

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS
MÓDULOS A, B Y C DEL PROYECTO DE RECONSTRUCCIÓN CON
CAMBIOS: RECUPERACIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO N° 81771 AL
INCORPORAR LA INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA EN EL
SECTOR FRONTÓN BAJO DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE VIRÚ,
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH. PIERRE ENRIQUE CARDENAS BRACAMONTE

ASESOR:

DR. ING. MIGUEL ANGEL MOSQUEIRA MORENO

CAJAMARCA – PERU

–2024–

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** Pierre Enrique, Cardenas Bracamonte
DNI: 70337942
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. **Asesor:** Dr. Ing. Miguel Angel, Mosqueira Moreno
Facultad: Ingeniería
3. **Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:**
"Comparación del comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios: Recuperación del Centro Educativo N° 81771 al incorporar la interacción suelo-estructura en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de La Libertad."
6. **Fecha de evaluación:** 14/03/2024
7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 22%
9. **Código Documento:** oid:3117:339874169
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 14/03/2024

 FIRMA DEL ASESOR	 FIRMA DIGITAL	Firmado digitalmente por: FERNANDEZ LEON Yvonne Katherine FAU 20148258601 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 14/03/2024 19:52:47-0500
Nombres y Apellidos Miguel Angel Mosqueira Moreno DNI: 26733060	UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI	

AGRADECIMIENTO

Primordialmente, agradezco a Dios por haberme guiado e iluminado, sobre todo, en las situaciones más difíciles en mi vida.

*Gracias a mi padre **Walter Cardenas Ravines**, a mi madre **Teresa Bracamonte Pareces**, a mi **hermano y familiares** por su apoyo, constante, espiritual, moral y económico a lo largo de toda la formación profesional.*

Agradezco enérgicamente a mi asesor de tesis, Dr. Ing. Miguel Angel, Mosqueira Moreno, por su ayuda desinteresada e incondicional en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Agradezco a los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca por su vocación de docencia, compartir sus conocimientos, y experiencias profesionales, logrando así la formación de buenos profesionales.

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis, fervorosa y encarecidamente, a mis padres, hermano y demás familiares, quienes a pesar de toda circunstancia depositaron su confianza y apoyo en mí, pudiendo lograr un pequeño primer paso de toda una larga vida que espero.

TABLA DE CONTENIDO

i.	AGRADECIMIENTO.....	i
ii.	DEDICATORIA.....	ii
iii.	TABLA DE CONTENIDO.....	iii
iv.	ÍNDICE DE TABLAS	vi
v.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
vi.	RESUMEN.....	xiv
vii.	ABSTRACT	xv
1	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1	Planteamiento del problema.....	1
1.2	Formulación del problema	2
1.3	Justificación o importancia de la investigación	2
1.4	Limitación de la investigación	3
1.5	Delimitación de la investigación.....	3
1.6	Objetivos	3
1.6.1	Objetivo general	3
1.6.2	Objetivos específicos	3
1.7	Formulación de la hipótesis	4
1.7.1	Hipótesis general.....	4
1.8	Variables e indicadores	4
1.8.1	Variables independientes	4
1.8.2	Variable dependiente.....	4
1.8.3	Operacionalización de variables	5
2	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1	Antecedentes teóricos de la investigación.....	6
2.1.1	Antecedentes internacionales	6

2.1.2 Antecedentes nacionales	7
2.1.3 Antecedentes locales	7
2.2 Bases teóricas	8
2.2.1 Interacción suelo - estructura	8
2.2.2 Diferencias entre el diseño estructural de las edificaciones con base indeformable y base deformable	14
2.2.3 Método de análisis.....	14
2.2.1 Diseño sismorresistente según NT E.030.....	25
2.2.2 Definición de términos básicos	37
3 CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1 Ubicación del proyecto	39
3.1.1 Ubicación geográfica	39
3.2 Metodología de la investigación	40
3.2.1 Tipo de investigación	40
3.2.2 Nivel de investigación.....	40
3.2.3 Método de investigación	40
3.3 Diseño de la investigación	41
3.4 Población y muestra	41
3.4.1 Población.....	41
3.4.2 Muestra.....	41
3.4.3 Unidad de análisis	41
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
3.5.1 Técnicas de recolección de datos	42
3.5.2 Instrumento de recolección de datos	42
3.6 Procedimiento	43
3.6.1 Descripción de los módulos en estudio.....	43

3.6.2	Metrado de cargas	46
3.6.3	Análisis sísmico teniendo en cuenta la base empotrada.....	47
3.6.4	Análisis sísmico considerando Interacción Suelo Estructura (ISE).....	66
3.7	Tratamiento y análisis de datos	90
3.7.1	Módulo A	91
3.7.2	Módulo B	98
3.7.3	Módulo C	106
4	CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	113
4.1	Módulo A:	113
4.2	Módulo B:	114
4.3	Módulo C:	114
4.4	Contrastación de la hipótesis.....	115
5	CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
5.1	Conclusiones	116
5.2	Recomendaciones.....	117
	Referencias bibliográficas.....	118
	ANEXO N° 01 PLANOS.....	120
	ANEXO N°02 METRADO DE CARGAS.....	124
	ANEXO N°03 CÁLCULOS	133
	ANEXO N°04 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	157
	Matriz de Consistencia.....	162

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable independiente y dependiente.....	5
Tabla 2 Diferencias entre las edificaciones con base indeformable y base deformable.	14
Tabla 3 Valores de C_o cuando $\rho_o = 0.2 \text{ kg/cm}^2$	17
Tabla 4 Determinación del coeficiente Y_o	21
Tabla 5 Determinación del coeficiente Y_1	22
Tabla 6 Factores de zona "Z"	26
Tabla 7 Clasificación de los perfiles del suelo	27
Tabla 8 Factor del suelo "S"	27
Tabla 9 Periodos "TP" y "TL"	27
Tabla 10 Categoría de edificaciones.....	28
Tabla 11 Categoría y sistema estructural de edificaciones.....	30
Tabla 12 Sistemas Estructurales	31
Tabla 13 Irregularidades estructurales en altura.....	32
Tabla 14 Irregularidades estructurales en planta	33
Tabla 15 Categoría y regularidad de edificaciones	34
Tabla 16 Tipo de investigación	40
Tabla 17 Caracterización del módulo A	43
Tabla 18 Caracterización del módulo B	43
Tabla 19 Caracterización del módulo C	44
Tabla 20 Propiedades de los materiales de los elementos estructurales de los módulos A, B y C.....	45
Tabla 21 Parámetros sísmicos de Módulos A y B.....	47
Tabla 22 Parámetros sísmicos del Módulo C	48
Tabla 23 Irregularidades estructurales en altura.....	49
Tabla 24 Irregularidades estructurales en planta	50

Tabla 25 Características del suelo de fundación (Modelo DD.Barkan-O.A.Savinov)...	68
Tabla 26 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo DD.Barkan-O.A.Savinov)	69
Tabla 27 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo DD.Barkan-O.A.Savinov.....	69
Tabla 28 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo V.A Ilichev)	70
Tabla 29 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo V.A Ilichev).....	71
Tabla 30 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo A.E Sargsian)	72
Tabla 31 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo A.E Sargsian).....	72
Tabla 32 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo Norma Rusa)	73
Tabla 33 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo Norma Rusa).....	73
Tabla 34 Características del suelo de fundación (Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov)	77
Tabla 35 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov).....	77
Tabla 36 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida(Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov)	77
Tabla 37 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev)	79
Tabla 38 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev).....	79
Tabla 39 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian)	80
Tabla 40 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian).....	80
Tabla 41 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo Norma Rusa)	81
Tabla 42 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo Norma Rusa).....	82

Tabla 43 Características del suelo de fundación (Modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov)	85
Tabla 44 Coeficiente de rigidez para las zapatas (Modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov)	86
Tabla 45 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de las zapatas (Modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov)	86
Tabla 46 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev)	87
Tabla 47 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev)	87
Tabla 48 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian)	88
Tabla 49 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian)	88
Tabla 50 Coeficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo Norma Rusa)	89
Tabla 51 Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo Norma Rusa)	89
Tabla 52 Periodos de vibración - Módulo A	91
Tabla 53 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis estático módulo A	92
Tabla 54 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis estático módulo A	92
Tabla 55 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis dinámico módulo A	92
Tabla 56 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis dinámico módulo A	93
Tabla 57 Distorsiones Eje X – Análisis estático módulo A	93
Tabla 58 Distorsiones Eje Y – Análisis estático módulo A	93
Tabla 59 Distorsiones Eje X – Análisis dinámico módulo A	94
Tabla 60 Distorsiones Eje Y – Análisis dinámico módulo A	94
Tabla 61 Fuerza axial máxima columna (Tn) – Módulo A	95
Tabla 62 Fuerza cortante máxima columna (Tn) – Módulo A	95

Tabla 63	Momento flector máximo columna (Tn-m) – Módulo A	96
Tabla 64	Fuerza cortante máxima viga(Tn) – Módulo A.....	96
Tabla 65	Momento flector máximo viga (Tn-m) – Módulo A.....	97
Tabla 66	Fuerza axial máxima en placa (Tn) – Módulo A.....	97
Tabla 67	Fuerza cortante máxima en placa (Tn) – Módulo A.....	98
Tabla 68	Momento flector máximo en placa (Tn-m) – Módulo A.....	98
Tabla 69	Periodos de vibración – Módulo B.....	98
Tabla 70	Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis estático módulo B	99
Tabla 71	Desplazamiento en centro de masa, Eje Y - Análisis estático módulo B.....	100
Tabla 72	Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis dinámico módulo B	100
Tabla 73	Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis dinámico módulo B	100
Tabla 74	Distorsiones Eje X – Análisis estático módulo B.....	101
Tabla 75	Distorsiones Eje Y – Análisis estático módulo B.....	101
Tabla 76	Distorsiones Eje X – Análisis dinámico módulo B.....	102
Tabla 77	Distorsiones Eje Y – Análisis dinámico módulo B.....	102
Tabla 78	Fuerza axial máxima en columna (Tn) – Módulo B.....	102
Tabla 79	Fuerza cortante máxima en columna (Tn) – Módulo B	103
Tabla 80	Momento flector máximo en columna (Tn-m)– Módulo B.....	103
Tabla 81	Fuerza cortante máxima en viga (Tn)– Módulo B	104
Tabla 82	Momento flector máximo en viga (Tn-m)– Módulo B	104
Tabla 83	Fuerza axial máxima en placa (Tn)– Módulo B.....	105
Tabla 84	Fuerza cortante máxima en placa (Tn) – Módulo B.....	105
Tabla 85	Momento flector máximo en placa (Tn-m) – Módulo B.....	105
Tabla 86	Periodo de vibración en Módulo C.....	106

Tabla 87 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis estático módulo C	107
Tabla 88 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis estático módulo C	107
Tabla 89 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis dinámico módulo C	107
Tabla 90 Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis dinámico módulo C	108
Tabla 91 Distorsiones Eje X – Análisis estático módulo C	108
Tabla 92 Distorsiones Eje Y – Análisis estático módulo C	108
Tabla 93 Distorsiones Eje X – Análisis dinámico módulo C	109
Tabla 94 Distorsiones Eje Y – Análisis dinámico módulo C	109
Tabla 95 Fuerza axial máxima en columna (Tn) – Módulo C	110
Tabla 96 Fuerza cortante máxima en columna (Tn)– Módulo C	110
Tabla 97 Momento flector máximo en columna (Tn-m)– Módulo C	110
Tabla 98 Fuerza cortante máxima en viga (Tn)– Módulo C	111
Tabla 99 Momento flector máximo en viga(Tn-m) – Módulo C	111
Tabla 100 Fuerza axial máximo en placa (Tn) – Módulo C	112
Tabla 101 Fuerza cortante máximo en placa (Tn) – Módulo C	112
Tabla 102 Momento flector máximo en placa (Tn-m)– Módulo C	112
Tabla 103 Matriz de Consistencia	162

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Movimiento en campo libre y su relación con la interacción cinemática y la interacción inercial	9
Figura 2	Enfoque de subestructura para el análisis interacción suelo-estructura	12
Figura 3	Análisis directo de la interacción suelo-estructura	13
Figura 4	Modelo dinámico Ilichev	18
Figura 5	Zona sísmicas del Perú.....	26
Figura 6	Ubicación del Centro Educativo en estudio	39
Figura 7	Esquema de método de investigación	41
Figura 8	Información del sistema en planta – Módulo A	51
Figura 9	Información del sistema en altura – Módulo A.....	52
Figura 10	Materiales usados en la modelación del módulo A– Módulo A	52
Figura 11	Propiedades del material $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Módulo A.....	53
Figura 12	Secciones consideradas para el modelamiento – Módulo A.....	53
Figura 13	Propiedades de la sección C-25*40 – Módulo A	54
Figura 14	Propiedades de sección slab para losa aligerada – Módulo A	54
Figura 15	Propiedades de sección wall para Muro de C°A° – Módulo A.....	55
Figura 16	Asignación de base empotrada – Módulo A	55
Figura 17	Asignación de brazo rígido – Módulo A.....	56
Figura 18	Definición de diafragma rígido – Módulo A.....	56
Figura 19	Asignación de diafragma rígido por nivel – Módulo A	57
Figura 20	Definición de cargas – Módulo A	57
Figura 21	Asignación de cargas – Módulo A	58
Figura 22	Definición de peso sísmico – Módulo A.....	58
Figura 23	Asignación de automesh a placas – Módulo A	59
Figura 24	Asignación de automesh a losas – Módulo A	59

