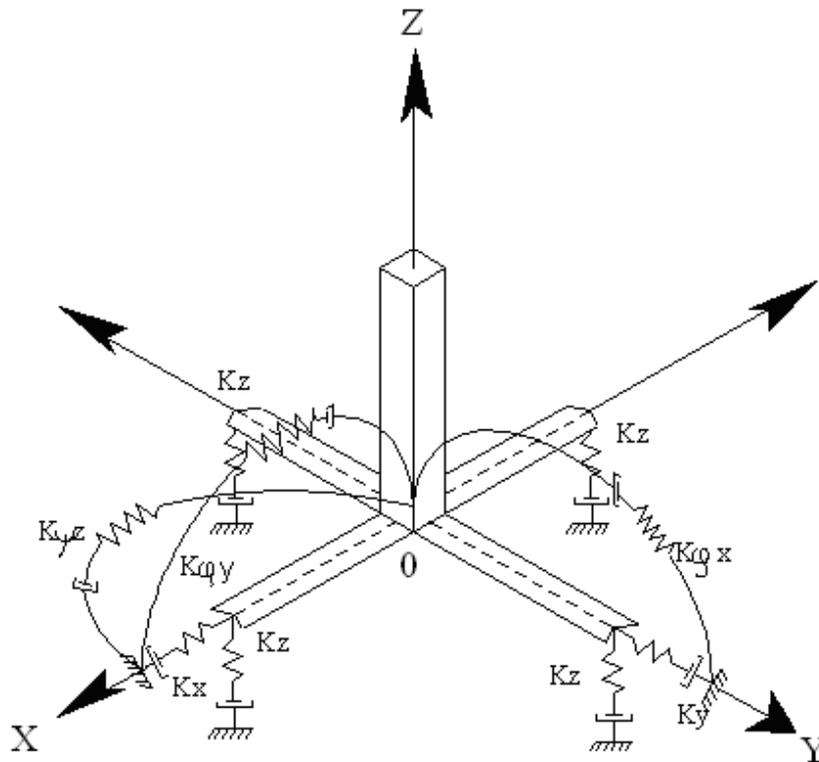
la ISE es un campo interdisciplinario que se encuentra en un tema de intersección entre las disciplinas de ingeniería mecánica estructural y geotecnia. Sus orígenes se remontan a finales del siglo XIX, fue creciendo en forma progresiva y en los últimos años se desarrolló rápidamente gracias a la necesidad de mejorar la seguridad sísmica y el desarrollo de poderosas computadoras que trabajan por los métodos de elementos finitos (Kausel, 2010).

se entiende como las modificaciones del movimiento del terreno en la base de la estructura por la presencia de la misma, la ISE plantea considerar las propiedades elásticas del suelo ya que estos no son infinitamente rígidos (Jines, 2017, p. 12). Por lo que dada ciertas condiciones se asume comportamiento que no ocurren realmente (Mejia, 2018). Debido a los efectos de SSI modifican en gran medida las características dinámicas de la estructura (Shahi, Sohrabi y Etedali, 2018).

el problema de ISE se puede plantear de diferentes maneras y consecuentemente, existen modificación del esquema de cálculos de las edificaciones, considerando el análisis como un trabajo conjunto suelo, cimentación superestructura (Villareal, 2006, p. 24).

ISE es el trabajo conjunto suelo – cimentación – superestructura. Se entiende que el suelo no es un factor como se utilizan en las normas si no un elemento que participa en el cálculo, en un modelo integrado, no es un modelo aislado donde se analiza la estructura y luego la sub estructura con los resultados de la superestructura, se realiza un análisis integrado lo cual es más cercano a la realidad.

El análisis sísmico de la ISE una respuesta conjunta de la estructura, cimentación y el medio geológico alrededor de la cimentación ante un evento sísmico. Para evaluar se pueden utilizar métodos de enfoque directo y de subestructura (NEHRP, 2012).

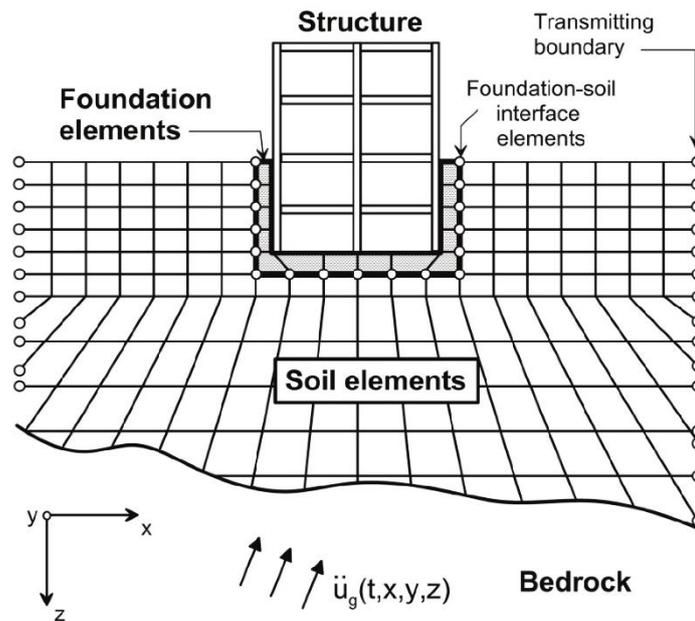


Fuente: (Villareal, 2006)

Figura 1. Modelo de interacción suelo – Zapata – superestructura

El modelo de cálculo figura 1. Para el cálculo de acción sísmica, la cimentación debe considerarse como cuerpo absolutamente rígido, el sistema dinámico suelo – estructura, se asumirá como una carga puntual en su centro de gravedad de la zapata y el efecto del sismo externo actuante, se da en forma de vector (Villareal, 2006, p. 28).

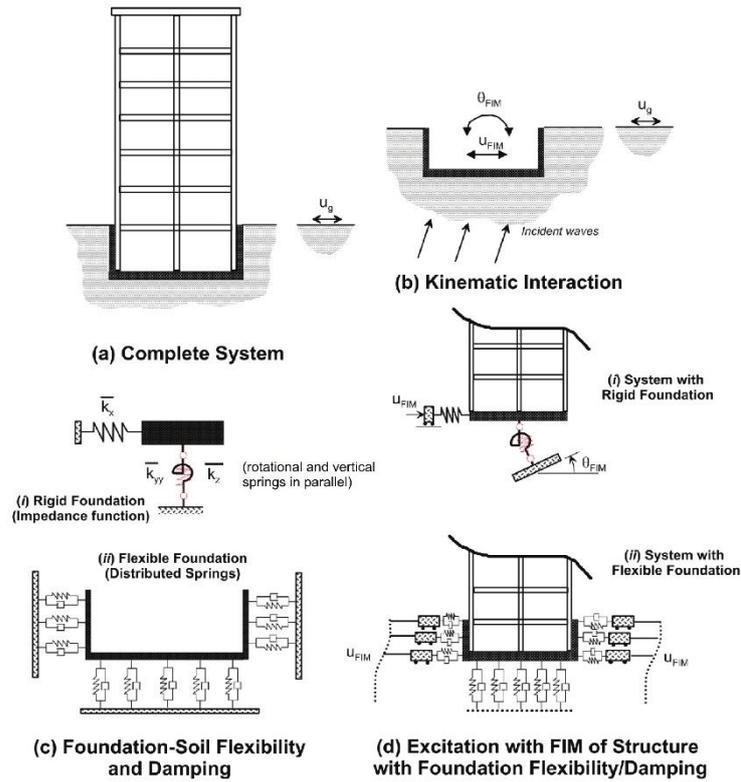
En **método de análisis directo** el suelo es representado como un medio continuo, conjuntamente con los elementos de la cimentación y la estructura, se realiza el análisis mediante la propagación de ondas a través del suelo, mediante la representación de elementos finitos (NEHRP, 2012).



Fuente: (NEHRP, 2012)

Figura 2. Esquema de método de análisis directo

El **método de enfoque de la subestructura**, la estructura se modela sobre la cimentación, para realizar un análisis dinámico, donde el movimiento de entrada al sistema es a través de los desplazamientos encontrados a nivel de cimentación y aplicados a los bordes de los resortes y disipadores causados por movimiento de entrada aplicado al modelo (NEHRP, 2012).



Fuente: (NEHRP, 2012)

Figura 3. Esquema del enfoque de subestructura, cimientos rígidos y supuestos cimientos flexibles.

Modelo Dinámico de D.D. Barkan - O. A Savinov

A través de distintas investigaciones experimentales El científico Ruso D.D. Barkan dio a conocer los coeficientes de rigidez (T/m y T.m) de las cimentaciones los cuales se presentan a continuación (Villareal, 2006):

$$K_x = C_x A \quad (1)$$

$$K_y = C_y A \quad (2)$$

$$K_z = C_z A \quad (3)$$

$$K_{\psi_x} = C_{\psi_x} I_x \quad (4)$$

$$K_{\psi_y} = C_{\psi_y} I_y \quad (5)$$

Dónde:

C_x, C_y, C_z, C_{ψ} , = Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme y no uniforme, coeficiente de compresión elástica uniforme y no uniforme, (T/M³).

A = Área de la base de la cimentación (m²).

I = Momento de Inercia de la base de la cimentación respecto al eje principal, perpendicular al plano de vibración (m⁴).

Quedando de acuerdo diversas investigaciones de la siguiente manera para la determinación final de coeficientes de compresión y desplazamiento (T/m³):

$$C_x = D_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (6)$$

$$C_y = D_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (7)$$

$$C_z = C_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (8)$$

$$C_{\phi.x} = C_0 \left[1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (9)$$

$$C_{\phi.y} = C_0 \left[1 + \frac{2(3a+b)}{\Delta * A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \quad (10)$$

Dónde:

D_0, C_0 = Coeficientes (T/m³) determinados mediante ensayo experimental para $\rho = \rho_0$ (T/m²).

a, b = Dimensiones de la cimentación en plano.

Δ = Coeficiente empírico, asumido para cálculos prácticos $\Delta = 1 m^{-1}$.

Para el coeficiente D_0 , tal como se muestran en las investigaciones de D.D. Barkan se puede utilizar la dependencia empírica mostrada a continuación:

$$D_0 = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5\mu} C_0 \quad (11)$$

Para cálculos prácticos se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$C_0 = 1.7 * \frac{E_0}{1 - \mu^2} * 10^{-3} \left(\frac{Kg}{cm^3} \right) \quad (12)$$

$$D_0 = 1.7 * \frac{E_0}{(1 + \mu) * (1 - 0.5 * \mu)} * 10^{-3} \left(\frac{Kg}{cm^3} \right) \quad (13)$$

Dónde:

E_0 =Módulo de elasticidad, calculado experimentalmente para la presión estática del suelo de 0.1-0.2 Kg/cm²

Así mismo se pueden utilizar valores del coeficiente C_0 cuando $\rho_0 = 0.2$ Kg/cm², esta se encuentran en función al tipo de suelo de la base de fundación, de la tabla 2 (Villareal, 2006, p. 31).

Tabla 2. Valores de Coeficiente C_0

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 compacta ($I_L < 0$)	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 ($0 < I_L \leq 0,5$)	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 ($0.5 < I_L \leq 1$)	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: (Villareal, 2006)

Cabe destacar que el modelo dinámico evaluado por D.D. Barkan y O.A. Savinov es un modelo teórico-experimental que se basa en el contacto de los cimientos con la base de cimentación a través del proceso establecido de vibraciones forzadas. Esta afirmación generó una variedad de críticas fundadas científicamente, considerando que este modelo se aplica en el análisis dinámico de edificaciones utilizando ISE, esto es más agudo, de manera que en un evento sísmico el sistema

Suelo-Estructura se trata como un proceso ondulatorio no estacionario (Villareal, 2006, p. 31).

Modelo Dinámico de la Norma Rusa

Los coeficientes de rigidez de compresión elástica uniforme K_z (T/m); Desplazamientos elástico uniforme K_x (T/m); Compresión elástica no uniforme K_ψ (T/m) desplazamiento elástico no uniforme k_ψ (T/m); se pueden hallar mediante las formulas siguientes (Villareal, 2006, p. 36).

$$K_z = C_z A \quad (14)$$

$$K_x = C_x A \quad (15)$$

$$K_\psi = C_\psi A \quad (16)$$

$$k_\psi = C_\psi A \quad (17)$$

Donde:

A : Área de la Base de cimentación.

$C_x, C_y,$: Coeficiente de desplazamiento en "X", "Y" Y compresión elástico uniforme.

C_ϕ, C_ψ : Coeficiente de compresión y desplazamiento elástico no uniforme.

Los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme (T/m^3), compresión y desplazamiento elástica no uniforme (T/m^3) se hallan con las expresiones mostradas:

$$C_x = C_y = 0.75 C_z \quad (18)$$

$$C_\phi = 2 C_z \quad (19)$$

$$C_\psi = 2 C_z \quad (20)$$

Modelo dinámico A.E. Sargsian

Es un modelo dinámico de ISE, elaborado para fines académicos A.E. Sargsian y A.A. Najapetian [87, 91-93], bajo este modelo se ingresan parámetros causiesticos de rigidez de la base de fundación K_x , K_ϕ , K_z determinados por las siguientes expresiones (Villareal, 2006, p. 35).

$$K_x = \frac{28,8 \cdot (1 - \mu^2) \cdot \rho \cdot C_2^2 \cdot \sqrt{A}}{\pi(7 - 8\mu)} \quad (21)$$

$$K_\phi = \frac{8,52 \cdot \rho \cdot C_2^2 \cdot I}{\sqrt{\pi} \cdot (1 - \mu) \cdot \sqrt{A}} \quad (22)$$

$$K_z = \frac{\rho \cdot C_1^2 \cdot \sqrt{A}}{\Phi \cdot (1 - \mu^2)} \quad (23)$$

Donde ρ – densidad de suelo de fundación ($T \cdot s^2/m^4$); I momento de inercia (m^4) de la área de la base de cimentación perpendicular al plano de vibración; A – área de cimentación; $\Phi = 0.833$; C_1 y C_2 velocidad de propagación de ondas longitudinales y transversales respectivamente del suelo de fundación (m/s).

Donde C_1 y C_2 se pueden hallar de la siguiente manera:

$$C_1^2 = \frac{(1 - \mu) \cdot E}{(1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu) \cdot \rho} \quad (24)$$

$$C_2^2 = \frac{E}{2 \cdot (1 + \mu) \cdot \rho} \quad (25)$$

E : es módulo de elasticidad del suelo de fundación.

Existen varios modelos dinámicos de ISE, es recomendable el uso y aplicación de los modelos D.D Barkan y la Norma Rusa, porque no exceden los valores admisibles de desplazamientos de la norma E.030 y tampoco permiten la concentración de esfuerzos en las columnas (Villareal, 2006).

Respuesta estructural

Se puede caracterizarse como un registro de los desplazamientos laterales del edificio durante el movimiento sísmico. Normalmente se quiere estudiar las

vibraciones de estas estructuras cuando están sometidas a cargas horizontales, como son las acciones sísmicas (Chopra, 2020).

Sismo: Fenómeno geológico que transmite energía sísmica sobre una estructura, la cual proporciona la máxima sollicitación sobre la misma, variando de muchas maneras y dependiendo de la zona de donde provenga el mismo.

Respuesta dinámica: Se califica como respuesta a todo resultado proveniente de un modelo dinámico, como desplazamiento, velocidad, aceleración, periodo y demás características producto de realizar dicho análisis.

Vibración estructural: Resultado de la realización de un análisis dinámico, este nos indica una de las formas posibles de movimiento que presenta la estructura, esto en base a su rigidez, masa y concepción estructural.

Coefficiente de Poisson: es una propiedad de cada material que especifica la relación entre las deformaciones longitudinales perpendiculares a la fuerza aplicada y las deformaciones longitudinales en la dirección de la fuerza aplicada.

Fuerzas Internas: Son fuerzas al interior de los elementos estructurales que se originan producto de agentes internos como externos, los cuales pueden ser fuerzas cortantes, momentos flectores, momentos torsores.

Análisis estático: Análisis que usa como base un patrón de cargas laterales, las cuales provienen de un estudio de peligro sísmico para la zona y factores de modificación en base al suelo, uso, sistema estructural y demás.

Análisis dinámico: Análisis basado en la inclusión de dos efectos extra, al ya conocido análisis estático, las fuerzas de inercia y las propiedades de amortiguamiento del edificio, en este tipo de análisis se evalúa el movimiento y las propiedades por el mismo movimiento inherentes del tipo de sistema.

Cortante basal: La cortante basal es el resultado total de las fuerzas laterales en la estructura efecto de las fuerzas de inercia horizontales, el cual luego es distribuido en todos los pisos de la estructura.

Diseño Sismo resistente: Procedimiento de diseño que tiene como objetivo prever el colapso de estructuras frente a sismo severo para asegurar la vida de las

personas y evitar el colapso de la estructura, sin embargo, no tiene como objetivo el control de los daños frente a otros tipos de sismos.

Suelo de Fundación: Suelo donde está apoyado estructura y soporta la carga total de la edificación, recibe y disipa las cargas que le transfiere la estructura de cimentación.

Ductilidad: Capacidad de incursionar en el rango inelástico de los elementos estructurales, sin pérdidas apreciables de rigidez y de resistencia.

III. METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

No experimental

No es factible manipular intencionalmente las variables por el investigador, para influir sobre ellas sino se observan las situaciones ya existentes, debido a que ya ocurrió al igual que sus efectos (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014, p. 152).

Nivel de investigación: Descriptivo

El diseño transversal descriptivo tiene como propósito describir las variables y analizar su incidencia momento único (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014, p. 154).

El objetivo de los diseños Descriptivo es determinar la prevalencia de los modos o niveles de una o más variables de una población. El procedimiento es encontrar variables a un grupo y proporcionar su descripción (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014, p. 155).

el enfoque de la investigación es cuantitativo, esto porque los resultados serán mostrados mediante magnitudes o valoraciones numéricas.

El enfoque cuantitativo: Esta estrategia emplea la recopilación de datos para poner a prueba, se basan en mediciones numéricas y el análisis estadístico, con el objeto de desarrollar patrones de comportamiento y poner a prueba las teorías (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014, p. 4).

3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Variable: Interacción Suelo Estructura

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

Población. De este estudio son todos los edificios de concreto armado, sistema dual para oficinas de 04 pisos ubicados en el distrito de Cerro Colorado, Arequipa.

La población es todo el conjunto de individuos que tengan la información sobre el fenómeno que se desea estudiar, es el conjunto de elementos del cual se puede tomar una muestra representativa (Quezada, 2010, p. 95).

- **Criterios de inclusión:** todas las edificaciones de concreto armado, sistema dual.

- **Criterios de exclusión:** edificios de estructuras metálicas, adobe, albañilería y otros.

Muestra: Como muestra tenemos un edificio de concreto armado con Sistema Dual para Oficinas de 04 pisos, con un área de 238.70 m² por piso, Provincia de Arequipa - distrito de Cerro Colorado.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) En esencia, la muestra es un subconjunto de la población. Supongamos que es un subconjunto de componentes que se especifican por sus atributos y se denominan población (p. 175).

parte de la población, de la que se obtiene la información para el desarrollo de la investigación, donde se realizaran las mediciones y observaciones de las variables de estudio (Bernal, 2010, p. 161).

Muestreo. utilizamos muestreo no probabilístico por conveniencia. la selección de la muestra no está basada en la probabilidad sino básicamente depende del criterio del investigador (Borja, 2016, p. 32).

Se trata de un subconjunto de la población en el que la selección de los componentes no se basa en la probabilidad, sino en las características del estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.176).

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

“para el caso de proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos utilizados, por ejemplo, para realizar un levantamiento topográfico, formatos para hacer los estudios de suelo, estudios de tráfico [...]” (Borja, 2016, p. 33).

Se ha utilizado la **técnica de observación directa** del fenómeno en estudio, simulados mediante modelos numéricos y se efectuara un análisis de los resultados obtenidos del modelo numérico de la edificación.

Los instrumentos utilizados son tablas de recolección de datos, diagramas y otros que permiten comparar los resultados.

Instrumentos de recolección de datos

La medición de las variables del presente trabajo de investigación, cuantificados con objetividad permiten efectuar un análisis comparativo de los resultados de los modelos numéricos considerando y sin considerar la ISE. Los instrumentos

utilizados para la recolección de datos, en el presente trabajo de investigación son fichas de cotejo de:

- Modo fundamental de vibración.
- Factor de masa participativa.
- Desplazamientos laterales de entrepiso del edificio.
- Desplazamientos relativos de entrepiso (Drift).
- Fuerza cortante lateral de entrepiso.
- Fuerzas internas axiales, momento flector y esfuerzo cortante.

Validez

Esta referido al grado de aceptación del instrumento y el grado de medición de la variable requerida (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014, p. 200).

Para evaluar la validez del instrumento, con las variables definidas y detalladas, se ha realizado la validación por el juicio de tres expertos, quienes son ingenieros civiles de la especialidad de estructuras, quienes definirán la aceptación o rechazo del instrumento.

Confiabilidad

La fiabilidad es la propiedad que valora la solidez y exactitud de la medida, si esto es así se puede confiar en los resultados que se obtienen (Barrios y Cosculluela, 2013).

El programa Etabs (herramienta), es un programa especializado para realizar el análisis estructural y diseño en edificaciones, que trabaja bajo el método de elementos finitos y cuyos resultados en los últimos años se han ido calibrando, para obtener resultados con mayor precisión, lo cual vuelve confiable nuestra investigación.

Para estimar la fiabilidad de un instrumento existen diferentes métodos, el coeficiente alfa de Cronbach es uno de los métodos que permite estimar la fiabilidad, que expresa la consistencia mediante la covariación de los ítems del cuestionario (Rodríguez y Reguant, 2020). Para la confiabilidad y validación del instrumento se realizó mediante este método.

Tabla 3. Cálculo de alfa de Cronbach

Encuestados (Expertos)	Ítem										SUMA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Experto 1	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	42
Experto 2	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	46
Experto 3	4	4	3	4	4	4	4	3	5	4	39
Varianza	0.22	0.22	0.22	0.00	0.22	0.22	0.22	0.67	0.22	0.22	
Sumatoria de varianzas $\sum S_t^2$	2.43										
Varianza de la suma de los ítems S_t^2	8.22										

Fuente: Elaboración propia (2022)

Para el cálculo de alfa de Cronbach se realizó considerando las varianzas, mediante la siguiente fórmula (Cronbach, 1951).

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum S_t^2}{S_t^2} \right]$$

donde:

- α : Coeficiente de alfa de Cronbach.
- n : Cantidad de ítem aplicado al instrumento.
- $\sum S_t^2$: Es la sumatoria de la varianza de cada ítem.
- S_t^2 : Varianza total aplicado al instrumento.

Con la expresión anterior se obtiene el valor de alfa de Cronbach:

Tabla 4. Cuadro de resultados de alfa de Cronbach

α	0.78
n	10
$\sum S_t^2$	2.43
S_t^2	8.22

Fuente: Elaboración propia (2022)

Según Barrios y Cosculluela (2013), que la fiabilidad adecuada está de 0.70 a 0.95. en este caso tenemos una confiabilidad de 0.78 para el presente trabajo de investigación, lo cual es una confiabilidad adecuada y aceptable. El cuestionario de validez del instrumento se encuentra en los anexos.

3.5. PROCEDIMIENTOS

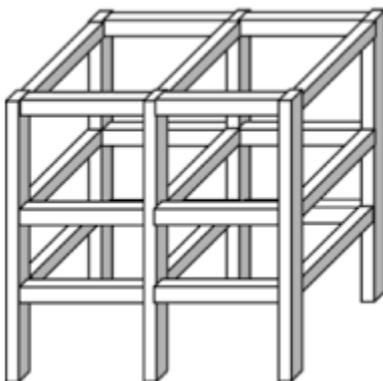
Fase 1: estructuración y predimensionamiento de la edificación.

Se define la configuración de los elementos estructurales, tratando de que la estructuración sea simple y simétrica en planta y elevación, para que la estructura ante un evento sísmico pueda resistir fuerzas horizontales sin tener deformaciones importantes (Blanco, 2012).

El predimensionamiento es un procedimiento inicial de un proceso iterativo, hasta alcanzar que la estructura cumpla las condiciones de control en derivas y desplazamiento de la estructura.

sistema estructural

- **Pórticos:** tiene como elementos estructurales principales columnas y vigas conectados mediante nodos, donde el 80% de la fuerza cortante ejerce sobre la base de la columna que conforman los pórticos (RNE E.030, 2018).

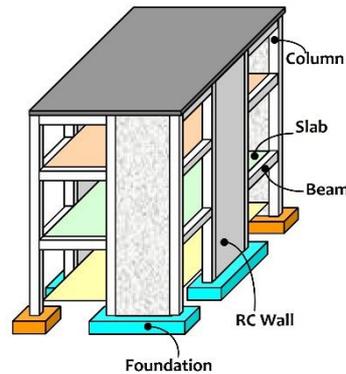


Fuente: Perez (2019)

Figura 4. Sistema de pórticos de concreto armado

Muros Estructurales: son muros de concreto armado que tienen una mayor dimensión en una dirección, en comparación al ancho que posee. Estos elementos por su configuración proporcionan gran rigidez lateral y resistencia en la dirección de su longitud a la estructura. Así evitando deformaciones laterales importantes, que pueden generar mayores daños en la edificación y causar pánico en los ocupantes, dada su rigidez los muros o placas son los encargados de absorber en mayor porcentaje los cortantes de sismo (Blanco, 2012, p. 33).

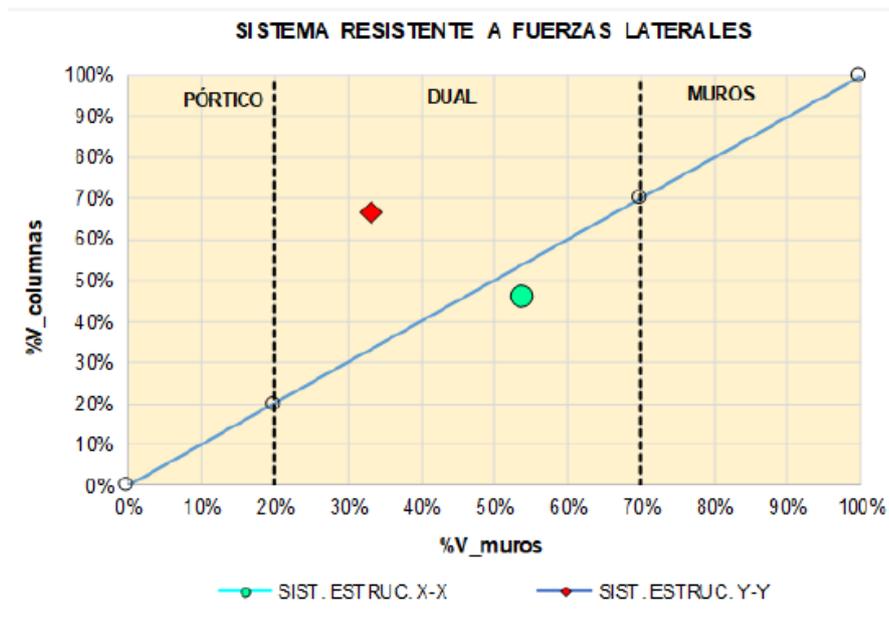
Sobre los muros estructurales actúan mínimamente el 70% de la fuerza cortante, siendo el elemento estructural aportante de mayor resistencia sísmica a la edificación (RNE E.030 2018).



Fuente: (Murty et al., 2012)

Figura 5. Sistema muros estructurales de concreto armado

Dual: este sistema estructural es la combinación de placas o muros estructurales con pórticos de concreto armado, las placas son las encargadas de absorber mayor que 20 % y menor que 70% de la cortante basal que actúa en la edificación.



Fuente: Norma E.030 (2018)

Figura 6. Sistema estructural Dual

Predimensionamiento

Losa aligerada: las losas aligeradas aportar menor peso a la edificación y son económica es por ello que es la primera opción de losa a utilizar, además se debe

tener en cuenta la luz libre de paños para su elección, así mismo en la práctica común se menciona que las losas aligeradas son económicas hasta una luz de 7.00 m.

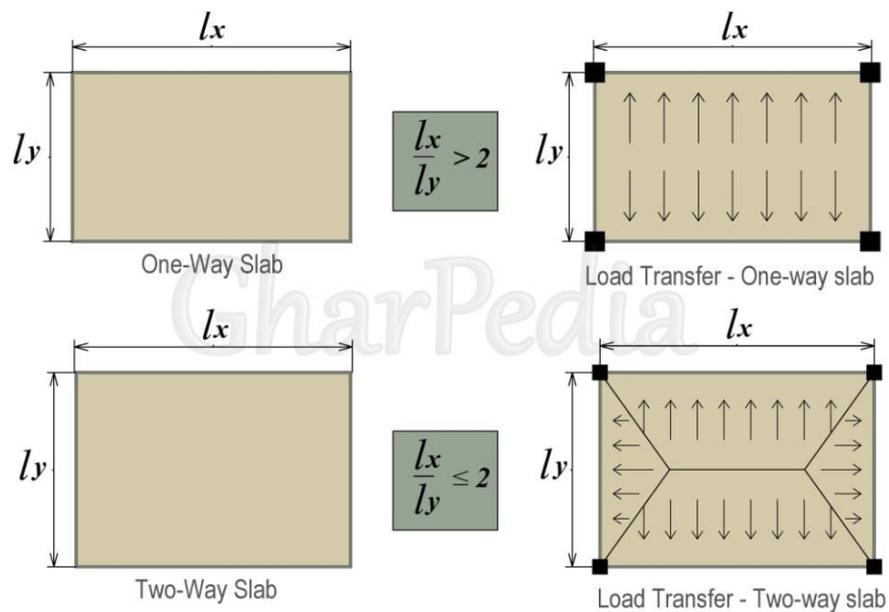
En principio son losas nervadas, pero que tienen como relleno ladrillo aligerado entre las viguetas; se coloca en la dirección más corta del paño, el peralte podrá ser dimensionado considerando los criterios mostrados para sobrecargas normales entre 300 a 350 kg/m² (Blanco, 1997).

Tabla 5. Altura del aligerado

h (cm)	Luz libre a cubrir
17	$L \leq 4$ m
20	$L \leq 5$ m
25	$L \leq 6.5$ m
30	$L \leq 7.5$ m

Fuente: Blanco (1997)

Losa aligerado bidireccional se usan para paños cuadrados y de luz mayor a 6 m. $h = 25$ cm para 6.50 y 7.50 m y $h = 30$ cm para 7.00 y 8.50 m de luz libre (Blanco, 2012, p. 37).



Fuente: Blanco (2012)

Figura 7. Losa aligerada unidireccional

Predimensionamiento de vigas

Son elementos estructurales que están sometidas a cargas ortogonales, así mismo son recolectores de carga de losas y transmiten hacia las columnas o placas, se dimensionan comúnmente considerando la luz libre entre columnas, con ancho de la viga de su peralte entre dos ($h/2$), considerando que la norma peruana indica como ancho mínimo 25 cm (Blanco, 2012).

$$h = \frac{L}{10} @ h = \frac{L}{12} \quad (26)$$

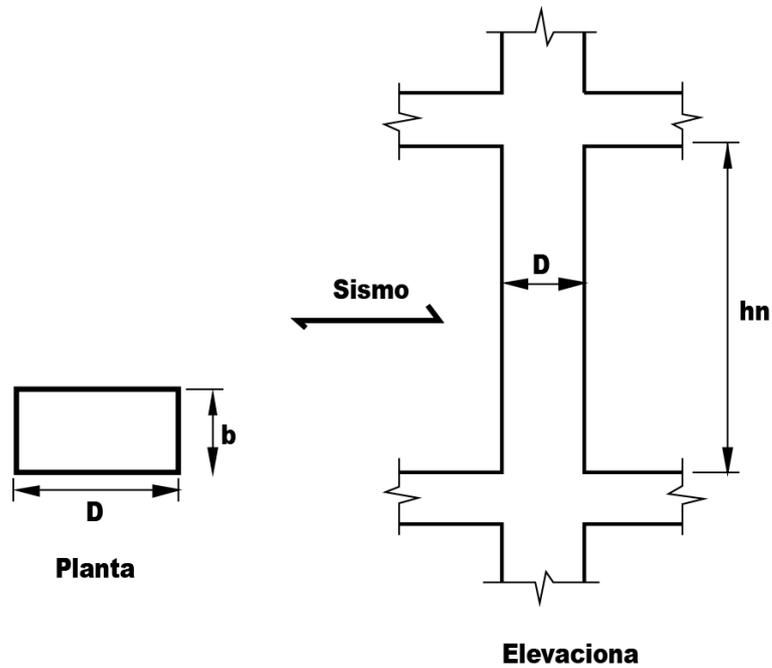
$$B = \frac{h}{2} \quad (27)$$

Siendo según la RNE. E.060 Concreto Armado la base de viga ($b \geq 25$ Cm) El peralte de la viga es muy importante debido a que permite controlar las deflexiones que esta pueda presentar por las cargas actuantes; a mayor altura de la sección, mayor momento de inercia tiene la sección alrededor del eje x.

Pre - dimensionamiento de Columnas: son elementos estructurales sometidos a cargas axiales y momento flector (flexo-compresión), por ello son dimensionados bajo la acción de los dos efectos simultáneos. Si la estructuración contempla placas en ambas direcciones las dimensiones serán menores que cuando estas no se consideran debido a que la mayor parte de los momentos serán absorbidos por las placas.

Después del sismo de Tokachi 1968, se realizaron distintas investigaciones y de la discusión de los resultados, donde colapsaron varias columnas por:

- Fuerzas cortantes
- Deficiencia en el anclaje del acero en las vigas.
- Deficiencia en los empalmes del acero en las columnas.
- Por aplastamiento



Fuente: Quispe (2017).

Figura 8. Parámetros para dimensionar columnas

Si $\frac{h_n}{D} \leq 2 \rightarrow$ Fallaran de manera frágil por fuerza cortante (Columna extremadamente corta).

Si $2 < \frac{h_n}{D} < 4 \rightarrow$ Falla frágil o falla dúctil.

Si $\frac{h_n}{D} \geq 4 \rightarrow$ Falla dúctil, condición recomendada.

Según ensayos experimentales de Japón, se puede utilizar para el predimensionamiento la formula siguiente:

$$n \geq \frac{K * P}{f'_c * b * D} \quad (28)$$

n = Índice de aplastamiento

Si $> \frac{1}{3} \rightarrow$ Por cargas axiales excesivas falla frágil.

Si $< \frac{1}{3} \rightarrow$ falla dúctil.

De la formula (25) se obtiene la siguiente expresión para predimensionamiento:

$$b * D \geq \frac{K * P}{n * f'c} \quad (29)$$

Tabla 5. Valores **n** y **K** para predimensionamiento de columnas

Tipo de columnas	K	n
C ₁ columna interior primeros pisos	1.1	0.3
C ₁ Columna interior para 4 ultimos pisos	1.1	0.25
C ₂ , C ₃ columna extremas pórticos interiores	1.25	0.25
C ₄ Columna de esquina	1.5	0.2

Fuente: Quispe (2017).

Tenemos la siguiente sugerencia para utilizar cargas distribuidas por área (ton/m²) dada por el Ing. Genner Villareal Castro para el predimensionamiento de columnas:

Edificación de categoría A	P = 1,50 Ton/m ²
Edificación de categoría B	P = 1,25 Ton/m ²
Edificación de categoría C	P = 1,00 Ton/m ²

Fase 2: Recopilación de la información del suelo.

Estudio de mecánica de suelos.

En esta fase se realizó el estudio de mecánica de suelos en el terreno de fundación, con el objeto de investigar el subsuelo del terreno de la edificación en estudio, el estudio se realizó a través de trabajos de campo mediante calicatas “excavaciones a cielo abierto” a criterio del especialista y mediante ensayos de laboratorio de las muestras que se obtuvieron de las calicatas, para conocer las características mecánicas y físicas del suelo, como también las propiedades de resistencia, de acuerdo a esta información se clasifican los perfiles de suelo, tipo y profundidad de cimentación y su capacidad admisible.

Peso específico del suelo: este parámetro considera el peso de una unidad de volumen de suelo, depende de las condiciones en la que se encuentra, como son la humedad, porosidad, vacíos de aire y el peso específico de las partículas que lo conforman (Rodríguez, 2019, p. 45).

Modulo dinámico al esfuerzo cortante: determina el comportamiento mecánico del suelo a deformaciones. Permite predecir el comportamiento del suelo con la estructura en el tiempo.

Coefficiente de poisson del suelo: es una contante elástica que mide en una proporción la variación sección transversal y longitudinal a la aplicación de la fuerza.