Figura 25 Sincretización de placas – Módulo A.....	60
Figura 26 Definición de fuerzas sísmica en X, S_x – Módulo A.....	60
Figura 27 Definición de fuerzas sísmica en Y, S_y – Módulo A.....	61
Figura 28 Propiedades de sección wall para Muro de Albañilería – Módulo C.....	62
Figura 29 Definición de espectro de diseño en X – Módulo A.....	63
Figura 30 Definición de espectro de diseño en Y – Módulo A.....	64
Figura 31 Definición de fuerza sísmica dinámica en X – Módulo A.....	64
Figura 32 Definición de fuerza sísmica dinámica en Y – Módulo A.....	65
Figura 33 Configuración de modos de vibración – Módulo A.....	65
Figura 34 Liberación de la consideración de rigidez en la base.....	66
Figura 35 Creación de la sección Zapata ($e=0.40$ m).....	67
Figura 36 Creación de la sección Viga de Cimentación VC-0.35x0.85.....	67
Figura 37 Modelamiento de la cimentación.....	68
Figura 38 Asignación de masa cero a la cimentación.....	68
Figura 39 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez D.D. Barkan – O.A. Savinov – Módulo A.....	70
Figura 40 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez V.A Ilichev – Módulo A.....	71
Figura 41 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez A.E. Sargsian – Módulo A.....	73
Figura 42 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987 – Módulo A.....	74
Figura 43 Liberación de la consideración de rigidez en la base.....	75
Figura 44 Creación de la sección Zapata ($e=0.40$ m).....	75
Figura 45 Creación de la sección Viga de Cimentación VC-0.35x0.85.....	76
Figura 46 Modelamiento de la cimentación.....	76
Figura 47 Asignación de masa cero a la cimentación.....	77

Figura 48 Restricción de giro en Z	78
Figura 49 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez D.D. Barkan – O.A. Savinov – Módulo B.....	79
Figura 50 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez V.A Ilichev – Módulo B	80
Figura 51 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez A.E. Sargsian – Módulo B	81
Figura 52 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987 – Módulo B.....	82
Figura 53 Liberación de la consideración de rigidez en la base	83
Figura 54 Creación de la sección Zapata ($e=0.40$ m).....	83
Figura 55 Creación de la sección Viga de Cimentación VC-0.30x0.60.....	84
Figura 56 Modelamiento de la cimentación	84
Figura 57 Asignación de masa cero a la cimentación	85
Figura 58 Restricción de giro en Z	86
Figura 59 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez D.D. Barkan – O.A. Savinov – Módulo C.....	87
Figura 60 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez V.A Ilichev –Módulo C	88
Figura 61 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez A.E. Sargsian – Módulo C	89
Figura 62 Creación y asignación de los coeficientes de rigidez Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987 – Módulo C.....	90

RESUMEN

Esta investigación indaga sobre la necesidad de realizar un análisis de interacción suelo estructura en las edificaciones esenciales, sobre todo de tipo educacional, al sufrir numerosos daños y/o quedar inoperativas frente a sismos y de esta forma contribuir a una metodología de diseño sismorresistente que permite obtener un comportamiento más real de la estructura. Por lo que se busca realizar una comparación del comportamiento estructural entre los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios “Recuperación del centro educativo N° 81771” al incorporar la interacción suelo-estructura, dicha I.E está ubicada en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad. Para este fin se desarrollaron los respectivos análisis estáticos y dinámicos de los módulos mencionados según norma técnica E.030 y posterior análisis interacción suelo estructura a través de la metodología de D.D. Barkan – O.A. Savinov, V.A Ilichev, A.E. Sargsian y Norma Rusa, realizando la comparación a través de los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones y fuerzas internas con el soporte de softwares como Etabs V19, Microsoft Excel 2016, AutoCAD 2020 e información de suelos proveniente del estudio de mecánica de suelos del expediente técnico. Los resultados obtenidos reflejan un aumento en los periodos de vibración, desplazamientos, distorsiones y una variación en los esfuerzos internos que se produce simultáneamente con el modelo de interacción suelo estructura de mayor diferencia en el periodo de vibración. Además, la dirección Y fue la que sufrió mayor cambio en cuanto a desplazamiento y distorsión.

Palabras clave: interacción suelo-estructura, comportamiento estructural, periodos de vibración, distorsiones, esfuerzos internos.

ABSTRACT

This research investigates the need to carry out a soil-structure interaction analysis in essential buildings, especially educational ones, when they suffer numerous damages and/or become inoperative in the face of earthquakes and in this way contribute to an earthquake-resistant design methodology that allows obtain a more realistic behavior of the structure. Therefore, a comparison of the structural behavior between modules A, B and C of the reconstruction project with changes "Recovery of the educational center No. 81771" is sought by incorporating the soil-structure interaction, said I.E is located in the Frontón sector Lower district and province of Virú, department of La Libertad. For this purpose, the respective static and dynamic analyzes of the aforementioned modules were developed according to technical standard E.030 and subsequent soil-structure interaction analysis through the D.D. methodology. Barkan – O.A. Savinov, V.A Ilichev, A.E. Sargsian and Norma Rusa, making the comparison through the periods of vibration, displacements, distortions and internal forces with the support of software such as Etabs V19, Microsoft Excel 2016, AutoCAD 2020 and soil information from the soil mechanics study of the file technical. The results obtained reflect an increase in the vibration periods, displacements, distortions and a variation in the internal forces that occurs simultaneously with the soil-structure interaction model with the greatest difference in the vibration period. Furthermore, the Y direction was the one that suffered the greatest change in terms of displacement and distortion.

Keywords: soil-structure interaction, structural behavior, vibration periods, distortions, internal forces.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Las instituciones educativas son estructuras consideradas como “Edificaciones Esenciales”, según Norma E. 030 Diseño Sismorresistente, las cuales desempeñan una función importante dentro del proceso de educación en el Perú al brindar seguridad a numerosas vidas por lo que debe tener un adecuado comportamiento estructural a nivel de respuesta ante las sollicitaciones de servicio y/o sismo considerados, cumpliendo la filosofía del diseño sismorresistente. Sin embargo, son conocido los diversos daños estructurales que causan los sismos en las infraestructuras educativas, tal es el caso del sismo ocurrido el 26 de mayo de 2019 de magnitud 8.0 en la región de Loreto y que tuvo repercusión en el norte del país dejando como consecuencia 6 colegios dañados y 26 afectados, según reporte de MINEDU. Por lo que está aún abierta la necesidad de una metodología de diseño sismorresistente que nos aproxime al comportamiento más real de la estructura frente a las sollicitaciones que enfrentará.

Es así que se han generado numerosas investigaciones para determinar cuál es la influencia de realizar un análisis de este tipo en edificios multifamiliares y módulos de colegios con diversidad de configuración estructural en la ciudad de Cajamarca, tipo de cimentación y propiedades del suelo, en las que se encontraron variación en su comportamiento estructural en su mayoría aumento de periodos de vibración, desplazamiento, distorsiones y variación en los esfuerzos internos en función de su sistema estructural, rigidez y propiedades del suelo.

Para entender la interacción dinámica suelo-estructura se debe saber que se manifiesta por la flexibilidad del suelo en la que está cimentado una edificación y su importancia radica en la rigidez relativa del sistema suelo-cimentación respecto a la rigidez lateral de la estructura. Es por ello que como el principal diseño sísmico de estructuras se enfoca en el comportamiento inelástico y el dominio de la respuesta sísmica para realizar diseños más seguros y económicos, es de suma importancia tener en cuenta y saber cuál es la influencia de la interacción suelo-estructura en las hipótesis de diseño en las que se sustenta.

Las principales consideraciones que agrega un análisis con base deformable incluyen la existencia de una variación del movimiento en los diversos lugares del terreno denominado efectos de sitio, una variación del movimiento de campo libre, correspondiente a la existencia de la cimentación (Interacción cinemática) y un desplazamiento relativo del cimiento referente al medio, generado por las fuerzas de inercia de la estructura superior (Interacción inercial) (Fernández, 2013).

En tal fin, se ha elegido el centro educativo N°81771, el cual se encuentra en zona sísmica 4, constituyendo una edificación esencial de categoría A, sobre un suelo blando. Contiene módulos diseñados con muros estructurales y de configuración dual, con el objetivo de realizar una comparación en el comportamiento estructural entre un análisis estático y dinámico de acuerdo con norma técnica E.030 y metodología descrita de interacción suelo-estructura a través del periodo de vibración, desplazamiento, distorsiones y esfuerzos internos.

1.2 Formulación del problema

De acuerdo a lo explicado anteriormente, se formula el siguiente problema:

¿Cuál es la variación en el comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios “Recuperación del centro educativo N° 81771” al incorporar el análisis interacción suelo-estructura en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad?

1.3 Justificación o importancia de la investigación

Debido al frecuente diseño de infraestructura educativa con consideración de base rígida, lo cual se representaría en suelos tipo roca con cimentación profunda, suponiendo que las respuestas ejercidas en la base de la infraestructura o niveles de la misma son independientes de las características de la cimentación, sin embargo, debido a la diversidad de las propiedades de los suelos y la flexibilidad de éstos repercuten en los periodos, frecuencias y formas de vibración libre de estructuras, que a su vez influyen en la magnitud de las fuerzas sísmicas y pueden aumentar los daños en el caso de un eventual movimiento sísmico.

Es por ello que, bajo esta comparación, se contribuye a optimizar el diseño de la infraestructura educativa, disminuir su vulnerabilidad sísmica y servir de base para una posible metodología normada que incluya a la interacción sísmica suelo-estructura.

1.4 Limitación de la investigación

La investigación presente está limitada a la comparación en el comportamiento estructural de la interacción suelo – estructura, a través de los modelos dinámicos D.D. Barkan - O.A. Savinov, V.A. Ilichev, A.E. Sargsian, Norma Rusa y el análisis con base rígida, de acuerdo a normativa peruana E030, de los módulos A, B y C de la infraestructura educativa “Recuperación del centro educativo N° 81771 en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad”. La comparación ha sido representada a través de un modelamiento en el software de análisis de estructuras ETABS V19.

Los parámetros necesarios para la aplicación de la metodología interacción suelo-estructura han sido tomados del estudio de suelos realizado en la elaboración del expediente y de las propias tablas que brindan los modelos.

1.5 Delimitación de la investigación

Los análisis a realizar para obtener la comparación en el comportamiento estructural de la infraestructura educativa están delimitados a los indicados en el marco teórico de esta investigación, no se realizará análisis tiempo-historia u otro no indicado en la metodología.

No se realizó estudio de mecánica suelo diferente al usado para la elaboración del expediente técnico del proyecto.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- ✓ Comparación del comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios “Recuperación del centro educativo N° 81771” al incorporar la interacción suelo-estructura en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad.

1.6.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar la variación en la respuesta estructural de los módulos educativos obtenidas al ser analizadas solamente con los parámetros de la norma sismorresistente E.030 y el de incluir modelos dinámicos de interacción suelo – estructura de D.D. Barkan - O.A. Savinov, V.A. Ilichev, A.E. Sargsian y de la Norma Rusa.

- ✓ Hallar los periodos de vibración, desplazamientos laterales, distorsiones y fuerzas internas de los elementos estructurales de los módulos educativos analizados mediante la norma sismorresistente E.030.
- ✓ Determinar la importancia de la inclusión de modelos dinámicos de interacción suelo – estructuro en el diseño de infraestructura educativa y diversas edificaciones consideradas de tipo esencial.
- ✓ Interpretar los resultados obtenidos producto de la aplicación de los modelos dinámicos interacción suelo – estructura mencionados.

1.7 Formulación de la hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

La variación en el comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios “Recuperación del centro educativo N° 81771 en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad”, al incorporar la interacción suelo-estructura se manifiesta a través del incremento de los periodos de vibración, derivas, y la disminución de esfuerzos internos.

1.8 Variables e indicadores

1.8.1 Variables independientes

Idealización en la base de la cimentación: empotrada e interacción suelo estructura.

1.8.2 Variable dependiente

Comportamiento estructural

1.8.3 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente y dependiente

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
VARIABLE EN ESTUDIO	CONCEPTUAL			
	En la base empotrada se considera al medio como una superficie rígida y se obtiene el comportamiento estructural de la edificación aislando las propiedades del suelo y la cimentación.	-Análisis estático -Análisis dinámico modal espectral	Z: Factor de zona U: Factor de uso C: Factor de amplificación sísmica S: Factor de suelo T: Periodo fundamental de vibración	Norma E.030
INDEPENDIENTE	Idealización en la base de la cimentación. Empotrada e interacción suelo estructura.		Rx, Ry: Coeficiente de reducción Aceleración espectral Coeficiente de rigidez: -Kx, Ky: De desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x y eje y. -Kz: De compresión elástica uniforme a lo largo del eje z. -K0: De compresión elástica no uniforme en torno al eje x y eje y. -Ky : De desplazamiento elástico no uniforme en torno al eje z.	Modelos dinámicos: -D.D. Barkan - O.A Savinov. -V.A. Illichev -A.E. Sargsian -Norma Rusa.
DEPENDIENTE	Es el comportamiento que adopta la estructura a nivel de respuesta ante sollicitaciones de cargas de servicio y/o sismo.	-Análisis dinámico interacción suelo estructura Comparación en el comportamiento estructural	Periodos de vibración Desplazamiento Distorsiones Fuerzas internas máximas	Hojas Exceles Etabs AutoCAD 2020

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes teóricos de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Tena (2019) recalca la necesidad de considerar la interacción dinámica suelo – estructura en el análisis y diseño sismorresistente de estructuras en el mundo para suelos firmes, con relleno y cimentaciones superficiales, así también en suelos blandos. Para el primer caso, evaluó una edificación de dos niveles de mampostería sin reforzar con diafragmas con flexibilidad en el cual obtuvo que las consecuencias de la interacción suelo-estructura permite visualizar que los modos de vibración, en el cual se notó que la amplitud de los desplazamientos de las masas relacionados a los grados de libertad del muro, tienen mayor respuesta cuando se aplica interacción suelo estructura que considerando el modelo en base empotrada, además en los desplazamientos de los centros de los diafragmas se encuentran proporcional de forma menor a los efectos de interacción que en los elementos de muros. Para el segundo caso, en suelos blandos, reafirma que las principales consecuencias de interacción, resaltados por la modificación del periodo fundamental, la amortiguación y la ductilidad, conllevan a resultados de la estructura de mayor valor o menores de las que sufriría en su condición en base empotrada, de acuerdo a la posición del periodo resonante del espectro de respuesta y los grados de ductilidad y amortiguación.