Fase 3: Desarrollo de modelos matemático

Desarrollo de modelo número de la estructura en análisis: en esta etapa se desarrolló un modelo matemático para el análisis dinámico estructural, se realizó en un software basado en elementos finitos. La estructura se puede idealizar con tres tipos de elementos tipo línea. Tipo área y tipo sólido. El modelamiento se realizó en el programa Etabs, con las secciones de elementos estructurales obtenidos del predimensionamiento.

Propiedades mecánicas de los materiales que componen la estructura: dependen del tipo de análisis a realizar, en esta investigación se realizó en el rango elástico, por lo que se consideran las propiedades mecánicas de los materiales que se encuentran en rango elástico lineal (coeficiente de poisson, módulo de elasticidad y corte).

Definición y asignación de patrones de carga:

Asignación de cargas: se identifican las cargas que actúan en la estructura, Cargas dinámicas y estáticas del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Carga Muerta: se consideran las cargas del peso propio de la estructura, cargas de tabiquería, equipos y demás elementos que soporta la estructura que cuya magnitud tiene una mínima variación en el tiempo, de acuerdo al RNE E.020.

Carga Viva: considera toda la carga movable de la estructura producto de su uso, además se incluye la tabiquería móvil en caso corresponda, de acuerdo al RNE E.020.

Definición de cargas sísmicas: La Norma E.030 Diseño Sismorresistente contempla parámetros que nos permitió caracterizar las cargas sísmicas, que permite determinar la cortante basal de la edificación; el RNE E.030 indica la

siguiente expresión para determinar la cortante basal de diseño, para un sismo severo con periodo de retorno de 475 años.

$$V = \frac{ZxUxSxC}{R} x P \quad (30)$$

El análisis sísmico estático se efectuó en función del peso total de la edificación y para el análisis sísmico dinámico en función de la gravedad don de los parámetros indicados son: factor de zona (Z), factor de uso (U), Factor de suelo (S), Factor de amplificación sísmica (C) y factor de reducción sísmica (R).

Factor de zona (Z): Aceleración sísmica cada 475 años en un suelo bueno, el Perú consta de cuatro zonas sísmicas, la región Arequipa, provincia Arequipa, Distrito Cerro Colorado está ubicado dentro de la zona 3



Fuente: RNE E.030 (2018)

Figura 9. Mapa sísmico del Perú

Factor de Uso (U): es un amplificador que representa la importancia de la edificación, su uso está dado de acuerdo a la categoría considerada en la tabla N° 05 del RNE E.030 (Anexo 04). las edificaciones más importantes deben ser

diseñados para resistir mayores fuerzas que las edificaciones comunes, para esta investigación tenemos, edificio para oficinas categoría C, Factor ($U = 1,0$).

Factor de amplificación sísmica (C): coeficiente que relaciona fuerzas y desplazamientos de manera inversa en función al periodo natural del edificio y las características de sitio.

$$\begin{array}{ll}
 T < T_p & C = 2,5 \\
 T_p < T < T_L & C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \\
 T >> T_L & C = 2,5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)
 \end{array}$$

Perfiles de suelo: la Norma E.030 diseño Sismorresistente, los perfiles de suelo son clasificados mediante el promedio de la velocidad de propagación de las ondas de corte. En la tabla N° 2 RNE. E.030 (Anexo 04), el suelo de fundación de la edificación corresponde a tipo de suelo S2 (suelo intermedio), $T_p = 0,6$ Y $T_L = 2,0$ Y con un factor de suelo $S = 1,15$.

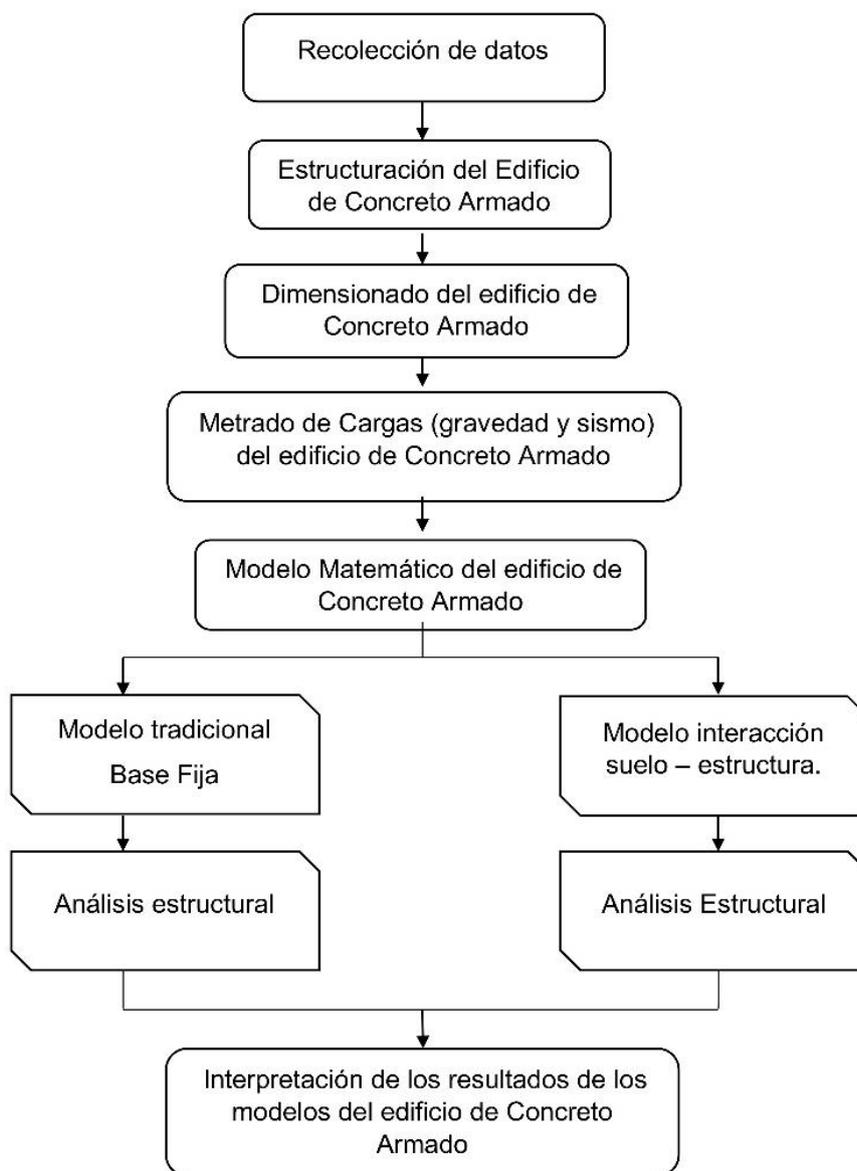
los cambios en las características de las ondas sísmicas son producto del perfil estratigráfico del suelo, siendo las condiciones adversar de un suelo las requieren amplificación a partir de un suelo bueno, en la tabla N° 3 RNE E.030 (Anexo 04), propone los parámetros de amplificación de acuerdo a la zona sísmica donde se está ubicado la edificación. Para zona 3 y suelo intermedio (S2) el facto de suelo ($S = 1,15$).

Los periodos T_p y T_L , para una condición de suelo intermedio (S2), $T_p = 0,60$ y $T_L = 2,00$ de acuerdo a la tabla N° 3 RNE E.030 (Anexo 04).

Factor de reducción sísmica (R): factor que representa la confianza que se tiene a un sistema estructural, varía de acuerdo a las irregularidades tanto en planta y como en altura, que posee la edificación en estudio. Es determinado Considerando que:

$$R = R_0 * I_a * I_p$$

(R0) resulta de la tabla N° 7 RNE E.030, (Ia) factor de irregularidad en altura, resulta del cumplimiento de las condiciones dadas en la tabla N° 8 RNE E.030, (Ip) factor de irregularidad en planta, resulta de las condiciones de verificaciones de la tabla N° 9 RNE E.030; De estos valores determinados se tiene que elegir el factor más crítico que puede afectar a la estructura; Las edificaciones deben ser clasificados como regulares o irregulares con la finalidad de realizar un tratamiento adecuado en el proceso de análisis estructural, y que permita idealizar el modelo número lo más cercano a la realidad.



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 10. diagrama de procedimientos de investigación.

3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

En este trabajo de investigación se ha elegido la Técnica Cuantitativa ya que los datos se presentan en forma numérica y permiten contabilizar las características y comportamientos de los modelos matemáticos de cada edificación de Concreto Armado. Los resultados obtenidos fueron sometidos a operaciones de modelamiento numérico, análisis de dos modelos y mediante un comparativo se presentan los resultados a través de tablas y gráficas.

3.7. ASPECTOS ÉTICOS

Esta investigación tiene una importancia de desarrollo educativo; busca la incorporación de nuevos modelos y tendencias para el desarrollo de diseños estructurales más acordes a la realidad, la recopilación de información se realiza de forma veraz y el procesamiento de datos se ejecuta bajo las normativas técnicas peruanas y extranjeras. Bajo el estricto cumplimiento del código de ética en la investigación de la universidad cesar vallejo.

Las citas y bibliografía de la información utilizada, está de acuerdo al estilo ISO 690 (Organización Internacional de Normalización), que exige la Universidad Cesar Vallejo para los trabajos de investigación.

Así mismo respecto al porcentaje de similitud de este trabajo de investigación, se realizó mediante el análisis del programa Turnitin, que fue gestionada por la universidad Cesar Vallejo y se adjuntó a la entrega del presente trabajo de investigación el reporte de Turnitin.

IV. RESULTADOS

Descripción del proyecto

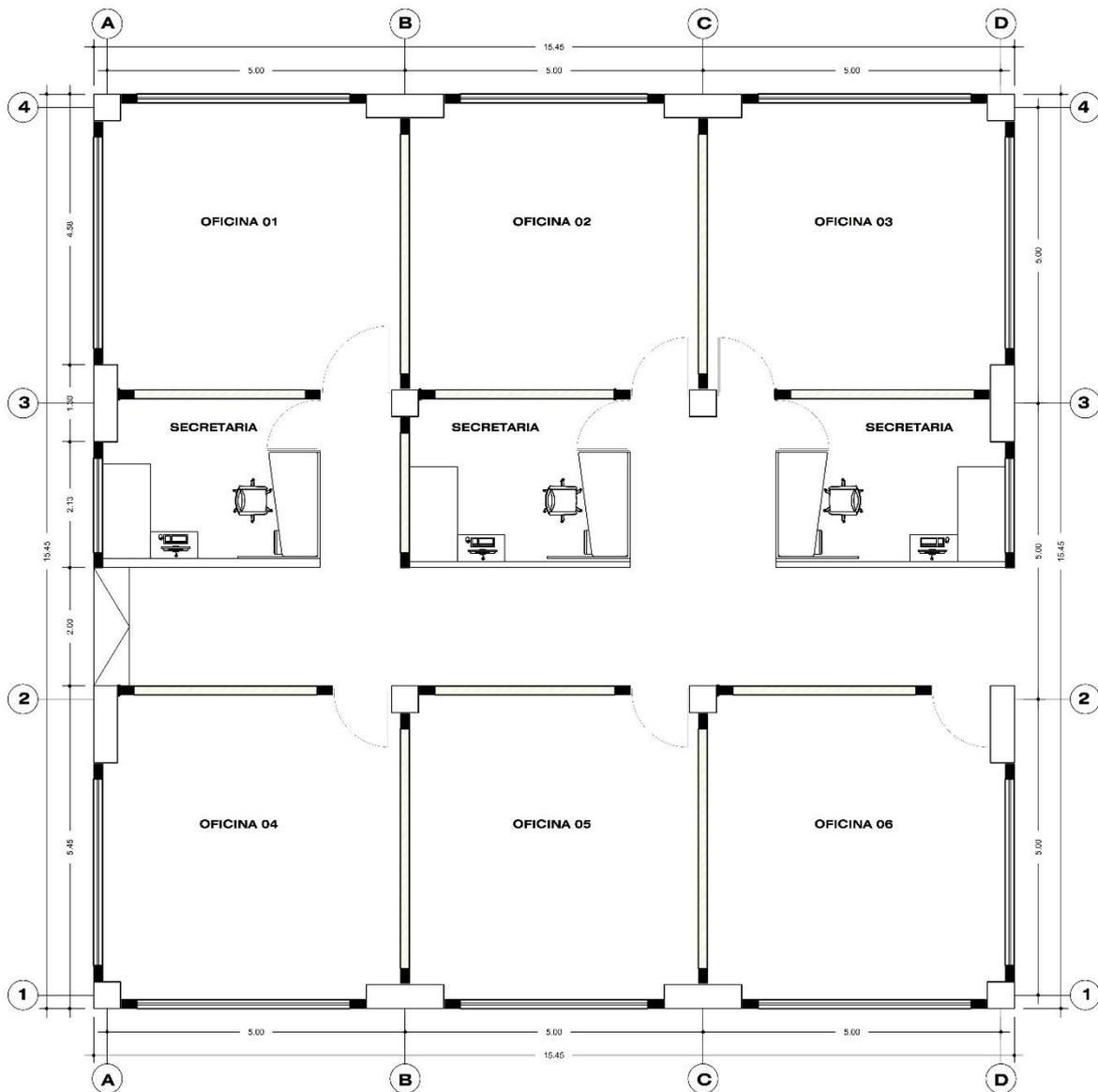
La edificación es para oficinas de 04 pisos, sistema dual de concreto armado con dimensiones en eje “X” de 15.45 m y en eje “Y” de 15.45 m, con un área de 238.70 m²; con una altura de entrepiso de 3.40 m; ubicado en el distrito de cerro colorado Manzana: L, Lote: 20, Zona: A, Asentamiento Humano Víctor Andrés Belaúnde.

Región : Arequipa.
Provincia : Arequipa.
Distrito : Cerro Colorado.



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 11. Ubicación de la zona de estudio, Víctor Andrés Belaunde – Cerro Colorado.



PLANTA TIPICA 1er, 2do, 3er Y 4to NIVEL

Fuente: plano arquitectura (2020)

Figura 12. Plano de arquitectura – distribución en planta típica en los cuatro niveles.

El presente proyecto según figura 12. Tiene 04 niveles, con altura de entrepiso de 3.40 m, tiene cerramiento perimetral a manera de alfeizar de 1.05 m de altura y los muros interiores es de altura completa aislados de los elementos estructurales, con columnas y vigas de confinamiento.

Definición del sistema estructural

Para el presente proyecto se ha considerado colocar pórticos y placas de concreto armado en ambas direcciones, por la gran ventaja que posee para el control de los desplazamientos laterales (derivas de entrepiso) por la presencia de las placas de concreto armado. De tal manera que fue corroborada después de realizar el análisis el sistema estructural por el porcentaje de cortante basal que actúa en las placas.

Predimensionamiento de elementos estructurales

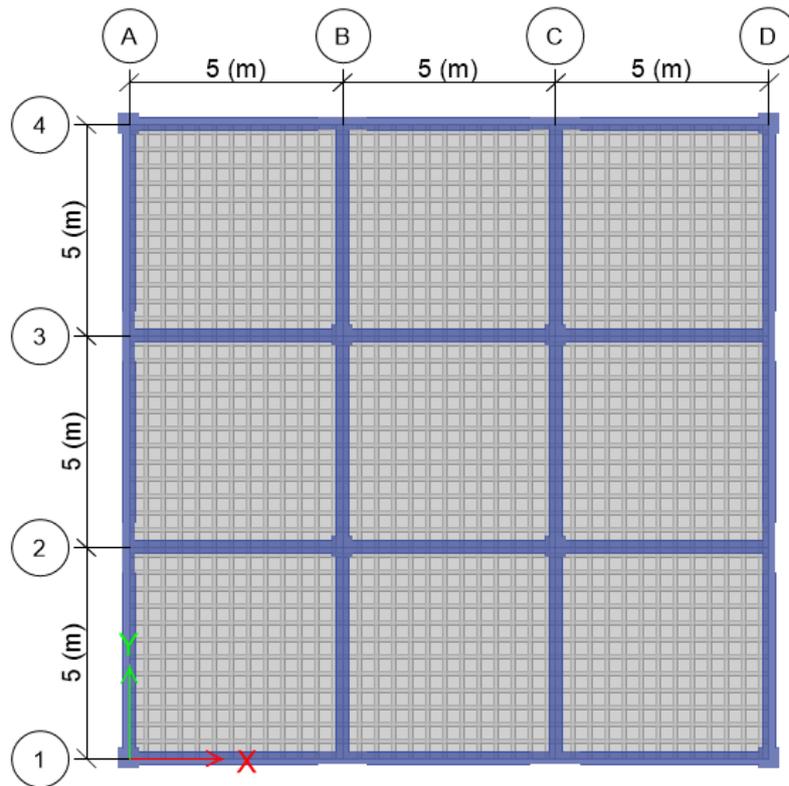
Losa aligerada bidireccional: para losas de paños cuadrados y la luz libre menor o igual a 5.00 m, se recomienda utilizar losas aligeradas de $h=20$ cm según (tabla 3) para sobrecargas normales entre 300 a 350 kg/m². Así mismo se debe cumplir ($h = L/25$) los peraltes mínimos para no ser verificado las deflexiones del RNE E.060, tenemos:

$$L = 4.80 \text{ m} \leq 5.00 \text{ m} \rightarrow h = 20 \text{ cm.}$$

$$h = \frac{4.80 \text{ m}}{25} = 0.19 \text{ m} \rightarrow h = 20 \text{ cm.}$$

Por lo tanto, tenemos losa aligerada bidireccional:

$$\mathbf{h = 20 \text{ cm.}}$$



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 13. Losa aligerada bidireccional, $h = 20$ cm.

Vigas de concreto armado

Al tener una losa aligerada bidimensional, las cargas son transmitidas hacia los cuatro bordes, por consecuencia se consideró vigas principales en ambas direcciones "X" y "Y". se buscó conocer las dimensiones iniciales como sigue:

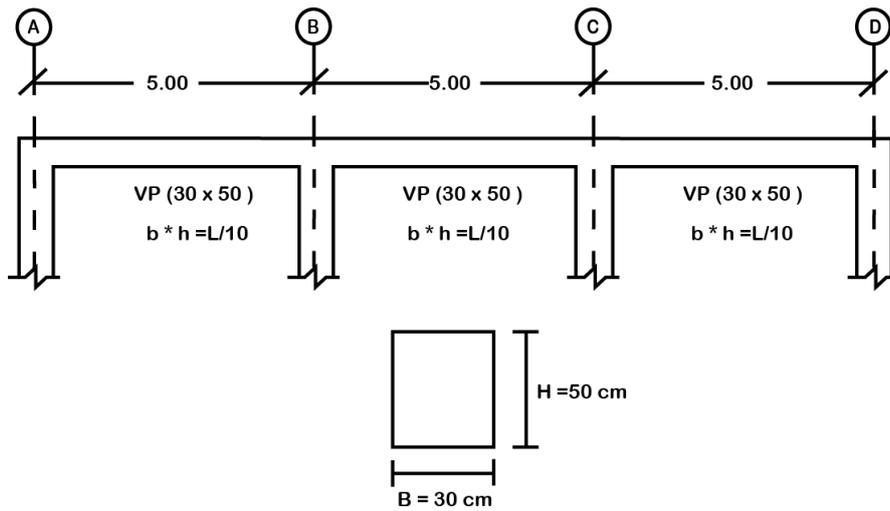
$$h = \frac{5.00}{10} = 0.50 \text{ m} \rightarrow h = 50 \text{ cm.}$$

Base de la viga:

$$b = \frac{h}{2} = 0.25 \text{ m} \dots \text{cumple con la RNE E.060}$$

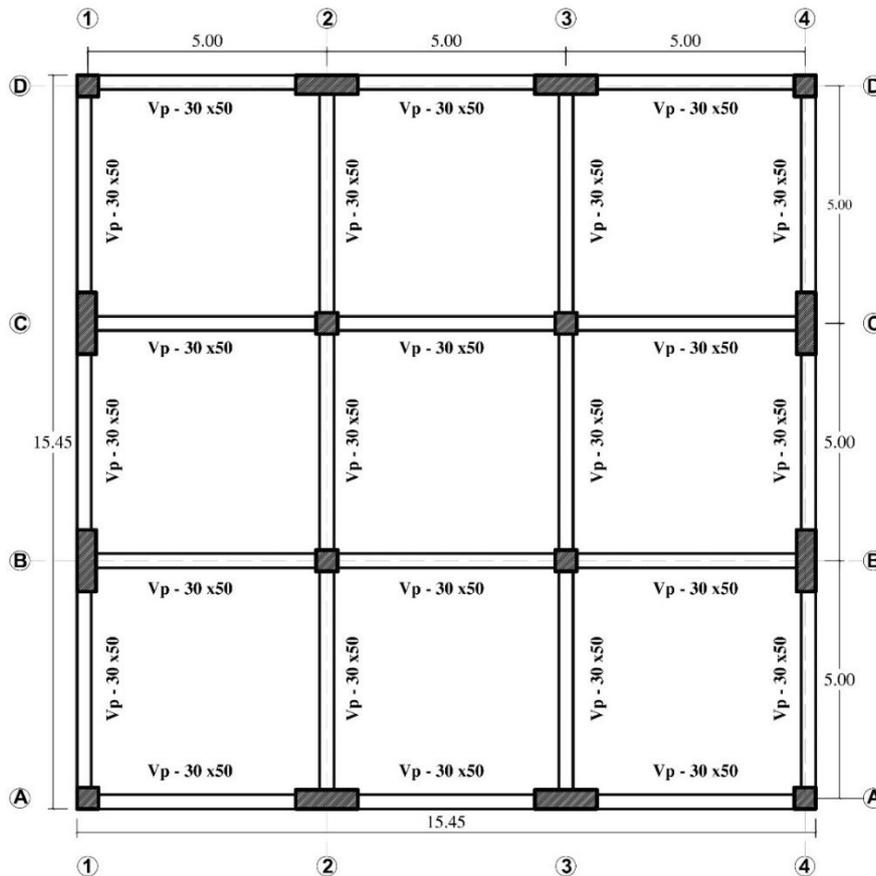
La base de la viga cumple lo indicado en el R.N.E E.060 además de ello se debe brindar un ancho para evitar la congestión del acero de refuerzo y permitir la fluidez del concreto durante su colocación, por tal razón se optó considerar un ancho de 30 cm para la viga en ambas direcciones, teniendo la sección de vigas como se muestra en la figura 14:

VIGA (30 x 50) cm



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 14. Predimensionamiento de sección de vigas (30x50 cm).



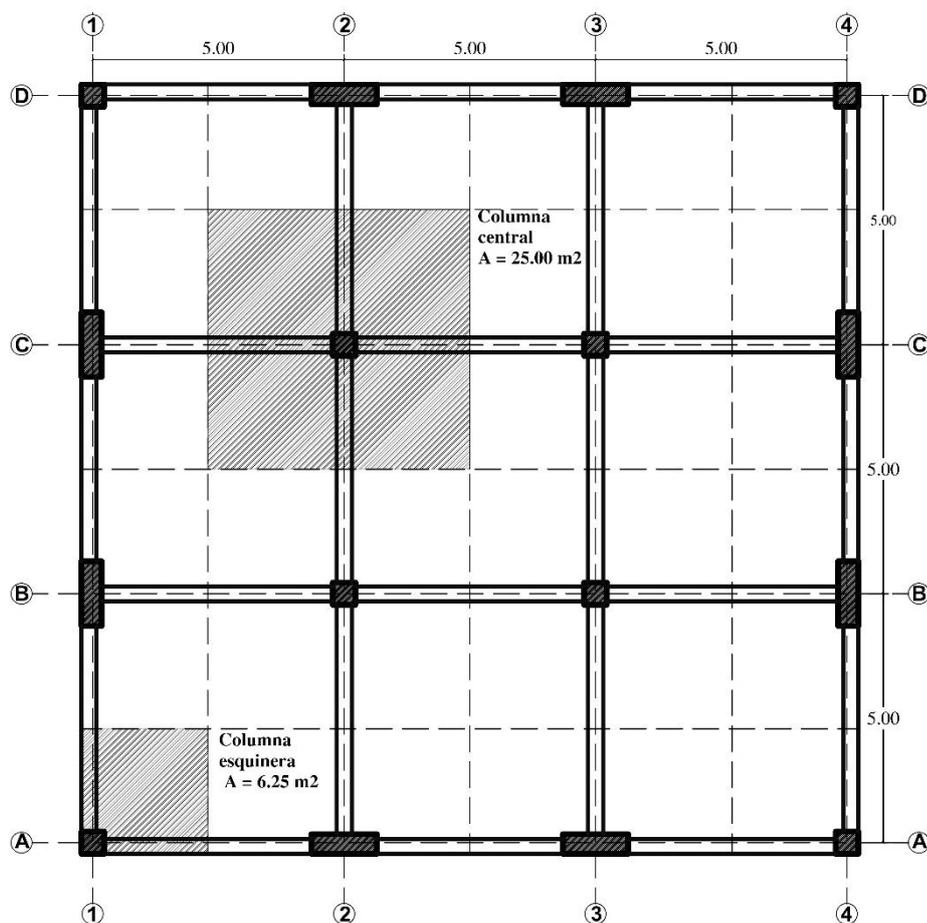
Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 15. Definición de las secciones de las vigas de concreto armado en planta.

Tal como se evidencia en la figura 15. las secciones de las vigas en ambas direcciones son uniformes, así mismo las dimensiones de las vigas por las cargas sísmicas requieren ser peraltados en ambas direcciones.

Columnas de concreto armado

Las columnas debes ser diseñadas para soportar cargas axiales y momentos flectores máximos, estos elementos estructurales han sido ubicados de manera simétrica, con el peralte en la dirección de análisis en cada eje, sin embargo este proyecto contempla en su estructuración placas de concreto armado que le aportan mayor rigidez a la estructura.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 16. Predimensionamiento de columnas mediante áreas tributarias.

En edificio de 4 pisos tiene una planta típica tal como se muestra en la figura 16. de uso para oficinas de categoría "C", con losas aligeradas de 20 cm, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. Con estos parámetros se detalla el predimensionamiento de columnas:

Columna central:

Área tributaria para la columna centra:

$$A = 5.00 * 5.00 = 25.00 \text{ m}^2.$$

$$A = 25.00 \text{ m}^2.$$

Estimación de peso de carga de servicio

$$Ps = P \text{ carga distribuida} * \text{Area} * N^\circ \text{ de pisos}$$

$$Ps = 1,000.00 \text{ kg/m}^2 * 25.00 \text{ m}^2 * 4$$

$$Ps = 100,000.00 \text{ kg}$$

Según la tabla 5. Tenemos el valor de **n = 0.30** y **k = 1.10**; Por lo que reemplazando en la ecuación (29) tenemos:

$$b * D \geq \frac{1.10 * 100,000.00 \text{ kg}}{0.30 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 1,746.03 \text{ cm}^2$$

$$b * D \geq 1,746.03 \text{ cm}^2$$

Siendo para una sección cuadrada dimensiones iguales a:

$$D = 41.78 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Por tanto, tenemos columnas cuadradas de sección: 0.50x0.50 m.

Para la **Columna esquinera** se realizó el cálculo de la siguiente manera:

Área tributaria para la columna esquinera:

$$A = 2.50 \text{ m} * 2.50 \text{ m} = 6.25 \text{ m}^2.$$

$$A = 6.25 \text{ m}^2.$$

Estimación de peso de carga de servicio

$$Ps = P \text{ carga distribuida} * \text{Area} * N^\circ \text{ de pisos}$$

$$Ps = 1,000.00 \text{ kg/m}^2 * 6.25 \text{ m}^2 * 4$$

$$Ps = 25,000.00 \text{ kg}$$

Según la tabla 4. Tenemos el valor de **n = 0.20** y **k = 1.50**; Por lo tanto reemplazando en ecuación (29) tenemos:

$$b * D \geq \frac{1.50 * 25,000.00 \text{ kg}}{0.20 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 892.86 \text{ cm}^2$$

$$b * D \geq 892.86 \text{ cm}^2$$

Siendo para una sección cuadrada dimensiones iguales a:

$$D = 29.88 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Para las columnas esquineras se requieren por cargas de servicio dimensiones de 0.30x0.30 m. sin embargo se optó por uniformizar las secciones de las columnas por dimensiones de: **0.50x0.50 m.**

Placas de concreto armado

Se dimensiono por condición sísmica por ello conociendo los parámetros de suelo, factor de zona, categoría de la edificación se puede concebir una dimensión inicial, sin embargo las dimensiones finales serán obtenidas de acuerdo al análisis sísmico, verificando que los desplazamientos laterales cumplan con los límites establecidos por la norma E.030. es usual considerar que las placas asumirán el 60% del cortante estático. Para ello, estableceremos la base de la resistencia al corte:

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'_c} * t * (0.80 * l)$$

$$t * L = \frac{V}{0.424 * \sqrt{f'_c}}$$

Esta área de placas se utilizará para cada dirección de análisis de la estructura.

Donde:

t : Espesor de la placas.

L : Longitud total de las placas.

Reemplazando en la ecuación **(28)** se determinó la cortante basal estático:

$$V = \frac{0.35 \times 1 \times 2.50 \times 1.15}{7} \times 930.25 \text{ tonf}$$

$$V = 133.72 \text{ tonf}$$

Cortante dinámico regular:

$$V_{\text{dinamico regular}} = 80\% V_{\text{estatico}}$$

$$V_{\text{dinamico regular}} = 80\% (133.72) \text{ tonf} = 106.98 \text{ tonf}$$

Cortante que absorben las placas:

$$V_{\text{placas}} = 60\% V_{\text{dinamico}}$$

$$V_{\text{placas}} = 60\% (106.98) = 64,190.00 \text{ kgf}$$

Calculo de área de las placas requerida en cada dirección:

$$\text{Area Placas} = \frac{64,190.00}{0.424 \times \sqrt{210}} = 10,447.00 \text{ cm}^2$$

Dirección XX

Según R.N.E E.060 el ancho mínimo para una placa es de 0.15 m, sin embargo, en el proyecto tenemos vigas con base de 0.30 m, por tal motivo se consideran ancho de placa de 0.30m para permitir un adecuado anclaje de las vigas en las placas.

$$\text{Longitud total} = \frac{10,447.00}{30} = 348.23 \text{ cm}$$

El proyecto requiere una placa de longitud 3.48 m con un ancho de 0.30 m, al considerar en el proyecto 4 placas en la dirección XX, por lo tanto:

$$\text{Longitud de placa} = \frac{348.23}{4} = 87.06 \text{ cm}$$

Teniendo en cuenta que es considerada como placa a partir de una longitud de 1.20 m se consideró como dimensión de las placas en la dirección X: **0.30x1.20 m**.

Dirección YY

bajo las mismas consideraciones para la dirección XX, y concordante con el R.N.E E.060 el ancho mínimo para una placa es de 0.15 m, sin embargo, en el

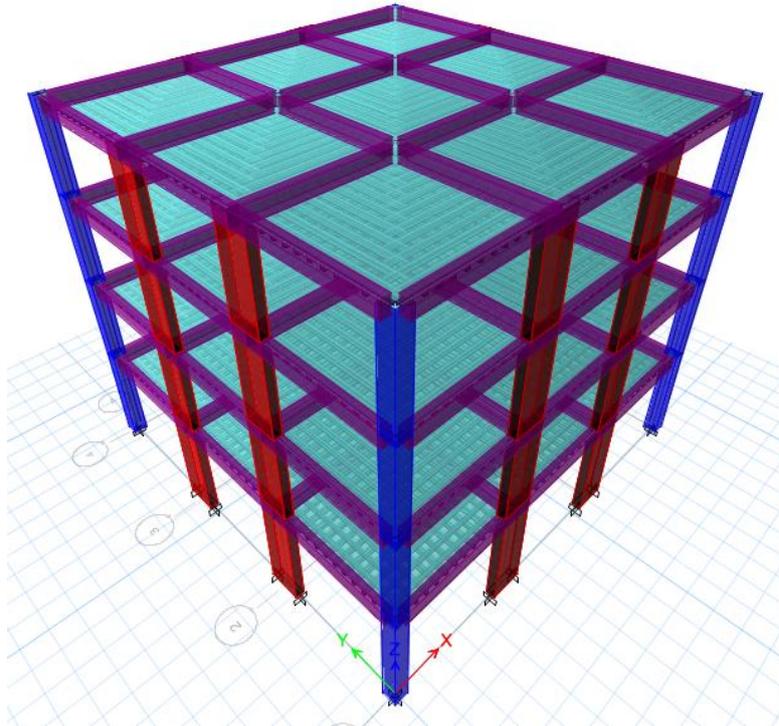
proyecto tenemos vigas con base de 0.30 m en la dirección Y, se considera ancho de placa de 0.30m para permitir un adecuado anclaje de las vigas en las placas, tenemos dimensión de placas en la dirección YY de: **0.30x1.20 m.**

Modelamiento numérico del edificio

Con la finalidad de realizar un análisis estructural del edificio de concreto armado del estudio, fue necesario realizar un modelo numérico para el análisis basado en el método de elementos finitos (FEM). en la actualidad contamos con programas de cómputo especializado para el análisis y diseño estructural por medio de modelos apropiados que asemejan las condiciones de análisis a las condiciones reales. Siendo esta una aproximación que nos permite determinar los esfuerzos a las que están sometidas cada elemento estructural y predecir el comportamiento global de la estructura, respuesta de la estructura a la acción de las cargas a la que se encuentra sometida.

El análisis y modelamiento se realizó en el programa Etabs, lo cual está basado en el método de elementos finitos, enfocado especialmente a edificaciones, donde se puede realizar análisis estático y dinámico lineal y no lineal con una interfaz en 3D.

Es este proyecto se realizó el modelo de los elementos estructurales vigas y columnas a través de elementos barra (Frame) y para las placas y losas se utilizó los elementos área (Shell). El modelo matemático de la edificación se realizó en el programa ETABS, ingresando la geometría de la edificación mediante grillas que representan el eje de los elementos estructurales, las secciones de los elementos son las dimensiones definidas en la etapa del predimensionamiento, se realizó la asignación de cargas actuantes en la ubicación que se encuentran y las magnitudes de acuerdo al Metrado de cargas que se presenta. Así mismo el análisis estructural se realiza bajo la hipótesis de diafragma rígido en cada nivel que permite compatibilizar los desplazamientos de los elementos estructurales; El análisis estructural permite obtener los esfuerzos que se generan en cada elemento estructural, desplazamiento y derivas de entre piso.



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 17. Vista isométrica del modelo matemático 3D en ETABS.

Definición de materiales

Para realizar un análisis lineal elástico, solamente es necesario definir el módulo de elasticidad del concreto “E” que depende de la resistencia a compresión del concreto y el módulo de poisson “μ” para condición de materiales isotrópico. En la siguiente tabla 6. se muestra las propiedades utilizados para el concreto en el presente proyecto.

Tabla 6. Propiedades mecánicas del concreto reforzado

Resistencia a la compresión	$f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$;
Peso específico	$\gamma_m = 2,400 \text{ kg/m}^3$
Módulo de elasticidad	$E_c = 15,000 * \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2$
Módulo de poisson	$\mu = 0.2$

Fuente: Elaboración propia (2022)

Las propiedades de la tabla 6. Fueron definidas en el programa, tal como se evidencia la figura 18. además el módulo de corte del concreto “ G_c ” es calculada

de manera automática por el programa a partir de las propiedades mecánicas del definidas, así mismo, se asignó el peso específico del concreto para que el programa realice el cálculo de peso propio de la edificación de manera interna.

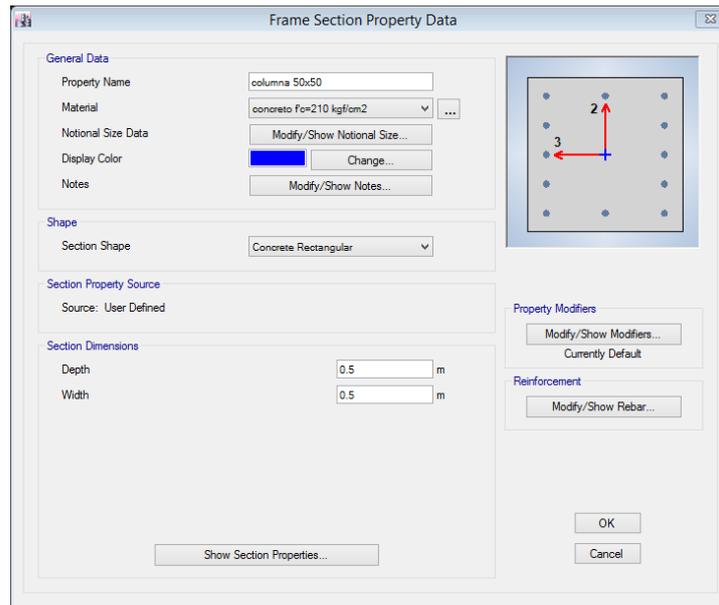
Section	Property	Value	Unit
General Data	Material Name	concreto f'c=210 kgf/cm2	
	Material Type	Concrete	
	Directional Symmetry Type	Isotropic	
	Material Display Color	[Grey Swatch]	
	Material Notes		
Material Weight and Mass	Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
	Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
	Weight per Unit Volume	2.4	tonf/m³
	Mass per Unit Volume	0.244732	tonf-s³/m⁴
Mechanical Property Data	Modulus of Elasticity, E	2173706.51	tonf/m²
	Poisson's Ratio, U	0.2	
	Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099	1/C
	Shear Modulus, G	905711.05	tonf/m²
Design Property Data	Modify/Show Material Property Design Data...		
Advanced Material Property Data	Nonlinear Material Data...		
	Material Damping Properties...		
	Time Dependent Properties...		

Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 18. Asignación de las propiedades mecánicas del concreto $f'c = 210$ kgf/cm².

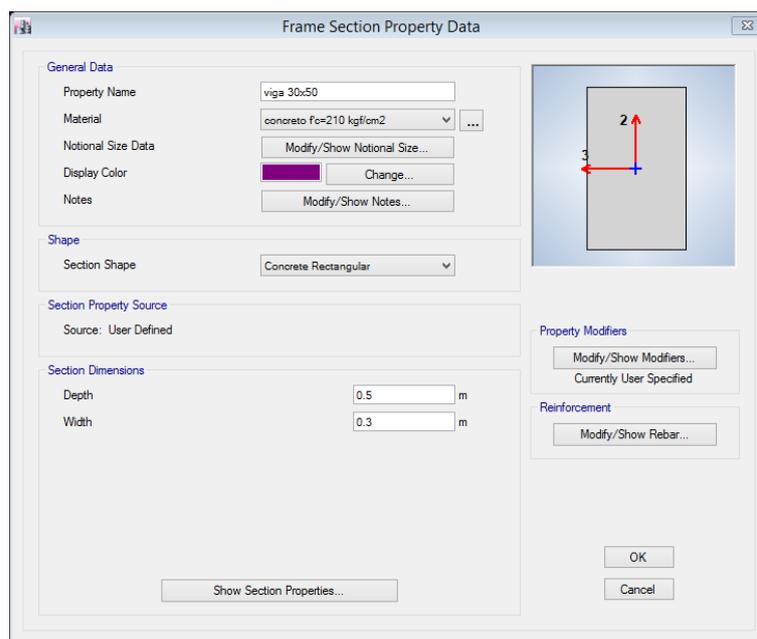
En la figura 18. Se ha definido las propiedades mecánicas del concreto, de resistencia a la compresión de concreto $f'c = 210$ kgf/cm². Para que el programa reconozca para realizar los cálculos internos. Así mismo las unidades con las que se trabaja son toneladas fuerza y metros.

De igual manera fue necesario definir las secciones de vigas y columnas, que fueron concebidas en el capítulo del predimensionamiento. Las dimensiones finales de estos elementos estructurales serán definidas después de realizar el análisis estructural en caso que la edificación no cumpla con las exigencias de la Norma E.030.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 19. Definición de Columna de 50x50 cm. De concreto $f'c = 210$ kgf/cm².



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 20. Definición de sección de viga de 30x50 cm. Concreto $f'c = 210$ kgf/cm².

La definición de estos elementos en el programa Etabs se realizó mediante elementos Frame Section figura 19 y 20.

la definición de la losa aligerada bidireccional de 0.20 m de altura, se realizó como se muestra en la figura 21.

General Data	
Property Name	losa alig bidireccional h=20cm
Slab Material	concreto f _c =210 kgf/cm ²
Notional Size Data	Modify/Show Notional Size...
Modeling Type	Shell-Thin
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...

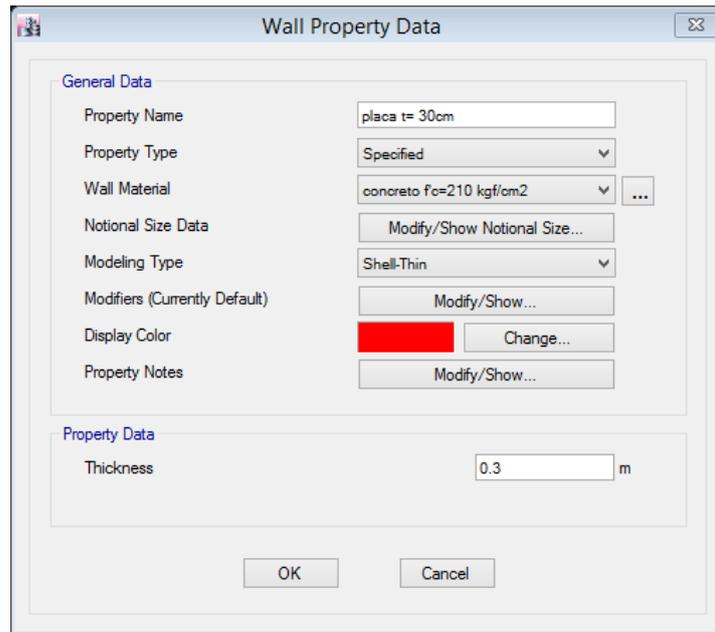
Property Data	
Type	Waffle
Overall Depth	0.2 m
Slab Thickness	0.05 m
Stem Width at Top	0.1 m
Stem Width at Bottom	0.1 m
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 1-Axis	0.4 m
Spacing of Ribs that are Parallel to Slab 2-Axis	0.4 m

Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 21. Definición de la losa aligerada bidireccional h = 0.20m.

En la figura 21. Se muestran las dimensiones definidas en el programa para la losa aligerada bidireccional (waffle) Mediante elemento tipo Shell-Thin.

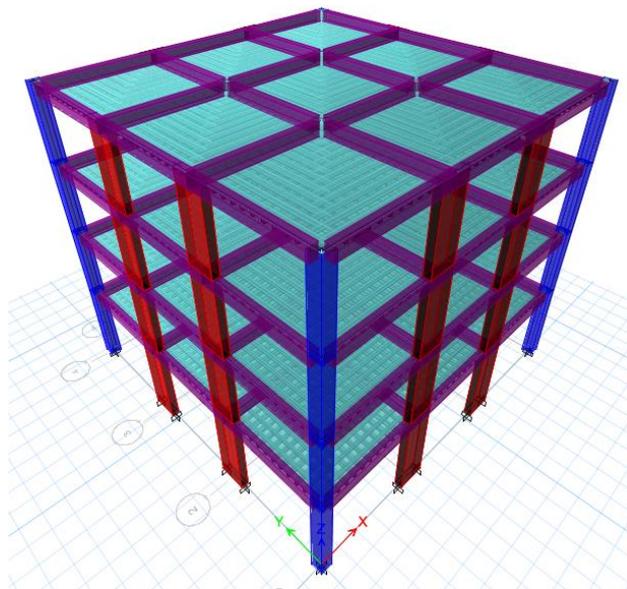
Definición de secciones de placa de concreto armado, según las dimensiones obtenidas del predimensionamiento; se definen como elementos tipo Shell, como se muestra en la figura 22.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 22. Definición del ancho de la placa 0.30m, la longitud de la placa se define en la etapa de dibujo del modelo numérico.

Después de definir la sección de los elementos estructurales losas, vigas, columnas y placas, continuamos con el dibujo del modelo matemático.

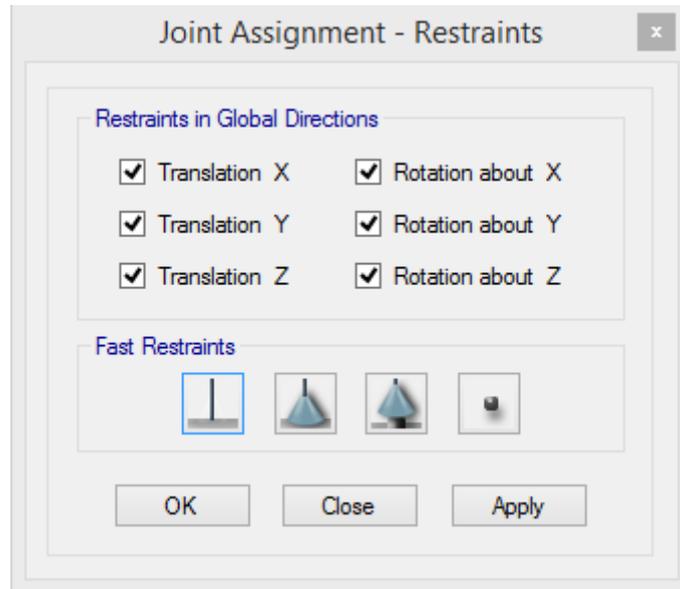


Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 23. Modelo matemático elaborado para el edificio en estudio en el programa Etabs.

Definición de apoyos

Para este modelo se define los apoyos como base empotrada fija, así como se muestra en la figura 24.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 24. Asignación de restricciones en la base.

4.1.1. Definición de cargas estáticas

Se definió las cargas estáticas o de gravedad para la edificación en estudio, cargas de peso propio, cargas de ladrillo de la losa aligerada, sobrecarga viva según considera la Norma E.020.

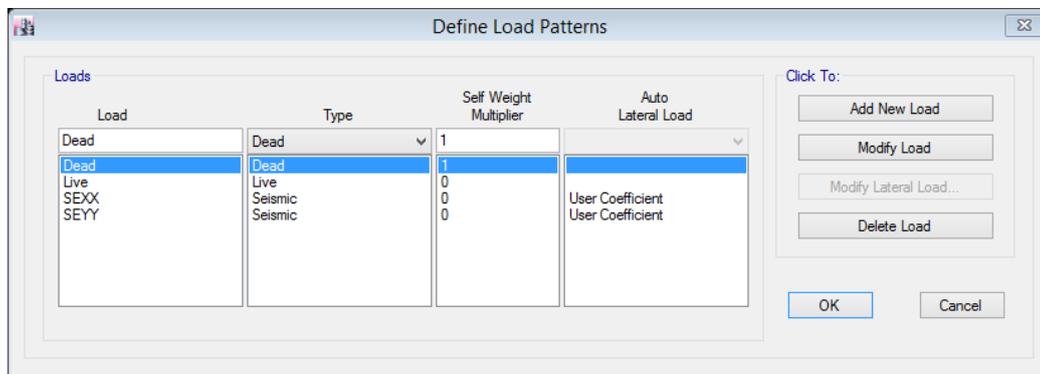
CARGA MUERTA

- Peso del ladrillo del techo aligerado = 50 kgf/m²
- Piso terminado = 100 kgf/m²
- Tabiquería alfeizar = 1,900x0.15x1.05 = 0.30 tonf/m
- Tabiquería altura completa = 1,900x0.15x3 = 0.86 tonf/m

CARGA VIVA

- S/C viva para oficinas = 250 kgf/m²
- S/C viva para azoteas = 100 kgf/m²

En la figura 25. Se muestra la definición de los patrones de carga en el programa, carga muerta (Dead) y carga viva (Live), es importante definir para el caso de la carga muerta el factor “self weight multiplier” igual a 1, para que el programa considere el metrado de cargas del peso propio de los elementos estructurales internamente y factor 0 para indicar que considere solamente las cargas definidos por el usuario.

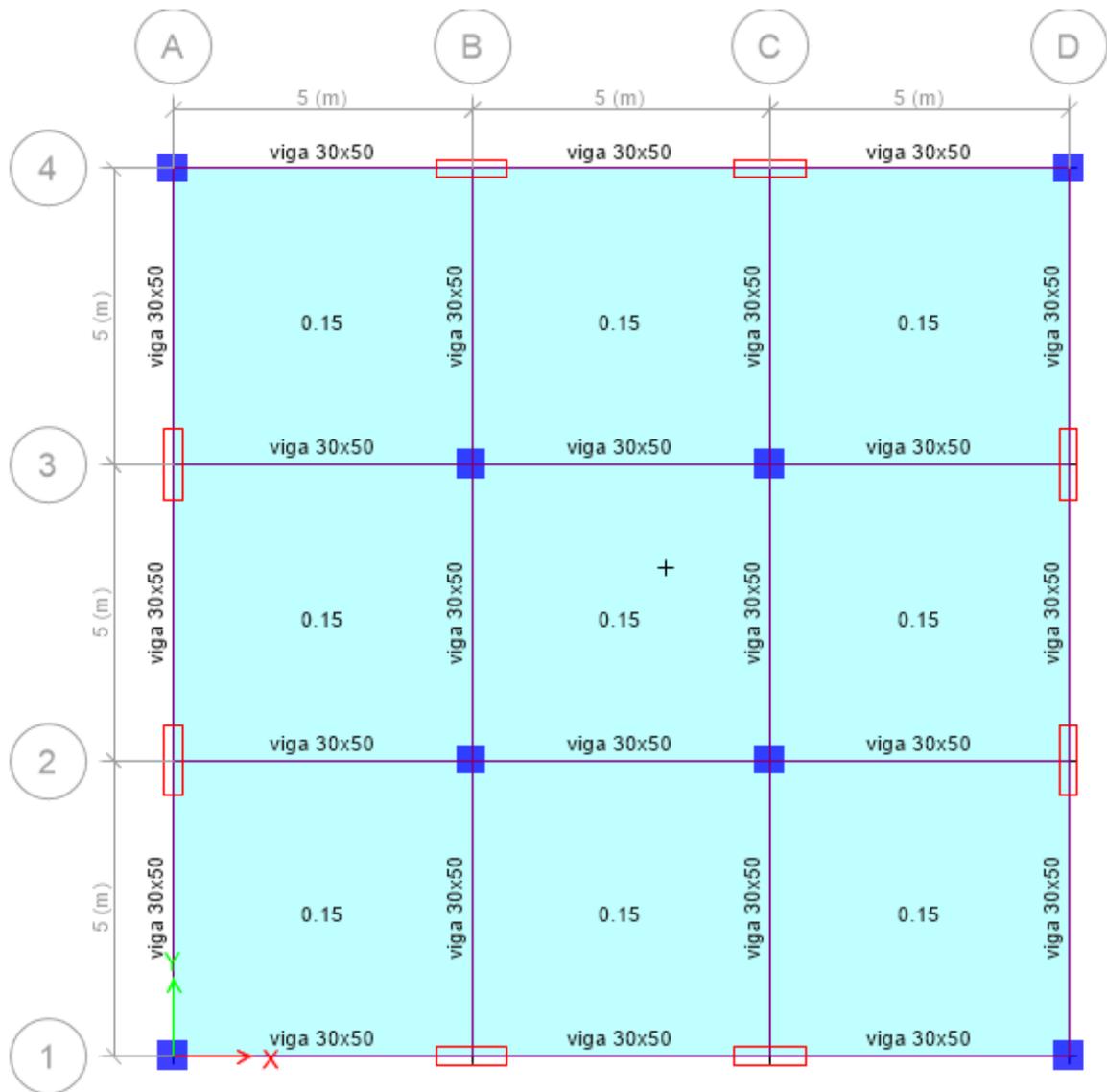


Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 25. definición de patrones de carga

En la figura 25. **Dead** define el caso de la carga muerta, producto del peso propio de la edificación, cargas producidas por acabados, peso del ladrillo de la losa aligerada y las cargas producidas por la tabiquería; **Live** define la carga viva producto del uso destinado de la edificación, SEXX y SEYY define las cargas de sismo estático.

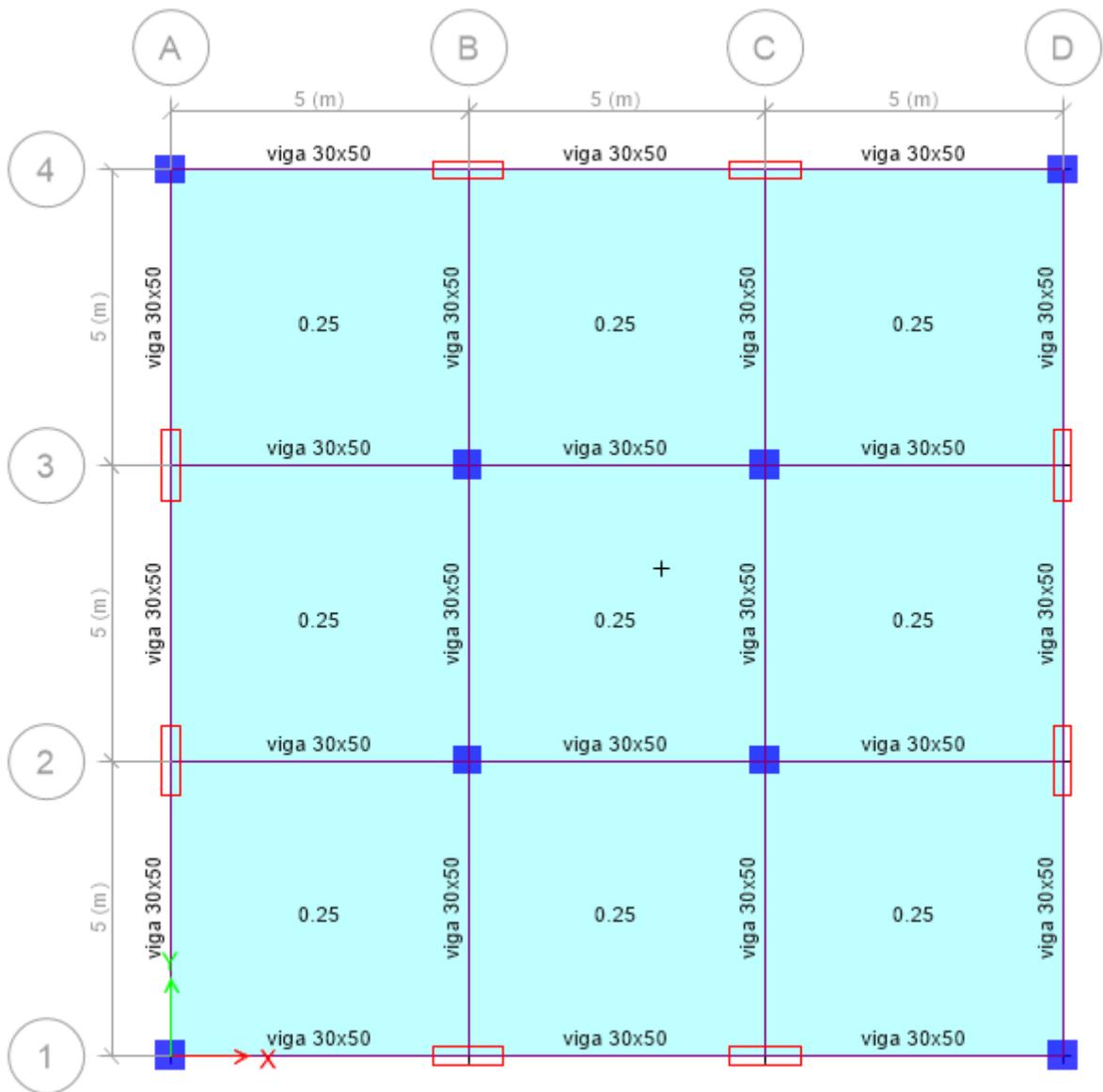
las cargas del ladrillo de la losa aligerada y las cargas de acabados fueron asignadas en forma distribuida sobre el área de la losa y las cargas de los muros de tabiquería o alfeizar fueron asignados en forma lineal distribuida en las ubicaciones en las que se encuentran, así como se muestra en la siguiente figura 26.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 26. Asignación de cargas permanentes debido al peso del ladrillo de la losa aligerada y los acabados (150 kg/m^2).

La asignación de la carga viva por el uso destinado de la edificación, se realizó de manera distribuida sobre las losas de entepiso, tal como se muestra en la siguiente figura 27.

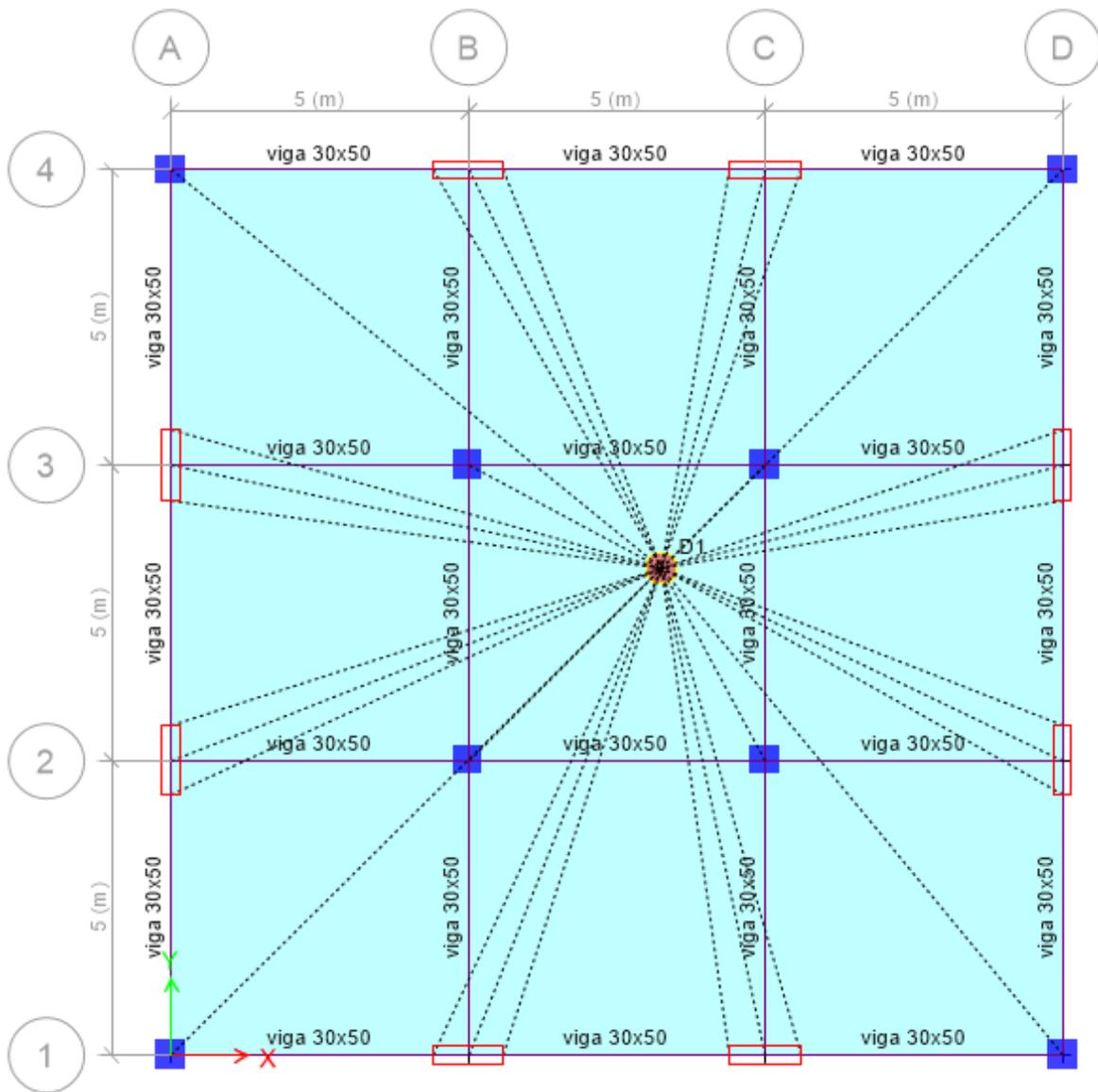


Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 27. Asignación de carga mínima repartida debido al uso del edificio (250 kg/ m^2) y (100 kg/ m^2) en azotea.

Definición de diafragma rígido

Se realizó la asignación de diafragmas rígidos en losas de cada piso, como se muestra en la siguiente figura 28.



Fuente: Elaboración propia (2022)

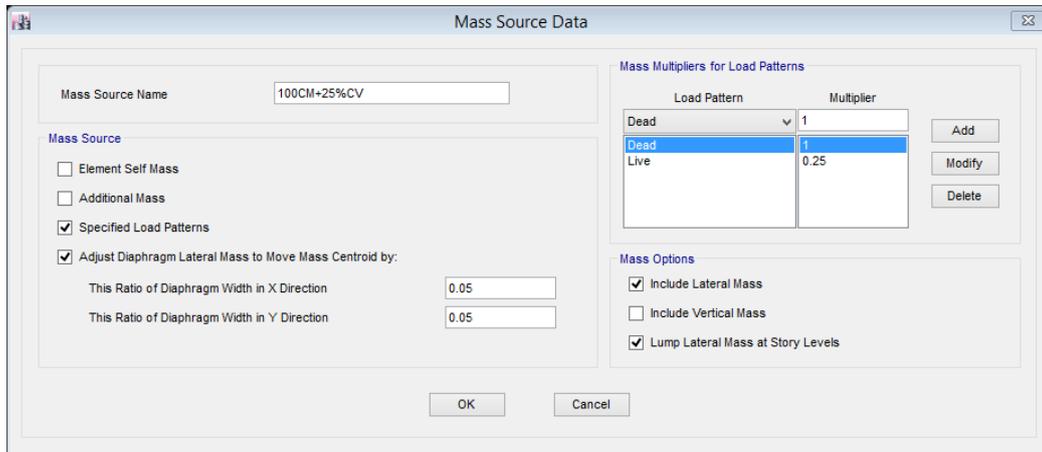
Figura 28. Definición de diafragma rígido en losas de cada nivel.

Análisis sísmico estático y dinámico – modelo base fija

Análisis sísmico estático

La carga sísmica que corresponde para la edificación de categoría “C” el 100%CM+25%CV bajo las condiciones de la Norma E.030, por lo que esta estimación de cargas es válida tanto para el análisis sísmico estático y análisis dinámico modal espectral, esta condición de masa sísmica se definió mediante patrones de carga especificada por el usuario “**specified loads patterns**” y considerando la excentricidad accidental en cada nivel (**ei**), como el 0.05 veces de

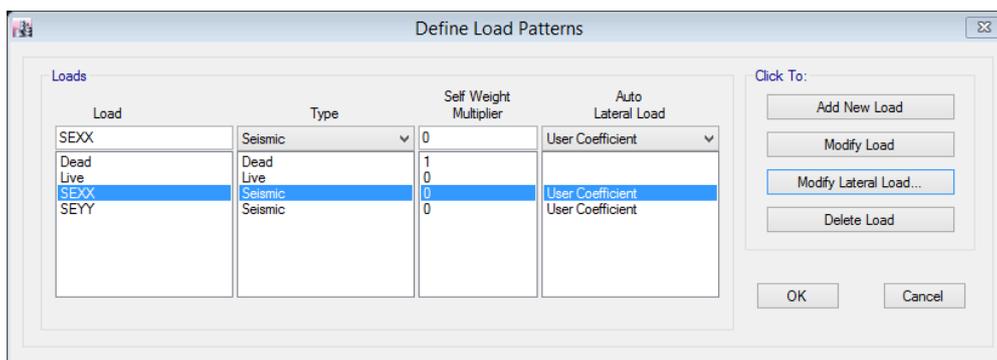
la dimensión perpendicular al análisis realizado, que genera un momento torsor accidental, como se muestra en la figura 29.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 29. Definición en Etabs para el cálculo de la masa sísmica 100%CM+25%CV y la excentricidad accidental de la estructura en cada dirección de análisis.

La definición de los patrones de carga sísmica estática se realizó para el sismo estático en la dirección X “**SEX**” y sismo estático para la dirección Y “**SEY**” considerando que los coeficientes serán definidos por el usuario “**User Coefficient**”, como se muestra en la figura 30.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 30. Definición de patrones de carga sísmico estático equivalente en dirección “X” y “Y”.

Figura 30. Mediante esta ruta es necesario introducir al programa el coeficiente “**C**” que en este caso es el coeficiente sísmico y “**K**” un exponente relacionado con el

periodo de vibración fundamental de vibración de la estructura, ambos coeficientes fueron determinados en una hoja de cálculo.

La masa sísmica del edificio se obtiene considerando el 100%CM+25%CV, la carga muerta es la sumatoria del peso propio de la edificación, peso de los acabados, peso del ladrillo de la losa aligerada y peso de la tabiquería; la carga viva es producto del uso destinado de la edificación.

Tabla 7. cálculo del peso sísmico de la edificación

Store	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
techo04	Peso sísmico	Top	156.9645	0	0	0	1177.2338	-1177.2338
techo04	Peso sísmico	Bottom	196.7853	0	0	0	1475.8898	-1475.8898
techo03	Peso sísmico	Top	413.7873	0	0	0	3103.4047	-3103.4048
techo03	Peso sísmico	Bottom	453.6081	0	0	0	3402.0607	-3402.0607
techo02	Peso sísmico	Top	670.6101	0	0	0	5029.5757	-5029.5757
techo02	Peso sísmico	Bottom	710.4309	0	0	0	5328.2317	-5328.2317
techo01	Peso sísmico	Top	927.4329	0	0	0	6955.7467	-6955.7467
techo01	Peso sísmico	Bottom	974.2809	0	0	0	7307.1067	-7307.1067

Fuente: Elaboración propia (2021)

La tabla 7. muestra pesos acumulados en cada nivel, por lo tanto, tenemos como peso sísmico efectivo (**W = 974.28 tonf**).

Análisis sísmico en la dirección X – X.

En la dirección X, es de sistema estructural es concreto armado Dual, el factor de reducción de la carga sísmica corresponde (**$R_0 = 7$**), la evaluación de la irregularidad de la configuración estructural del edificio es regular tanto en planta como en altura.

- $R_0 = 7.00$
- $I_p = 1.00$
- $I_a = 1.00$
- $R = 7.00$

El periodo fundamental de vibración en la dirección “X” ($T_x = 0.469$ segundos) y tenemos los siguientes parámetros para el edificio en estudio:

- $Z = 0.35$
- $U = 1.00$
- $S = 1.15$
- $TP = 0.60$

- $T < T_p \rightarrow C = 2.50$

- $TL = 2.00$

$$\frac{C}{R} \geq 0.11 \text{ verifica esta condicion } \frac{C}{R} = 0.36 \text{ Cumple con esta condicion E.030}$$

Calculo del coeficiente sísmico (Cs):

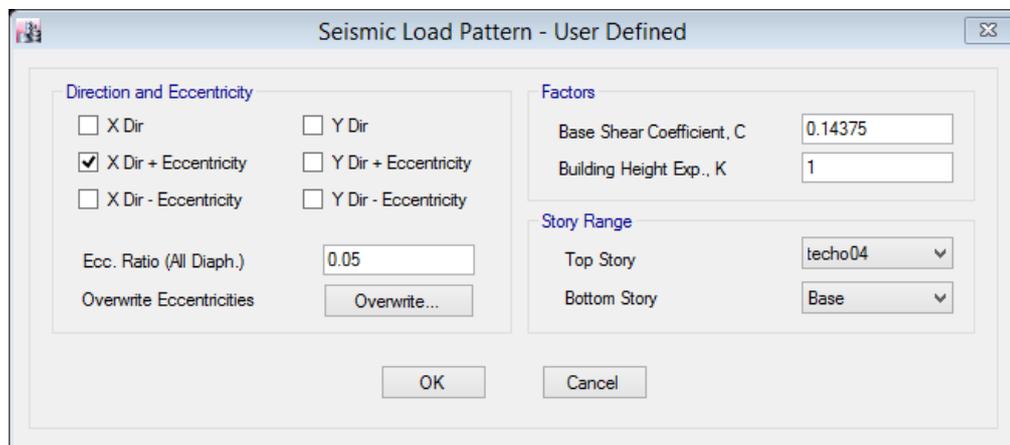
$$C_s = \frac{Z * U * C * S}{R} = \frac{0.35 * 1.00 * 2.50 * 1.15}{7} = 0.14375$$

Para determinar (**K**) cumple la condición de: $T \leq 0,5$ entonces en valor de **K = 1.0** de tal forma tenemos:

$$c = 0.14375$$

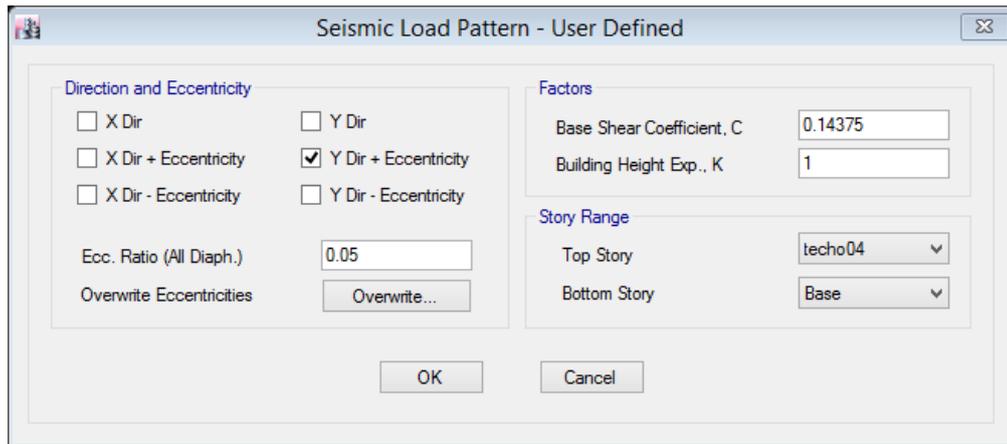
$$k = 1.00$$

Finalmente, obtenidos los valores de C que vendría ser el coeficiente sísmico y K un exponente relacionado a la distribución de cargas laterales que depende del periodo de vibración fundamental de la edificación, fueron asignados como se muestra en figura 31.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 31. Definición de coeficiente de cortante basal en la dirección X-X.



Fuente: Elaboración propia (2022)

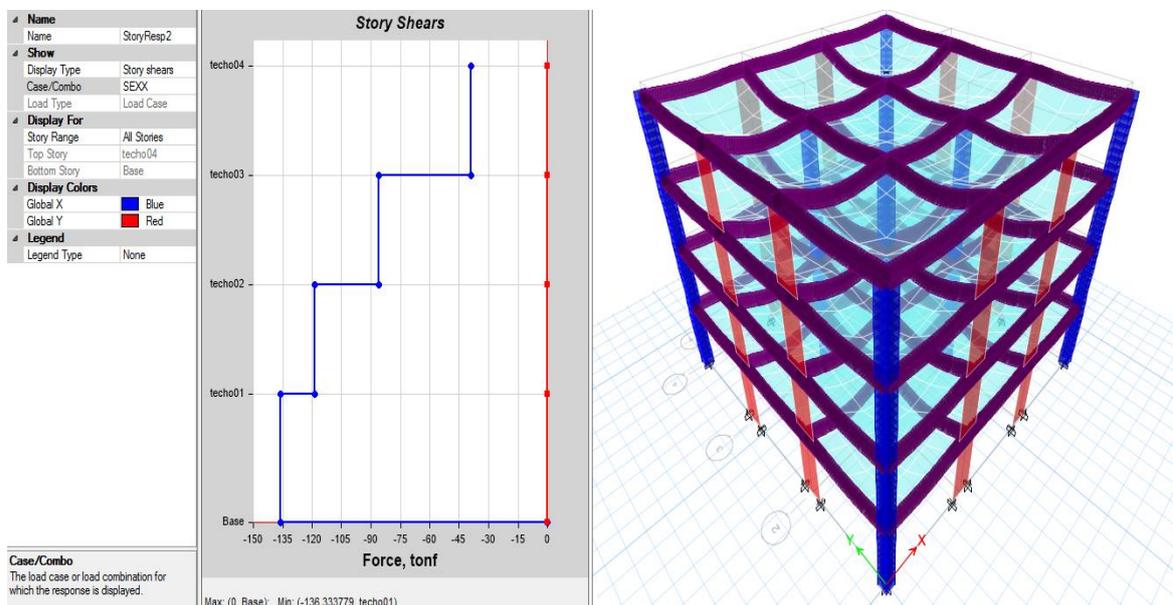
Figura 32. Definición de coeficiente de cortante basal en la dirección Y-Y.

Se realiza el cálculo de la cortante estático basal en la Dirección X-X.

$$VEX = Cs \cdot Psismico\ efectivo = 0.14375 \cdot$$

$$VEX = 0.14375 \cdot 974.28 = 140.05\ tonf.$$

Al realizar el análisis sísmico estático se tienen los siguientes resultados, en la figura 33. se muestra de forma gráfica la distribución de cortantes en cada nivel en la dirección X-X.