Ballen (2015) en su tesis “Interacción suelo estructura, para edificaciones de muros de concreto, en suelos blandos” para optar por la maestría en ingeniería civil con énfasis en geotecnia deduce la necesidad de desarrollar ajustes a los parámetros de diseño estructural simultáneamente con los del suelo, haciendo hincapié a eventos sísmicos de magnitudes no altas que sin embargo produjeron que diversas edificaciones se encontraran en el límite de ocupación y otras las de daño, debido a que pueden ingresar en resonancia o posean demandas altas de ductilidad y rigidez. Además, que sus resultados reflejan la interdependencia existente entre las funciones de transferencia de entrada y salida de los sismos.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Picón y Ruiz (2019) en su tesis “Análisis del problema de interacción suelo – estructura para un pórtico 2D en suelos granulares” para optar por el título profesional de ingeniero civil concluyó que la inclusión del suelo como un material con capacidad de deformación, en la etapa de diseño estructural, genera modificaciones importantes en las fuerzas internas de la estructura, además de influencias de forma directa en los cálculos del diseño de refuerzo; no obstante, es menester desarrollar mayores estudios, y su diseño apropiadamente, de esta forma concluye que incluir a la interacción, tiene consecuencias de forma notable el cálculo estructural. Por otro lado, afirma que usar resortes en modelos estructurales simboliza de forma lógica la interacción entre la estructura y el suelo.

Garces (2019) en su tesis “Análisis estructural de interacción suelo estructura y el sismorresistente aplicado en una edificación de concreto armado, Pativilca 2019” para optar por el título profesional de ingeniero civil usa las idealizaciones dinámicas de Barkan- Savinov, Ilichev, Sargsian y de Norma Rusa, encontrando resultados diferentes en los parámetros evaluados referente a un periodo fundamental mayor, la cortante en base y escalamiento de esfuerzos menor, desplazamientos laterales inelásticos mayores de la misma forma que las derivas entrepisos en los primeros y últimos niveles aumentan.

2.1.3 Antecedentes locales

Condorluicho (2023) en su tesis “Influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta dinámica de un edificio aporticado en Cajamarca” para optar por el título profesional de ingeniero civil, evaluó una edificación aporticada de 5 pisos en un suelo intermedio (S2) con la metodología D.D. Barkan- O. A. Savinov y la Norma Rusa en la cual determinó que el periodo fundamental se eleva a 17%, la cortante en la base aumenta a 20%, además, los desplazamientos y las derivas crecieron hasta 60% y 46% correspondientemente; por otro lado, las fuerzas internas de los elementos estructurales decrecieron; para vigas: la reducción fue en momentos 21% y cortantes 17%; en columnas: el momento 19%, la cortante 14% y la fuerza axial 7%.

López y Ocas (2021) en su tesis “Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina-

Cajamarca”, para optar por el título profesional de ingeniero civil concluyen que las consecuencias de interacción suelo-estructura brindan la capacidad de encontrar con mayor precisión el comportamiento real de una edificación en un evento sísmico, debido que la incorporación de todas las propiedades de la estructura y de la demanda del sismo refleja una mejor respuesta estructural, teniendo en cuenta la norma sismorresistente E.030.

Aquino y Rodríguez (2015) en su tesis “Comparación de la respuesta estructural de los módulos b y c de la I. E. Julio Ramón Ribeyro considerando y sin considerar la interacción suelo - estructura” para optar por el título profesional de ingeniero civil concluyen que la interacción suelo – estructura ofrece una mejor respuesta a nivel de estructura en el análisis de edificaciones ya que las fuerzas interna máximas en los elementos estructurales disminuyen; no obstante, esto sucede cuando la estructura tiene una suficiente rigidez lateral, caso inverso la edificación no obtendrá una buena respuesta a nivel de estructura, además de un aumento promedio de 11.25 % en las derivas de entrepiso y un incremento en los periodos de vibración de un promedio de 5.75 % de los módulos evaluados con respecto al análisis considerando base empotrada.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Interacción suelo - estructura

2.2.1.1 Generalidades

Según Fernández (2013), la respuesta dinámica de las estructuras es un fenómeno de gran complejidad en el cual intervienen numerosas variables como las propiedades de la estructura y la excitación a la cual puede estar sometida, como la acción de sismos. Es así como, las metodologías de análisis y diseño sísmico estructural no siempre consideran la flexibilidad del sistema suelo-cimentación, cuya consideración puede ser debatible en suelos firmes, pero deformables y que, sin embargo, es recomendable para suelos blandos (Tena, 2019), como es el caso de esta investigación, en especial por el contraste de rigidez existente entre el sistema suelo-cimentación al analizar estructuras con muros de concreto cimentado sobre un suelo blando, donde el efecto es más pronunciado (Fernández, 2013).

Según el National Institute of Standards and Technology [NIST] (2012), un análisis de interacción suelo estructura estima la respuesta en conjunto de la estructura, la cimentación y el medio adyacente a la cimentación. A diferencia de la condición teórica de estar cimentado sobre un suelo rígido, representando de esta forma la respuesta real de la estructura y la respuesta de la condición de base rígida teórica.

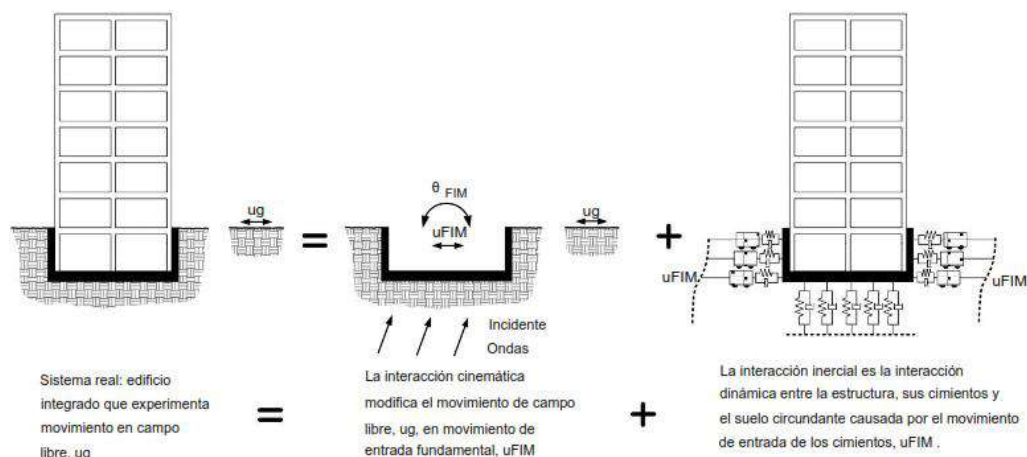
2.2.1.2 Proceso de manifestación de la interacción suelo estructura

Primero, según Federal Emergency Management Agency [FEMA] (2020) el **movimiento de campo libre** se presenta en la superficie del suelo en ausencia de una estructura y cimentación, por lo general, es mayor el movimiento de entrada a los cimientos que excita efectivamente a la estructura y su respectiva cimentación. Por otra parte, NIST (2012) describe al movimiento de campo libre como el movimiento que no se ve afectado por vibraciones estructurales o la dispersión de ondas en la cimentación y alrededor de ellos.

Luego, la transformación del movimiento de campo libre en el movimiento de entrada en la base (movimiento aplicado a los extremos de los resortes horizontales de la base) se produce por la **interacción cinemática** por la presencia de la cimentación. Complementándose con la respuesta inercial de la estructura y las deflexiones que esa respuesta origina en los resortes de la cimentación, generándose la **interacción inercial** (FEMA, 2020).

Figura 1

Movimiento en campo libre y su relación con la interacción cinemática y la interacción inercial



Fuente: FEMA, 2020

2.2.1.3 Efectos de la interacción suelo-estructura

2.2.1.3.1 Interacción cinemática

Según FEMA (2020) esta interacción modifica el movimiento del suelo en campo libre a un movimiento de entrada de cimentación como resultados de la variabilidad espacial del área en la que se encuentra. Estos movimientos se promedian dentro de la envolvente del edificio y sobre la profundidad de la cimentación dentro del suelo debido a la rigidez y resistencia del sistema de cimentación. Los efectos cinemáticos producidos son:

- **Promedio de losa base de cimientos poco profundos (no empotrado)**, causado por la incoherencia de las ondas (ondas que no tienen una diferencia finita y estable de sus frecuencias y fases) sobre el área de la base y por las ondas sísmicas entrantes con incidencia no vertical.
- **Empotramiento**, en este efecto los movimientos a nivel de los cimientos se reducen por el decremento del movimiento del suelo con la profundidad debajo de la superficie libre.

2.2.1.3.2 Interacción inercial

De acuerdo a NIST (2012), se refiere a desplazamientos y rotaciones originadas a nivel de la cimentación de una estructura, los cuales resultan de fuerzas impulsadas por la inercia como el cortante en la base y el momento.

Así también, FEMA (2020) lo describe como una interacción dinámica entre la estructura, su cimiento y el suelo sobre el cual se asienta producida por el movimiento de entrada de los cimientos. Sus efectos incluyen:

- **Alargamiento del periodo**, el cual se manifiesta mediante el aumento del periodo del edificio debido a la flexibilidad de la cimentación.
- **Amortiguación por radiación**, esta amortiguación se manifiesta en el sistema suelo-estructura producida por la generación y propagación de las ondas alejadas de la cimentación en relación con los desplazamientos en campo libre.
- **Amortiguamiento del suelo**, es el amortiguamiento histerético (material) del suelo con similitud al amortiguamiento viscoso inherente en la superestructura, pero independiente del periodo de base flexible de la estructura.

2.2.1.3.3 Flexibilidad de los cimientos y del suelo

Se generan deformaciones por flexión, axiales y cortantes de los elementos estructurales de la cimentación como resultado de fuerzas y desplazamientos aplicados por la superestructura y el medio del suelo. Los cuales representan las demandas sísmicas que se deben tener en cuenta para diseñar los componentes de la cimentación, especialmente en cimientos flexibles (NIST, 2012).

Además, FEMA (2020) indica que la flexibilidad del sistema de cimentación, incluida los componentes estructurales y el suelo de soporte pueden tener un efecto significativo en las propiedades dinámicas del edificio y su respuesta general. Por lo que se requiere que el modelo analítico de la estructura incorpore la flexibilidad vertical, horizontal y rotacional de la cimentación y el suelo. Éste sistema puede ser modelado a través de:

- **Resortes verticales y rotacionales**, los cuales afectan a la estructura que se balancea sobre su base debido a la compresión vertical elástica del suelo. Este modelamiento puede representar un efecto importante en el periodo fundamental y desplazamiento del edificio.
- **Resortes horizontales**, modelan el desplazamiento de la base en relación al desplazamiento referente al suelo en campo libre o la resistencia del suelo frente a las paredes del sótano u otra cara vertical. La rigidez del resorte está limitada por la resistencia a la presión pasiva y por fricción.

2.2.1.4 Tipos de modelado de acuerdo a la interacción suelo–estructura

2.2.1.4.1 Enfoque de subestructura

En este enfoque el suelo se representa con resortes, que generalmente, están ubicados verticalmente para reflejar la rotación de la cimentación, el cual en el mayor de los casos es el factor que más contribuye a las consecuencias de la interrelación suelo estructura. Así también, es posible usar resortes horizontales para reflejar la capacidad de la base para desplazarse horizontalmente respecto al campo libre (FEMA, 2020).

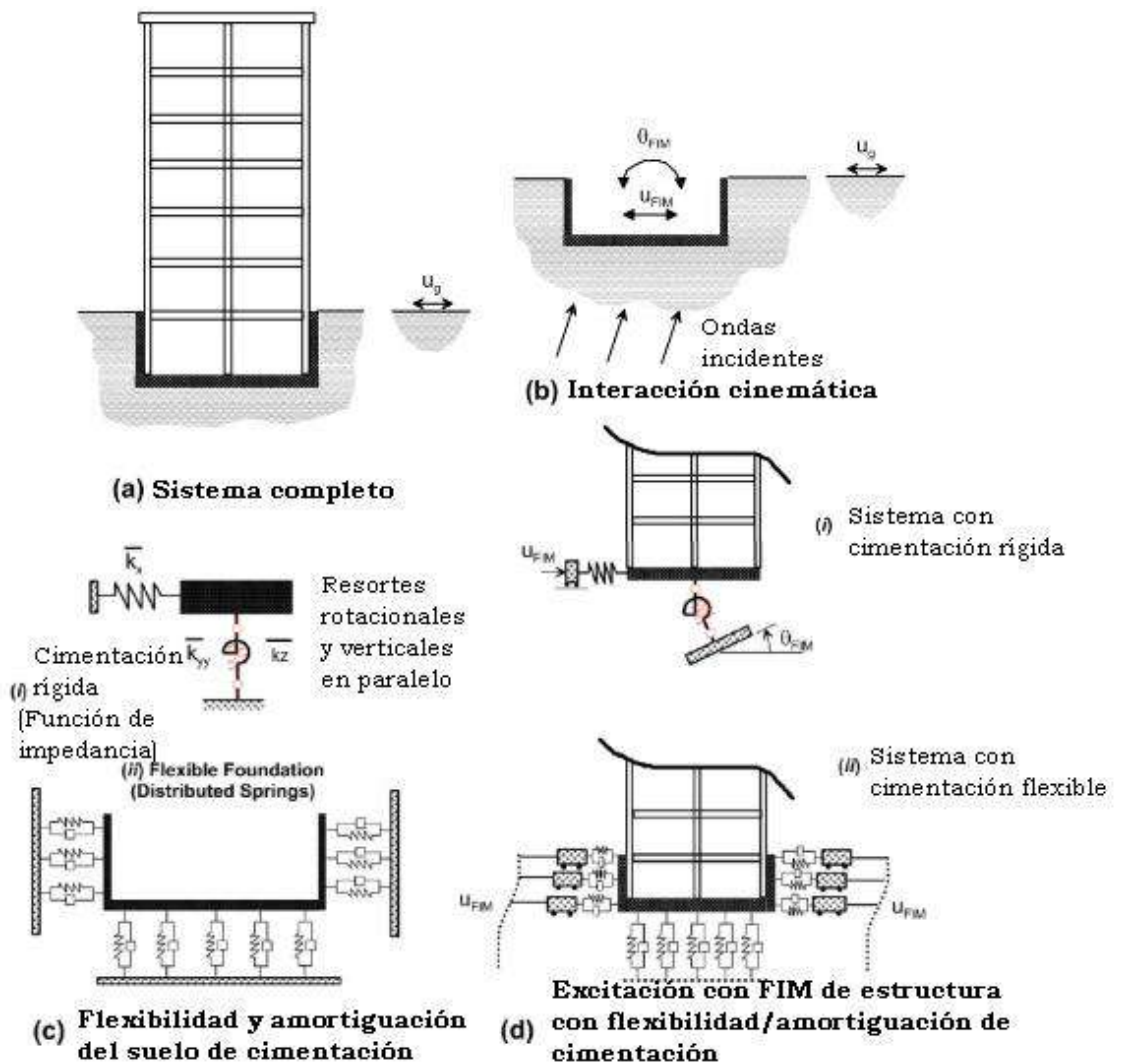
Para este enfoque, según NIST (2012) se requiere:

- Una evaluación de los movimientos del suelo en campo libre y las correspondientes propiedades del material del suelo.