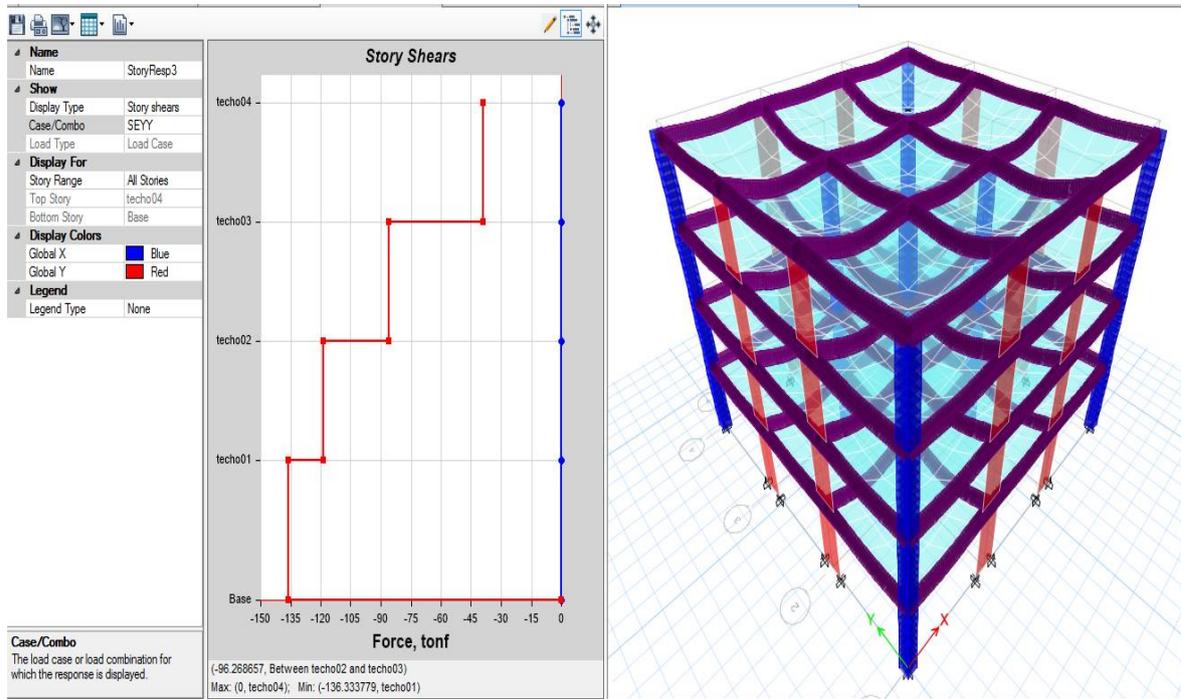
Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 33. Imagen gráfica de la distribución de fuerza cortante y cortante basal en la dirección X-X ($VEX = 140.05\ tonf$).

Se realizó el cálculo de la cortante estático basal en la Dirección Y-Y.

$$VEY = Cs \cdot Psismico\ efectivo = 0.14375 *$$

$$VEY = 0.14375 * 974.28 = 140.05\ tonf.$$

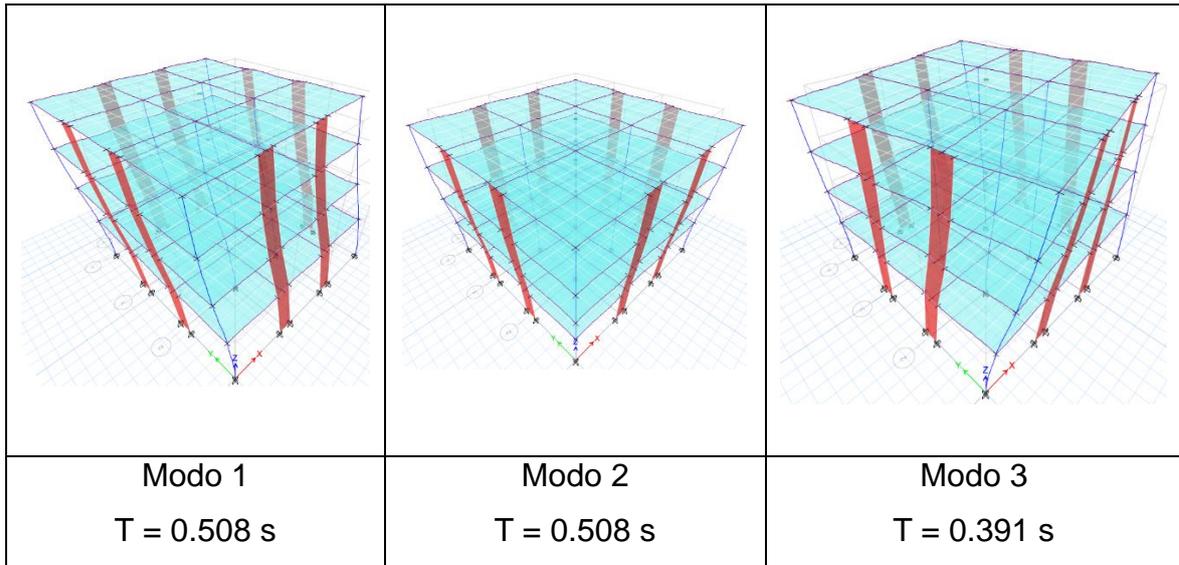


Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 34. Imagen gráfica de la distribución de fuerza cortante y cortante basal en la dirección Y-Y ($VEY = 140.05\ tonf$).

ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

El método de análisis modal espectral considera las propiedades dinámicas de la estructura como la forma de vibrar y las contribuciones de cada modo en la respuesta. Se debe considerar 3 modos de vibración por cada entrespaño, es por esa razón que para el presente proyecto se consideró 12 modos, sin embargo, se debe considerar los modos necesarios cuya suma de masa efectiva que deba asegurar como mínimo el 90% de la masa total; en la figura 35. Se muestra de manera gráfica los tres primeros modos con un periodo de vibración.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 35. Modos de vibración del edificio con base fija.

En la figura 35. se puede apreciar de forma gráfica las formas de vibración, a) modo 1 y modo 2 se encuentran en traslación en “X” e “Y” respectivamente b) modo 3 se puede observar de forma gráfica que el modo de vibración está en rotación “Z”, sin embargo, esto será evaluado a través del porcentaje de masa participativa en cada dirección.

Como se ha descrito párrafos arriba, se debe evaluar que el porcentaje de la masa participativa del modo sea superior al 90% en cada dirección de análisis, esto se muestra en tabla 8.

Tabla 8. porcentaje de masa participativa en cada modo de vibración de la estructura.

Modo	Periodo	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
	Seg.									
1	0.508	0.0001	0.8472	0	0.01%	84.720%	0	0.1927	0.0000	0.00%
2	0.508	0.8472	0.0001	0	84.73%	84.730%	0	0.0000	0.1927	0.00%
3	0.391	0.0000	0.0000	0	84.73%	84.730%	0	0.0000	0.0000	83.85%
4	0.149	0.0022	0.1099	0	84.95%	95.720%	0	0.6712	0.0136	0.00%
5	0.149	0.1099	0.0022	0	95.94%	95.940%	0	0.0136	0.6712	0.00%
6	0.113	0.0000	0.0000	0	95.94%	95.940%	0	0.0000	0.0000	11.75%
7	0.075	0.0316	0.0018	0	99.10%	96.120%	0	0.0048	0.0846	0.00%
8	0.075	0.0018	0.0316	0	99.28%	99.280%	0	0.0846	0.0048	0.00%
9	0.055	0.0000	0.0000	0	99.28%	99.280%	0	0.0000	0.0000	3.64%
10	0.047	0.0035	0.0036	0	99.64%	99.650%	0	0.0168	0.0164	0.00%
11	0.047	0.0036	0.0035	0	100.00%	100.000%	0	0.0164	0.0168	0.00%
12	0.034	0.0000	0.0000	0	100.00%	100.000%	0	0.0000	0.0000	0.77%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8. Fue extraída de la tabla de resultados “participating mass ratio” de Etabs. Así mismo la masa participativa efectiva en cada dirección es mayor a 90%, así mismo se tiene las siguientes interpretaciones:

- a) El modo 1 es traslación en “Y”, como se evidencia el porcentaje de masa participativa 84.72%, el porcentaje de masa participativa en “X” y “Y” son idénticas al ser una estructura regular, el porcentaje de masa participativa en Rz es del 0%.
- b) El modo 2 es traslación en “X”, como se evidencia el porcentaje de masa participativa 84.72%, el porcentaje de masa participativa en Rotación alrededor del eje “Z” es del 0% lo que permite interpretar que en los modos 1 y 2 no interviene rotación.
- c) El tercer modo el predominante es rotación en “X” y “Y”, se puede mostrar que a partir de este modo tienen menor incidencia en la masa participativa como se observa en la tabla 8.
- d) Hasta el modo 5 tenemos un porcentaje de masa participativa acumulada del 95% mayor al 90%, porque se puede manifestar que sería suficiente considerar hasta el modo 5 y no los 12 modos considerados en el programa.

Asignación del espectro de sismo

Para cada dirección de análisis se genera el espectro de aceleración que se utilizara para la edificación definidos por:

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

Estas se encuentra divididos en tres zonas por los parámetros T_p y T_L .

Parámetros sísmicos:

Factor de zona	$Z = 0.35$
Factor de suelo – suelo intermedio	$S = 1.15$
Periodo corto de suelo	$T_p = 0.60$
Periodo largo de suelo	$T_L = 2.00$
Factor de uso – categoría “C”	$U = 1.00$

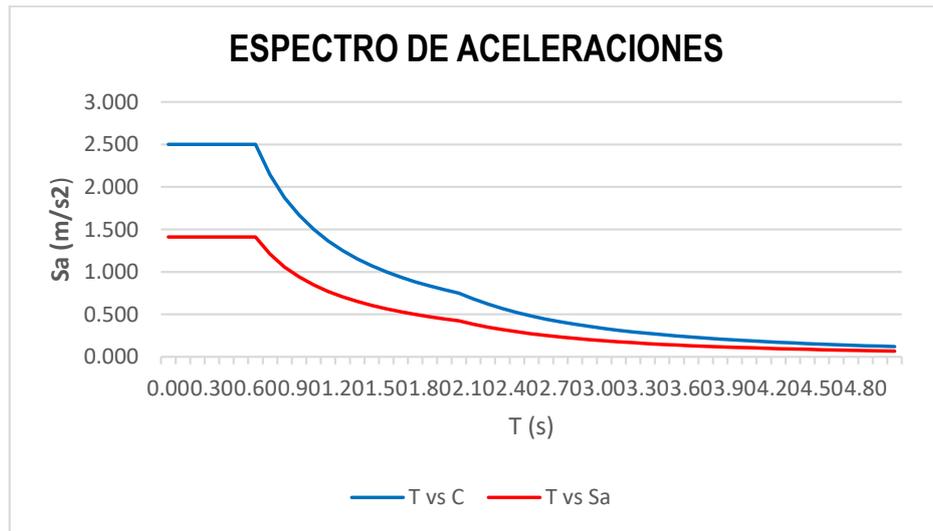
el factor de amplificación sísmica “C” está definido de acuerdo al periodo fundamental de vibración y las características de sitio, cumpliendo las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll} T < T_p & C = 2,5 \\ T_p < T < T_L & C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T}\right) \\ T >> T_L & C = 2,5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right) \end{array}$$

El factor de reducción sísmica, se realizó la evaluación de las irregularidades tanto en planta como en altura para la edificación en estudio, teniendo como resultado que los factores $I_a = 1.00$ y $I_p = 1.00$ en valor de 1, que indica que la edificación es regular en planta como en altura.

Teniendo los factores de irregularidad se realiza la determinación del factor de reducción sísmica (**R**), considerando que el coeficientes básicos de reducción de las fuerzas sísmicas (**R₀**) para una estructura de concreto armado sistema Dual es:

- **$R_0 = 7.0$**
- **$R = R_0 * I_a * I_p = 7.00 * 1.00 * 1.00 = 7.00$**
- **$g = 9.81 \text{ m/s}^2$**



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 36. Espectro de aceleraciones

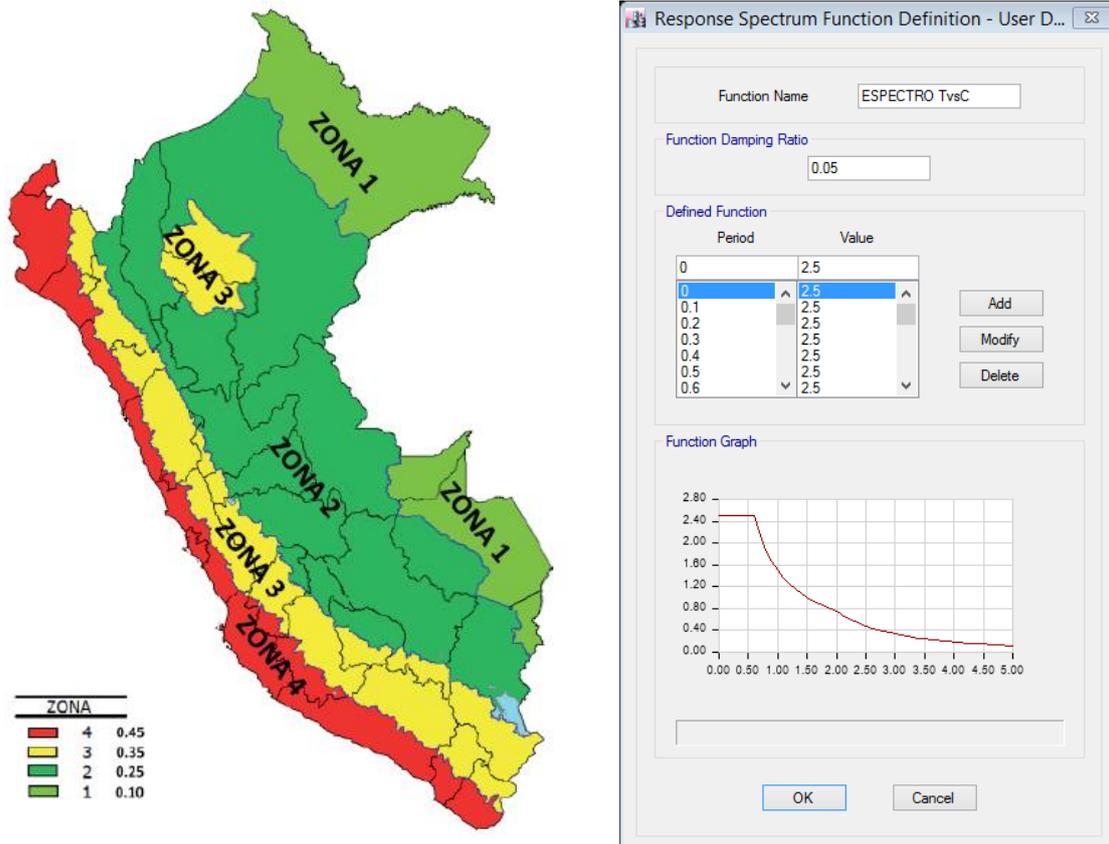
Figura 36. la línea de color azul representa el espectro de aceleraciones de la Norma E.030 “**T/C**”, el gráfico de color rojo es espectro de diseño para la edificación, que esta fue tabulado, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Espectro de aceleraciones

T	C	Sa	T	C	Sa
0.00	2.500	1.410	2.60	0.444	0.250
0.10	2.500	1.410	2.70	0.412	0.232
0.20	2.500	1.410	2.80	0.383	0.216
0.30	2.500	1.410	2.90	0.357	0.201
0.40	2.500	1.410	3.00	0.333	0.188
0.50	2.500	1.410	3.10	0.312	0.176
0.60	2.500	1.410	3.20	0.293	0.165
0.70	2.143	1.209	3.30	0.275	0.155
0.80	1.875	1.058	3.40	0.260	0.146
0.90	1.667	0.940	3.50	0.245	0.138
1.00	1.500	0.846	3.60	0.231	0.131
1.10	1.364	0.769	3.70	0.219	0.124
1.20	1.250	0.705	3.80	0.208	0.117
1.30	1.154	0.651	3.90	0.197	0.111
1.40	1.071	0.604	4.00	0.188	0.106
1.50	1.000	0.564	4.10	0.178	0.101
1.60	0.938	0.529	4.20	0.170	0.096
1.70	0.882	0.498	4.30	0.162	0.092
1.80	0.833	0.470	4.40	0.155	0.087
1.90	0.789	0.445	4.50	0.148	0.084
2.00	0.750	0.423	4.60	0.142	0.080
2.10	0.680	0.384	4.70	0.136	0.077
2.20	0.620	0.350	4.80	0.130	0.073
2.30	0.567	0.320	4.90	0.125	0.070
2.40	0.521	0.294	5.00	0.120	0.068
2.50	0.480	0.271			

Fuente: Elaboración propia (2022).

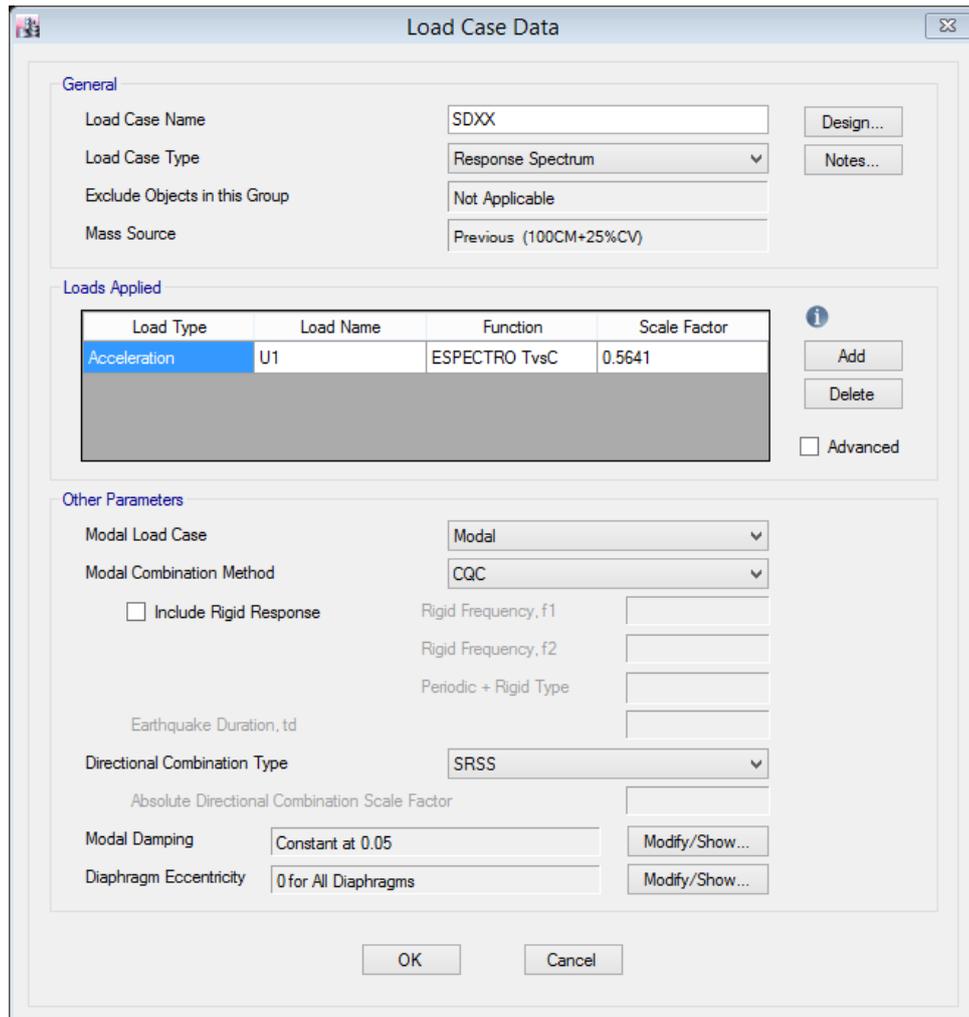
Con los valores determinados se definió en el programa Etabs, la curva C vs. T, esta curva es la demanda de aceleración sísmica para la dirección “X” y “Y”. Como se muestra en la figura 37.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 37. Definición de espectro de diseño de la Norma E.030.

Figura 37. se puede observar que solamente se ingresó el espectro de diseño de la norma E.030, para el caso del sismo dinámico se definió mediante casos de carga "Load cases...", el caso de cargas de sismo en la dirección X e Y, como se puede ver en la figura 38.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 38. Definición de carga sísmica en la dirección “X”.

Figura 38. se definió el sismo dinámico en dirección “X” (**U1**), mediante espectro de respuestas, para el caso de carga sísmico dinámico, mediante combinación cuadrática completa “**CQC**”. De la misma manera se definió para el caso del sismo dinámico en la dirección “Y” (**U2**).

Control de desplazamiento laterales

Se resalta que en ninguna de las dos direcciones de análisis se superó el límite permisible de distorsión de entrepiso para concreto armado. Es usual que se realiza en primera instancia el análisis sísmico estático para verificar las derivas, puesto que si se logra superar estos límites se debe regresar a la etapa de estructuración, pero ya con requerimientos de incrementar o disminuir las dimensiones requeridas

en cada dirección, este proceso es iterativo hasta cumplir los parámetros de distorsión de entre piso del 7% del concreto. por ello es recomendable el análisis estático para obtener resultados muy apropiados en el análisis sísmico dinámico.

Según la norma E.030 es importante verificar que el cortante dinámico sea mayor al 80% de la cortante estática esta verificación se realizó como sigue:

Determinación de la cortante basal dinámica en la dirección X-X. en una edificación regular debe cumplir lo siguiente: $V \text{ dinámico} > 80\% \text{ Estático}$

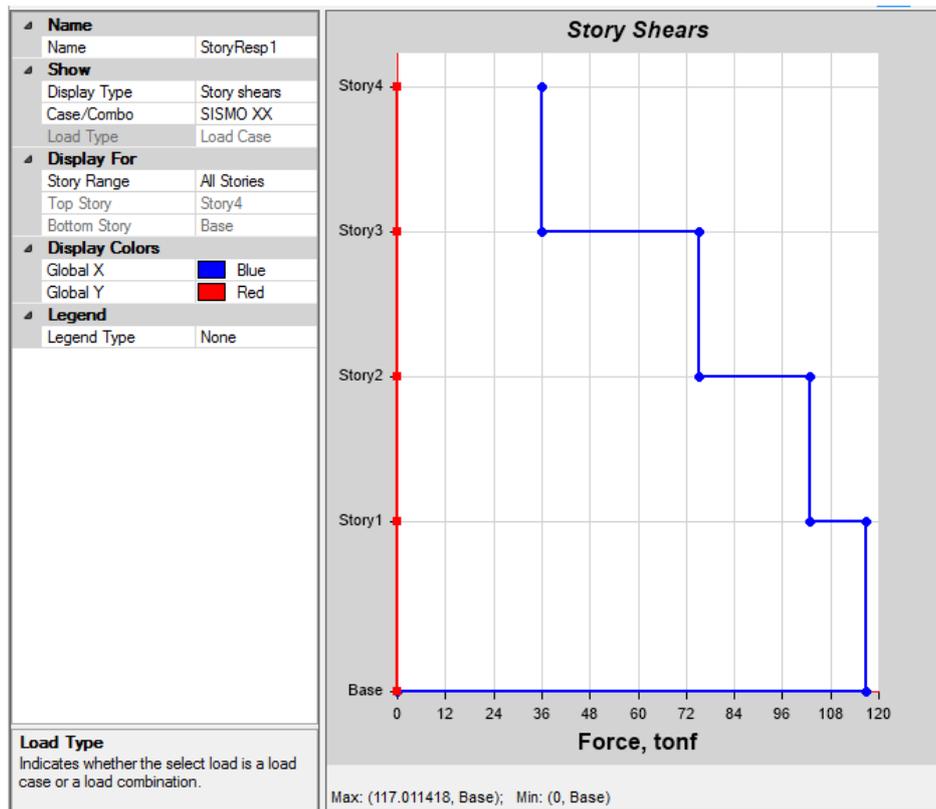
V dinámico X-X = 117,01 tonf

V estático X-X = 140,05 tonf

80% V estático X-X = 112.04 tonf

V dinámico X-X > 80% Estático

Factor de escalamiento = 1



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 39. cortante dinámico en la dirección X-X.

Determinación de la cortante basal dinámica en la dirección Y-Y.

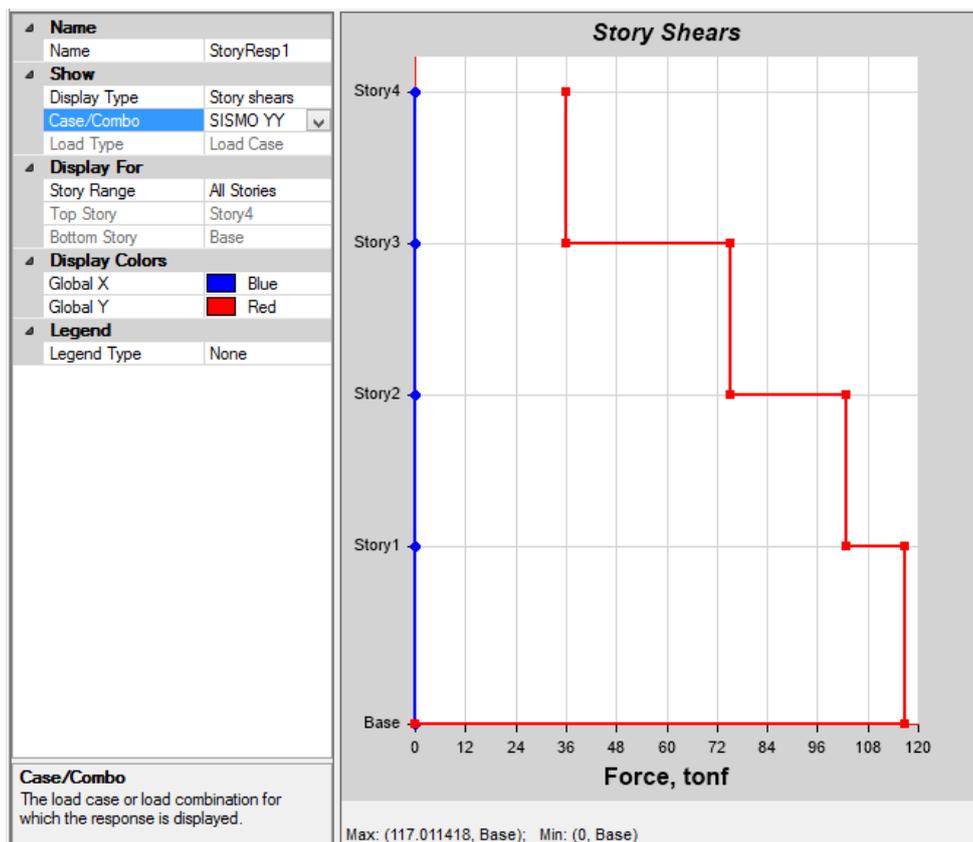
V dinámico Y-Y = 117,01 tonf

V estático Y-Y = 140,05 tonf

80% V estático Y-Y = 112.04 tonf

V dinámico Y-Y > 80% Estático

Factor de escalamiento = 1



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 40. cortante dinámico en la dirección Y-Y.

En la figura 39 Y 40. se muestra de manera gráfica los cortantes dinámicos en la base de la estructura. Las mismas que son distribuidas en cada entrepiso; que permite determinar los desplazamientos y derivas en cada nivel para las fuerzas actuantes.

De tal manera que cumple con esta condición, luego se realizó el control de los desplazamientos laterales de entrepiso, esto a partir de los de los desplazamientos relativos elásticos. Para edificaciones que no presentan irregularidad en planta

como en altura multiplicando el desplazamiento elástico por **0.75R**, los resultados se muestran en la siguiente tabla 8.

Tabla 10. Control de desplazamientos relativos admisibles de entrepiso en la dirección “X”.

DIRECCION DE ANÁLISIS: X-X						Factor R =	7.00
Piso	Load Case	UX	h	D	DR	DISTORSION	DISTORSION LIMITE
		m	m	m	m		
PISO4	XX Max	0.0122	3.40	0.064	0.011	0.0031	0.0070
PISO3	XX Max	0.0102	3.40	0.053	0.016	0.0048	0.0070
PISO2	XX Max	0.0071	3.40	0.037	0.020	0.0059	0.0070
PISO1	XX Max	0.0032	4.00	0.017	0.017	0.0043	0.0070

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 11. Control de desplazamientos relativos admisibles de entrepiso en la dirección “Y”.

DIRECCION DE ANÁLISIS: Y-Y						Factor R =	7.00
Piso	Load Case	UY	h	D	DR	DISTORSION	DISTORSION LIMITE
		m	m	m	m		
PISO3	YY Max	0.0122	3.40	0.064	0.011	0.0031	0.0070
PISO3	YY Max	0.0102	3.40	0.053	0.016	0.0048	0.0070
PISO2	YY Max	0.0071	3.40	0.037	0.020	0.0059	0.0070
PISO1	YY Max	0.0032	4.00	0.017	0.017	0.0043	0.0070

Fuente: Elaboración propia (2022)

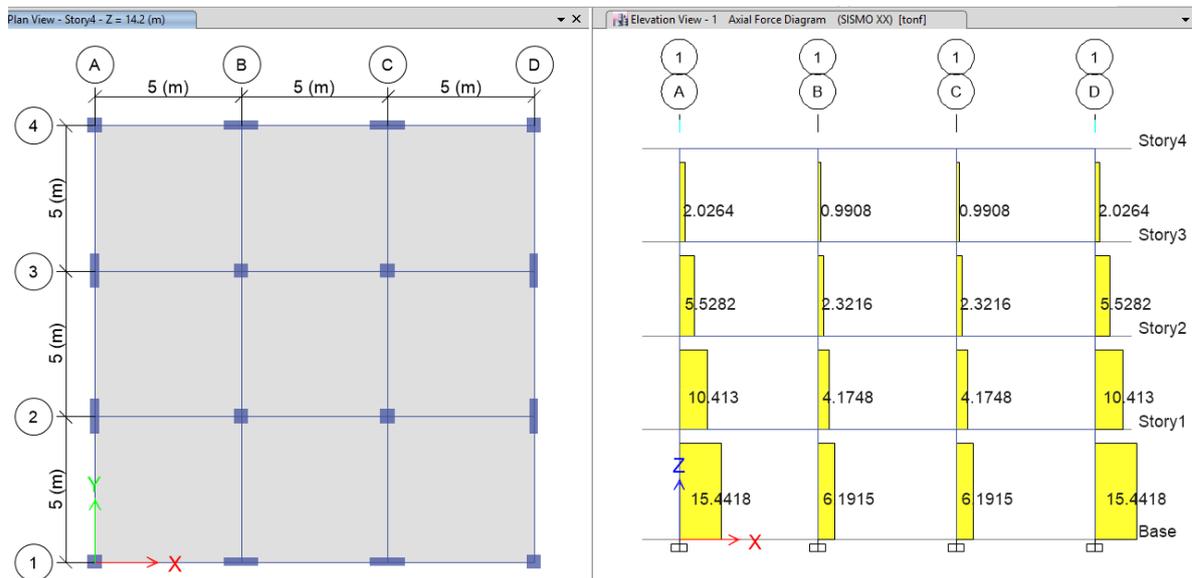
Así mismo se tienen los resultados para los esfuerzos axiales máximas que se presentan en las columnas, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. esfuerzos axiales máximas en columnas y placas.

Elemento	Ubicación	Esfuerzo Axial Máximo	Unidad
Columna Central	B - 2	0.70	tonf
Columna esquinera	A - 1	15.44	tonf
placas	A - 2	10.55	tonf

Fuente: Elaboración propia (2022)

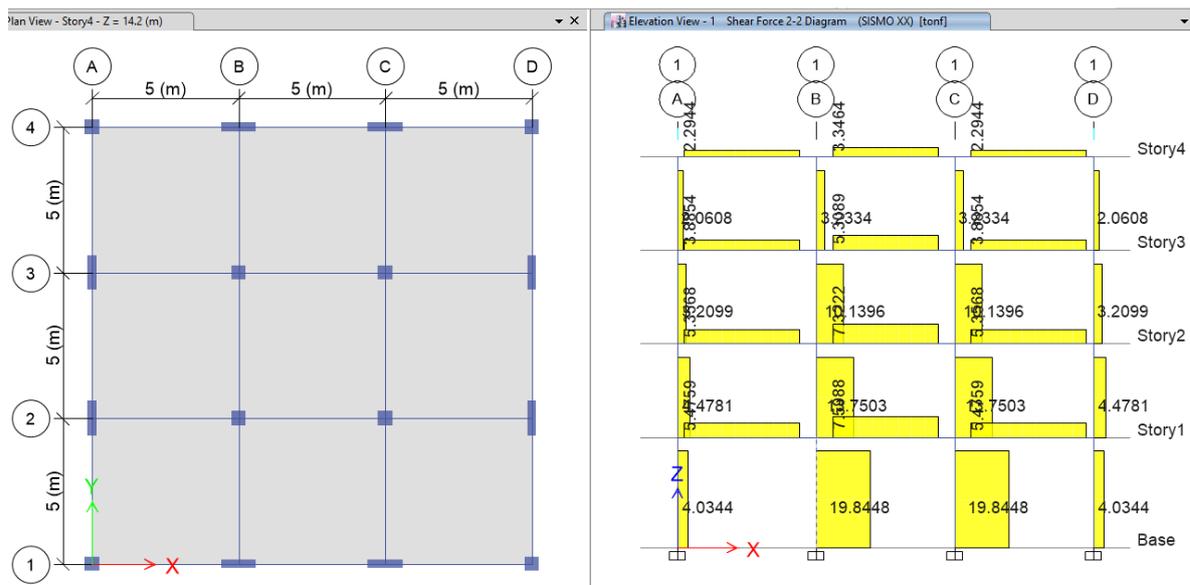
Tabla 12. Se muestran los resultados de esfuerzos axiales para el eje 1-1, para la para el caso de sismo X-X. A continuación, se muestra de forma gráfica en la figura 41.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 41. diagrama de esfuerzos axiales eje 1-1.

A continuación, se muestra el diagrama de esfuerzo cortante en el eje1-1, para el caso de carga sismo XX.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 42. diagrama de esfuerzo cortante eje 1-1.

Figura 42. se muestra la distribución de esfuerzos cortantes en todos los pisos, para una mejor comprensión de la distribución espacial de esfuerzos en los elementos.

Análisis sísmico dinámico modal espectral – Modelo ISE

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Del estudio de mecánica de suelos realizado para el presente proyecto en estudio, cuyo objeto fue investigar las condiciones geotécnicas, características físico-mecánicas suelo de fundación y con cuyos resultados se realiza el análisis sísmico dinámico de la estructura, considerando en el modelo numérico las condiciones geotécnicas del suelo de fundación; como resultante de este estudio tenemos que es un suelo intermedio “S2”, material conglomerado heterogénea pobremente gradada de coloración marrón con forma subredondeada, sin plasticidad Y características siguientes:

Tipo de perfil de suelo	: Suelo intermedio “S2”.
Profundidad de cimentación	: 1.20 m
Presión admisible	: 1.59 kg/cm ²
Peso específico del suelo	: 1.519 gr/cm ³

Dimensionamiento de las zapatas aisladas

Para entrar al modelo de interacción suelo – estructura, por el modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov se requiere conocer las características físicas y mecánicas de las zapatas, para incorporar dichas condiciones en el modelo numérico de la edificación, ya con el conocimiento de las cargas de gravedad y de sismo se determinó las dimensiones de las zapatas.

Zapata (Z-1) para columna interior (50x50 cm):

Material, concreto ($f'c$) = 210 kgf/cm².

Carga axial muerta (CM) = 90.05 tonf.

Carga axial viva (CV) = 21.30 tonf.

Momento sismo (MS) = 8,49 tonf-M.

Presión admisible = 1.59 kg/cm².

Se inicia a través de una propuesta de dimensiones de las zapatas

Ancho (a) = 2.80 m.

Largo (b) = 2.80 m.

Altura (c) = 0.60 m.

$$presion\ actuante = \frac{CM + CV + P.\ zapata}{A\ zapata} = Tonf/m^2$$

$$presion\ actuante = \frac{90.05 + 21.30 + 2.80 * 2.80 * 0.60}{2.80 * 2.80} = 15.64Tonf/m^2$$

$$presion\ actuante = 1.56kg/cm^2$$

Como la presión actuante < Presión admisible del terreno, las dimensiones propuestas cumplen esta condición, sin embargo, se verifica para la condición de sismo.

$$peso\ actuante\ (P) = CM + CV + PP = 90.05 + 21.30 + 11.29 = 122.64\ Tonf.$$

Excentricidad (e):

$$e = \frac{M}{P} = \frac{8.49}{122.64} = 0.07\ m$$

Longitud efectiva (Le):

$$Le = 2$$

$$Le = 2 \left(\frac{L}{2} - e \right) = 2 \left(\frac{2.80}{2} - 0.07 \right) = 2.66 \text{ m}$$

Área efectiva (Ae):

$$Ae = b * Le = 2.80 * 2.66 = 7.45 \text{ m}^2$$

Calculo de esfuerzo efectivo:

$$\text{Esfuerzo efectivo actuante} = \frac{P}{Ae} = \frac{122.64}{7.45} = 16.47 \text{ Tonf/m}^2$$

Presión admisible de gravedad = 1.56 kg/cm².

Presión admisible de gravedad = 1.30 * 1.59 = 2.07 kg/cm².

Presión admisible actuante = 1.65 kg/cm²

Como se ha demostrado que cumple, bajo la condición de cargas de gravedad y sismo, se valida las dimensiones para las zapatas (Z-1), de las columnas interiores. Consecuentemente se realizó el mismo procedimiento para todas las zapatas y se presenta tipos y dimensiones de las zapatas en la tabla 13.

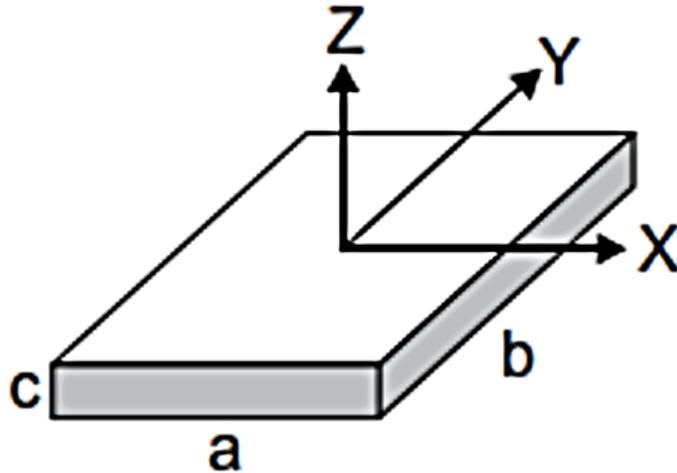
Tabla 13. Dimensiones de las zapatas

Zapata	Nº de veces	a (m)	b (m)	c (m)
Z - 1	04	2.80	2.80	0.60
Z - 2	08	2.80	2.80	0.60
Z - 3	04	1.60	1.60	0.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. sean considerado tres tipos de zapatas, por la condición de cargas axiales que se presentan, para elementos similares se ha determinado con la condición de carga más crítica, (Z-1) zapata para columnas centrales, (Z-2) para placas y (Z-3) está definido para las columnas esquineras.

Las masas traslacionales respecto a los ejes X, Y, Z y las masas rotacionales respecto a los ejes de contacto suelo – zapata, se calculan como una lámina rectangular delgada. Estas masas se insertarán en los centroides de las zapatas.



Determinación de las masas traslacionales de las zapatas:

Gravedad (g) = 9.81 m/s².

Masas rotacionales en la dirección X-X.

$$M_x = \frac{\text{Peso}}{\text{Gravedad}} = \frac{2.80 * 2.80 * 0.60 * 2.40}{9.81}$$

$$M_x = 1.15 \text{ Tonf. s}^2/\text{m}$$

Masas rotacionales en la dirección Y-Y.

$$M_y = \frac{\text{Peso}}{\text{Gravedad}} = \frac{2.80 * 2.80 * 0.60 * 2.40}{9.81} = 1.15 \text{ Tonf. s}^2/\text{m}$$

Masas rotacionales en la dirección Z-Z.

$$M_z = \frac{\text{Peso}}{\text{Gravedad}} = \frac{2.80 * 2.80 * 0.60 * 2.40}{9.81} = 1.15 \text{ Tonf. s}^2/\text{m}$$

Las **masas rotacionales** se calculan con respecto a los ejes de contacto suelo – zapata en la dirección “X” y “Y”.

Dirección X-X.

Masa traslacional (Mt) = 1.15 Tonf. s²/m.

(b) ortogonal al eje X = 2.80 m

(c) = 0.60 m

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

$$M\varphi x' = 1.15 \left(\frac{0.60}{2} \right)^2 + \frac{1.15(2.80^2 + 0.60^2)}{12}$$

$$M\varphi x' = 0,1035 + 0,7858$$

$$M\varphi x' = 0,8893 \text{ tonf. s}^2\text{m}$$

Dirección Y-Y.

$$\text{Masa traslacional (Mt)} = 1.15 \text{ Tonf. s}^2\text{/m.}$$

$$\text{(a) ortogonal al eje Y} = 2.80 \text{ m}$$

$$\text{(c)} = 0.60 \text{ m}$$

$$M\varphi y' = Mt \left(\frac{c}{2} \right)^2 + \frac{Mt(a^2 + c^2)}{12}$$

$$M\varphi y' = 1,15 \left(\frac{0,60}{2} \right)^2 + \frac{1,15(2,80^2 + 0,60^2)}{12}$$

$$M\varphi y' = 0,1035 + 0,7858$$

$$M\varphi y' = 0,8893 \text{ tonf. s}^2\text{m}$$

Tabla 14. Resumen de masas traslacionales y rotacionales de zapatas

Zapata	N° de veces	a (m)	b (m)	c (m)	P. zapata (tonf)	Mt tonf. s ² m	Mφx tonf. s ² m	Mφy tonf. s ² m
Z - 1	04	2.80	2.80	0.60	11.29	1.15	0.8893	0.8893
Z - 2	08	2.80	2.80	0.60	11.29	1.15	0.8893	0.8893
Z - 3	04	1.60	1.60	0.60	3.69	0.38	0.1267	0.1267

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Se presenta un resumen de las masas traslacionales y rotacionales de las zapatas, estas se ingresan en el centro de masas de cada zapata en el modelo numérico.

Caracterización de suelo de fundación

Con las propiedades físico – mecánicas del suelo de fundación, se realiza el cálculo de la rigidez del suelo según D.D. Barkan – O.A. Savinov. Este proceso se realizó en una hoja de cálculo, lo cual permitió determinar la rigidez del suelo de fundación para las condiciones de la cimentación del edificio en estudio.

Modelo de D.D Barkan – O.A. Savinov

Se realiza el cálculo de los coeficientes de rigidez, como se detalla a continuación:

Datos de cimentación:

- a= 2.80 m.
- b = 2.80 m.
- c = 0.60 m.
- u = 0.30
- Carga Axial muerta (CM) = 90,05 tonf
- Carga Axial viva (CV) = 21.30 tonf

Se requiere el cálculo de la carga sísmica de la carga axial acumulada en la columna.

- Peso sísmico = 100%CM+25%CV
- Peso sísmico = 90.05+0.25*(21.30)
- Peso sísmico = 95.375 tonf.

se realiza el cálculo de la presión estática del suelo "ρ":

$$\rho = \frac{P. edificio (tributario) + P. zapata}{A zapata} = kg/cm^2$$
$$\rho = \frac{95.375 + 2.40 * 2.80 * 2.80 * 0.60}{2.80 * 2.80} = 13.61 ton/m^2$$
$$\rho = 1.36 kg/cm^2$$

Calculo del coeficiente D_0 mediante la ecuación (11). Para ello el coeficiente $C_0 = 1.80 kg/cm^3$ fue determinada de la tabla 2.1. debido a que nuestro suelo tiene grava con arena suelta.

$$D_0 = \frac{1 - 0.30}{1 - 0.5(0.30)} * 1.80$$
$$D_0 = 1.48 kg/cm^3$$

A continuación se realiza el cálculo de los coeficientes $C_x, C_y, C_z, C_{\phi,x}$ y $C_{\phi,y}$ en las ecuaciones (6), (7), (8), (9) y (10) como sigue:

$$C_x, C_y = 1.48 * \left[1 + \frac{2(2.80 + 2.80)}{1 * 2.80 * 2.80} \right] \sqrt{\frac{1.36}{0.2}} =$$
$$C_x, C_y = 1.48 * 2.429 * 2.608$$
$$C_x, C_y = 9.376 kg/cm^3$$

$$C_z = 1.80 \left[1 + \frac{2(2.85 + 2.85)}{1 * 2.85 * 2.85} \right] \sqrt{\frac{1.36}{0.2}}$$

$$C_z = 1.80 * 2.429 * 2.608$$

$$\mathbf{C_z = 11.403 kg/cm^3}$$

$$C_{\phi.x} = 1.80 \left[1 + \frac{2(2.85 + 3 * 2.85)}{1 * 2.85 * 2.85} \right] \sqrt{\frac{1.58}{0.2}}$$

$$C_{\phi.x} = 1.80 * 3.857 * 2.608$$

$$\mathbf{C_{\phi.x} = 18.106 kg/cm^3}$$

$$C_{\phi.y} = 1.80 \left[1 + \frac{2(3 * 2.85 + 2.85)}{1 * 2.85 * 2.85} \right] \sqrt{\frac{1.58}{0.2}}$$

$$C_{\phi.y} = 1.80 * 3.857 * 2.608$$

$$\mathbf{C_{\phi.y} = 18.106 kg/cm^3}$$

Determinación del momento de inercia para:

$$I_{\phi.y} = \left(\frac{a * b^3}{12} \right) m^4$$

$$I_{\phi.y} = \left(\frac{2.80 * 2.80^3}{12} \right)$$

$$\mathbf{I_{\phi.y} = 5.122 m^4}$$

$$I_{\phi.y} = \left(\frac{b * a^3}{12} \right) m^4$$

$$I_{\phi.y} = \left(\frac{2.80 * 2.80^3}{12} \right)$$

$$\mathbf{I_{\phi.y} = 5.122 m^4}$$

Finalmente se realiza el cálculo de los coeficientes de rigidez de la cimentación en las ecuaciones (1),(2),(3),(4) y (5) como se muestra a continuación:

$$K_x, K_y = (9.376 * 1,000) * 2.80 * 2.80$$

$$\mathbf{K_x, K_y = 73,507.84 tonf/m}$$

$$K_z = 11.403 * 1,000.00 * 2.80 * 2.80$$

$$K_z = 98,847.23 \text{ tonf/m}$$

$$K_{\phi x} = 18.106 * 1,000.00 * 5.122$$

$$K_{\phi x} = 92,738.93 \text{ ton}_m$$

$$K_{\phi y} = 18.106 * 1,000.00 * 5.122$$

$$K_{\phi y} = 92,738.93 \text{ ton}_m$$

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los coeficientes de rigidez calculados para cada zapata, tabla 15.

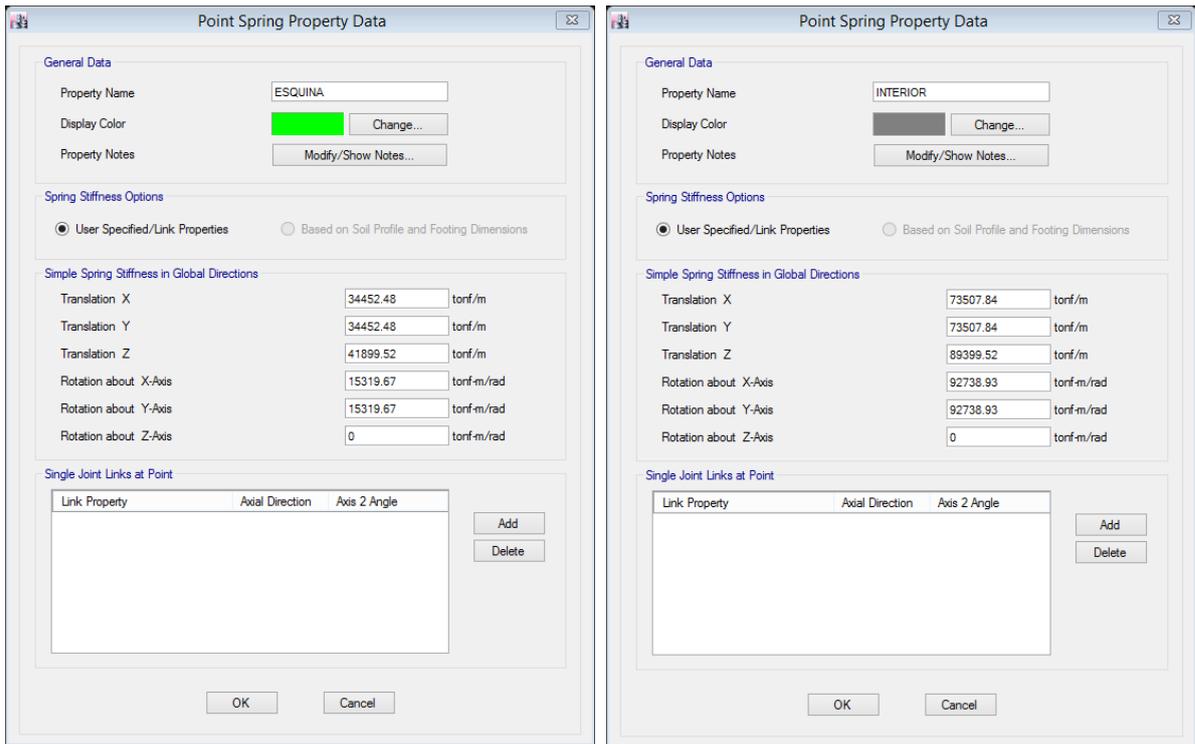
Tabla 15. resumen de los coeficientes de rigidez

zapata	K_x tonf/m	K_y tonf/m	K_z tonf/m	$K_{\phi x}$ ton_m	$K_{\phi y}$ ton_m
Z-1	73,507.84	73,507.84	89,399.52	92,738.93	92,738.93
Z-2	59,466.40	59,466.40	72,324.00	75,032.18	75,032.18
Z-3	34,452.48	34,452.48	41,899.52	15,319.67	15,319.67

Fuente: Elaboración propia (2022).

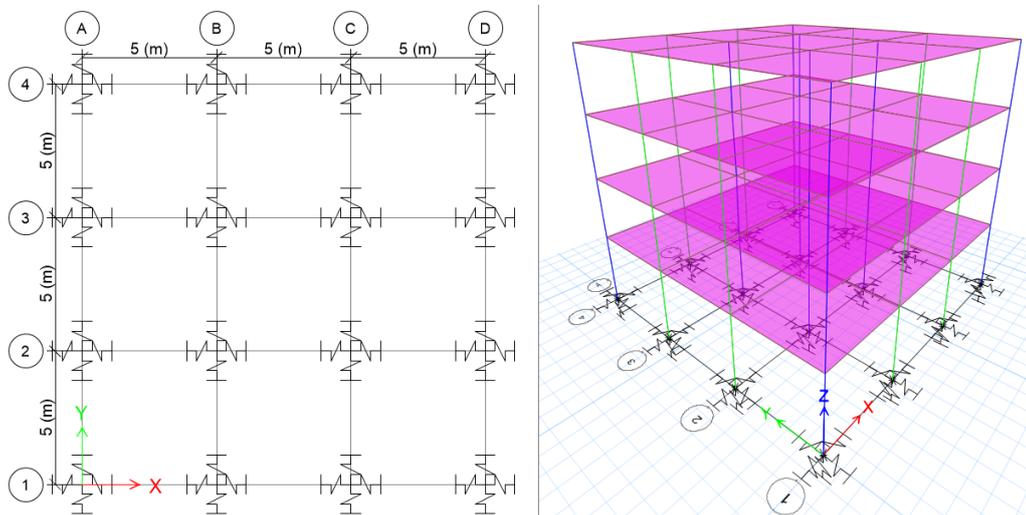
4.2. MODELAMIENTO NUMÉRICO CON ISE

Es este capítulo se muestra el proceso de modelamiento numérico considerando el suelo mediante resortes deformables, el modelo dinámico Barkan considera cinco de los seis grados de libertad, por lo cual se restringe el giro en el eje "Z".



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 43. Asignación de los coeficientes de rigidez que representan las propiedades mecánicas del suelo de fundación.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 44. Asignación de resortes al modelo número que representan el suelo de fundación.

En la figura 43 y 44. se incorporó al modelamiento numérico las propiedades mecánicas del suelo de fundación mediante resortes deformables en la base de la

edificación en el programa Etabs, Para realizar el análisis sísmico dinámico modal espectral del modelo con ISE. No fue necesario elaborar el modelo nuevamente, sino liberar los apoyos que fueron asignados para el modelo con base fija empotrada, que restringía los desplazamientos en todas las direcciones y que fue validado para cumplir con las condiciones establecidas en el RNE E.030.

Tabla 16. Periodos de vibración y porcentaje de masa participativa del modelo con ISE

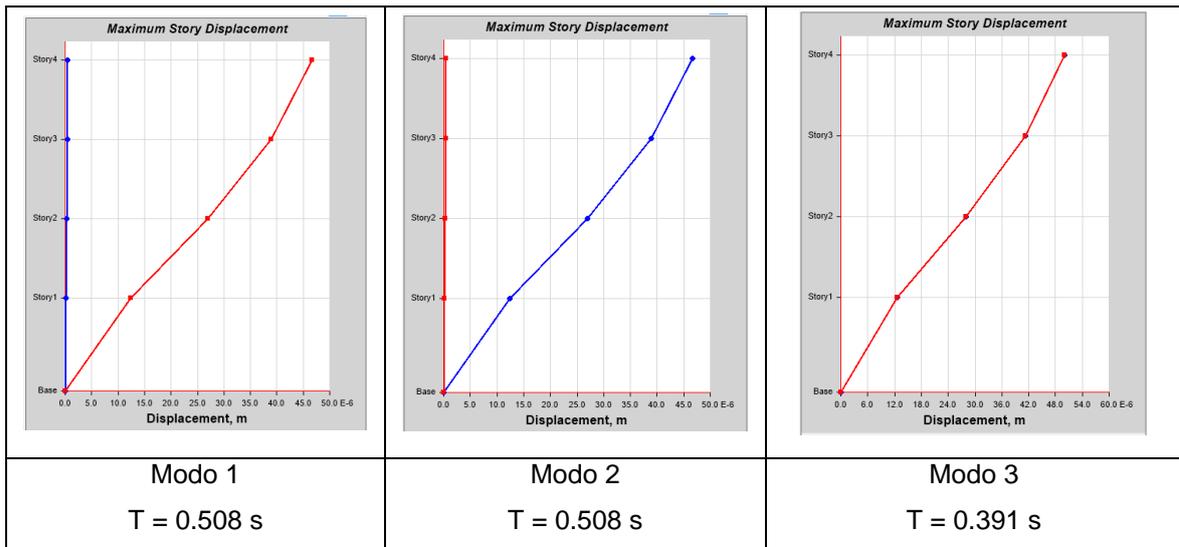
Modo	Periodo	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
	segundos									
1	0.558	0.0002	0.8595	0	0.0002	0.8595	0	0.1375	0.0000	0.0000
2	0.558	0.8595	0.0002	0	0.8598	0.8598	0	0.0000	0.1375	0.0000
3	0.431	0.0000	0.0000	0	0.8598	0.8598	0	0.0000	0.0000	0.8554
4	0.161	0.0056	0.0884	0	0.8654	0.9482	0	0.6369	0.0403	0.0000
5	0.161	0.0884	0.0056	0	0.9538	0.9538	0	0.0403	0.6369	0.0000
6	0.123	0.0000	0.0000	0	0.9538	0.9538	0	0.0000	0.0000	0.0931
7	0.079	0.0010	0.0199	0	0.9548	0.9737	0	0.0549	0.0028	0.0000
8	0.079	0.0199	0.0010	0	0.9747	0.9747	0	0.0028	0.0549	0.0000
9	0.059	0.0000	0.0000	0	0.9747	0.9747	0	0.0000	0.0000	0.0219
10	0.048	0.0022	0.0014	0	0.9769	0.9761	0	0.0077	0.0121	0.0000
11	0.048	0.0014	0.0022	0	0.9784	0.9784	0	0.0121	0.0077	0.0000
12	0.035	0.0000	0.0000	0	0.9784	0.9784	0	0.0000	0.0000	0.0039

Fuente: Elaboración propia (2022)

De la tabla 16. Se determina a) que en el primer modo de vibración se encuentra en traslación en la dirección “X”, con un $T_x = 0.558$ segundos. b) el segundo modo de vibración se encuentra traslación en la dirección del eje “Y”, con un $T_y = 0.558$ segundos y c) el tercer modo de vibración se encuentra en rotación, con un $T_z = 0.431$ segundos.

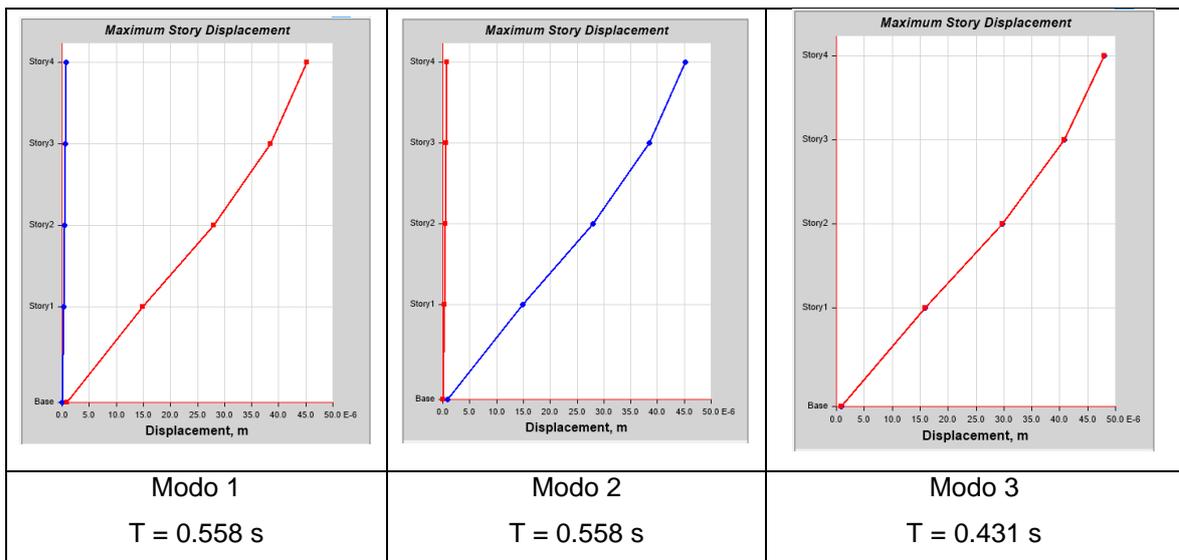
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PERIODOS FUNDAMENTALES DE VIBRACIÓN Y DESPLAZAMIENTOS DE LOS MODELOS BASE FIJA EMPOTRADA Y CONSIDERANDO ISE.

Habiéndose realizado los modelos con base fija empotrada (modelo de uso tradicional) y modelo con ISE. Sea realiza una evaluación comparativa para determinar las variaciones que se generan.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 45. Modos y periodos de vibración del edificio con modelo base fija.



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 46. Modos y periodos de vibración del edificio con modelo ISE.

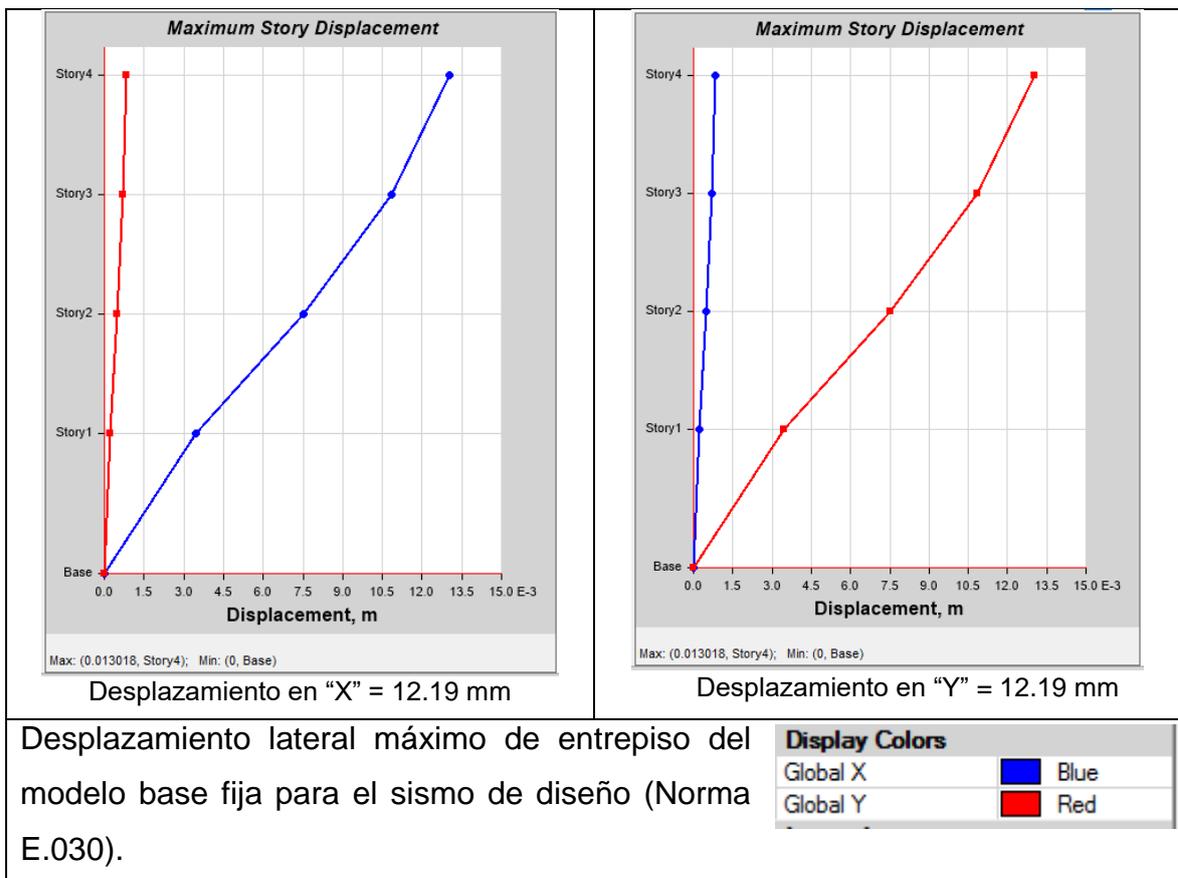
En la figura 45 Y 46. Las líneas de color rojo representa los desplazamientos en el eje “Y” y las líneas de color azul representan los desplazamientos en los ejes “X”. en el modelo de base fija y ISE, en primer modo ocurre desplazamiento en la dirección “Y”, el segundo modo es desplazamiento en dirección “X” y el tercer modo de encuentra en rotación “X-Y”.

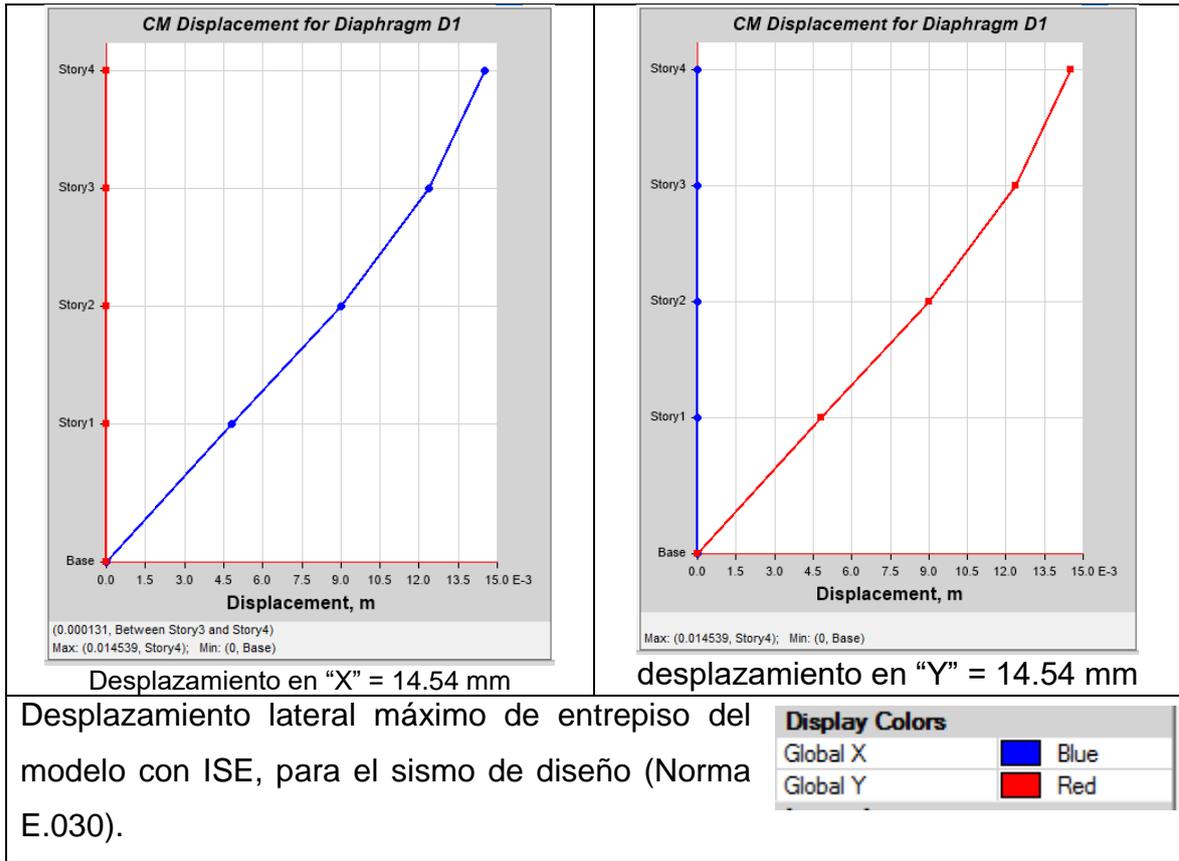
Se observa que en los modos 1, modo 2 y modo 3 ocurrió un incremento de 9.84%, 9.84% y 10.23% respectivamente para el modelo con ISE, así mismo se aprecia

que las dos primeras formas modales en ambos modelos se encuentran son traslacionales y la tercera forma modal es rotacional.

Desplazamientos laterales

Se muestra la variación en los desplazamientos de entrepiso en las direcciones “X” y “Y”, en los modelos con base fija y modelo con ISE. Es importante evaluar los desplazamientos que ocurren en la edificación para determinar los posibles daños que podrían ocurrir y prever las juntas de separación sísmica para así evitar daños por choque estructural con las edificaciones colindantes.





Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 47. Comparativo de desplazamientos máximos de entrepiso para el modelo de base fija y modelo con ISE.

En la figura 47. Se observa los desplazamientos laterales máximos de entrepiso para la edificación, en la dirección "X" y "Y" sufrió un incremento de 19.29% para el caso del modelo con ISE.

Tabla 17. Comparativo de desplazamiento lateral de entrepiso en la dirección "X"

Diafragma	Load Case/Combo	Modelo con ISE D.D. Barkan O.A. Savinov		Modelo con base fija		% de variación
		UX	UY	UX	UY	
		m	m	m	m	%
PISO 4	SISMO XX Max	0.01454	0.00000	0.01219	0.00000	19.29
PISO 3	SISMO XX Max	0.01237	0.00000	0.01018	0.00000	21.60
PISO 2	SISMO XX Max	0.00903	0.00000	0.00705	0.00000	28.03
PISO 1	SISMO XX Max	0.00479	0.00000	0.00324	0.00000	47.70

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 18. Comparativo de desplazamiento lateral de entrepiso en la dirección “Y”

Diafragma	Load Case/Combo	Modelo con ISE D.D. Barkan O.A. Savinov		Modelo con base fija		% de variación
		UX	UY	UX	UY	%
		m	m	m	m	
PISO 4	SISMO YY Max	0.00000	0.01454	0.00000	0.01219	19.29
PISO 3	SISMO YY Max	0.00000	0.01237	0.00000	0.01018	21.60
PISO 2	SISMO YY Max	0.00000	0.00903	0.00000	0.00705	28.03
PISO 1	SISMO YY Max	0.00000	0.00479	0.00000	0.00324	47.70

Fuente: Elaboración propia (2022)

En la tabla 17 y 18. Se muestra las variaciones en los desplazamientos laterales en cada nivel en la dirección “X” y “Y”, donde se observa que en el techo 1 se presenta el mayor porcentaje de incremento de 47.40%, calculando un incremento promedio de 29.16% en ambas direcciones.

Comparativo de desplazamientos relativos (DRIFT)

Se analiza las variaciones de los desplazamientos relativos de entrepiso, de los dos modelos numéricos con la que se realizó el análisis sísmico dinámico de la estructura, además de ello se realiza el control de la distorsión límite de 0.007 de la Norma E.030, en la dirección “X” y “Y” tal como se muestra en la Tabla 19 y 20.

Tabla 19. Comparativo de desplazamiento lateral relativo de entrepiso en la dirección “Y”.

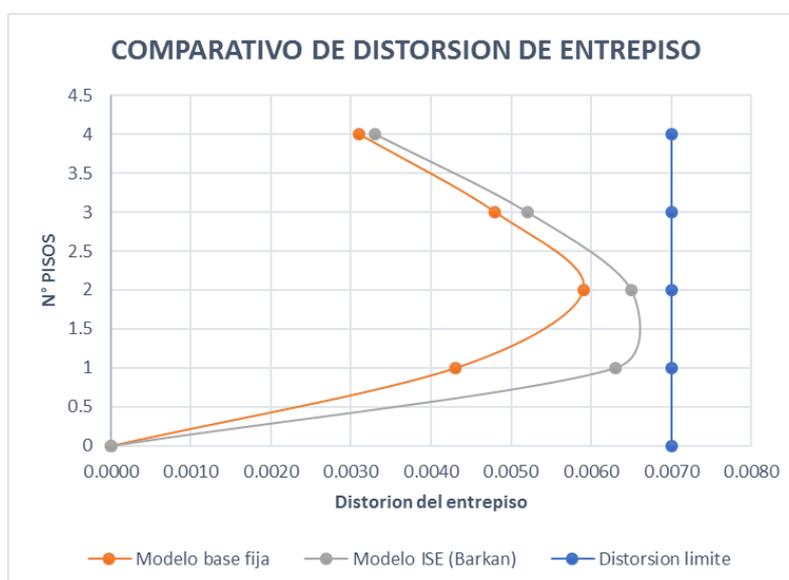
Diafragma	Load Case/Combo	Modelo con ISE D.D. Barkan O.A. Savinov	Modelo con base fija	factor R = 7.00
		Distorsión de entrepiso (DRIFT)	Distorsión de entrepiso (DRIFT)	DISTORSION LIMITE
PISO 4	SISMO YY Max	0.0033	0.00311	0.0070
PISO 3	SISMO YY Max	0.0052	0.00482	0.0070
PISO 2	SISMO YY Max	0.0065	0.00588	0.0070
PISO 1	SISMO YY Max	0.0063	0.00426	0.0070

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 20. Comparativo de desplazamiento lateral relativo de entrepiso en la dirección “X”.