- Una evaluación de funciones de transferencia para convertir movimientos de campo libre en movimientos de entrada de cimientos.
- Incorporación de resortes y amortiguadores (o elementos no lineales más complejos) para representar la rigidez y el amortiguamiento en la interfaz suelo-cimiento.
- Un análisis de respuesta del sistema combinado estructura-resorte con el movimiento de entrada aplicado en la base.

Figura 2

Enfoque de subestructura para el análisis interacción suelo-estructura



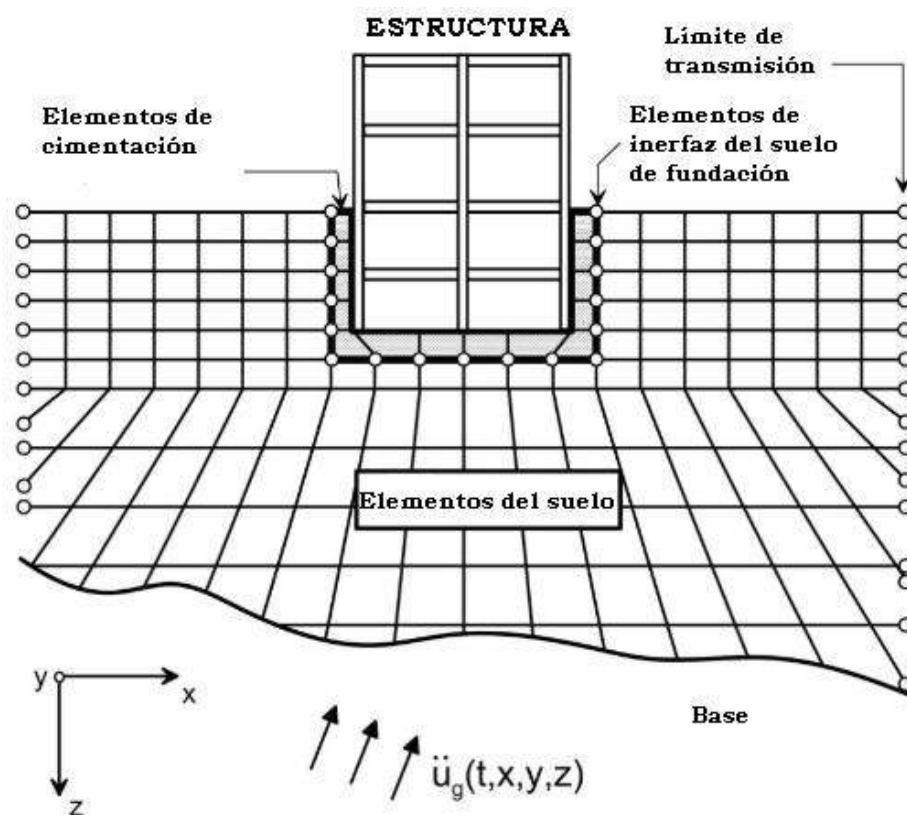
Fuente: NIST. 2012

2.2.1.4.2 Enfoque de análisis directo

En este enfoque la estructura como el suelo se modelan utilizando elementos finitos. De tal forma, el modelado del suelo abarca el área alrededor y debajo del edificio para considerar las propiedades del sitio, las ondas sísmicas que se suscitan en los límites del suelo excitando los elementos del suelo y a su vez éste a la estructura. La cual en conjunto con su peso inercial y otras propiedades afectarán a su vez el comportamiento del suelo (FEMA, 2020).

Figura 3

Análisis directo de la interacción suelo-estructura



Fuente: NIST. 2012

2.2.1.5 Disciplinas relacionadas a la interrelación suelo estructura

Conforme a Fernández (2013) se deben tener en cuenta por lo menos tres disciplinas que ayudan a comprender su comportamiento:

- Conceptos básicos de elastodinámica, prioriza la investigación y caracterización de la transmisión de ondas y hace referencia a cómo se comporta de manera dinámica en zonas elásticas continuas como es considerado el suelo.

- Nociones de dinámica de suelos, comprender cómo las propiedades del suelo se modifican frente a cargas cíclicas y cómo es que tienen influencia en su comportamiento dinámico.
- Dinámica estructural, analizar los alcances que se tendrán al considerar que la superestructura no está apoyada sobre una base infinitamente rígida (es decir, que no tiene deformabilidad).

2.2.2 Diferencias entre el diseño estructural de las construcciones con base deformable y no deformable

Tabla 1

Diferencias entre las construcciones con base deformable y no deformable

BASE NO DEFORMABLE	BASE DEFORMABLE
- No se generan cambios en el movimiento en los diversos puntos del sitio.	- Existe una modificación del movimiento en los distintos puntos del terreno ("Efectos de sitio").
- No se produce un desplazamiento del cimiento referente al sitio.	- Existe un desplazamiento relativo de la cimentación respecto al terreno, producido por las fuerzas de inercia de la superestructura ("Interacción inercial").
- No hay componentes de movimiento de cuerpo rígido de la superestructura (cabeceo y traslación).	- Existe una modificación del movimiento de campo libre, debido a la presencia de la cimentación ("Interacción cinemática").

Fuente: Fernández (2013)

2.2.3 Método de análisis

2.2.3.1 Corriente Rusa

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

Este modelo fue idealizado a través de D. D. Barkan – O. A. Savinov, el cual tiene una configuración de carácter teórico-experimental, de esta forma sustenta la interrelación del pie de fundación y de la cimentación en un proceso establecido de oscilaciones forzadas, seguidas de un análisis de manera ondeante no estacionaria (Villarreal, 2009).

En esta idealización se hallan cinco factores de rigidez correspondientes a los seis grados de libertad, ya que se limita el giro propio del eje “z”, lo cual se manifiesta en las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 K_x &= K_y = C_x A \\
 K_z &= C_z A \\
 K_{\varphi x} &= C_{\varphi x} I_x \\
 K_{\varphi y} &= C_{\varphi y} I_y
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde:

K_z : Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme a lo largo del eje z (Tn/m)

K_x, K_y : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x & y (Tn/m)

$K_{\varphi x}, K_{\varphi y}$: Coeficiente de rigidez de compresión no uniforme en torno al eje x & y (Tn.m)

C_z : Coeficiente de compresión elástica uniforme en el eje z (kg/cm³)

C_x, C_y : Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x & y (kg/cm³)

$C_{\varphi x}, C_{\varphi y}$: Coeficiente de compresión no uniforme en torno al eje x & y (kg/cm³)

A : Área de la base de la cimentación (m²)

I, I_y : Momentos de inercia de la cimentación respecto al eje x & y (m⁴)

Los factores de compresión y desplazamiento, conforme a la idealización de D. D. Barkan – O. A. Savinov se calculan mediante:

$$\begin{aligned}
C_x &= D_o \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}} \\
C_z &= C_o \left[1 + \frac{2(a+b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}} \\
C_{\phi x} &= C_o \left[1 + \frac{2(a+3b)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}} \\
C_{\phi y} &= C_o \left[1 + \frac{2(b+3a)}{\Delta \cdot A} \right] \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}}
\end{aligned} \tag{2}$$

Donde:

C_o : Coeficiente que puede obtenerse mediante la siguiente expresión

$$C_o = 1.7 \left[\frac{E_o}{1 - \mu^2} \right] 10^{-3} \left(\frac{kg}{cm^3} \right) \tag{3}$$

O de la tabla 3 (Villarreal, 2009).

D_o : Coeficiente que puede obtenerse mediante la siguiente expresión

$$D_o = \left[\frac{1 - \mu}{1 - 0,5\mu} \right] C_o \left(\frac{kg}{cm^3} \right) \tag{4}$$

Donde:

μ : Coeficiente de poisson del suelo

E_o : Módulo de Elasticidad del suelo

a, b : Dimensiones de la cimentación en los ejes X e Y respectivamente (m)

Δ : Coeficiente empírico igual a 1 m^{-1}

ρ_o : Presión estática inicial, determinado por ensayos experimentales $\rho_o = 0.2 \text{ kg/cm}^2$

ρ : Presión estática que se obtiene mediante la siguiente fórmula

$$\rho = \frac{\text{Peso}_{\text{Edificación}} + \text{Peso}_{\text{Cimentación}}}{\text{Área}_{\text{Cimentación}}} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) \tag{5}$$

Tabla 2Valores de C_o cuando $\rho_o = 0.2 \text{ kg/cm}^2$

TIPO DE PERFIL	CARACTERISTICAS DE LA BASE DE FUNDACIÓN	SUELO	$C_o(\text{kg/cm}^3)$
S0	Roca dura	Roca sana con velocidad de ondas de corte $V_x > 1500 \text{ m/s}$	4,0
		Arcilla y arena arcillosa dura ($I_L < 0$)	3,0
S1	Roca o suelos muy rígidos	Arena compactada ($I_L < 0$)	2,2
		Cascajo, grava, canto rodado, arena densa.	2,6
		Arcilla y arena arcillosa plástica ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	2,0
S2	Suelos intermedios	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
		Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad ($0,5 < I_L \leq 0,75$)	0,8
S3	Suelos flexibles o con estrato de gran espesor	Arena plástica ($0,5 < I_L \leq 1$)	1,0
		Arenas polvorosa, saturada, porosa ($e > 0,80$)	1,2
		Arcilla y arena arcillosa muy blanda ($I_L > 0,75$)	0,6
S4	Condiciones excepcionales	Arena movediza ($I_L > 1$)	0,6

Fuente: Villareal. 2009

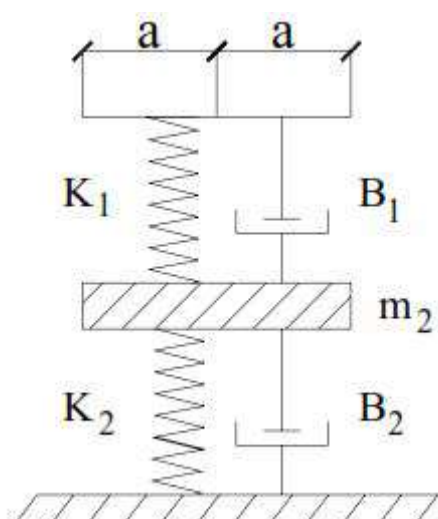
B) Modelo dinámico de V.A Ilichev

Esta idealización es de concepción teórica, desarrollado tener implicancia en resoluciones de configuración ondeante en la interrelación suelo estructura, conformado a modo de un espacio elástico. (Villarreal, 2009).

Inicialmente tuvo aplicación a ejercicios de vibraciones verticales en bases de tipo circular, en un espacio elástico isótropo. Se representa mediante el siguiente gráfico:

Figura 4

Modelo dinámico Ilichev



Fuente: Villareal. 2009

Éste esquema representa a dos sistemas con sus respectivos comportamientos y dependencias, el superior, mediante una placa con peso despreciable, en el cual el tensor cuya rigidez K_1 y amortiguación B_1 grafican las consecuencias generadas por las ondas de longitud, sus características están basadas en el radio de la placa, celeridad de las ondas de longitud y densidad del material del espacio, pero no del factor de Poisson y celeridad de las ondas de longitud. El inferior representa la respuesta dinámica de la placa frente a las ondas de configuración transversal y de Rayleigh, en el cual los factores m_2 , B_2 , K_2 igualmente corresponden a las características geométricas de la placa, densidad del espacio, y a su vez del factor de Poisson y celeridad de las ondas de tipo transversal

pero no de las ondas de tipo longitudinal. Además, en el ejemplo se aprecia la relación de las ondas de longitud en las de características transversal, asimismo las ondas Rayleigh en el desplazamiento de la placa. (Villareal, 2009, p.32)

De esta forma se explica cómo las ondas de tipo longitudinal originan la reacción a la variación de la cimentación, dependiendo de su celeridad y desplazamiento, mientras que las ondas de tipo transversal y Rayleigh originan resistencia, conforme a la aceleración del movimiento en la placa, que repercutió en el inicio de la masa m_2 . (Villareal, 2009, p.33)

El esquema representado fue idealizado como un modelo 1,5 GDL, en el cual un grado de libertad se halla en la base del sistema y 1/2 grado de libertad en la parte alta del sistema. (Villareal, 2009, p.33)

Posteriormente este esquema se amplió a las vibraciones de configuración horizontal y rotacional de la cimentación, sustentado en la base elástica con ley de variación lineal en las características de deformación de acuerdo a la altura desplazada del material de la cimentación (Villareal, 2009). La diferenciación del módulo en el cual se deforma $E_{(z)}$ del pie de fundación se acerca a:

$$E_{(z)} = E_0 \left[\operatorname{tg} \psi \cdot \frac{z}{\alpha} + 1 \right] \quad (6)$$

Donde:

E_0 : Módulo de deformación del suelo en la superficie (N/m^2)

z : Coordenada de la profundidad del suelo de fundación, respecto a la superficie (m)

ψ : Ángulo de fricción interna del suelo (Grado Sexagesimal)

α : Valor de 1 m

Lo que explica la diversidad de las características de la deformada en el pie de la cimentación hasta un desplante $5a$ para vibración de tipo vertical, $3a$ para rotación y $2a$ para la de configuración horizontal.

Donde:

$\alpha = \frac{\sqrt{A}}{\pi}$: Radio de la base de la cimentación del área A , asumido (m)

Los cinco factores adimensionales de la idealización dinámica, dependen de forma lineal de \sqrt{A}

$$Y = Y_0 + Y_1 \cdot \lg \psi \cdot \sqrt{\frac{A}{\alpha}} \quad (7)$$

Donde:

Y : Cualquier indicador con o sin índice

Y_0, Y_1 : Se calcula a través de las tablas 2.2 y 2.3 de (Villarreal, 2009, p. 34), consecuentemente y están relacionados a la manera de vibrar y el factor de Poisson (μ) del pie de la fundación.