Diafragma	Load Case/Combo	Modelo con ISE D.D. Barkan O.A. Savinov	Modelo con base fija	factor R = 7.00
		Distorsión de entrepiso (DRIFT)	Distorsión de entrepiso (DRIFT)	DISTORSION LIMITE
PISO 4	SISMO XX Max	0.0033	0.00311	0.0070
PISO 3	SISMO XX Max	0.0052	0.00482	0.0070
PISO 2	SISMO XX Max	0.0065	0.00588	0.0070
PISO 1	SISMO XX Max	0.0063	0.00426	0.0070

Fuente: Elaboración propia (2022)



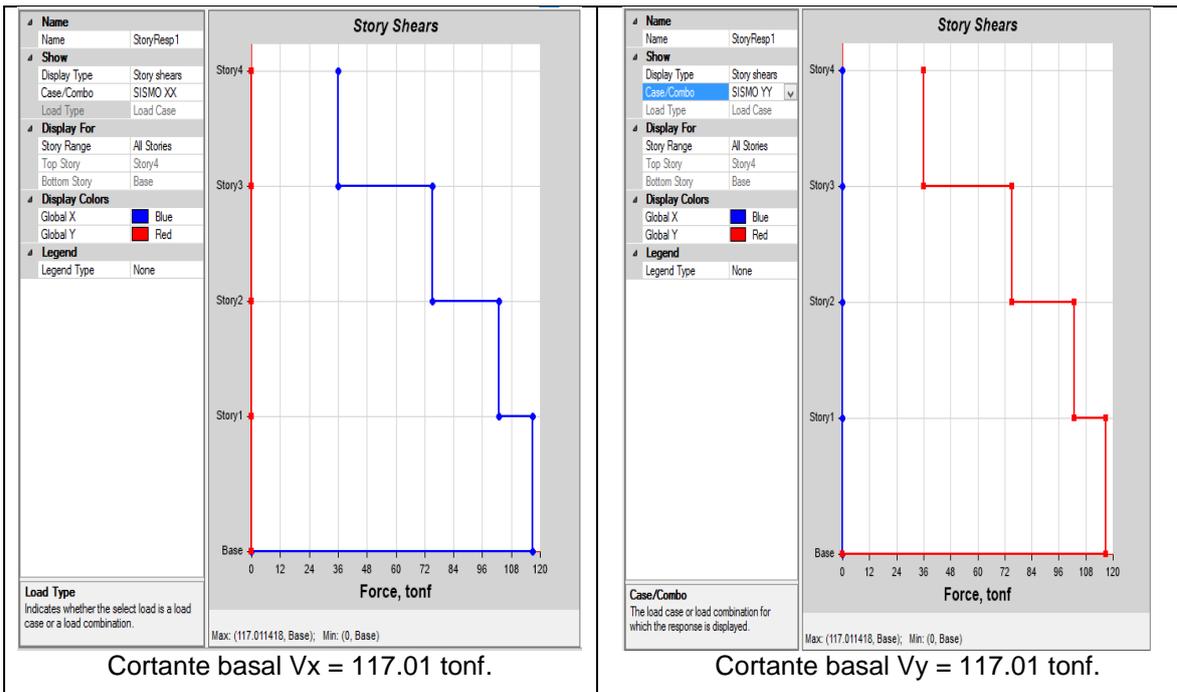
Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 48. Comparativo de distorsión relativo de entrepiso en la dirección “X”

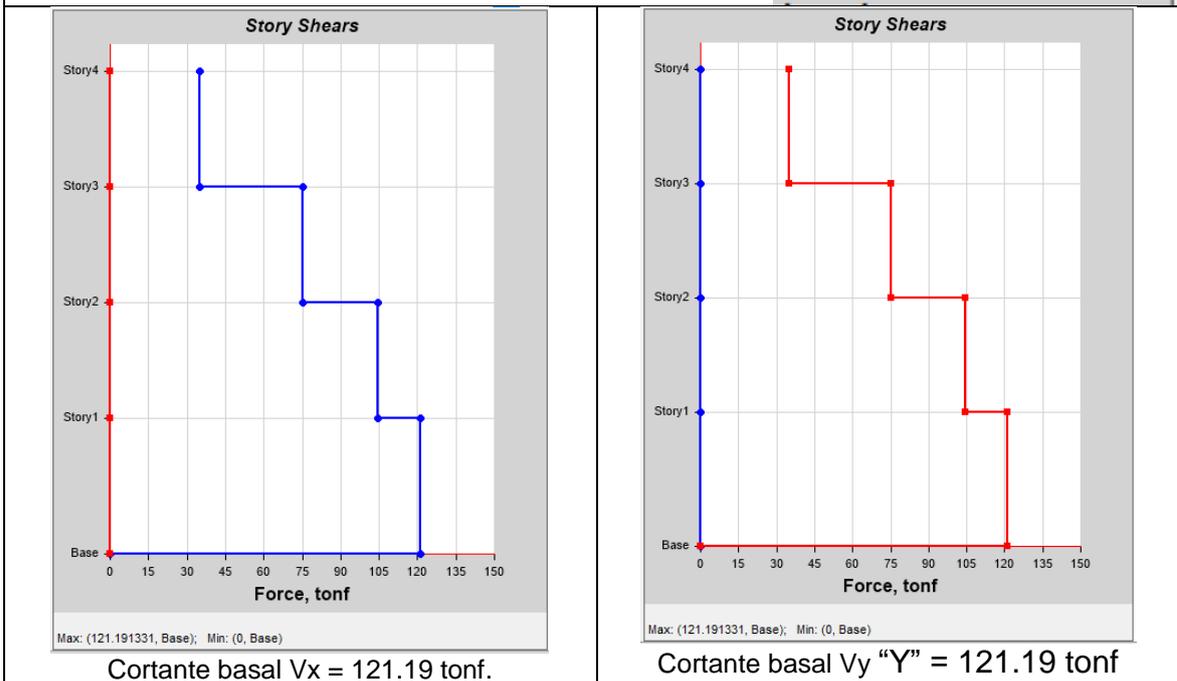
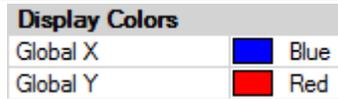
En la figura 48. Se observa que existe un incremento en los desplazamientos relativos de entrepiso para el modelo con ISE. Se determinó un incremento máximo de 47.70% que se presenta en el primer nivel o diafragma. Así mismo la distorsión máxima de 0.59% para el modelo base fija incrementa a 0.65% en el modelo con ISE. Sin embargo no supera la distorsión límite de la Norma E.030.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS FUERZAS INTERNAS Y CORTARTE LATERAL Y BASAL.

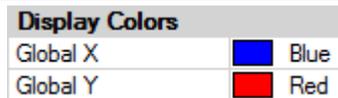
Se realiza el análisis comparativo de la cortante basal sísmica y la distribución de cortantes de entrepiso en la edificación.



cortante basal y distribución de cortantes de entepiso para el modelo base fija



cortante basal y distribución de cortantes de entepiso para el modelo ISE.



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 49. Comparativo de cortante basal dinámico del modelo base fija y modelo con ISE.

En la figura 49. Se muestra la distribución de cortantes de entrepiso para ambos modelos, se encuentra un incremento de 3.57% para el modelo con ISE. En la cortante basal dinámica.

Tabla 21. Variación de cortante lateral de entrepiso para el modelo base fija y modelo con ISE, en la dirección “X”

Piso	Load Case/Combo	Location	Base fija	Modelo ISE Barkan	Variación en distribución de cortante
			VX (tonf)	VX (tonf)	
Piso 4	SISMO XX Max	Bottom	35.9559	35.1857	0.98
Piso 3	SISMO XX Max	Bottom	75.3411	75.2500	1.00
Piso 2	SISMO XX Max	Bottom	102.8342	104.3724	1.01
Piso 1	SISMO XX Max	Bottom	117.0114	121.1913	1.04

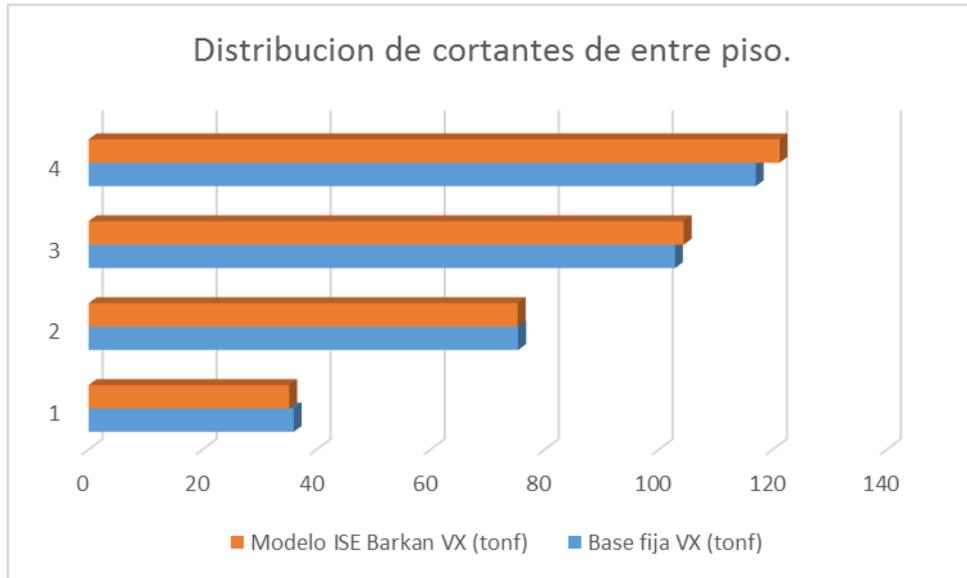
Fuente: Elaboración propia (2022).

Tabla 22. Variación de cortante lateral de entrepiso para el modelo base fija y modelo con ISE, en la dirección “Y”

Piso	Load Case/Combo	Location	Base fija	Modelo ISE Barkan	Variación en distribución de cortante
			VY (tonf)	VY (tonf)	
Piso 4	SISMO YY Max	Bottom	35.9559	35.1857	0.98
Piso 3	SISMO YY Max	Bottom	75.3411	75.2500	1.00
Piso 2	SISMO YY Max	Bottom	102.8342	104.3724	1.01
Piso 1	SISMO YY Max	Bottom	117.0114	121.1913	1.04

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la tabla 21 y 22. Se observa que en los pisos 3 y 4 disminuye para el modelo dinámico Barkan y sufre un incremento en los pisos 1 y 2. En ambas direcciones “X” y “Y”. así mismo se muestra de forma gráfica en la figura 50.



Fuente: Elaboración propia (2022).

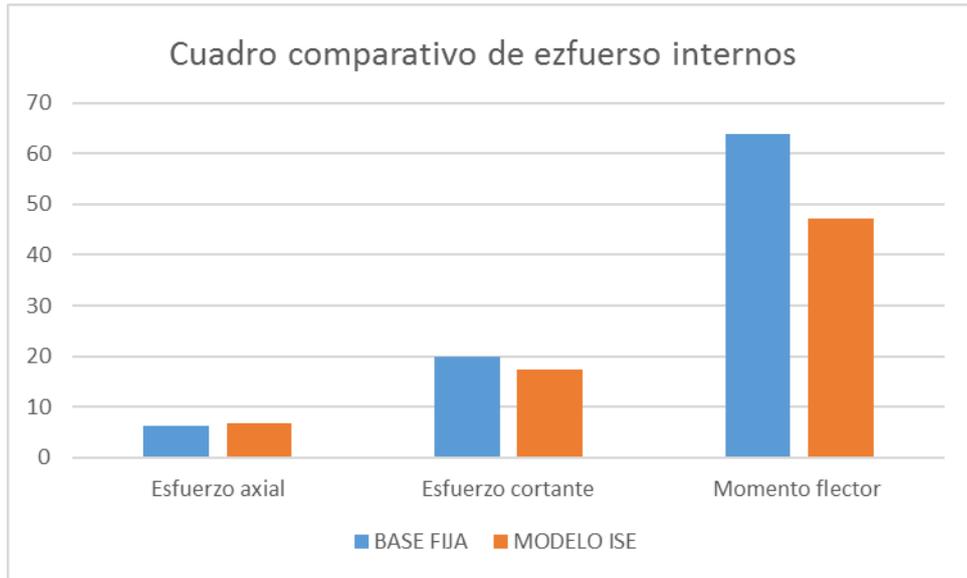
Figura 50. Distribución de cortantes de entrepiso de modelo base fija y modelo con ISE.

Fuerzas internas por sismo

Tabla 23. Cuadro comparativo de Esfuerzos en Placa del primer piso del eje 1

Cuadro comparativo de esfuerzo internos					
Esfuerzo	Base Fija	ISE	Unidad	% De Variación	Condición
Esfuerzo axial	6.19	6.67	Tonf	7.75%	Incrementa
Esfuerzo cortante	19.84	17.3	Tonf	-12.80%	reduce
Momento flector	63.82	47.26	Tonf_m	-25.95%	reduce

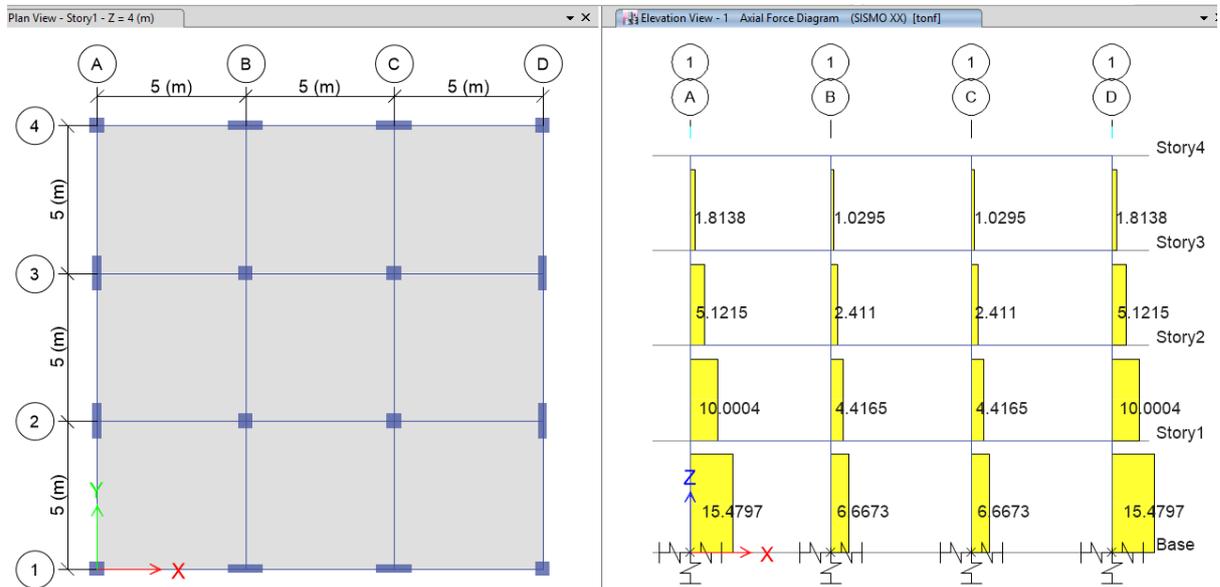
Fuente: Elaboración propia (2022).



Fuente: Elaboración propia (2022)

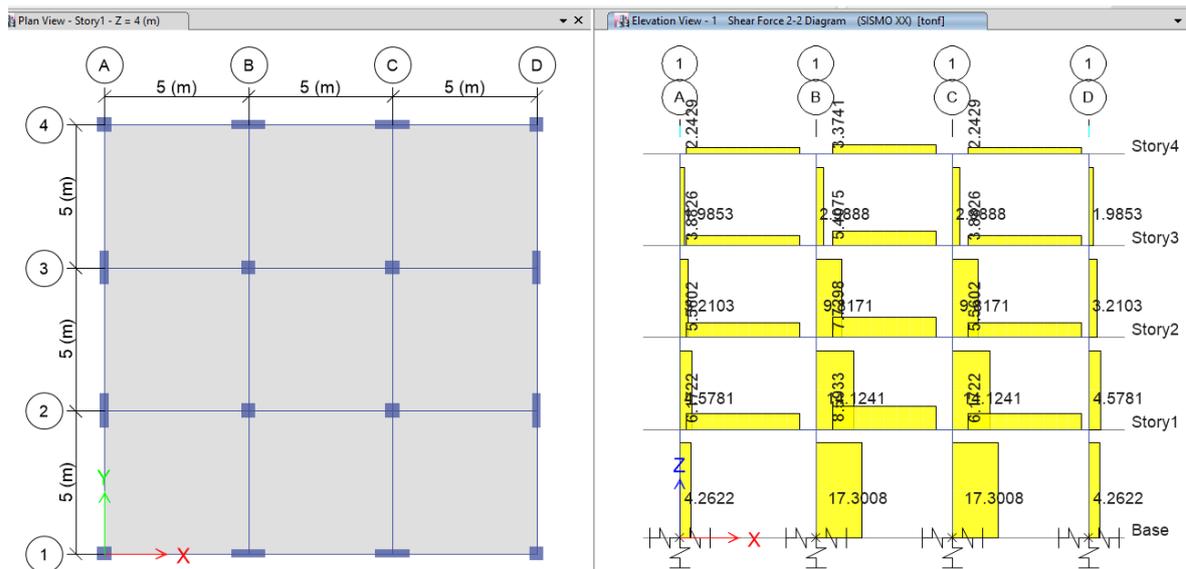
Figura 51. Cuadro comparativo de Esfuerzos en Placa del primer piso del eje 1

Se observa que existe un incremento en cargas axiales en un 7,75%, los esfuerzos cortantes y momentos flectores reducen en 12.80% y 25.95% respectivamente para el modelo con ISE (Modelo dinámico Barkan).



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 52. Distribución de esfuerzos axiales en eje 1-1.



Fuente: Elaboración propia (2022).

Figura 53. Distribución de esfuerzos cortantes de entrepiso en eje 1-1.

En la figura 51 y 52 se presentan los diagramas fuerzas axiales y esfuerzos cortantes, para el caso de carga en la dirección XX. Del modelo que considera la ISE.

V. DISCUSIÓN

Luego de haber mostrado los resultados obtenidos en la presente investigación de la influencia de la interacción suelo – estructura en la respuesta estructural de una edificación de concreto armado, bajo un análisis e interpretación exhaustivo de los resultados del obtenidos en el programa Etabs. El presente capítulo se realiza la discusión de los Hallazgos relevantes, limitaciones y observaciones.

Objetivo general: Evaluar la variación en la respuesta estructural con y sin interacción suelo – estructura en un edificio de concreto armado.

(Tasilla, 2018) en su investigación indica que al considerar la ISE según la normas E0.30 y FEMA 440, se generan variaciones en el comportamiento dinámico de la estructura, al final de su investigación muestra incrementos en los periodos de vibración del edificio; inicialmente bajo el modelo con base fija (modelo tradicional) el periodo es de 0.421 segundos a 0.499 segundos, 0.511 segundos, 0.689 segundos y 0.912 segundos en los tipos de suelo Roca Dura, Muy Rígido, Intermedio y Blando respectivamente; así como también el edificio con ISE genera un aumento en las derivas máximas de entrepiso de 66.67% y 80.00% en el eje “X” y eje “Y” respectivamente para el suelo tipo Roca Dura, 125.00% en “X” y 88.24% en “Y” para el suelo muy rígido, 471.43% en “X” y 395.00% en “Y” para el Suelo Intermedio y 1246.67% en “X” y 1057.14% en “Y” en suelo blando.

En comparación en la presente investigación se desarrolló el modelo numérico con ISE en base al modelo dinámico D.D. Barkan – O.A. Savinov, habiendo un incremento en el periodo de vibración de los modos 1, modo 2 y modo 3 de 9.84%, 9.84% y 10.23% respectivamente, así mismo el modelo con ISE sufrió un incremento en los desplazamientos máximos de 19.29%, respecto a la cortante basal hubo un incremento de 3.57% en la dirección “X” y “Y”.

Por lo tanto, podemos decir que, para determinar las variaciones en la respuesta estructural, se realizó de manera similar **(Tasilla, 2018)**, donde se basó en modelo dinámicos para el análisis con ISE. A diferencia en la presente investigación se ha basado en el modelo dinámico D.D. Barkan; en comparación a los resultados obtenidos de **(Tasilla, 2018)**, respecto a los periodos de vibración y desplazamientos máximos existe una similitud, debido a que hay un incremento en el modelo analizado, de igual forma existe similitud respecto a las cortante, debido

a que se halló incremento, si bien tenemos menores porcentajes esto es atribuible a las altura de la edificación y las propiedades mecánicas del suelo de fundación.

Objetivo específico 1: caracterizar las propiedades mecánicas del suelo, para incorporar en el modelo numérico considerando la ISE.

(Tasilla, 2018), en su investigación recolecta datos de la Norma E.030, en los tipos de suelo Roca Dura, Muy Rígido, Intermedio y Blando, no haciendo un estudio detallado del suelo de fundación.

En comparación con el presente trabajo de investigación, que se vio relevante el estudio geofísico del terreno de fundación, para saber con mayor exactitud las propiedades mecánicas del suelo de fundación, es así que se determinó con el estudio de mecánica de suelos el terreno de fundación como suelo intermedio (S2), con el coeficiente de poisson (0.30), datos que permiten caracterizar la rigidez del suelo. Se tienen otro tipo de estudio geofísicos que muestran resultados más precisos; sin embargo, en la ciudad de Arequipa aún no se cuenta con laboratorios de mayor especialidad.

Objetivo específico 2: Realizar el modelo numérico considerando la Interacción suelo - estructura, para el análisis sísmico dinámico de una edificación de concreto armado.

(Angulo, 2017) en su investigación donde su objetivo principal fue determinar las variaciones en las fuerzas internas de los elementos estructurales considerando en el modelo numero la ISE, donde se analizó una edificación de siete pisos en el distrito de san juan de Lurigancho, donde se utilizó el programa Etabs, la cual realiza los cálculos mediante el método de elementos finitos, y es un software especializado para edificaciones, se realizó siguiendo el RNE E.030 y los lineamientos para la aplicación de la ISE.

En comparación con el presente trabajo de investigación para determinar las variaciones en las fuerzas inerciales y fuerzas internas del edificio de concreto armado sistema dual. Se empleó en programa Etabs que permite desarrollar modelos con ISE.

Por lo tanto, se puede decir que el trabajo se realizó de forma similar, debido a que para el análisis sísmico dinámico modal espectral, se desarrolló bajo la Norma

E.030. y el análisis estructural se realizó bajo el método de elemento finitos que emplea el programa.

Objetivo específico 3: Evaluar la variación en el periodo fundamental de vibración y desplazamientos con y sin considerar la interacción suelo - estructura, en un edificio de concreto armado.

(Aguilar y Ortiz, 2017) en su artículo realiza el análisis dinámico de un edificio que se encuentra ubicada en la ciudad de Manta, en un tipo de perfil de suelo "c", mediante modelos que consideran los apoyos de la base empotrada y modelos con ISE, donde indica que al estar fundada la edificación en un suelo tipo "c" y tener vigas de cimentación, la ISE no genero mayor incidencia en los periodos y desplazamientos por lo se podría realizar el análisis sin tomar en cuenta la flexibilidad de la cimentación.

En comparación con nuestros resultados obtenidos para los modos 1, modo 2 y modo 3 de 9.84%, 9.84% y 10.23% respectivamente y un incremento de 19.29% para los desplazamientos laterales máximos y las derivas de entrepiso de 0.65% no supera la distorsión límite para el concreto armado de la Norma E.030.

Por lo tanto, se puede decir que al considerar en el presente trabajo de investigación una edificación de sistema dual, y esta cimentada sobre un suelo intermedio (S2) no genero mayor incidencia en los desplazamiento y periodos de vibración. Por lo cual los resultados hallados son similares a los de **(Aguilar y Ortiz, 2017)**.

Objetivo específico 4: Comparar la variación en la cortante basal y en las fuerzas internas con y sin considerar la Interacción Suelo -Estructura, de una edificación de concreto armado

(Hinostroza, 2021) en su investigación como resultado obtuvo un incremento de 7 y 8% en la cortante basal, para la dirección X-X y Y-Y respectivamente para el edificio en análisis.

Comparando con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se obtuvieron un incremento de 3.57% para ambas direcciones "X-X" y "Y-Y", se puede decir que existe un ligero incremento esto se puede atribuir a los perfiles de suelo en la que se encuentra fundada la edificación.

Finalmente se puede decir que los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a los resultados obtenidos por **(Hinostroza, 2021)**, debido a que se aprecian incrementos en las cortantes basales.

VI. CONCLUSIONES

- a) El análisis sísmico dinámico modal espectral considerando la interacción suelo - estructura con el modelo dinámico de D.D Barkan – O.A. Savinov, muestra incrementos en el periodo fundamental de vibración y los desplazamientos laterales haciendo que el edificio sea más flexible.
- b) La caracterización de la flexibilidad del suelo de fundación, se logra mediante los cálculos de los coeficientes de rigidez traslacionales y rotacionales considerados por el modelo dinámico de la ISE.
- c) El programa Etabs tiene herramientas para modelar apoyos flexibles que se generan con la ISE a través de resortes elásticos.
- d) En el modelo dinámico de interacción suelo – estructura respecto al modelo de apoyo fijo, se ha encontrado un incremento en los periodos de vibración para los modos 1, modo 2 y modo 3 de 9.84%, 9.84% y 10.23% respectivamente. Para Modelo ISE se ha encontrado un incremento de 19.29% para los desplazamientos laterales.
- e) En el modelo dinámico de interacción suelo – estructura respecto al modelo de apoyo fijo, se ha encontrado un incremento en la cortante basal de 3.57% para cada dirección, para la Fuerza axial sufrió un incremento de 7.75%, para las Fuerzas cortantes y Momento flector sufrió una disminución de 12.80% y 25.95 respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda considerar el análisis sísmico dinámico con ISE, para todo tipo suelos y edificaciones, ya que se generan mayores desplazamientos laterales y como también reducciones de las fuerzas de diseño, que permiten optimizar el diseño estructural y permiten brindar una adecuada seguridad estructural.
- b) Se recomienda realizar un Estudio de Mecánica de Suelos cuyas propiedades físicas sean las necesarias para un modelo ISE.
- c) Se recomienda profundizar esta investigación con modelos ISE del tipo inelástico.
- d) Se recomienda profundizar esta investigación con modelos ISE de disipación de energía.
- e) Se recomienda motivar trabajos de investigación considerando la interacción.
- f) suelo - estructura, en diferentes tipos de edificaciones y sistemas estructurales con distintos tipos de suelos que permita entender de manera más clara la influencia de la ISE.

REFERENCIAS

- AGUIAR, R. y ORTIZ, D., 2017. Análisis sísmico de un edificio de docepisos de la ciudad de Manta considerando Interacción Suelo Estructura. Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras, vol. 22, no. 3, pp. 251-279. DOI <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/riie/article/view/646/532>.
- ANGULO LUNA, L.J., 2017. Análisis sísmico de un edificio de siete pisos con sótano utilizando interacción suelo-estructura en el distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, 2017. Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- ARANCIBIA, D., 2020. Estudio del efecto de la interacción suelo estructura en edificios bajos de albañilería [en línea]. S.l.: Universidad de Chile. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/177340?show=full>.
- BARRIOS, M. y COSCULLUELA, A., 2013. Fiabilidad.
- BERNAL, C.A., 2010. Metodología de la investigación. 3.a ed. Colombia: ISBN 9789586991285.
- BLANCO, A., 2012. Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.
- BORJA, M., 2016. Metodología de la investigación científica. Chiclayo.
- CALDERÍN, F., ALMENAREZ, D. y BOADA, D., 2020. Consideración del fenómeno interacción suelo-estructura en edificio prefabricado. Ciencia en su PC [en línea], vol. 1, no. 4, pp. 79-94. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181366194007>.
- CHOPRA, A. k., 2020. Dynamics of Structures [en línea]. 5. ISBN 978-1-29-224920-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007>.
- CRONBACH, L.J., 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika, vol. 16, no. 3, pp. 297-334.
- ESPINOSA STEAD, A.J., CARRIÓN GRANJA, J.P. y MORALES GUBIO, L.W., 2019. Influencia de la interacción suelo-estructura de cimentaciones superficiales en suelos no cohesivos en el comportamiento estructural de una edificación de 8 pisos y un subsuelo [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20362>.
- HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, M. del P., 2014. Metodología de la investigación. 6ta. Mexico D.F.: ISBN 9781456223960.
- HINOSTROZA, L.M., 2021. FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA 01 Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Cesar Vallejo [en línea], pp. 1-153. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- INDECI, 2015. Escenario sísmico en base a las intensidades máximas esperadas en un probable sismo frente a la zona costera de Lima. www.indeci.gob.pe, pp. 68.
- INEI, 2020. PERÚ: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2020. Boletín Especial N° 26. Instituto Nacional de

- Estadística e Informática [en línea], pp. 1-110. ISSN 1098-6596. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf.
- JINES CABEZAS, R.M., 2017. Interacción Sísmica Suelo - Estructura En Edificaciones del sistema Dual en la ciudad de Moquegua. S.I.: Universidad Privada de Tacna.
- KAUSEL, E., 2010. Early history of soil–structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, vol. 30, no. 9, pp. 822-832.
- LLANOS, A., CATAFORA, G., GALARZA, C. y MAMANI, M., 2020. Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, vol. 7, pp. 70-81.
- MEJIA BAHAMON, N.A., 2018. Análisis de interacción suelo estructura en conjunto con un análisis push over en una edificación de 10 pisos en pórticos de concreto, en zonas lacustres de la microzonificación sísmica de Bogotá [en línea]. Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018>.
- MIAO, Y., ZHONG, Y., RUAN, B., CHENG, K. y WANG, G., 2020. Seismic response of a subway station in soft soil considering the structure-soil-structure interaction. *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 106, pp. 103629. ISSN 0886-7798. DOI 10.1016/J.TUST.2020.103629.
- MURTY, C.V.R., GOSWAMI, R., VIJAYANARAYANAN, A.R. y MEHTA, V. V., 2012. Earthquake Behaviour of Buildings. Gujarat State Disaster Management Authority, Gandhinagar, vol. 53, pp. 184.
- NEHRP, 2012. Soil-Structure Interaction for Building Structures. In Nist Ger, vol. 12.
- PEREZ BENITO, C.E., 2019. Análisis del comportamiento sísmico de una edificación empleando diferentes sistemas estructurales – Lima 2019. S.I.: Universidad Cesar Vallejo.
- PINTO, F.J. y LEDEZMA, C., 2019. Interacción suelo-estructura en edificios de gran altura con subterráneos en Santiago, Chile. *Obras y proyectos [en línea]*, no. 25, pp. 66-75. [Consulta: 1 mayo 2022]. ISSN 0718-2813. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132019000100066&
- QUEZADA, N., 2010. Metodología De La Investigación. Lima - Perú: ISBN 9786124034503.
- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2018. Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sísmo Resistente.
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, J. y REGUANT-ÁLVAREZ, M., 2020. Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovación i Recerca en Educació*, vol. 13, no. 2, pp. 1-13. DOI 10.1344/reire2020.13.230048.
- RODRIGUEZ, W., 2019. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica - Suelos y Cimentaciones [en línea]. S.I.: s.n. Disponible en: <https://civilgeeks.com/2016/04/06/libro-completo-de-geotecnia-ing-william->

rodriguez/.

- SHAHI, M., SOHRABI, M.R. y ETEDALI, S., 2018. Seismic control of high-rise buildings equipped with ATMD including soil-structure interaction effects. *Revista de terremotos y tsunamis* [en línea], vol. 12, no. 03, pp. 1850010. Disponible en: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S1793431118500100>.
- SUCASACA, H. y MAMANI, J.H., 2017. Evaluación de los Efectos de Interacción Suelo-Estructura en el Estadio Universitario UNA-Puno [en línea]. S.l.: Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2040>.
- TASILLA, J.C., 2018. No Title. Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca [en línea], no. 0, pp. 1-195. Disponible en: https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2838/T016_48106454_T.docx?sequence=1&isAllowed=y.
- TENA, A., 2019. Soil-structure interaction. Reflections about its importance in the dynamic response of structures during earthquakes. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras* [en línea], vol. 24, no. 2, pp. 141-165. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/341132042>.
- VILLAREAL, G., 2006. Interaccion sismica suelo- estructura en edificaciones con zapatas aisladas. Lima - Perú: Asamblea Nacional De Rectores.
- VILLAREAL, G., 2020. Interaccion Suelo Estructura en Edificaciones con zapatas aisladas. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, vol. 25, no. 3, pp. 311-332. DOI <http://dx.doi.org/10.24133/riie.v25i3.1689>.
- VILLAREAL, G. y AGUILA, C., 2021. Soil-Structure Interaction and Its Influence on the Seismic Response of Rc Buildings. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras* [en línea], vol. 26, no. 3, pp. 426-471. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.24133/riie.v26i3.2336>.
- TAHGHIGHI, Hossein; MOHAMMADI, Ali. Numerical evaluation of soil–structure interaction effects on the seismic performance and vulnerability of reinforced concrete buildings. *International Journal of Geomechanics*, 2020, vol. 20, no 6, p. 04020072.
- SCARFONE, Riccardo; MORIGI, Marco; CONTI, Riccardo. Assessment of dynamic soil-structure interaction effects for tall buildings: A 3D numerical approach. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2020, vol. 128, p. 105864.
- OZ, Ibrahim, et al. Effect of soil-structure interaction on the seismic response of existing low and mid-rise RC buildings. *Applied Sciences*, 2020, vol. 10, no 23, p. 8357.
- VILLAREAL, G., CERNA, M.A. y ESPINOZA, C.U., 2021. Seismic Interaction of Soil-Structure in Buildings With Limited Ductility walls on Foundation Plates. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, vol. 26, no. 13-23, pp. 153-178. DOI <http://dx.doi.org/10.24133/riie.v26i1.1967>.
- ZHANG, W., SEYLABI, E.E. y TACIROGLU, E., 2019. An ABAQUS toolbox for soil-structure interaction analysis. *Computers and Geotechnics*, vol. 114, pp. 103143. DOI <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2019.103143>.

ANEXOS

Anexo 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO: Influencia de la Interacción Suelo - Estructura en la respuesta estructural de un Edificio de Concreto Armado.					
PROBLEMA	OBJETIVOS	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES			METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿Cuál es la variación en la respuesta estructural con y sin interacción suelo – estructura en un edificio de concreto armado?	Determinar la variación en la respuesta estructural con y sin interacción suelo – estructura en un edificio de concreto armado.	Influencia de la interacción suelo - estructura.	Modelo dinámico de D.D. Barkan - O.A. Savinov	Rigidez traslacional en ejes X,Y y Z.	ENFOQUE: Cuantitativo DISEÑO DE INVESTIGACION: No Experimental NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptivo POBLACIÓN: Edificios de Concreto Armado sistema Dual de 04 pisos Arequipa, Arequipa, Cerro Colorado. MUESTRA: Edificio de concreto Armado sistema Dual para Oficinas de 04 pisos. MUESTREO: No probabilístico.
				Rigidez rotacional X y Y	
Propiedades físicas de las cimentaciones	Área de la cimentación				
	Inercias de la cimentación				
	Coeficiente de Poisson				
	Presión Admisible				
Propiedades Dinámicas del edificio	Presión estática				
	Periodo de Vibración				
	Formas Modales de Vibración				
	Desplazamientos laterales				
	Desplazamientos laterales				
	Cortante Basal				
	Fuerza Axial				
	Fuerza cortante				
Momento flector					
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS				
1. ¿Cómo se caracteriza las propiedades mecánicas del suelo para su incorporación en el modelo numérico considerando ISE?	1. caracterizar las propiedades mecánicas del suelo, para incorporar en el modelo numérico considerando la ISE.				
2. ¿Cómo realizar el modelo numérico considerando la Interacción Suelo – estructura, para el análisis sísmico dinámico de una Edificación de Concreto Armado?	2. Realizar el modelo numérico considerando la Interacción suelo - estructura, para el análisis sísmico dinámico de una edificación de concreto armado.				
3. ¿Cuál es la variación en el periodo fundamental de vibración y desplazamientos con y sin considerar la interacción suelo - estructura, en un edificio de concreto armado?	3. Evaluar la variación en el periodo fundamental de vibración y desplazamientos con y sin considerar la interacción suelo - estructura, en un edificio de concreto armado.				
4. ¿En qué medida existe variación en la cortante basal y las fuerzas internas con y sin considerar la Interacción Suelo - Estructura, de una edificación de concreto armado?	4. Comparar la variación en la cortante basal y las fuerzas internas con y sin considerar la Interacción Suelo - Estructura, de una edificación de concreto armado.				

Anexo 02. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Influencia de la interacción suelo - estructura.	En este comportamiento, los esfuerzos y deformaciones se presentan tanto en el suelo como en la estructura y son debido, a la interacción entre ambos, causada por la diferencia entre las rigideces de los materiales que los constituyen. Este fenómeno se debe entender como la modificación que sufre el movimiento del terreno por la presencia de la estructura que responde a una excitación dinámica que el mismo suelo le transmite. Los efectos cinemáticos e inerciales son modificados por la flexibilidad del suelo ante sollicitaciones dinámicas en la estructura.	Para determinar la Interacción Suelo - Estructura, se realizará mediante el cálculo de cinco coeficientes de rigidez del tipo dinámico, considerando las cargas que llegan a los apoyos, la geometría de la cimentación y las propiedades del suelo. Todo esto de modelará en la Edificación de Concreto Armado utilizando el programa ETABS.	Modelo dinámico de D.D. Barkan - O.A. Savinov	Rigidez traslacional en ejes X,Y y Z.	Razón
				Rigidez rotacional X y Y	Razón
					Razón
			Propiedades físicas de las cimentaciones	Área del cimiento	Razón
				Inercias de la cimentación	Razón
				Coficiente de Poisson	Razón
				Presión Admisible	Razón
				Presión estática	Razón
			Propiedades Dinámicas del edificio	Periodo de Vibración	Razón
				Formas Modales de Vibración	Razón
				Porcentaje de masa participativa	Razón
				Desplazamientos laterales	Razón
				Cortante Basal	Razón
Fuerza Axial	Razón				
Fuerza cortante	Razón				
Momento flector	Razón				

Anexo 03. VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ficha para validar instrumento

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: Colla Supo, Ismael

Institución donde labora: Consultor Independiente

Especialidad: Ing. Civil

Instrumento de evaluación: predimensionamiento, modelamiento numérico, periodo fundamental de vibración, modos de vibración, porcentaje de masa participativa, desplazamientos laterales de entrepiso, cortante basal.

Autor del instrumento: Bach. Ccalluchi Carrillo, Roly

II. Aspectos de evaluación:

MUY DEFICIENTE(1) DEFICIENTE(2) ACEPTABLE (3) BUENO(4) EXCELENTE (5)

critério	indicadores	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades.				X	
OBJETIVIDAD	Los ítem del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: influencia de la interacción suelo estructura en la respuesta estructural, en todas sus dimensiones e indicadores, tanto conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: influencia de la interacción suelo estructura en la respuesta estructural.				X	
ORGANIZACIÓN	los ítem del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual de la variable, en sus dimensiones e indicadores, de manera que permiten hacer inferencias en función al problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	los ítem son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, en toda su dimensión e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para determinar la influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta estructural.				X	
CONSISTENCIA	la información que se recoja a través de los ítem del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	los ítem del instrumento expresan la relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: interacción suelo estructura.				X	
METODOLOGÍA	Este instrumento corresponde a la técnica de investigación apropiada para recoger datos confiables.				X	
OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o adecuado.					X

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN

Esta Ficha cumple y es suficiente para los fines destinados.

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 4.2

	<u>02427 523</u> <u>CIP N° 71173</u>	<u>07/05/2022</u>
Firma y sello del experto	DNI	Fecha

Experto 01

Ficha para validar instrumento

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: Espinoza Ortiz, Joel Julio
 Institución donde labora: Consorcio Supervisor Altamira - Jefe de Supervisión
 Especialidad: Ingeniería Civil

Instrumento de evaluación: predimensionamiento, modelamiento numérico, periodo fundamental de vibración, modos de vibración, porcentaje de masa participativa, desplazamientos laterales de entrepiso, cortante basal.

II. Aspectos de evaluación:

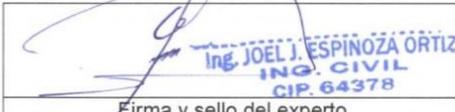
MUY DEFICIENTE(1) DEFICIENTE(2) ACEPTABLE (3) BUENO(4) EXCELENTE (5)

critério	indicadores	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades.	X	X	X	X	X
OBJETIVIDAD	Los ítem del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: influencia de la interacción suelo estructura en la respuesta estructural, en todas sus dimensiones e indicadores, tanto conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: influencia de la interacción suelo estructura en la respuesta estructural.				X	
ORGANIZACIÓN	los ítem del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual de la variable, en sus dimensiones e indicadores, de manera que permiten hacer inferencias en función al problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	los ítem son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, en toda su dimensión e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para determinar la influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta estructural.					X
CONSISTENCIA	la información que se recoja a través de los ítem del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	los ítem del instrumento expresan la relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: interacción suelo estructura.					X
METODOLOGÍA	Este instrumento corresponde a la técnica de investigación apropiada para recoger datos confiables.				X	
OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o adecuado.				X	

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN

Considero que este instrumento es válido para los fines de esta investigación.

V. PROMEDIO DE VALIDACIÓN: 46

	<u>29464455</u>	<u>05/05/2022</u>
Firma y sello del experto	DNI	Fecha

Experto 02.

Ficha para validar instrumento

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del experto: AQUISE HUANCA QUINTANILLA WILSON

Institución donde labora: ICG Consultoría

Especialidad: Ing. Civil - Especialista en estructuras

Instrumento de evaluación: predimensionamiento, modelamiento numérico, periodo fundamental de vibración, modos de vibración, porcentaje de masa participativa, desplazamientos laterales de entrepiso, cortante basal.

II.

III. Aspectos de evaluación:

MUY DEFICIENTE(1) DEFICIENTE(2) ACEPTABLE(3) BUENO(4) EXCELENTE(5)

critério	indicadores	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades.				X	
OBJETIVIDAD	Los ítem del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: influencia de la interacción suelo estructura en la respuesta estructural, en todas sus dimensiones e indicadores, tanto conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento evidencia vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: influencia de la interacción suelo estructura en la respuesta estructural.			X		
ORGANIZACIÓN	los ítem del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual de la variable, en sus dimensiones e indicadores, de manera que permiten hacer inferencias en función al problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	los ítem son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, en toda su dimensión e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento evidencian ser adecuados para determinar la influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta estructural.				X	
CONSISTENCIA	la información que se recoja a través de los ítem del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	los ítem del instrumento expresan la relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: interacción suelo estructura.			X		
METODOLOGÍA	Este instrumento corresponde a la técnica de investigación apropiada para recoger datos confiables.					X
OPORTUNIDAD	El instrumento ha sido aplicado en el momento oportuno o adecuado.				X	

IV. OPINIÓN DE APLICACIÓN

Considero que esta Ficha Cumple con las características necesarias para esta Investigación.

V. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:

39

	42432536 CIP: 268057	07/05/22
Firma y sello del experto	DNI	Fecha

Experto 03.

Anexo 04. Carta de autorización de tratamiento de datos del propietario del inmueble.

CARTA DE AUTORIZACIÓN

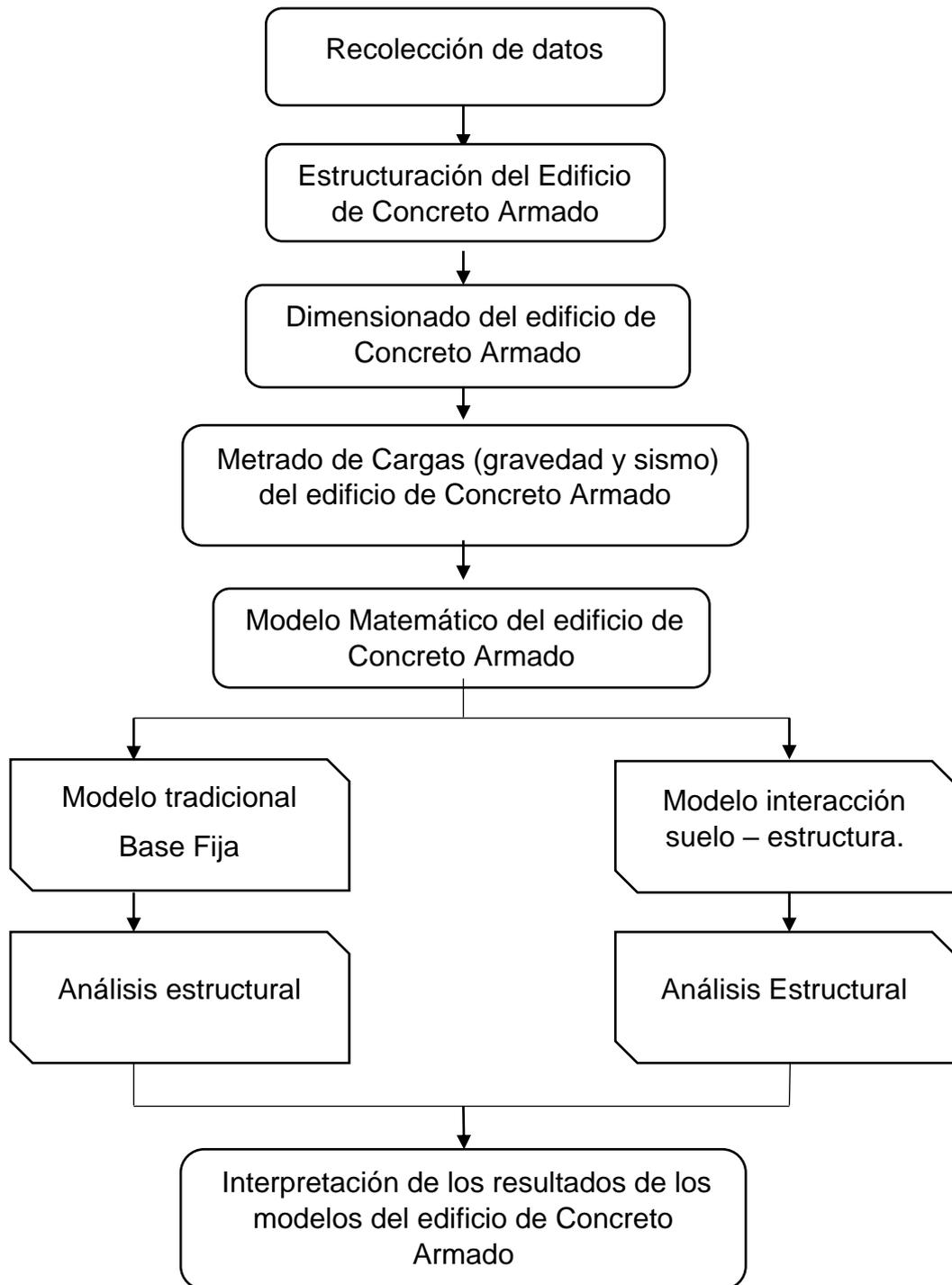
Quien suscribe, Yesenia Cahuana Puma con DNI N° 42747967 propietaria del inmueble ubicada en el distrito de Cerro Colorado Manzana: L, Lote: 20, Zona: A, Asentamiento Humano Víctor Andrés Belaúnde, en referencia a la solicitud presentada por el sr. Ccalluchi Carrillo Roly con DNI N° 74400723, quien viene realizando un trabajo de investigación para obtener el título profesional de ingeniero Civil en la universidad Cesar Vallejo, autorizo el tratamiento de información solicitada, así mismo se le hace la entrega del plano de arquitecturas y acceso a mi domicilio para la recolección de información con fines académicas.

Atentamente,




Cahuana Puma, Yesenia
DNI: 42747967

Anexo 05. DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN



Anexo 06. TABLAS UTILIZADAS DEL RNE E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE

Tabla 1. Categoría de la edificación y factor “U”

Tabla N° 5		
CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes	1,0

Fuente: RNE E.030 (2018)

Tabla 2. Factor de suelo “S”

Tabla N° 3				
FACTOR DE SUELO				
SUELO ZONA	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: tabla N° 3, RNE E.030 (2018)

Tabla 3. Periodos TP y TL.

Tabla N° 4				
Periodos "Tp" Y "TL"				
	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp	0,3	0,4	0,6	1,0
TL	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: tabla N° 4, RNE E.030 (2018)

Tabla 4. Factor de reducción sísmica "R".

Tabla N° 7	
Sistemas estructurales	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de reducción R0 (*)
Acero:	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF):	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF).	5
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF).	4
Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF)	4
Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Fuente: tabla N° 7, RNE E.030 (2018)

Tabla 15.4. evaluación de factor de irregularidad en altura

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1.00	1.00
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Rigidez	1.00	1.00
Irregularidad Extrema de Resistencia	1.00	1.00
Irregularidad de Masa o Peso	1.00	1.00
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	1.00
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1.00	1.00
Se toma el valor mínimo por lo tanto (Ia)	1.00	1.00

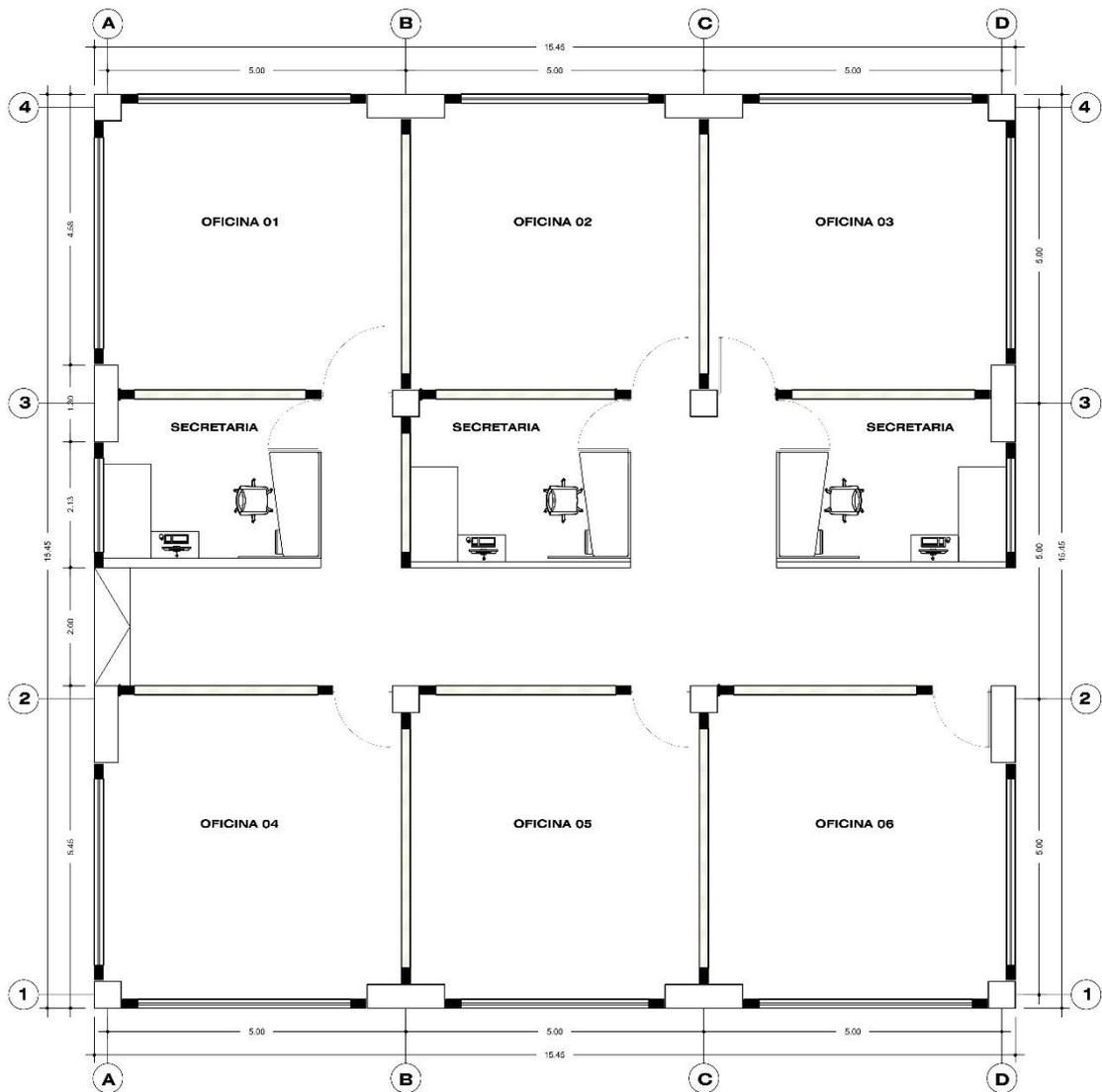
Fuente: Evaluación en la tabla N° 8, RNE E.030 (2018)

Tabla 16.4. evaluación de factor de irregularidad en altura

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Dirección X-X	Dirección Y-Y
Irregularidad Torsional	1.00	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	1.00	1.00
Esquinas Entrantes	1.00	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	1.00
Tener en cuenta las restricciones de la tabla N° 10	1.00	1.00

Fuente: Evaluación en la tabla N° 9, RNE E.030 (2018)

Anexo 07. PLANO DE ARQUITECTURA DEL PROYECTO EN ESTUDIO, PLANTA TÍPICA.



PLANTA TÍPICA 1er, 2do, 3er Y 4to NIVEL
ESC. 1/75

El proyecto cuenta con dos bloques la primera el edificio destinado para el uso de oficinas y el segundo bloque interior para escaleras y SS.HH. el trabajo de investigación se realiza en el primer bloque destinada a oficinas.

Anexo 08. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

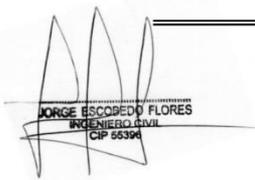


“CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUDE MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO”

A SOLICITUD

ROLY CCALLUCCI CARRILLO

FEBRERO - 2022



Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1.1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1.1. Nombre del proyecto.....	3
1.1.2. Antecedentes	3
1.1.3. Ubicación.....	3
1.1.4. Objetivos	3
1.1.5. Metodología.....	3
1.1.6. Alcances.....	4
1.1.7. Descripción.....	4
1.1.8. Acceso al área de estudio	4
1.1.9. Condición climática y altitud	4
1.1.10. Geomorfología y Geología	4
1.2. DESARROLLO	8
1.2.1. Resumen de las Condiciones de Cimentación	8
1.2.2. Exploración de campo.....	9
1.2.3. Ensayos de Laboratorio	10
1.2.4. Perfil del Suelo	10
1.2.5. Análisis de la cimentación	11
1.2.6. Efecto del sismo	12
2. Perfiles de Suelos.....	14
3. Resultados de los Ensayos “In situ” y de laboratorio.....	16
4. Conclusiones y recomendaciones	30
ANEXOS	31
• FOTOGRAFÍAS.....	31


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. INTRODUCCIÓN

1.1.1. Nombre del proyecto

“CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO”.

1.1.2. Antecedentes

No se cuenta con antecedentes de estudios de mecánica de suelos previos realizados por Geotecnia AQP.

1.1.3. Ubicación

La zona en estudio, se encuentra ubicado en la avenida Víctor André Belaunde, del Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Región - Arequipa.

1.1.4. Objetivos

El presente Informe tiene por objeto investigar el subsuelo del terreno asignado al proyecto: “CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO” a solicitud de ROLY CCALLUCCI CARRILLO; por medio de trabajos de campo a través de calicatas “a cielo abierto” y ensayos de laboratorio estándar, a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, así como, sus propiedades de resistencia y labores de gabinete, en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos, tipo y profundidad de cimentación, capacidad portante admisible y recomendaciones generales para la construcción.

1.1.5. Metodología

Para este estudio de suelos realizaremos lo siguiente:

- Reconocimiento del terreno.
- Distribución y ejecución de calicatas.
- Ejecución de ensayos de Laboratorio.
- Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio.
- Perfiles Estratigráficos.
- Análisis de la capacidad portante admisible
- Conclusiones y Recomendaciones.


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

1.1.6. Alcances

El presente estudio de mecánica de suelos se limita a desarrollar las condiciones de cimentación válidas para la zona en estudio y para los niveles de cargas consideradas en el Proyecto.

1.1.7. Descripción

Se encontró un conglomerado heterogéneo de arena pobremente gradada con grava de color marrón con forma subredondeada, sin plasticidad, TMN 2", compacidad medianamente densa y ligera humedad.

1.1.8. Acceso al área de estudio

Presenta una buena accesibilidad.

1.1.9. Condición climática y altitud

El área de estudio se caracteriza por presentar un clima desértico, presenta un periodo de lluvias con intensidades importantes entre diciembre y marzo.

Las temperaturas promedio anuales varían de 23 °C a 10 °C.

1.1.10. Geomorfología y Geología

1.1.10.1. Geomorfología

En el área en estudio se presentan tres unidades geomorfológicas:

a) **Cordillera de Laderas:** Ocupa la parte sur de la ciudad, se caracteriza por presentar un relieve de cerros de superficie rocosa, con drenaje dendrítico y esporádicamente paralelo.

b) **Cadena del Barroso:** Formada por las estribaciones de los tres volcanes: Chachani, Misti y Pichu Pichu. Tiene una superficie inclinada, cortada por numerosas quebradas de paredes empinadas.

c) **Penillanura de Arequipa:** Es una superficie ligeramente plana, inclinada hacia el oeste con una pendiente de aproximadamente 4%. Está conformada por materiales tufáceos hacia el oeste y materiales detríticos hacia el este. Cuenta con cinco subunidades: Valle del Chili, Superficie del Cercado, Superficie de Socabaya, Superficie de Pachacútec y Superficie del Aeropuerto.

1.1.10.2. Geología

En la ciudad de Arequipa se encuentra unidades ígneas, sedimentarias y metamórficas, cuyas edades se ubican en forma discontinua desde el prepaleozoico hasta el cuaternario reciente.


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

Entre éstas tenemos:

- **Gabrodiorita** de La Caldera: Son rocas ígneas intrusivas que afloran en la parte sur de la ciudad.
- **Grandiorita de Tiabaya**: Estas rocas afloran en forma de elipses groseras en los cerros vecinos al distrito de Tiabaya.
- **Volcánico Sencca Compacto**: Constituido por un tufo blanco compacto, coherente y algo poroso. Es conocido con el nombre de sillar.
- **Volcánico Sencca Salmón**: Son tufos de color rosáceo, estratificados en bancos subhorizontales.
- **Volcánico Chila**: Conformado por derrames andesíticos y basálticos de color marrón oscuro, altamente fracturados.
- **Flujos de Barro**: Compuestos por bloques andesíticos de diversos tamaños, cuyos intersticios están rellenos por una matriz arenotufácea.
- **Depósitos Piroclásticos**: Son tobas volcánicas de color blanco amarillentas, deleznales, ásperas y de aspecto azucarado, muy livianas.
- **Materiales Aluviales**: Conformados por el Aluvial de Acequia Alta, Aluvial de Umacollo y Aluvial de Miraflores, constituidos por gravas y arenas de distinta formación; además del Aluvial reciente, constituido por materiales que rellenan los cauces de los ríos y quebradas.
- **Eluviales Recientes**: Están conformados por arenas limosas de color beige, de origen residual, que constituyen los terrenos de cultivos.


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

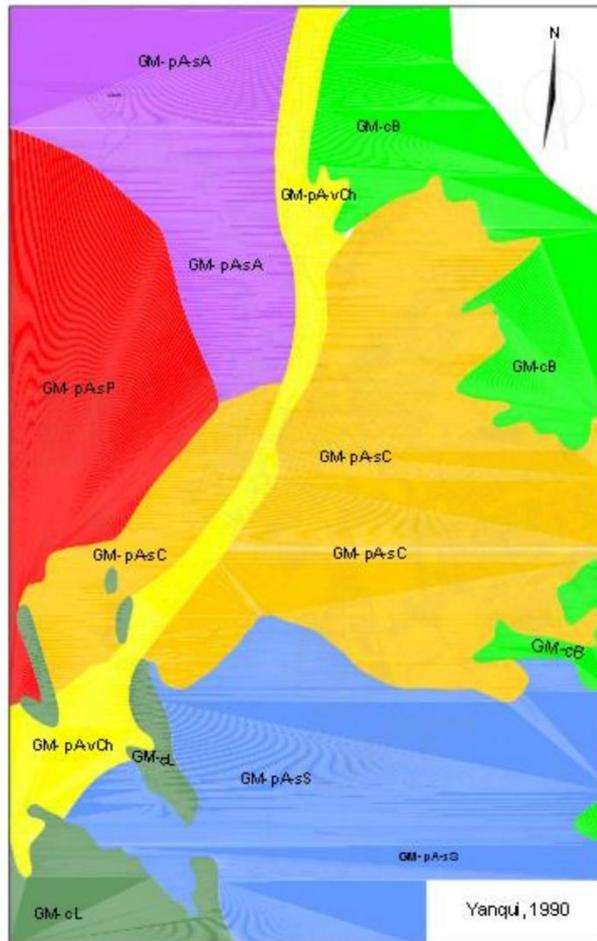
Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA



LEYENDA

■ GM-cL	Cordillera de Laderas	■ GM-pA-sS	Superficie de Socabaya
■ GM-cB	Cadena del Barroso	■ GM-pA-sP	Superficie de Pachacútec
■ GM-pAvCh	Valle del Chili	■ GM-pA-sA	Superficie del Aeropuerto
■ GM-pAsC	Superficie del Cercado		

FIGU. 1 : MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA CIUDAD DE AREQUIPA


 JORGE ESCOBEDO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 CIP 65394

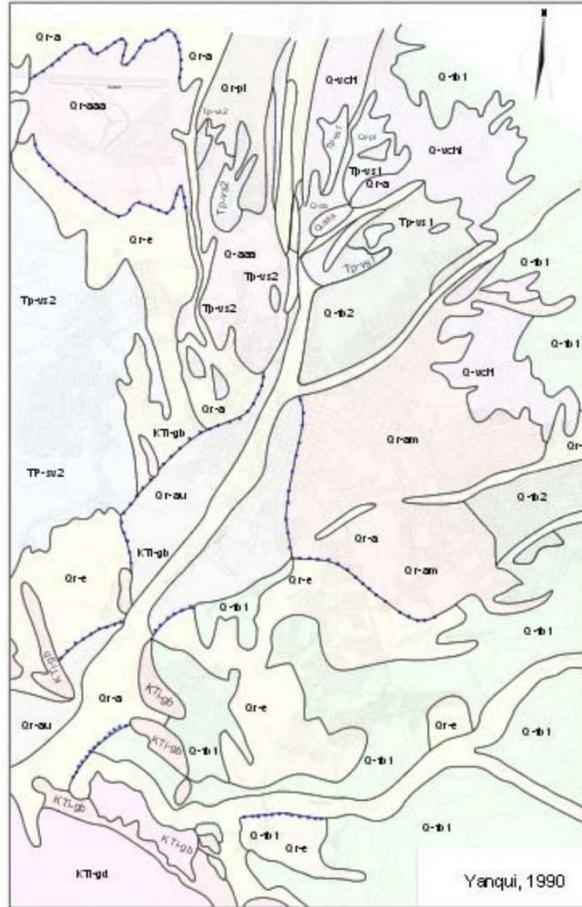
Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


 Ing. Carlos Chávez Rodríguez
 Esp. Geotecnia
 CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

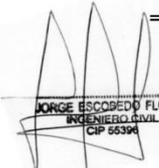
Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA



LEYENDA

 Qr-e Eluvial Reciente	 Q-b1 Flujo de Barro Brechoso	 Tp-v2 Volcánico Sencca 2
 Qr-a Aluvial Reciente	 Q-b2 Flujo de Barro Rosáceo	 Tp-v1 Volcánico Sencca 1
 Qr-am Aluvial Miraflores	 Q-aaa Aluvial Acequia Alta	 KTi-gd Grandodiorita Tiabaya
 Qr-au Aluvial Umacollo	 Q-vchi Volcánico Chila	 KTi-gb Gabrodiorita
 Qr-pi Depósitos Piroclásticos	 Q-ca Formación Capillune	

FIG. 2: MAPA GEOLÓGICO DE LA CIUDAD DE AREQUIPA


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 55394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

1.2. DESARROLLO

1.2.1. Resumen de las Condiciones de Cimentación

De conformidad con la Norma Técnica E.050 "Suelos y Cimentaciones" la siguiente información deberá transcribirse literalmente en los planos de cimentación. Esta información no es limitativa, deberá cumplir con todo lo especificado en el presente Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) y con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN
Profesional Responsable (PR): JORGE ESCOBEDO FLORES Ing. Civil CIP: 55396
Tipo de Cimentación: Cuadrada
Estrato de apoyo de la cimentación: Conglomerado heterogéneo de arena pobremente gradada con grava de color marrón con forma subredondeada, sin plasticidad, TMN 2", compacidad medianamente densa y ligera humedad.
Profundidad de la Napa Freática: No presenta Fecha: 24/02/2022
Parámetros de Diseño de la Cimentación Profundidad de Cimentación: 1.20 m. Ancho de cimentación: 1.00 m. Presión Admisible: 1.59 kg/cm ² Factor de seguridad por Corte (Estático, Dinámico): 3 Asentamiento Diferencial Máximo Admisible: 0.25 cm.
Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la norma E030) Zona Sísmica: 3 Tipo de perfil del suelo: S ₂ Factor del suelo (S): 1.15 Periodo TP (s): 0.6 Periodo TL (s): 2.0
Agresividad del Suelo a la Cimentación: No presenta
Problemas especiales de cimentación Licuación: No presenta Colapso: No presenta Expansión: No presenta
Indicadores Adicionales: -
Fecha: 24/02/2022


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 55396

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

1.2.2. Exploración de campo

Calicatas o Pozos de Exploración:

Se realizó dos (02) calicatas o pozo de exploración “a cielo abierto”, designados como C-1 y C-2 los cuales fueron ubicados convenientemente y con profundidades suficientes de acuerdo a la intensidad de las cargas estimadas en el proyecto de construcción. Tomando como referencia la “Guía normalizada para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción” NTP 339.162 (ASTM D 420).

Este sistema de exploración nos permite evaluar directamente las diferentes características del subsuelo en su estado natural.

Hasta la profundidad explorada no se encontró el nivel freático.

La excavación alcanza la siguiente profundidad:

Pozo	Profundidad (m) A cielo abierto
C-1	3.00
C-2	3.00

Muestreo y Registros de Exploración:

Se tomó muestra disturbada representativa del estrato atravesado en la calicata y en cantidades suficientes como para realizar los ensayos de identificación y clasificación, también se extrajo muestra representativa para el ensayo compresión triaxial no consolidado no drenado para suelos.

Paralelamente al muestreo se realizó los registros de exploración, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc.


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

1.2.3. Ensayos de Laboratorio

Con las muestras representativas seleccionadas se efectuaron los siguientes ensayos para clasificar e identificar dichas muestras:

Ensayos Estándar:

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado. NTP 339.128 (ASTM D422)
- Contenido de Humedad. NTP 339.127 (ASTM D2216)
- Peso Específico Relativo de Sólidos. NTP 339.131 (ASTM D854)
- Clasificación Unificada de Suelos (SUCS). NTP 339.134 (ASTM D2487)

Ensayos Especiales:

Fueron realizados los siguientes:

- En una muestra representativa del pozo de 0.00 – 3.00 m de profundidad, se realizó el método de prueba estándar para la prueba de compresión triaxial no consolidado no drenado para suelos. (ASTM D2850)

1.2.4. Perfil del Suelo

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y a la inspección realizada, se efectuaron dos (02) perfiles estratigráficos del terreno de la construcción.

Descripción de la conformación del subsuelo del Área en estudio:

De acuerdo a los perfiles estratigráficos inferidos, y a la inspección realizada se concluye que el subsuelo está conformado con material conglomerado heterogéneo de arena pobremente gradada con grava de color marrón con forma subredondeada, sin plasticidad, TMN 2", compacidad medianamente densa y ligera humedad.

Para más detalles de la conformación del subsuelo ver el Perfil estratigráfico anexo.


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

1.2.5. Análisis de la cimentación

Tipo y Profundidad de Cimentación:

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, descripción del perfil estratigráfico, características del proyecto y al análisis efectuado, se concluye que la cimentación será a la profundidad de 1.20 m.

Cálculo de la Capacidad Portante Admisible:

Con los datos obtenidos en el Ensayo de Corte Directo Remoldeado - Saturado ($\phi = 28.3^\circ$ y $c = 0.00 \text{ Kg/cm}^2$) en la condición más desfavorable y aplicando la Teoría de Karl Terzaghi y corroborado por Meyerhoff para cimentaciones superficiales, se tiene:

$$q_{adm} = \frac{qN_q + cN_c + 0.50\gamma BN_\gamma}{F.S.}$$

Dónde:

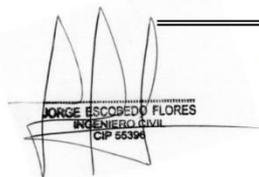
q_{adm}	: Capacidad portante admisible	= Kg/cm^2
ϕ	: Ángulo de Fricción Interna	= 28.3°
C	: Cohesión (gr/cm^3)	= 0.00
γ	: Densidad Natural (gr/cm^3)	= 1.510
D_f	: Prof. De Cimentación (m)	= 1.20
B	: Ancho de cimiento (m)	= 1.00
u	: Coeficiente de poisson	= 0.30
FS	: Factor de Seguridad	= 3

Factores de capacidad de carga respectivamente para una falla local.

N_c	: $(N_q - 1) \cot \phi$	= 26.399
N_q	: $tg^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi tg \phi}$	= 15.214
N_γ	: $1.5(N_q - 1) \tan \phi$	= 11.480

Reemplazando se obtiene:

$$q_{adm} = 1.59 \text{ Kg/cm}^2$$



Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

A continuación, se presentan capacidades portantes para diferentes profundidades de desplante:

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _d (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	4.05	1.35	Zapata Cuadrada
-1.00	1.00	1.5	1.00	1.00	4.31	1.44	
-1.00	1.00	2.0	1.00	1.00	4.57	1.52	
-1.20	1.20	1.0	1.00	1.00	4.76	1.59	
-1.20	1.20	1.5	1.00	1.00	5.02	1.67	
-1.20	1.20	2.0	1.00	1.00	5.28	1.76	
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	5.82	1.94	
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	6.08	2.03	
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	6.34	2.11	
-1.70	1.70	1.0	1.00	1.00	6.53	2.18	
-1.70	1.70	1.5	1.00	1.00	6.79	2.26	
-1.70	1.70	2.0	1.00	1.00	7.05	2.35	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	7.59	2.53	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	7.85	2.62	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	8.11	2.70	

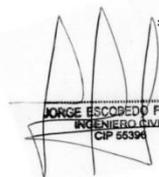
1.2.6. Efecto del sismo

Sismicidad Del Área En Estudio:

A partir de la información (macro sísmica), se han confeccionado los mapas de líneas isosistas de algunos sismos destructores que han tenido incidencia sobre la Franja N°1, donde se emplazan las ciudades de Arequipa, Moquegua, Tacna y parte de Puno (INGEMMET).

De acuerdo a esto se ha determinado que la intensidad máxima en la Escala Modificada de Mercalli (E.M.M.), los sismos que han ocurrido en la franja N°1 varían entre VII y X grados.