Los factores no dimensionales Y se encuentran de modo de dimensión a través de:

Para la vibración de tipo rotacional:

$$\begin{aligned} K_\varphi &= (C_2)^2 \cdot \rho \cdot k_\varphi \cdot a^3 \\ B_\varphi &= (C_2) \cdot \rho \cdot b_\varphi \cdot a^4 \\ M_\varphi &= \rho \cdot m_\varphi \cdot a^5 \end{aligned} \quad (8)$$

Para la vibración horizontal y vertical:

$$\begin{aligned} K_{(x,z)} &= (C_2)^2 \cdot \rho \cdot k_{(x,z)} \cdot a \\ B_{(x,z)} &= (C_2) \cdot \rho \cdot b_{(x,z)} \cdot a^2 \\ M_{(x,z)} &= \rho \cdot m_{(x,z)} \cdot a^3 \end{aligned} \quad (9)$$

Donde:

C_2 : Velocidad de difusión de ondas transversales (m/s)

ρ : Densidad del suelo de la base de fundación ($\text{kN} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$)

Para la situación en la cual el factor de Poisson se halla entre $0 \leq \mu \leq 0.4$, existe la posibilidad de realizar una simplificación eliminando la masa m_2 .

Al tener en cuenta, que la idealización en investigación sus factores de rigidez k_1 y k_2 están incorporadas en forma correlacional. Para su determinación se inserta el factor de rigidez correspondiente brindada por:

$$k_z = \frac{k_{z1} \cdot k_{z2}}{k_{z1} + k_{z2}} \quad y \quad k_\varphi = \frac{k_{\varphi1} \cdot k_{\varphi2}}{k_{\varphi1} + k_{\varphi2}}$$

$$k_x = k_{x1} + k_{x2} \quad (10)$$

Así también, para los factores de amortiguación se insertan un valor equivalente a de acuerdo con:

$$b_z = \frac{b_{z1} \cdot b_{z2}}{b_{z1} + b_{z2}} \quad y \quad b_\varphi = \frac{b_{\varphi1} \cdot b_{\varphi2}}{b_{\varphi1} + b_{\varphi2}}$$

$$b_x = b_{x1} + b_{x2} \quad (11)$$

Los coeficientes Y_0 y Y_1 se pueden determinar a través de las siguientes tablas, de acuerdo al coeficiente de Poisson (μ) y tipo de vibración del pie de la cimentación:

Tabla 4

Determinación del coeficiente Y_0

μ	b_{oZ1}	K_{oZ1}	m_{oZ}	b_{oZ2}	K_{oZ2}
0,25	5,34	21,80	2,80	6,21	7,50
0,35	6,44	26,30	3,12	6,90	8,40
0,45	10,53	43,00	3,29	7,50	9,20
μ	$b_{o\phi1}$	$K_{o\phi1}$	$m_{o\phi}$	$b_{o\phi2}$	$K_{o\phi2}$
0,25	1,36	5,60	1,00	1,60	7,50
0,35	1,63	6,70	1,03	1,70	7,90
0,45	2,50	10,70	0,84	1,60	7,30
μ	b_{oX1}	K_{oX1}	m_{oX}	b_{oX2}	K_{oX2}
0,25	3,10	12,40	1,80	5,20	7,60
0,35	3,10	12,40	1,90	5,70	8,30
0,45	3,10	12,40	2,10	6,40	9,20

Fuente: Villareal. 2009

Tabla 5

Determinación del coeficiente Y1

μ	b_{oZ1}	K_{oZ1}	m_{oZ}	b_{oZ2}	K_{oZ2}
0,25	0,87	3,56	0,56	0,62	2,88
0,35	1,06	4,34	0,62	0,78	3,50
0,45	1,81	7,41	0,69	0,78	3,72
μ	$b_{o\phi1}$	$K_{o\phi1}$	$m_{o\phi}$	$b_{o\phi2}$	$K_{o\phi2}$
0,25	0,22	1,16	0,12	0,12	1,34
0,35	0,28	1,41	0,16	0,12	1,81
0,45	0,50	1,97	0,16	0,12	1,81
μ	b_{oX1}	K_{oX1}	m_{oX}	b_{oX2}	K_{oX2}
0,25	0,53	2,09	0,28	0,75	1,53
0,35	0,53	2,09	0,31	0,84	1,87
0,45	0,53	2,09	0,37	0,84	1,91

Fuente: Villareal. 2009

C) Modelo dinámico de A.E. Sargsian

Esta idealización fue producto de los estudios A.A. Najapetian y de A.E. Sargsian, utilizado con fines académicos, en el cual se implementan parámetros cuasiestáticos de fundación K_x , K_ϕ , K_z , representados mediante las siguientes fórmulas: (Villarreal, 2009)

$$\begin{aligned}
 K_x = K_y &= \frac{28,8\rho C_2^2}{\sqrt{\pi(7-8\mu)}} \cdot \sqrt{A} \\
 K_z &= \frac{4\rho C_2^2}{\sqrt{\pi(1-\mu)}} \cdot \sqrt{A} \\
 K_{\phi x} &= \frac{8,52\rho C_2^2}{\sqrt{\pi(1-\mu)}} \cdot \frac{I_x}{\sqrt{A}} \\
 K_{\phi y} &= \frac{8,52\rho C_2^2}{\sqrt{\pi(1-\mu)}} \cdot \frac{I_y}{\sqrt{A}} \\
 K_{\psi z} &= \frac{4\rho C_2^2}{\sqrt{\pi(1-\mu)}} \cdot \frac{I_z}{\sqrt{A}}
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Donde:

ρ : Densidad del suelo de la base de fundación (Tn.seg²/m⁴)

μ : Coeficiente de Poisson de suelo de fundación.

A: Área de la base de fundación (m²)

I : Momento de inercia del área de base de cimentación que atraviesa el centro de gravedad en forma perpendicular al plano de vibración (m^4)

C_1 : Velocidad de difusión de ondas longitudinales (m/seg)

C_2 : Velocidad de difusión de ondas transversales (m/seg)

Teniendo en cuenta la concepción del espacio elástico, es posible determinar la celeridad de propagación de las ondas longitudinales y transversales a través de:

$$C_1 = \sqrt{\frac{(1 - \mu) \cdot E}{(1 + \mu) \cdot (1 - 2\mu) \cdot \rho}}$$
$$C_2 = \sqrt{\frac{E}{2 \cdot (1 + \mu) \cdot \rho}} \quad (13)$$

Donde:

E : Módulo de deformación del suelo en la superficie (kPa)

ρ : Densidad del suelo de la base de fundación ($kN \cdot seg^2/m^4$)

D) Modelo Dinámico de la Norma Rusa SNIP 2.02.05–1987

Esta idealización es de tipo teórico – experimental, y aprovecha las características de la rigidez del pie de cimentación para el diseño. (Villarreal, 2009).

Los parámetros se determinan a través de:

$$K_x = K_y = C_x A$$
$$K_z = C_z A$$
$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} I_x$$
$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} I_y$$
$$K_{\psi z} = C_{\psi z} I_z \quad (14)$$

Donde:

K_z : Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme a lo largo del eje z (Tn/m)

K_x : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x y para el eje y de manera análoga (Tn/m)

K_φ : Coeficiente de rigidez de compresión elástica no uniforme en torno al eje x & y (Tn.m)

K_ψ : Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme en torno al eje z (Tn.m)

A : Área de la base de cimentación (m^2)

I_φ : Momento de inercia de la región de la cimentación respecto al eje horizontal “eje x & y” (m^4)

I_ψ : Momento de inercia de la región de la cimentación respecto al eje vertical “eje z” (m^4)

En cuanto al factor de compresión de tipo elástico uniforme C_z , kN/m^3 (T/m^3), se halla con ensayos de corte experimental, aunque, también se puede calcular por:

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right) \quad (15)$$

Donde:

$A_{10} = 10 m^2$

E - módulo de deformación del suelo en el pie de fundación, kPa (T/m^2), hallados en las tablas 3 y 4 o en forma experimental.

b - coeficiente (m^{-1}) considerado para arenas arcillosas 1,2; para suelos arenosos igual a 1; para gravas, cantos rodados, arcillas, cascajos, arenas densas igual a 1,5.

Los siguientes coeficientes son hallados mediante:

- Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme

$$C_x = 0.7 C_z \rightarrow kN/m^3 \text{ (T/m}^3\text{)} \quad (16)$$

- Coeficiente de compresión elástica no uniforme

$$C_{\omega x} = C_{\omega y} = 2 C_z \rightarrow \text{kN/m}^3 (\text{T/m}^3) \quad (17)$$

- Coeficiente de desplazamiento elástico no uniforme

$$C_{\psi} = C_z \rightarrow \text{kN/m}^3 (\text{T/m}^3) \quad (18)$$

Las características de la propiedad de amortiguamiento de la cimentación, relativas β , son obtenidas por experimentos en laboratorio. O se pueden hallar a través de:

$$\beta_z = 2 \cdot \sqrt{\frac{E}{C_z p_m}} \quad (19)$$

Donde:

E - módulo de elasticidad del suelo de fundación.

C_z - coeficiente de compresión elástica uniforme.

p_m - presión estática media en la base de la cimentación.

$$p_m \leq \gamma_{ts} R \quad (20)$$

Siendo:

γ_{ts} - coeficiente de la condición de trabajo del suelo de fundación, asumido igual a 0,7 para arenas saturadas de grano fino o polvorosa y arcillas de consistencia movediza; y para el resto de suelos es igual a 1

R - resistencia o capacidad portante del suelo de fundación.

2.2.1 Diseño sismorresistente según NT E.030

2.2.1.1 Parámetros sísmicos

2.2.1.1.1 Zonificación

La zonificación que se muestra se ha realizado con base en las características de los movimientos sísmicos, organización espacial de los sismos, información geotectónica y efectos con la distancia epicentral. Por lo que a cada área le corresponde un factor Z que hace referencia a la aceleración máxima de corte horizontal en suelo no deformable con una probabilidad de 10 % de ser superada en 50 años. (Vivienda, 2019, p.8)

Figura 5

Zonas de sismos en el Perú



Fuente: Vivienda (2019)

Tabla 6

Factores de zona "Z"

TABLA N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Vivienda (2019)

2.2.1.1.2 Perfil del suelo

Tabla 7

Clasificación de los perfiles del suelo

TABLA N°2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_g	N_{60}	\bar{S}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Vivienda (2019)

2.2.1.1.3 Parámetros de sitio

2.2.1.1.3.1 Factor de suelo “S”

Tabla 8

Factor del suelo “S”

TABLA N° 3 FACTOR DEL SUELO “S”				
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: Vivienda (2019)

2.2.1.1.3.2 Periodos “T_p” y “T_l”

Tabla 9

Periodos “T_p” y “T_l”

TABLA N° 4 PERIODOS “T _p ” Y “T _l ”				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (S)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _l (S)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Vivienda (2019)

2.2.1.1.4 Factor de amplificación de sismo “C”

Éste se halla con base en las propiedades de sitio. Representa la magnitud de aceleración de la estructura en referencia a la magnitud de aceleración del suelo. Se determina de la siguiente forma para los casos de:

- $T < T_P \rightarrow C = 2.5$
- $T_P < T < T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_P}{T}\right)$
- $T > T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_P + T_L}{T^2}\right)$

2.2.1.2 Categoría, tipo de sistema estructural y regularidades en una edificación

2.2.1.2.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)

Tabla 3

Categoría de edificaciones

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5

B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
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
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Vivienda (2019)

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales a criterio del proyectista.

2.2.1.2.2 Estructuras de concreto armado

2.2.1.2.2.1 Pórticos

La fuerza de corte en el pie de la estructura que interactúa sobre las columnas de los pórticos es mayor que el 80 %.

2.2.1.2.2.2 Muros estructurales

La fuerza sísmica, la cual interactúa sobre los muros estructurales es mayor que el 70 %.

2.2.1.2.2.3 Dual

Las fuerzas de sismo son soportadas por muros estructurales y pórticos. De tal forma que, los pórticos resisten más del 30% de la fuerza de corte en la base, mientras que los muros entre el 20 % y 70 % de éstas.

2.2.1.2.2.4 Edificios de muros con ductilidad limitada (EMDL)

La resistencia a sismos y cargas de gravedad se encuentra brindada por muros de concreto armado de espesor reducido que carecen de extremos confinados y cuyo refuerzo de corte vertical está dado por 1 capa. Tiene un límite de construcción de 8 pisos.

2.2.1.2.3 Categoría y sistema de la estructura

El sistema estructural escogido debe corresponder a la categoría del edificio y área en la que se ubique, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 11

Categoría y sistema estructural de edificaciones

TABLA N° 6		
CATEGORÍA Y SISTEMA ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
A2 (*)	4, 3 y 2	Estructura de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera.
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Fuente: Vivienda (2019)

2.2.1.2.4 Sistemas de estructuras y coeficiente básico de reducción de las fuerzas de los sismos (R_o)

Para los casos en los cuales el sistema estructural presente más de uno en el eje de análisis, se considerará el coeficiente de menor valor R_o .

Tabla 12*Sistemas Estructurales*

TABLA N° 7	
SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_{\rho}(\ast)$
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermediarios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
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 (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Vivienda (2019)

2.2.1.2.5 Factor de Irregularidad (I_a , I_p)

I_a : Irregularidad en altura → El menor valor de la correspondiente tabla en las dos direcciones de análisis.

I_p : Irregularidad en planta → El menor valor de la correspondiente tabla en las dos direcciones de análisis.

Tabla 13

Irregularidades estructurales en altura

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad - Ia
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0.75
<p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0.5
<p>Irregularidad Extrema de Resistencia Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.9
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0.9
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0.8

Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes

Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25 % de la fuerza cortante total. 0.6

Fuente: Vivienda (2019)

Tabla 14

Irregularidades estructurales en planta

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ($\Delta_{m\acute{a}x}$), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{cm}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la tabla correspondiente.	0.75
Irregularidad Torsional Extrema Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental (Δ), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas de mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0.6
Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0.9
Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.	0.85

<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0.9
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Fuente Vivienda (2019)

2.2.1.2.6 Categoría de la edificación e irregularidad

Tabla 15

Categoría y regularidad de edificaciones

TABLA Nº 10		
CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Fuente: Vivienda (2019)

2.2.1.2.7 Coeficiente de reducción de las fuerzas de sismo, R

Se halla de la consiguiente forma

$$R = R_o * I_a * I_p$$

2.2.1.1 Análisis estructural

2.2.1.1.1 Estimación del peso (P)

Conforma a Vivienda (2019) se determina agregando a la carga en conjunto del edificio y permanente una fracción de la carga viva o sobrecarga, la cual se halla de la siguiente forma:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.

- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

2.2.1.1.2 Procedimiento de análisis sísmico

Conforme a Vivienda (2019) debe realizarse uno de los siguientes procesos:

- Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes.
- Análisis dinámico modal espectral.

El análisis a realizar considerará una idealización de comportamiento elástico y lineal con solicitaciones sísmicas reducidas.

2.2.1.1.3 Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes (Vivienda, 2019)

2.2.1.1.3.1 Fuerza de corte en la base

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

El valor C/R no debe ser menor que:

$$\frac{C}{R} > 0.125$$

2.2.1.1.3.2 Distribución de la fuerza sísmica en altura

Para el nivel i, se halla de acuerdo con:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde:

n: Número de pisos del edificio

k: Exponente que tiene relación con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T)

- Para $T \leq 0.5 \text{ s} \rightarrow k = 1$

- Para $T > 0.5 \text{ s} \rightarrow k = (0.75 + 0.5T) \leq 2$

2.2.1.1.3.3 *Periodo fundamental de vibración*

Para el eje deseado se determina a través de:

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

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuya resistencia se basa en:

- Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuya resistencia se basa en:

- Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

2.2.1.1.3.4 *Excentricidad accidental*

En sistemas con diafragmas rígidos se considerará que la fuerza F en cada piso tiene acción en el eje de masas del correspondiente piso, además debe tenerse en cuenta el resultado de las excentricidades accidentales de la siguiente manera:

- Se usará un momento torsor accidental M_{ti} en el eje de masas correspondiente a cada piso, además de la fuerza de lado estática actuante:

$$M_{ti} = \pm F_i * e_i$$

- * La excentricidad accidental en cada eje de análisis, en cada piso e_i , será de 0.05 el tamaño del edificio en el eje perpendicular al eje de evaluación.
- Las condiciones menos favorables se obtendrán considerando las excentricidades de corte accidental con el mismo signo en todos los pisos, considerándose los aumentos.

2.2.1.1.3.5 *Fuerzas verticales*

- Se considerará una parte del peso equivalente de $2/3 Z * U * S$.

2.2.1.1.4 Análisis dinámico de modo espectral

2.2.1.1.4.1 Modos de vibración

Para cada eje se tendrá en cuenta los modos de vibraciones que tengan un resultado de la suma de masas efectivas que no sea menor al 90% de la masa total, fijándose mínimamente en los tres primeros modos principales en la dirección de análisis.

2.2.1.1.4.2 Aceleración espectral

Se usará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones en cada eje horizontal de análisis.

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

2.2.1.1.4.3 Fuerza de corte mínima

Se debe tener en cuenta que la fuerza de corte en el primer entrepiso de la edificación no debe ser menor que el 80 % del resultado encontrado en el análisis estático para edificios regulares, y mayor que el 90 % para edificios irregulares. De ser menor, éste debe incrementarse para cumplir con lo mínimo indicado.

2.2.1.1.4.4 Excentricidad accidental

Se aplicará una excentricidad de accidente de forma perpendicular a cada eje del sismo igual a 0.05 veces el tamaño del edificio de forma perpendicular a la dirección de análisis, escogiéndose el signo menos favorable.

2.2.2 Definición de términos básicos

- ✓ **Análisis estático:** Análisis a través de fuerzas laterales que accionan en cada piso de la estructura.
- ✓ **Análisis dinámico:** Análisis realizado de acuerdo con un procedimiento de combinación de modo espectral o a través del análisis tiempo – historia.
- ✓ **Curva o función histerética:** La curva histerética es caracterizada por tener áreas elásticas, de plasticidad y con capacidad de endurecer por deformación. Los ciclos de histéresis están sustentados en una respuesta fuerza-desplazamiento. Las propiedades de la curva histerética se basa en la determinación de factores elásticas que establecen ciclos de histéresis bien caracterizables y no inestables.

- ✓ **Comportamiento de la estructura:** Es el comportamiento que posee una estructura a nivel de respuesta ante las demandas de cargas de servicio y/o sismo.
- ✓ **Elastoplástico:** Es la capacidad de los materiales propios de una estructura que se definen por poseer un comportamiento elástico lineal hasta un factor de esfuerzo de proporcionalidad, y luego de ese momento transformarse de modo de plasticidad hasta lograr el esfuerzo de rotura.
- ✓ **Frecuencia:** Es una magnitud encargada de cuantificar iteraciones a través de una unidad de un acontecimiento periódico o tiempo de un fenómeno.
- ✓ **Fuerzas internas:** Son fuerzas de los elementos internos de las estructuras que despliegan acción, los cuales pueden ser productos de fuerza axial, fuerza de corte, momento de flexión y momento de torsión.
- ✓ **Grados de libertad:** Es la cantidad mínima de características que permiten establecer de manera única la figura con deformación de la estructura. Estas características corresponden a la traslación libre en algún nudo de la edificación analizada y giro.
- ✓ **Sistema estructural:** Sistema con capacidad de resistir a sollicitaciones propias y externas, con una rigidez en la edificación ante una posible fuerza horizontal.
- ✓ **Período de vibración:** Intervalo mínimo de tiempo para el momento en el que la vibración se itera a sí misma.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del proyecto

3.1.1 Ubicación geográfica

La I.E N° 81771 se encuentra a 39.1 km al sureste Trujillo (Ov. La Marina) por la ruta nacional PE-1N, situada en el centro de Frontón Bajo, dentro de zona geográfica rural, en el distrito de Virú y provincia del mismo nombre, departamento de La Libertad.

Figura 6

Ubicación del Centro Educativo en estudio



Fuente: Google Earth

➤ **Coordenadas UTM**

Zona:	17 L
Coordenadas Este (X):	735840.00 m E
Coordenadas Norte (Y):	9069085.00 m S

➤ **Ubicación temporal**

El estudio se realizó en el lapso 2022 - 2023, de tal forma, la información presentada corresponde a dicho intervalo de tiempo.

3.2 Metodología de la investigación

3.2.1 Tipo de investigación

Tabla 4

Tipo de investigación

Criterio	Investigación
Finalidad	Descriptiva
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Aplicada
Fuente de datos	Mixta (primaria y secundaria)
Control de diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal
Intervención disciplinaria	Multidisciplinaria

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Nivel de investigación

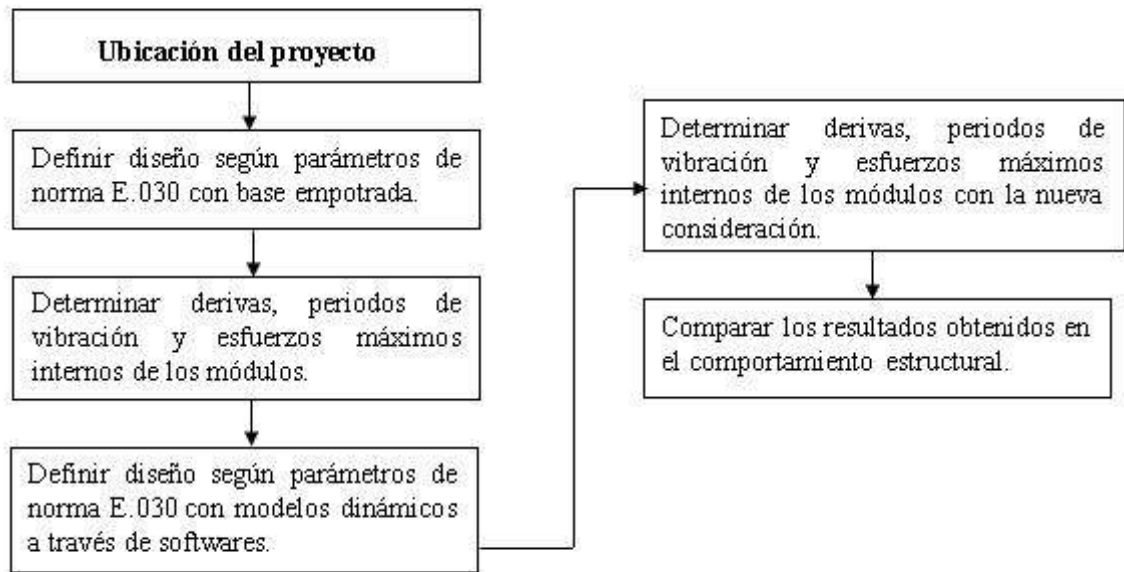
La investigación alcanza el nivel de descripción. La comparación del comportamiento estructural se realiza a través de indicadores elegidos mediante el procedimiento de interacción suelo-estructura con factores de rigidez, finalizando con la interpretación de los consecuentes resultados obtenidos.

3.2.3 Método de investigación

El método en la presente investigación espera seguir el subsiguiente esquema:

Figura 7

Esquema de método de investigación



Fuente: Elaboración propia

3.3 Diseño de la investigación

El diseño empleado, para la elaboración de la Investigación es: Transversal.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de estudio se encuentra constituida por todas las edificaciones de tipo educacional en la zona sísmica 4 y sobre un suelo blando (S3) con diseño de base empotrada en el Perú.

3.4.2 Muestra

La muestra de la investigación está conformada por edificios de corte educacional cuya configuración estructural tiene un sistema de muros estructural, dual y de albañilería y hasta dos pisos ubicados en La Libertad.

3.4.3 Unidad de análisis

Compuesta por los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios “Recuperación del centro educativo N° 81771 en el sector Frontón Bajo del distrito de Virú y provincia del mismo nombre, departamento de la Libertad”

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Se empleó la técnica de análisis documental al obtener y consultar información tanto de planos estructurales, estudio de mecánica de suelos del expediente técnico, norma técnica E.030 y las ecuaciones propias de los modelos de idealización dinámica de interacción suelo estructura de DD. Barkan-O.A. Savinov, V.A Ilichev, A.E Sargsian y Norma Rusa los que en su conjunto permitieron realizar la modelación estructural de los módulos A, B y C del centro educativo N° 81771.

3.5.2 Instrumento de recolección de datos

Se ha hecho uso de los siguientes instrumentos de recolección de datos:

A) Norma Técnica E.030, “Diseño Sismorresistente”

A través de Vivienda (2019) se obtuvieron los lineamientos para el diseño sismorresistente de la infraestructura educativa tanto para el diseño con base empotrada en el cimiento como para el diseño que considera los modelos de idealización dinámica de interacción suelo-estructura indicados.

B) Estudio de mecánica de suelos del expediente

Se empleó los datos proporcionados por el estudio de mecánica de suelos de la etapa anterior al proyecto del consultor, para poder trabajar con las características necesarias del suelo para el diseño de la cimentación con base empotrada, y a la vez, para su uso en los modelos de idealización dinámica de interacción suelo con estructura.

C) Planos arquitectónicos y estructurales

Se obtuvieron los planos, cuya información sirvió para verificar el diseño estructural, predimensionamiento, análisis estático, dinámico y su cumplimiento dentro del reglamento E.030 para ambos casos, cimentación considerando base empotrada y con los modelos de idealización dinámica de interacción suelo con estructura.

3.6 Procedimiento

3.6.1 Descripción de los módulos en estudio

3.6.1.1 Módulo A

Tabla 5

Caracterización del módulo A

Nivel	Ambiente	Cantidad	Área m²
01	SSHH, Limpieza, Hall	01	29.41
	Biblioteca	01	44.73
	Sala de profesores, archivo, dirección	01	43.30
02	Aula de 1°, 2° y 3°	01	58.70
	Aula de 4°, 5° y 6°	01	58.70
	Pasadizo	01	30.83

Fuente: Elaboración propia

Este módulo presenta 2 niveles, con un área total de 236.26 m², compuesto por los ambientes indicados en la tabla N° 17, con ventanas bajas en todos los ambientes, excepto en la parte frontal de la biblioteca, sala de profesores, las aulas de 1°, 2°, 3° y 4°, 5°, 6°; adicionalmente el segundo piso presenta un pasadizo. La altura entrepisos es de 2.85 m. Presenta 5 pórticos.

El sistema de estructuración de este módulo es de muros estructurales en la dirección X-X, y en la Y-Y es dual.

3.6.1.2 Módulo B

Tabla 6

Caracterización del módulo B

Nivel	Ambiente	Cantidad	Área m²
01	Aula 05 años	01	47.05
02	Aula SUM	01	47.05
	Pasadizo	01	12.31

Fuente: Elaboración propia

El módulo B está constituido por 2 niveles, con un área de 106.41 m², con ventanas altas en la parte ulterior de sus ambientes y bajas en la parte frontal, además de un

pasadizo independiente de la escalera. La altura entrepisos es de 2.85 m. Presenta 3 pórticos.

El sistema de estructuración de este módulo es de muros estructurales en la dirección X-X, y en la Y-Y es dual.

3.6.1.3 Módulo C

Tabla 7

Caracterización del módulo C

Nivel	Ambiente	Cantidad	Área m²
01	Aula 03 y 04 años	01	45.68
	Depósito	02	07.24
	Urinario	02	07.43

Fuente: Elaboración propia

Este módulo presenta un nivel, con un área de 75.02 m², con un sistema de estructuración de muros estructurales en la dirección X-X, y albañilería en la Y-Y. Presenta 4 pórticos.

3.6.1.4 Propiedades y características técnicas de los elementos de la estructura de la edificación

Estas propiedades se consideraron para el diseño estructural de los módulos A, B y C, siendo los resultados obtenidos en base al modelamiento estructural de sistemas con estas propiedades.

Tabla 8*Propiedades de los materiales de los elementos estructurales de los módulos A, B y C*

Propiedades		Módulo A	Módulo B	Módulo C
Resistencia a la compresión f'_c	Vigas	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²
	Columnas	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²
	Placas	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²
	Losas	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²	210 kg/cm ²
Módulo de elasticidad E	Vigas	217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²
	Columnas	217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²
	Placas	217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²
		217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²	217370.65 kg/cm ²
Peso unitario del Concreto	2400 kg/m ³	2400 kg/m ³	2400 kg/m ³	
Módulo de Poisson	0.2	0.2	0.2	
Recubrimiento de columnas	4 cm	4 cm	4 cm	
Recubrimiento de vigas	4 cm	4 cm	4 cm	
Esfuerzo de fluencia del acero f_y	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	4200 kg/cm ²	
Peso unitario del acero	7800 kg/m ³	7800 kg/m ³	7800 kg/m ³	
Módulo de elasticidad del acero	2100000 tn/m ²	2100000 tn/m ²	2100000 tn/m ²	

Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Metrado de cargas

Cargas por peso propio: Son cargas procedentes del peso de los materiales, módulos de servicio, y elementos que constituyen el edificio y son considerados permanentes. El peso de los equipos y/o mobiliario del primer nivel no se considera debido a que están apoyados sobre el piso del edificio y no repercute en la repartición de masas para el análisis sísmico.