Según la norma sísmica NTE.030 aprobada el 22 de Enero del 2016 con Decreto Supremo N°003-2016-VIVIENDA en su artículo 2.1 considera el siguiente cuadro de zonificación sísmica:


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

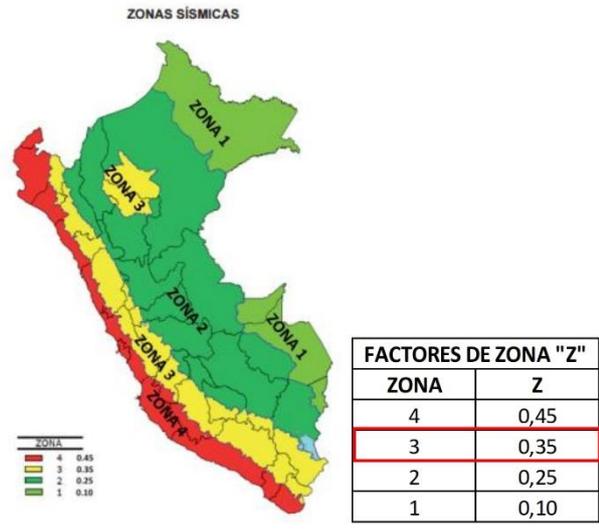
Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA



Parámetros de sitio

Tabla N° 3
FACTOR DE SUELO "S"

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

Tabla N° 4
PERÍODOS "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

Jorge Escobedo Flores
 JORGE ESCOBEDO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
 E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Carlos Chávez Rodríguez
 Ing. Carlos Chávez Rodríguez
 Esp. Geotecnia
 CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

2. Perfiles de Suelos

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

OBRA : “CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO”
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
CALICATA : 01
FECHA : 24/02/2022

COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO (SUCS)	GRAFICO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0.05	0.00 - 3.00	GP		GRAVA BIEN GRADADA CON ARENA DE COLOR MARRON CON FORMA SUBREDONDEADA, SIN PLASTICIDAD, TMN 2", COMPACIDAD MEDIANAMENTE DENSA, LIGERA HUMEDA.
0.10				
0.15				
0.20				
0.25				
0.30				
0.35				
0.40				
0.45				
0.50				
0.55				
0.60				
0.65				
0.70				
0.75				
0.80				
0.85				
0.90				
0.95				
1.00				
1.05				
1.10				
1.15				
1.20				
1.25				
1.30				
1.35				
1.40				
1.45				
1.50				
1.55				
1.60				
1.65				
1.70				
1.75				
1.80				
1.85				
1.90				
1.95				
2.00				
2.05				
2.10				
2.15				
2.20				
2.25				
2.30				
2.35				
2.40				
2.45				
2.50				
2.55				
2.60				
2.65				
2.70				
2.75				
2.80				
2.85				
2.90				
2.95				
3.00				

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
CALICATA : 02
FECHA : 24/02/2022

COTA (m)	PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLO (SUCS)	GRAFICO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0.05	0.00 - 3.00	SP		ARENA POBREMENTE GRADADA CON GRAVA DE COLOR MARRON CON FORMA SUBREDONDEADA, SIN PLASTICIDAD, TMN 1", COMPACIDAD MEDIANAMENTE DENSA, LIGERA HUMEDA.
0.10				
0.15				
0.20				
0.25				
0.30				
0.35				
0.40				
0.45				
0.50				
0.55				
0.60				
0.65				
0.70				
0.75				
0.80				
0.85				
0.90				
0.95				
1.00				
1.05				
1.10				
1.15				
1.20				
1.25				
1.30				
1.35				
1.40				
1.45				
1.50				
1.55				
1.60				
1.65				
1.70				
1.75				
1.80				
1.85				
1.90				
1.95				
2.00				
2.05				
2.10				
2.15				
2.20				
2.25				
2.30				
2.35				
2.40				
2.45				
2.50				
2.55				
2.60				
2.65				
2.70				
2.75				
2.80				
2.85				
2.90				
2.95				
3.00				

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

3. Resultados de los Ensayos “In situ” y de laboratorio

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAxIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : “CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO”
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

DATOS INICIALES DE LOS ESPÉCIMENES

Espécimen N°		1	2	3
Diámetro	(cm.)	5.04	5.04	5.04
Altura	(cm.)	10.01	10.02	10.01
Densidad húmeda	(g/cm ³)	1.680	1.681	1.680
Humedad	(%)	9.95	10.01	9.95
Densidad seca	(g/cm ³)	1.528	1.528	1.528
Relación de vacíos		0.71	0.71	0.71
Grado de saturación	(%)	36.67	36.91	36.67

DATOS FINALES DE LOS ESPÉCIMENES

Densidad húmeda	(g/cm ³)	2.080	1.983	1.917
Humedad	(%)	18.80	24.41	28.95
Densidad seca	(g/cm ³)	1.751	1.594	1.487
Relación de vacíos		0.49	0.64	0.76
Grado de saturación	(%)	100.0	100.0	100.0

DATOS DEL ENSAYO

Velocidad de deformación	(mm/min)	0.13	0.13	0.13
Presión de celda	(kg/cm ²)	3.50	4.00	5.00
Contrapresión	(kg/cm ²)	3.00	3.00	3.00
Parámetro B	(%)	No aplica	No aplica	No aplica
Presión efectiva de confinamiento	(kg/cm ²)	0.50	1.00	2.00

MÁXIMO ESFUERZO DESVIADOR

$\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$	(kg/cm ²)	0.89	1.70	3.39
Δu	(kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00
ϵ	%	14.53	16.80	16.15

MÁXIMA RELACIÓN DE TENSIONES

σ_1 / σ_3'	(kg/cm ²)	2.82	2.78	2.80
$\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_3$	(kg/cm ²)	0.91	1.68	3.35
Δu	(kg/cm ²)	0.00	0.00	0.00
ϵ	%	15.24	18.19	21.03


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAxIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

Espécimen N°1

$\sigma_3' = 0.50 \text{ kg/cm}^2$

Deformación unitaria (%)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Presión de poros Δu (kg/cm2)	Esfuerzos efectivos			p (kg/cm2)	p' (kg/cm2)	q (kg/cm2)
			$\sigma' 3$ (kg/cm2)	$\sigma' 1$ (kg/cm2)	$\sigma' 1/\sigma' 3$			
0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	0.00
2.31	0.30	0.00	0.50	0.80	1.60	0.65	0.65	0.15
2.90	0.37	0.00	0.50	0.87	1.74	0.69	0.69	0.19
5.21	0.56	0.00	0.50	1.06	2.12	0.78	0.78	0.28
5.79	0.59	0.00	0.50	1.09	2.19	0.80	0.80	0.30
6.36	0.62	0.00	0.50	1.12	2.25	0.81	0.81	0.31
6.94	0.65	0.00	0.50	1.15	2.30	0.83	0.83	0.33
8.22	0.70	0.00	0.50	1.20	2.40	0.85	0.85	0.35
8.51	0.72	0.00	0.50	1.22	2.43	0.86	0.86	0.36
8.65	0.73	0.00	0.50	1.23	2.45	0.86	0.86	0.36
8.72	0.75	0.00	0.50	1.25	2.50	0.87	0.87	0.37
9.42	0.77	0.00	0.50	1.27	2.54	0.88	0.88	0.38
9.50	0.78	0.00	0.50	1.28	2.55	0.89	0.89	0.39
9.67	0.80	0.00	0.50	1.30	2.59	0.90	0.90	0.40
10.64	0.81	0.00	0.50	1.31	2.61	0.90	0.90	0.40
11.06	0.80	0.00	0.50	1.30	2.61	0.90	0.90	0.40
11.15	0.81	0.00	0.50	1.31	2.63	0.91	0.91	0.41
11.42	0.81	0.00	0.50	1.31	2.63	0.91	0.91	0.41
11.88	0.82	0.00	0.50	1.32	2.64	0.91	0.91	0.41
12.28	0.82	0.00	0.50	1.32	2.65	0.91	0.91	0.41
12.39	0.83	0.00	0.50	1.33	2.66	0.91	0.91	0.41
12.58	0.84	0.00	0.50	1.34	2.67	0.92	0.92	0.42
12.63	0.84	0.00	0.50	1.34	2.69	0.92	0.92	0.42
13.01	0.85	0.00	0.50	1.35	2.70	0.93	0.93	0.43
13.26	0.86	0.00	0.50	1.36	2.71	0.93	0.93	0.43
13.49	0.85	0.00	0.50	1.35	2.71	0.93	0.93	0.43
13.76	0.86	0.00	0.50	1.36	2.72	0.93	0.93	0.43
14.10	0.87	0.00	0.50	1.37	2.75	0.94	0.94	0.44

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

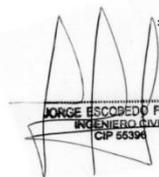
Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAxIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

$\sigma_3' = 0.50 \text{ kg/cm}^2$

Deformación unitaria (%)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Presión de poros Δu (kg/cm2)	Esfuerzos efectivos					
			$\sigma' 3$ (kg/cm2)	$\sigma' 1$ (kg/cm2)	$\sigma' 1/\sigma' 3$	p (kg/cm2)	p' (kg/cm2)	q (kg/cm2)
14.14	0.88	0.00	0.50	1.38	2.75	0.94	0.94	0.44
14.18	0.88	0.00	0.50	1.38	2.76	0.94	0.94	0.44
14.21	0.88	0.00	0.50	1.38	2.76	0.94	0.94	0.44
14.28	0.88	0.00	0.50	1.38	2.76	0.94	0.94	0.44
14.32	0.88	0.00	0.50	1.38	2.77	0.94	0.94	0.44
14.42	0.89	0.00	0.50	1.39	2.77	0.94	0.94	0.44
14.49	0.89	0.00	0.50	1.39	2.78	0.95	0.95	0.45
14.56	0.89	0.00	0.50	1.39	2.79	0.95	0.95	0.45
14.60	0.89	0.00	0.50	1.39	2.79	0.95	0.95	0.45
14.61	0.90	0.00	0.50	1.40	2.79	0.95	0.95	0.45
14.81	0.90	0.00	0.50	1.40	2.80	0.95	0.95	0.45
14.94	0.90	0.00	0.50	1.40	2.80	0.95	0.95	0.45
14.96	0.90	0.00	0.50	1.40	2.81	0.95	0.95	0.45
15.11	0.90	0.00	0.50	1.40	2.81	0.95	0.95	0.45
15.24	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45
15.60	0.91	0.00	0.50	1.41	2.81	0.95	0.95	0.45
15.82	0.90	0.00	0.50	1.40	2.81	0.95	0.95	0.45
16.01	0.90	0.00	0.50	1.40	2.81	0.95	0.95	0.45
16.31	0.91	0.00	0.50	1.41	2.81	0.95	0.95	0.45
16.63	0.91	0.00	0.50	1.41	2.81	0.95	0.95	0.45
16.76	0.91	0.00	0.50	1.41	2.81	0.95	0.95	0.45
17.06	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45
17.21	0.91	0.00	0.50	1.41	2.81	0.95	0.95	0.45
17.56	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45
17.68	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.96	0.96	0.46
17.90	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45
18.10	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45
18.51	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.96	0.96	0.46
18.71	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45
18.96	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45
19.14	0.91	0.00	0.50	1.41	2.81	0.95	0.95	0.45
19.42	0.91	0.00	0.50	1.41	2.82	0.95	0.95	0.45


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAxIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

Espécimen N°2

$\sigma_3' = 1.00 \text{ kg/cm}^2$

Deformación unitaria (%)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Presión de poros Δu (kg/cm2)	Esfuerzos efectivos			p (kg/cm2)	p' (kg/cm2)	q (kg/cm2)
			σ_3' (kg/cm2)	σ_1' (kg/cm2)	σ_1'/σ_3'			
0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
3.21	1.14	0.00	1.00	2.14	2.14	1.57	1.57	0.57
5.31	1.38	0.00	1.00	2.38	2.38	1.69	1.69	0.69
6.09	1.43	0.00	1.00	2.43	2.43	1.71	1.71	0.71
6.90	1.49	0.00	1.00	2.49	2.49	1.74	1.74	0.74
7.30	1.51	0.00	1.00	2.51	2.51	1.76	1.76	0.76
7.60	1.53	0.00	1.00	2.53	2.53	1.76	1.76	0.76
8.02	1.55	0.00	1.00	2.55	2.55	1.78	1.78	0.78
8.42	1.58	0.00	1.00	2.58	2.58	1.79	1.79	0.79
8.82	1.60	0.00	1.00	2.60	2.60	1.80	1.80	0.80
9.22	1.62	0.00	1.00	2.62	2.62	1.81	1.81	0.81
9.42	1.63	0.00	1.00	2.63	2.63	1.82	1.82	0.82
10.11	1.66	0.00	1.00	2.66	2.66	1.83	1.83	0.83
13.28	1.61	0.00	1.00	2.61	2.61	1.81	1.81	0.81
13.55	1.62	0.00	1.00	2.62	2.62	1.81	1.81	0.81
13.57	1.63	0.00	1.00	2.63	2.63	1.81	1.81	0.81
13.61	1.64	0.00	1.00	2.64	2.64	1.82	1.82	0.82
13.79	1.65	0.00	1.00	2.65	2.65	1.82	1.82	0.82
13.81	1.65	0.00	1.00	2.65	2.65	1.83	1.83	0.83
13.89	1.65	0.00	1.00	2.65	2.65	1.83	1.83	0.83
14.02	1.66	0.00	1.00	2.66	2.66	1.83	1.83	0.83
14.22	1.66	0.00	1.00	2.66	2.66	1.83	1.83	0.83
15.02	1.67	0.00	1.00	2.67	2.67	1.83	1.83	0.83
15.21	1.67	0.00	1.00	2.67	2.67	1.84	1.84	0.84
15.35	1.67	0.00	1.00	2.67	2.67	1.84	1.84	0.84
15.68	1.68	0.00	1.00	2.68	2.68	1.84	1.84	0.84
15.93	1.69	0.00	1.00	2.69	2.69	1.84	1.84	0.84
16.41	1.69	0.00	1.00	2.69	2.69	1.84	1.84	0.84
16.48	1.69	0.00	1.00	2.69	2.69	1.84	1.84	0.84
16.60	1.69	0.00	1.00	2.69	2.69	1.85	1.85	0.85
16.73	1.69	0.00	1.00	2.69	2.69	1.85	1.85	0.85

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

$\sigma_3' = 1.00 \text{ kg/cm}^2$

Deformación unitaria (%)	Esfuerzo desviador (kg/cm ²)	Presión de poros Δu (kg/cm ²)	Esfuerzos efectivos			p (kg/cm ²)	p' (kg/cm ²)	q (kg/cm ²)
			σ_3' (kg/cm ²)	σ_1' (kg/cm ²)	σ_1'/σ_3'			
16.80	1.70	0.00	1.00	2.70	2.70	1.85	1.85	0.85
16.80	1.70	0.00	1.00	2.70	2.70	1.85	1.85	0.85
16.86	1.70	0.00	1.00	2.70	2.70	1.85	1.85	0.85
17.00	1.70	0.00	1.00	2.70	2.70	1.85	1.85	0.85
17.20	1.71	0.00	1.00	2.71	2.71	1.86	1.86	0.86
17.20	1.71	0.00	1.00	2.71	2.71	1.85	1.85	0.85
17.26	1.72	0.00	1.00	2.72	2.72	1.86	1.86	0.86
17.26	1.72	0.00	1.00	2.72	2.72	1.86	1.86	0.86
17.39	1.72	0.00	1.00	2.72	2.72	1.86	1.86	0.86
17.46	1.73	0.00	1.00	2.73	2.73	1.86	1.86	0.86
17.53	1.73	0.00	1.00	2.73	2.73	1.86	1.86	0.86
17.53	1.73	0.00	1.00	2.73	2.73	1.87	1.87	0.87
17.73	1.73	0.00	1.00	2.73	2.73	1.87	1.87	0.87
17.73	1.73	0.00	1.00	2.73	2.73	1.87	1.87	0.87
17.79	1.74	0.00	1.00	2.74	2.74	1.87	1.87	0.87
17.79	1.74	0.00	1.00	2.74	2.74	1.87	1.87	0.87
17.79	1.74	0.00	1.00	2.74	2.74	1.87	1.87	0.87
17.93	1.75	0.00	1.00	2.75	2.75	1.87	1.87	0.87
17.99	1.74	0.00	1.00	2.74	2.74	1.87	1.87	0.87
18.06	1.76	0.00	1.00	2.76	2.76	1.88	1.88	0.88
18.06	1.76	0.00	1.00	2.76	2.76	1.88	1.88	0.88
18.06	1.76	0.00	1.00	2.76	2.76	1.88	1.88	0.88
18.12	1.77	0.00	1.00	2.77	2.77	1.88	1.88	0.88
18.19	1.76	0.00	1.00	2.76	2.76	1.88	1.88	0.88
18.19	1.77	0.00	1.00	2.77	2.77	1.88	1.88	0.88
18.19	1.78	0.00	1.00	2.78	2.78	1.89	1.89	0.89
18.19	1.77	0.00	1.00	2.77	2.77	1.89	1.89	0.89
18.19	1.77	0.00	1.00	2.77	2.77	1.89	1.89	0.89
18.19	1.77	0.00	1.00	2.77	2.77	1.89	1.89	0.89
18.19	1.78	0.00	1.00	2.78	2.78	1.89	1.89	0.89

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAxIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

Espécimen N°3

$\sigma_3' = 2.00 \text{ kg/cm}^2$

Deformación unitaria (%)	Esfuerzo desviador (kg/cm ²)	Presión de poros Δu (kg/cm ²)	Esfuerzos efectivos			p (kg/cm ²)	p' (kg/cm ²)	q (kg/cm ²)
			σ_3' (kg/cm ²)	σ_1' (kg/cm ²)	σ_1'/σ_3'			
0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.00	2.00	2.00	0.00
3.08	1.43	0.00	2.00	3.65	1.82	2.82	2.82	0.82
6.76	2.40	0.00	2.00	4.40	2.20	3.20	3.20	1.20
8.73	2.70	0.00	2.00	4.70	2.35	3.35	3.35	1.35
12.39	3.11	0.00	2.00	5.11	2.56	3.56	3.56	1.56
13.16	3.18	0.00	2.00	5.18	2.59	3.59	3.59	1.59
13.92	3.24	0.00	2.00	5.24	2.62	3.62	3.62	1.62
15.77	3.37	0.00	2.00	5.37	2.69	3.69	3.69	1.69
16.53	3.42	0.00	2.00	5.42	2.71	3.71	3.71	1.71
17.37	3.47	0.00	2.00	5.47	2.73	3.73	3.73	1.73
17.45	3.47	0.00	2.00	5.47	2.73	3.73	3.73	1.73
17.61	3.48	0.00	2.00	5.48	2.74	3.74	3.74	1.74
17.82	3.48	0.00	2.00	5.48	2.74	3.74	3.74	1.74
17.91	3.49	0.00	2.00	5.49	2.75	3.75	3.75	1.75
18.14	3.50	0.00	2.00	5.50	2.75	3.75	3.75	1.75
18.23	3.51	0.00	2.00	5.51	2.75	3.75	3.75	1.75
18.38	3.51	0.00	2.00	5.51	2.76	3.76	3.76	1.76
18.53	3.52	0.00	2.00	5.52	2.76	3.76	3.76	1.76
18.69	3.53	0.00	2.00	5.53	2.77	3.77	3.77	1.77
18.78	3.52	0.00	2.00	5.52	2.76	3.76	3.76	1.76
18.91	3.54	0.00	2.00	5.54	2.77	3.77	3.77	1.77
19.13	3.55	0.00	2.00	5.55	2.77	3.77	3.77	1.77
19.20	3.55	0.00	2.00	5.55	2.78	3.78	3.78	1.78
19.26	3.56	0.00	2.00	5.56	2.78	3.78	3.78	1.78
19.37	3.54	0.00	2.00	5.54	2.77	3.77	3.77	1.77
19.45	3.55	0.00	2.00	5.55	2.78	3.78	3.78	1.78
19.48	3.56	0.00	2.00	5.56	2.78	3.78	3.78	1.78
19.63	3.56	0.00	2.00	5.56	2.78	3.78	3.78	1.78
19.68	3.56	0.00	2.00	5.56	2.78	3.78	3.78	1.78
19.72	3.57	0.00	2.00	5.57	2.78	3.78	3.78	1.78
19.79	3.57	0.00	2.00	5.57	2.78	3.78	3.78	1.78

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAxIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

$\sigma_3' = 2.00 \text{ kg/cm}^2$

Deformación unitaria (%)	Esfuerzo desviador (kg/cm2)	Presión de poros Δu (kg/cm2)	Esfuerzos efectivos			p (kg/cm2)	p' (kg/cm2)	q (kg/cm2)
			σ_3' (kg/cm2)	σ_1' (kg/cm2)	σ_1'/σ_3'			
19.91	3.57	0.00	2.00	5.57	2.78	3.78	3.78	1.78
19.96	3.57	0.00	2.00	5.57	2.78	3.78	3.78	1.78
20.06	3.56	0.00	2.00	5.56	2.78	3.78	3.78	1.78
20.15	3.57	0.00	2.00	5.57	2.79	3.79	3.79	1.79
20.18	3.57	0.00	2.00	5.57	2.78	3.78	3.78	1.78
20.25	3.57	0.00	2.00	5.57	2.79	3.79	3.79	1.79
20.37	3.57	0.00	2.00	5.57	2.79	3.79	3.79	1.79
20.46	3.57	0.00	2.00	5.57	2.79	3.79	3.79	1.79
20.49	3.57	0.00	2.00	5.57	2.79	3.79	3.79	1.79
20.53	3.58	0.00	2.00	5.58	2.79	3.79	3.79	1.79
20.65	3.57	0.00	2.00	5.57	2.79	3.79	3.79	1.79
20.68	3.58	0.00	2.00	5.58	2.79	3.79	3.79	1.79
20.77	3.58	0.00	2.00	5.58	2.79	3.79	3.79	1.79
20.84	3.58	0.00	2.00	5.58	2.79	3.79	3.79	1.79
20.91	3.58	0.00	2.00	5.58	2.79	3.79	3.79	1.79
20.94	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
20.97	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
21.14	3.60	0.00	2.00	5.60	2.80	3.80	3.80	1.80
21.18	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
21.22	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
21.34	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
21.37	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
21.42	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
21.52	3.59	0.00	2.00	5.59	2.80	3.80	3.80	1.80
21.56	3.60	0.00	2.00	5.60	2.80	3.80	3.80	1.80
21.61	3.59	0.00	2.00	5.59	2.80	3.80	3.80	1.80
21.68	3.59	0.00	2.00	5.59	2.80	3.80	3.80	1.80
21.77	3.60	0.00	2.00	5.60	2.80	3.80	3.80	1.80
21.80	3.59	0.00	2.00	5.59	2.79	3.79	3.79	1.79
21.84	3.60	0.00	2.00	5.60	2.80	3.80	3.80	1.80
21.95	3.61	0.00	2.00	5.61	2.80	3.80	3.80	1.80

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📞 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474

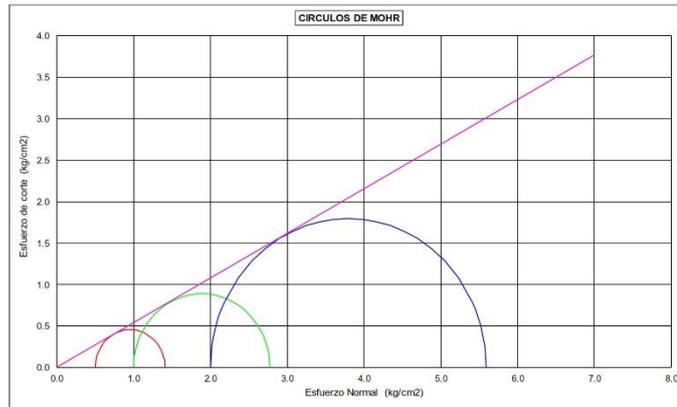


GEOTECNIA AQP EIRL

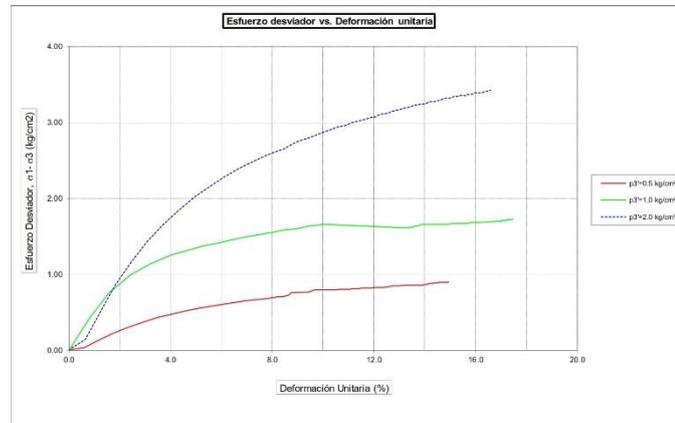
Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA PRUEBA DE COMPRESIÓN TRIAXIAL NO CONSOLIDADO NO DRENADO PARA SUELOS

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022



$$\phi = 28.3^\circ; c = 0.0 \text{ kg/cm}^2$$




JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

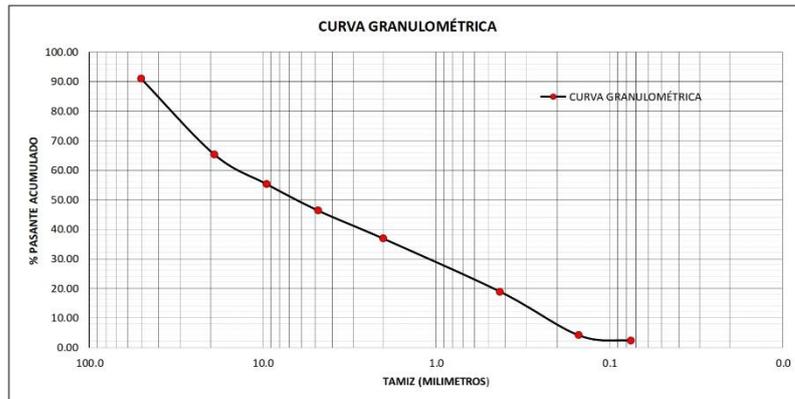
Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
CALICATA : 01
FECHA : 24/02/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET.	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.6		0.00	0.00	100.00	Calicata = 1
3"	75.0		0.00	0.00	100.00	Peso Total = 12500.0 g.
2 1/2"	63.0		0.00	0.00	100.00	Pasa malla #4 = 5762.0 g.
2"	50.0	1150	9.20	9.20	90.80	Peso de grava = 6738.0 g.
1 1/2"	38.1	1593	12.74	21.94	78.06	Peso de arena = 499.90 g.
1"	25.0	771	6.17	28.11	71.89	D ₆₀ = 12.48 mm.
3/4"	19.0	834	6.67	34.78	65.22	D ₃₀ = 1.34 mm.
1/2"	12.5	647	5.18	39.96	60.04	D ₁₀ (diámetro efectivo) = 0.27 mm.
3/8"	9.5	607	4.86	44.82	55.18	Coefficiente de uniformidad (Cu) = 46.02
1/4"	6.3	836	6.69	51.50	48.50	Grado de curvatura (Cc) = 0.53
# 4	4.75	300	2.40	53.90	46.10	CLASF. SUCS = GP
# 8	2.36	77.20	7.12	61.02	38.98	Contenido de humedad = 3.4 %
# 10	2.00	25.80	2.38	63.40	36.60	Porcentaje de grava = 53.9 %
# 12	1.70	22.60	2.08	65.49	34.51	Porcentaje de arena = 44.0 %
# 16	1.18	68.00	6.27	71.76	28.24	Porcentaje de finos = 2.1 %
# 20	0.85	32.40	2.99	74.74	25.26	Obs:
# 30	0.60	29.00	2.67	77.42	22.58	
# 40	0.43	43.00	3.97	81.38	18.62	
# 50	0.36	45.30	4.18	85.56	14.44	
# 60	0.25	57.20	5.27	90.83	9.17	
# 80	0.18	21.90	2.02	92.85	7.15	
# 100	0.15	35.50	3.27	96.13	3.87	
# 200	0.075	19.50	1.80	97.93	2.07	
< # 200		22.50	2.07	100.00	0.00	



JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Carlos
Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

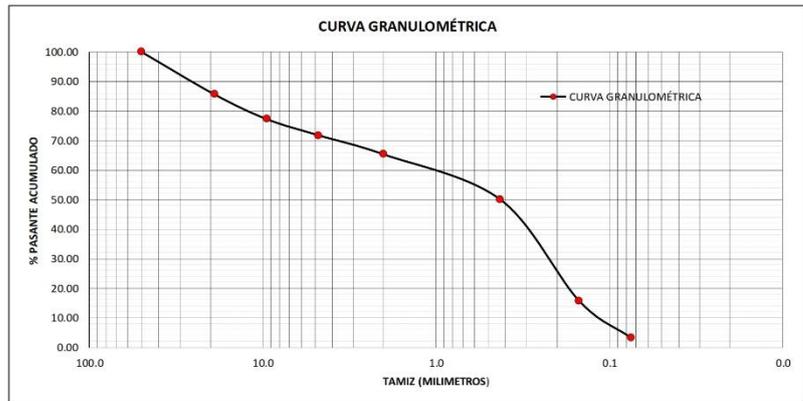
Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
 MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUDE
 MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
 SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
 CALICATA : 02
 FECHA : 24/02/2022

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

TAMIZ	ABERT. (mm)	PESO RET.	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.6		0.00	0.00	100.00	Calicata = 2
3"	75.0		0.00	0.00	100.00	Peso Total = 6314.0 g.
2 1/2"	63.0		0.00	0.00	100.00	Pasa malla #4 = 4528.0 g.
2"	50.0		0.00	0.00	100.00	Peso de grava = 1786.0 g.
1 1/2"	38.1		0.00	0.00	100.00	Peso de arena = 499.90 g.
1"	25.0	433	6.86	6.86	93.14	D ₆₀ = 0.94 mm.
3/4"	19.0	475	7.52	14.38	85.62	D ₃₀ = 0.23 mm.
1/2"	12.5	259	4.10	18.48	81.52	D ₁₀ (diámetro efectivo) = 0.13 mm.
3/8"	9.5	270	4.28	22.76	77.24	Coefficiente de uniformidad (Cu) = 7.25
1/4"	6.3	231	3.66	26.42	73.58	Grado de curvatura (Cc) = 0.43
# 4	4.75	118	1.87	28.29	71.71	CLASF. SUCS = SP
# 8	2.36	35.80	5.14	33.42	66.58	Contenido de humedad = 2.6 %
# 10	2.00	9.30	1.33	34.76	65.24	Porcentaje de grava = 28.3 %
# 12	1.70	7.20	1.03	35.79	64.21	Porcentaje de arena = 68.7 %
# 16	1.18	21.80	3.13	38.92	61.08	Porcentaje de finos = 3.0 %
# 20	0.85	10.30	1.48	40.39	59.61	Obs:
# 30	0.60	19.80	2.84	43.23	56.77	
# 40	0.43	47.80	6.86	50.09	49.91	
# 50	0.36	56.80	8.15	58.24	41.76	
# 60	0.25	37.70	5.41	63.65	36.35	
# 80	0.18	120.30	17.26	80.91	19.09	
# 100	0.15	24.10	3.46	84.36	15.64	
# 200	0.075	87.80	12.60	96.96	3.04	
< # 200		21.20	3.04	100.00	0.00	



JORGE ESCOBEDO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
 E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Carlos Chávez Rodríguez
 Ing. Carlos Chávez Rodríguez
 Esp. Geotecnia
 CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
 MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

LIMITES DE PLASTICIDAD

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUDE
 MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
 SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
 CALICATA : 01
 FECHA : 24/02/2022

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423

ENSAYO N°									
N° de Golpes									
Recipiente N°									
R + Suelo Hum.									
R + Suelo Seco									
Peso de agua									
Peso de Recip.									
Peso de S. Seco									
% de Humedad									

LIMITE PLASTICO ASTM D-424

ENSAYO N°									
Recipiente N°									
R + Suelo Hum.									
R + Suelo Seco									
Peso de agua									
Peso de Recip.									
Peso de S. Seco									
% de Humedad									



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES :

Jorge Escobedo Flores
 JORGE ESCOBEDO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
 E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Carlos Chávez Rodríguez
 Ing. Carlos Chávez Rodríguez
 Esp. Geotecnia
 CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

LIMITES DE PLASTICIDAD

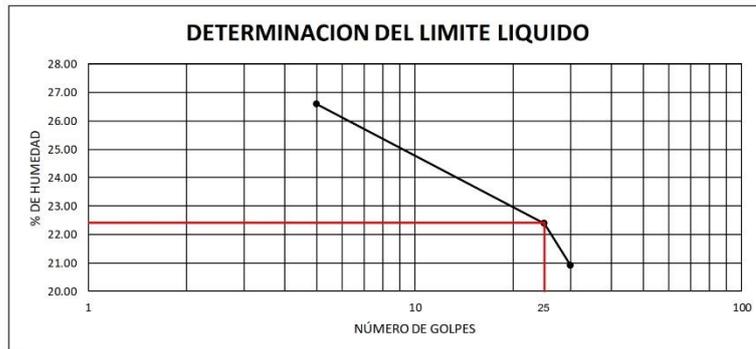
OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
CALICATA : 02
FECHA : 24/02/2022

LIMITE LIQUIDO ASTM D-423

ENSAYO N°	1	2	3			
N° de Golpes	5	25	30			
Recipiente N°	1	2	3			
R + Suelo Hum.	19.5	22.1	21.4			
R + Suelo Seco	17.4	20.6	20.0			
Peso de agua	2.1	1.5	1.4			
Peso de Recip.	9.5	13.9	13.3			
Peso de S. Seco	7.9	6.7	6.7			
% de Humedad	26.58	22.39	20.90			

LIMITE PLASTICO ASTM D-424

ENSAYO N°						
Recipiente N°						
R + Suelo Hum.						
R + Suelo Seco						
Peso de agua						
Peso de Recip.						
Peso de S. Seco						
% de Humedad						



RESULTADOS	
LIMITE LIQUIDO	22 %
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES :
.....
.....
.....

JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847

Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

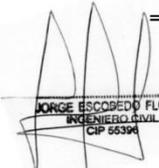
Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

CALICATA 1						
ENSAYO	DENSIDAD MÍNIMA			DENSIDAD MÁXIMA		
	1	2	3	1	2	3
VOLUMEN DEL MOLDE/MUESTRA (cm ³)	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98
PESO DEL MOLDE (g)	5,315.00	5,315.00	5,315.00	5,315.00	5,315.00	5,315.00
PESO DEL SUELO + MOLDE (g)	7,313.70	7,309.60	7,316.20	8,082.90	8,084.90	8,092.90
PESO DEL SUELO (g)	1,998.70	1,994.60	2,001.20	2,257.00	2,265.00	2,270.00
DENSIDAD MINIMA/MAXIMA (g/cm ³)	1.489	1.486	1.491	1.682	1.688	1.692
RESULTADO	DENSIDAD MÍNIMA: 1.489			DENSIDAD MÁXIMA: 1.687		

CALICATA 2						
ENSAYO	DENSIDAD MÍNIMA			DENSIDAD MÁXIMA		
	1	2	3	1	2	3
VOLUMEN DEL MOLDE/MUESTRA (cm ³)	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98	1,341.98
PESO DEL MOLDE (g)	5,315.00	5,315.00	5,315.00	5,315.00	5,315.00	5,315.00
PESO DEL SUELO + MOLDE (g)	7,311.80	7,314.40	7,306.20	7,787.00	7,791.00	7,795.00
PESO DEL SUELO (g)	1,996.80	1,999.40	1,991.20	2,472.00	2,476.00	2,480.00
DENSIDAD MINIMA/MAXIMA (g/cm ³)	1.488	1.490	1.484	1.842	1.845	1.848
RESULTADO	DENSIDAD MÍNIMA: 1.487			DENSIDAD MÁXIMA: 1.845		


JORGE ESCOBEDO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


 Ing. Carlos Chávez Rodríguez
 Esp. Geotecnia
 CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

DENSIDAD NATURAL

OBRA : "CONSTRUCCIÓN EDIFICIO PARA OFICINAS DE 4 PISOS - VÍCTOR ANDRÉS BELAUNDE
MZ. L LOTE 20 CERRO COLORADO"
SOLICITA : ROLY CCALLUCCI CARRILLO
FECHA : 24/02/2022

DESCRIPCION	CALICATA 1	CALICATA 2
1 Peso suelo + bandejas grs.	3,416	3,416
2 Peso bandeja	280	280
3 Peso neto suelo + grava (1)-(2)	3,136	3,136
4 Peso grava secada al aire	245.1	216.7
5 Peso de arena + el frasco	7,141	7,111
6 Peso de arena que queda + frasco	2,495	2,401
7 Peso neto de arena empleada (5) (6)	2,869	2,933
8 Densidad de la arena	1.49	1.49
9 Volumen del hueco (7) : (8) cc	1,925	1,969
10 Volumen de grava por desplazamiento	95.742	84.648
11 Peso del suelo (3) - (4) grs.	2,891	2,919
12 Volumen suelo (9) - (10) cc.	1,830	1,884
13 Densidad húmeda (11) grs.	1.58	1.55
14 % de humedad contenida	3.40	2.60
15 Densidad seco (13) : 1 + 14) 100 grs.	1.528	1.510


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

4. Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayos de Laboratorio, a las características de proyecto y al análisis efectuado, se concluye lo siguiente:

- El terreno de estudio se encuentra ubicado en la avenida Víctor André Belaunde, del Distrito de Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, Región - Arequipa.
- El terreno presenta una buena accesibilidad.
- Capacidad Portante: La capacidad Portante del terreno es de 1.59 kg/cm² para la profundidad de cimentación y ancho recomendado.
- Profundidad Mínima de Cimentación: La profundidad Mínima de cimentación será a la profundidad de 1.20 m.
- Ancho de cimentación recomendado: El ancho de cimentación recomendado es de 1.0 m.
- Material Predominante: El material predominante es un suelo de clasificación SUCS "SP" (Conglomerado heterogéneo de arena pobremente gradada con grava).
- La siguiente tabla con diferentes tamaños de zapatas y profundidades de desplante, permite abarcar el rango de cargas actuantes, de forma tal que el ingeniero estructural pueda seleccionar las opciones que mejor se adapten a los requerimientos del proyecto.

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _u (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	4.05	1.35	Zapata Cuadrada
-1.00	1.00	1.5	1.00	1.00	4.31	1.44	
-1.00	1.00	2.0	1.00	1.00	4.57	1.52	
-1.20	1.20	1.0	1.00	1.00	4.76	1.59	
-1.20	1.20	1.5	1.00	1.00	5.02	1.67	
-1.20	1.20	2.0	1.00	1.00	5.28	1.76	
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	5.82	1.94	
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	6.08	2.03	
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	6.34	2.11	
-1.70	1.70	1.0	1.00	1.00	6.53	2.18	
-1.70	1.70	1.5	1.00	1.00	6.79	2.26	
-1.70	1.70	2.0	1.00	1.00	7.05	2.35	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	7.59	2.53	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	7.85	2.62	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	8.11	2.70	


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474



GEOTECNIA AQP EIRL

Ing. CARLOS ENRIQUE CHÁVEZ RODRIGUEZ
MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS, ASFALTO Y ROCAS – SUPERVISIÓN Y ASESORIA

- h) Los parámetros para el análisis sísmo resistente son los siguientes:
Factor de suelo $S = 1.15$
Periodos T_p y $T_L = 0.6$ y 2 respectivamente
- i) Napa Freática: No se encontró la napa freática hasta la profundidad de 3.00 m.
- j) Las Conclusiones y Recomendaciones son válidas para la zona en estudio y para los niveles de cargas consideradas en el Proyecto.

ANEXOS

- FOTOGRAFÍAS


JORGE ESCOBEDO FLORES
INGENIERO CIVIL
CIP 65394

Urb. Aurora H-4 Cercado ☎ 281392 📠 959609660 RPM *235505
E-mail: carlos_ch56@hotmail.com RUC: 20456332847


Ing. Carlos Chávez Rodríguez
Esp. Geotecnia
CIP 20474