Cargas vivas: Cargas originadas por los pesos no permanentes en el sistema estructural, compuesto por las personas, equipos, muebles y otros enseres de característica móvil considerado en la estructura. Correspondiendo a una edificación de tipo esencial, se toma el 50% de la carga viva para el análisis sísmico.

Cargas producidas por sismo: Son cargas estáticas o dinámicas que reflejan un evento de sismo y se encuentran en el reglamento de la norma sismorresistente E.030.

Cargas Muertas:

Peso propio elementos de concreto armado	= 2400 kg/m ³
Peso propio de muros de albañilería	= 1800 kg/m ³
Peso propio de losa aligerada de casetón tecno por (h=20)	= 215 kg/m ²
Peso acabados	= 100 kg/m ²

Cargas Vivas:

Sobrecarga en aulas	= 250 kg/m ²
Sobrecarga en corredores	= 400 kg/m ²
Sobrecarga en techo	= 100 kg/m ²

Cargas de Sismo:

Según norma de diseño sismorresistente:

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

*En el Anexo se detallará la cuantificación de las cargas a las que cada módulo va a estar sometido, según la norma E.020: Cargas, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

3.6.3 Análisis sísmico teniendo en cuenta la base empotrada

3.6.3.1 Análisis sísmico estático

Al ser una edificación de categoría A2 el análisis sísmico más pertinente corresponde al análisis dinámico, sin embargo, es importante realizar la verificación respecto al numeral 4.6.4 de la norma E.030 del RNE, en la cual se detalla que la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio debe ser mayor que el 80 % del valor hallado en el análisis estático para estructuras de tipo regular, y mayor que el 90 % para estructuras de corte irregular. Por lo que, de ser menor, debe escalarse proporcionalmente la fuerza cortante.

3.6.3.1.1 Cálculo de parámetros de sismo de acuerdo con norma E.030 del RNE

Tabla 21

Parámetros sísmicos de Módulos A y B

Parámetro	Valor
Factor de Zona (Z)	0.45 (Zona 4)
Factor de Uso (U)	1.5 (Categoría A – Edificaciones Esenciales)
Factor de Amplificación sísmica (C)	2.5 $T_p < T < T_L$, $C = 2.5 * (T_0/T)$
Factor de Suelo (S)	1.10 (Suelo S3)
Periodo que define la plataforma del factor C (T_p)	1.00 s (Tipo de Suelo S3)
Periodo de plataforma el inicio de la zona del Factor C (T_L)	1.60 s (Tipo de Suelo S3)
Coef. Determinar periodo fundamental (C_{tx})	60 (Muros estructurales)
Coef. Determinar periodo fundamental (C_{ty})	60 (Dual)
Periodo fundamental en eje X (T_x)	0.19
Periodo fundamental en eje Y (T_y)	0.11 s $T_y = H_n/C_t$
Coeficiente de reducción en eje X (R_x)	6 Muros Estructurales / $R = 6x(I_a = 1.00) * (I_p = 1.00)$
Coeficiente de reducción en eje Y (R_y)	7 Dual / $R = 7x(I_a = 1.00) * (I_p = 1.00)$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22*Parámetros sísmicos del Módulo C*

Parámetro	Valor
Factor de Zona (Z)	0.45 (Zona 4)
Factor de Uso (U)	1.5 (Categoría A – Edificaciones Esenciales)
Factor de Amplificación sísmica (C)	2.5; $T_p < T < T_L$, $C = 2.5 * (T_p / T)$
Factor de Suelo (S)	1.10 (Suelo S3)
Periodo que define la plataforma del factor C (T_p)	1.00 s (Tipo de Suelo S3)
Periodo de plataforma el inicio de la zona del Factor C (T_L)	1.60 s (Tipo de Suelo S3)
Coef. Determinar periodo fundamental (C_{tx})	60 (Muros estructurales)
Coef. Determinar periodo fundamental (C_{ty})	60 (Albañilería)
Periodo fundamental en eje X (T_x)	0.19 s $T_x = H_n / C_t$
Periodo fundamental en eje Y (T_y)	0.11 s $T_y = H_n / C_t$
Coeficiente de reducción en eje X (R_x)	6 Muros Estructurales / $R = 6_x (I_a = 1.00) * (I_p = 1.00)$
Coeficiente de reducción en eje Y (R_y)	6 Albañilería / $R = 6_x (I_a = 1.00) * (I_p = 1.00)$ Sismo Moderado

Fuente: Elaboración propia**3.6.3.1.1.1 Periodo fundamental de vibración (T)**

Se ha tenido en cuenta las indicaciones del apartado 4.5.4 de la norma E.030 del RNE:

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

➤ Módulos A, B y C:

- $T_x = 0.19$ s

- $T_Y = 0.11 \text{ s}$

3.6.3.1.1.2 Factor de amplificación de sismo (C)

Debido a que el terreno de fundación se categoriza como un perfil tipo S3 según norma E.030 del RNE, los valores de T_P y T_L respectivamente son de 1.00 s y 1.60 s, por lo que, para ambas direcciones de análisis:

Para $T < T_P \rightarrow C = 2.5$

- Eje x :
 $0.19 \text{ s} < 1.00 \text{ s} \rightarrow C = 2.5$
- Eje y :
 $0.11 \text{ s} < 1.00 \text{ s} \rightarrow C = 2.50$

3.6.3.1.1.3 Verificación de irregularidades

De acuerdo al numeral 3.6, en la norma técnica sismorresistente E.030 del RNE se analiza la estructura y determina el factor correspondiente de irregularidad, en caso de tener más de uno, se escoge el menor valor para las dos direcciones de análisis.

➤ Módulos A, B y C:

Tabla 23

Irregularidades estructurales en altura

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	EN	la X-X	la Y-Y
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	1	1	1
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil	1	1	1
Irregularidad Extrema de Rigidez	1	1	1
Irregularidad Extrema de Resistencia	1	1	1
Irregularidad de Masa o Peso	1	1	1
Irregularidad Geométrica Vertical	1	1	1
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	1	1	1
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24*Irregularidades estructurales en planta*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Ia X-X	Ia Y-Y
Irregularidad Torsional	1	1
Irregularidad Torsional Extrema	1	1
Esquinas Entrantes	1	1
Discontinuidad del Diafragma	1	1
Sistemas no Paralelos	1	1

Fuente: Elaboración propia

* Los valores calculados cumplen las especificaciones de la tabla N°10 de la norma técnica sismorresistente E.030 del RNE respecto a la restricción de irregularidades, no existiendo irregularidades extremas para edificios categorías A1 y A2 en zona 1.

3.6.3.1.1.4 Coeficiente de reducción (R)

Se halla a través de la ec.

$$R = R_o \cdot I_a \cdot I_p$$

➤ Módulos A y B:

- $R_x = 6x(I_a = 1.00) \cdot (I_p = 1.00)$

$$R_x = 6$$

- $R_y = 7x(I_a = 1.00) \cdot (I_p = 1.00)$

$$R_y = 7$$

➤ Módulo C:

- $R_x = 6x(I_a = 1.00) \cdot (I_p = 1.00)$

$$R_x = 6$$

- $R_y = 6x(I_a = 1.00) \cdot (I_p = 1.00)$

$$R_y = 6$$

3.6.3.1.1.5 Fuerza de corte en la base (V)

Se sustituyen los valores hallados para cada dirección en

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

3.6.3.1.1.6 Distribución de la fuerza de sismo en altura (F_i)

Se realizó una repartición de la fuerza cortante en cada piso hacia el centro de masa C.M. correspondiente, según el ítem 4.5.3 de la norma E.030 del RNE.

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$
$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Como $T \leq 0.5$ s $\rightarrow K = 1.0$

3.6.3.1.2 Proceso de modelamiento estructural en software ETABS

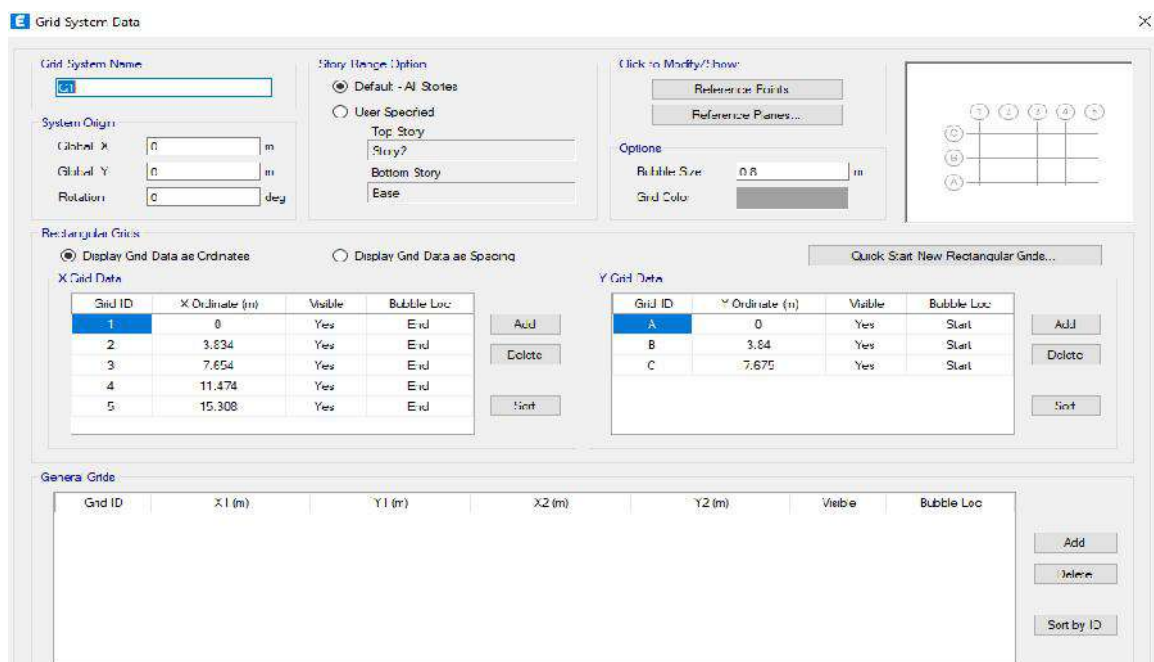
3.6.3.1.2.1 Módulo A

3.6.3.1.2.1.1 Definición de la geometría base para el modelado de la edificación

Inicialmente, se selecciona las unidades a trabajar en el software, luego se calcula las longitudes entre ejes de los elementos estructurales, para la planta y para la altura se calcula hasta el nivel del piso terminado, posteriormente, se insertan estos valores en los respectivos ejes en el software y de ser necesario se hace uso de líneas auxiliares para complementar el modelado final.

Figura 7

Información del sistema en planta – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 8

Información del sistema en altura – Módulo A

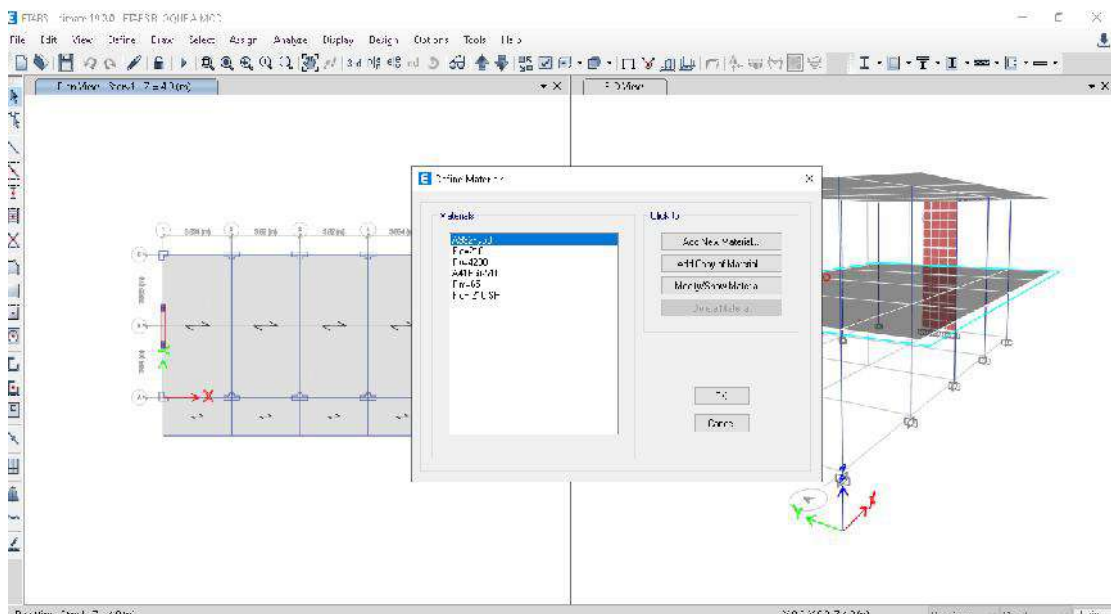
Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Story2	3.4	5.6	No	Story1	No	0	
Story1	3.4	2.2	Yes	None	No	0	
Ease		-1.2					

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.2 Materiales y secciones a usar

Figura 9

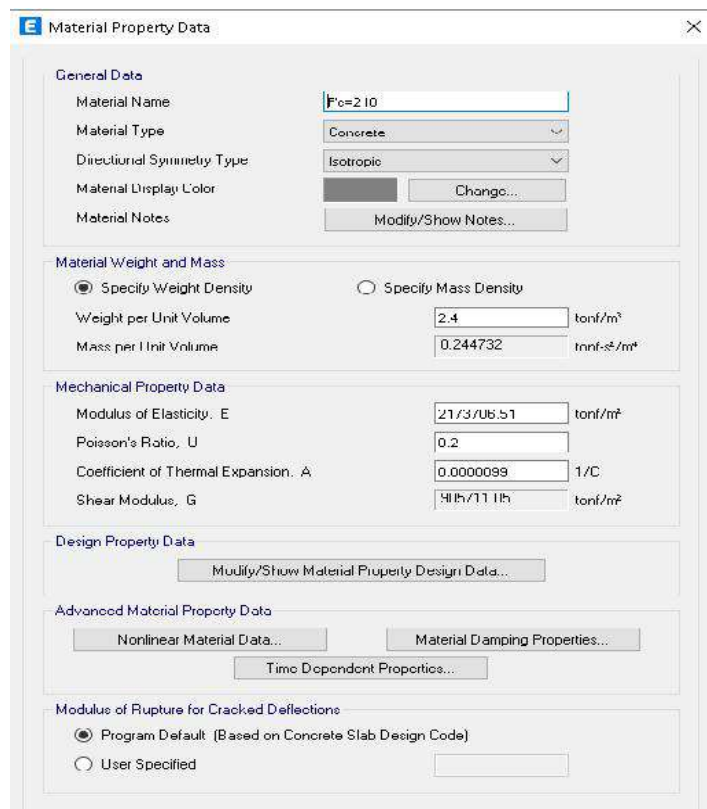
Materiales usados en la modelación del módulo A – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 10

Propiedades del material $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – Módulo A

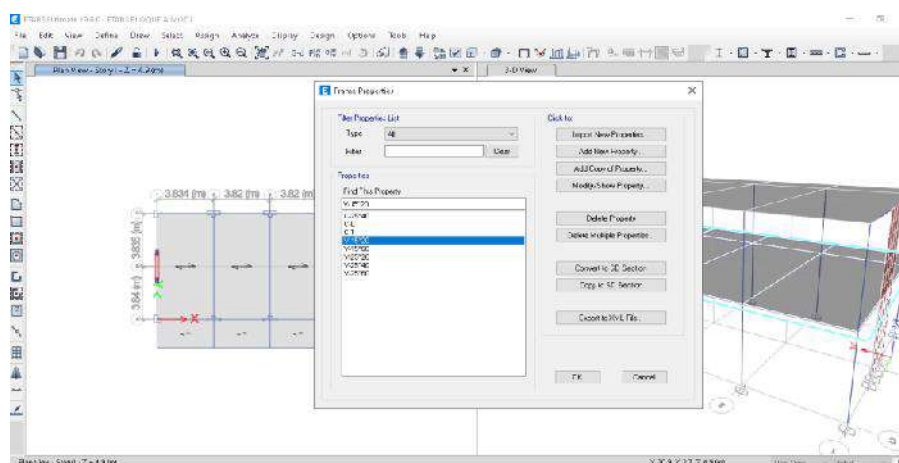


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.3 Definición de secciones

Figura 11

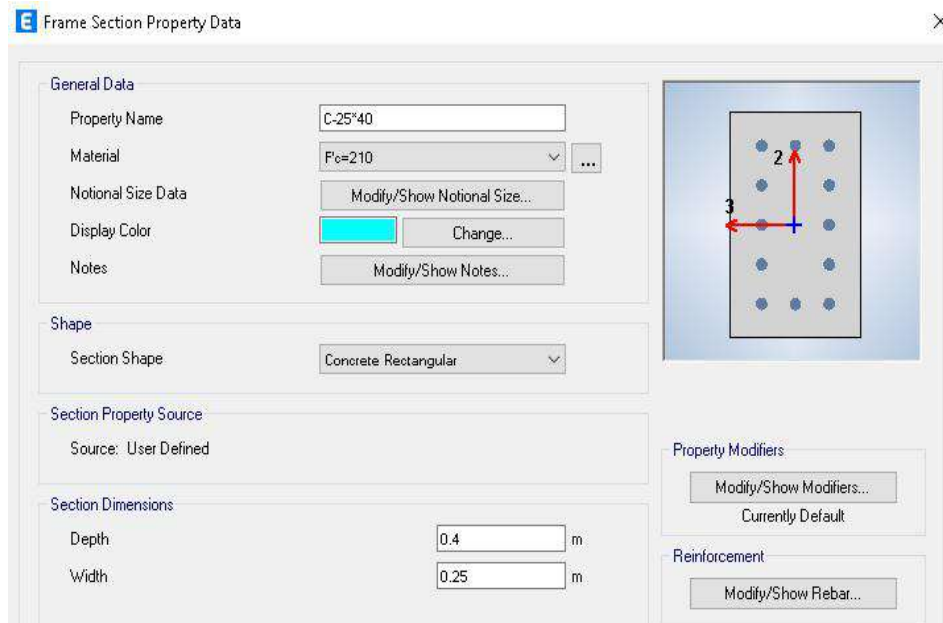
Secciones consideradas para el modelamiento – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 13

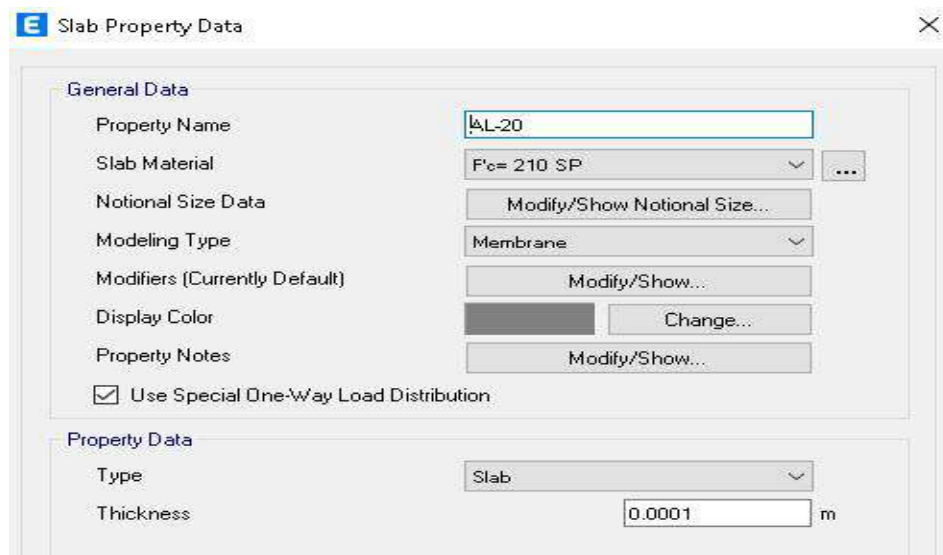
*Propiedades de la sección C-25*40 – Módulo A*



Fuente: Elaboración propia

Figura 14

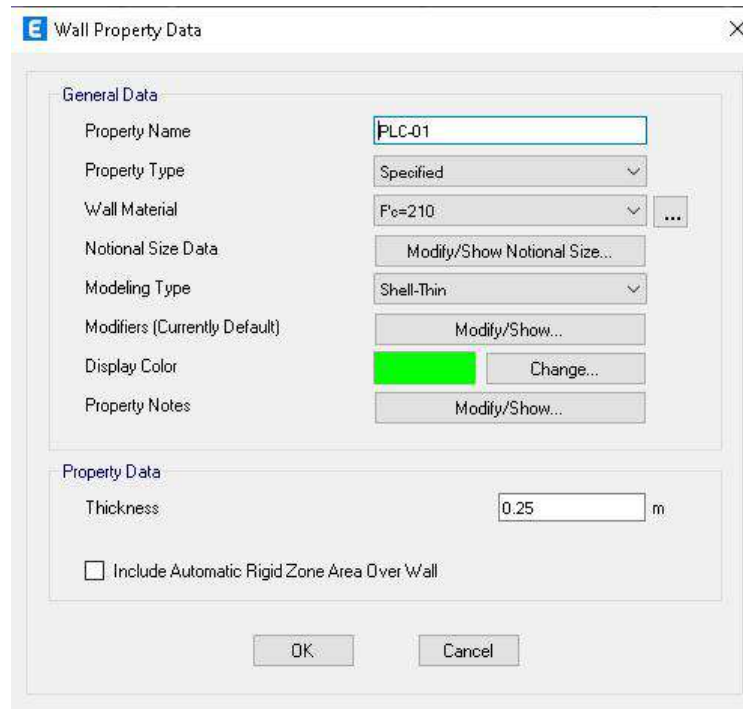
Propiedades de sección slab para losa aligerada – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Propiedades de sección wall para Muro de C°A° – *Módulo A*

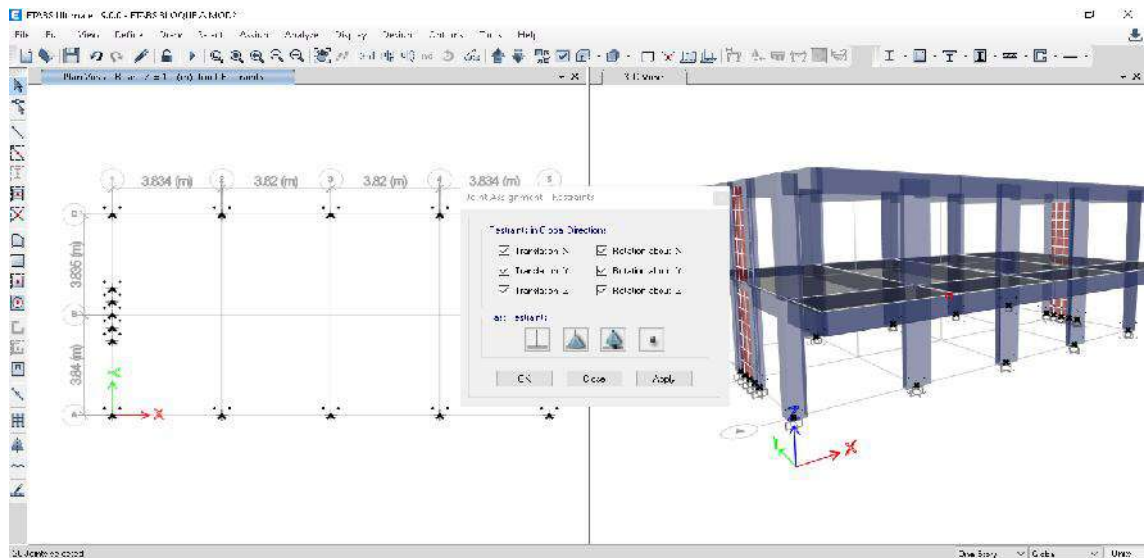


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.4 Consideración de base empotrada

Figura 12

Asignación de base empotrada – *Módulo A*

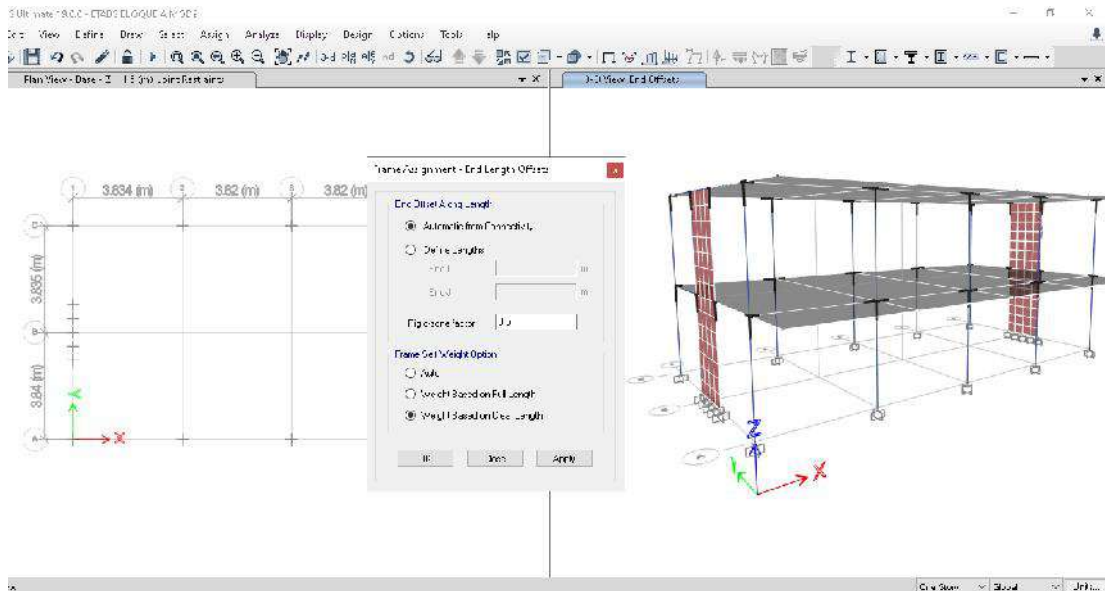


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.5 Asignación de brazo rígido

Figura 13

Asignación de brazo rígido – Módulo A

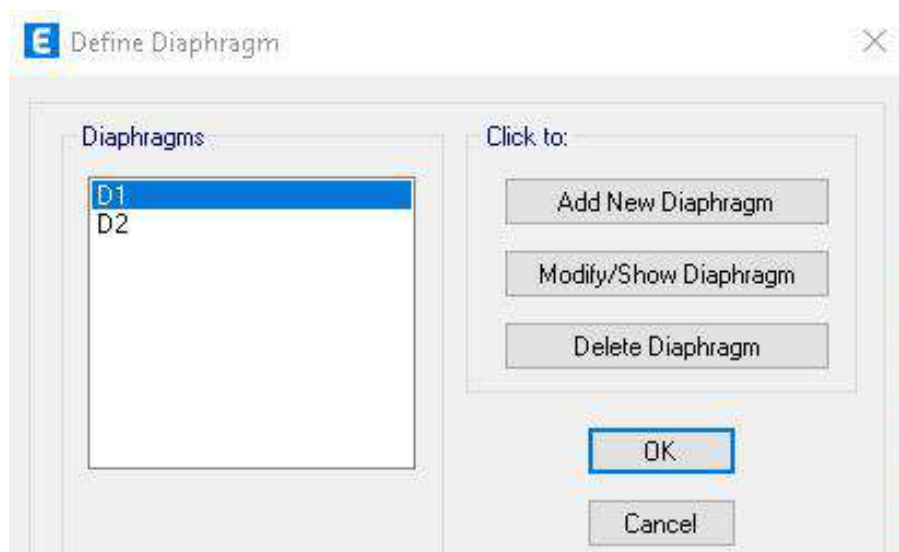


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.6 Definición y asignación de diafragma rígido

Figura 14

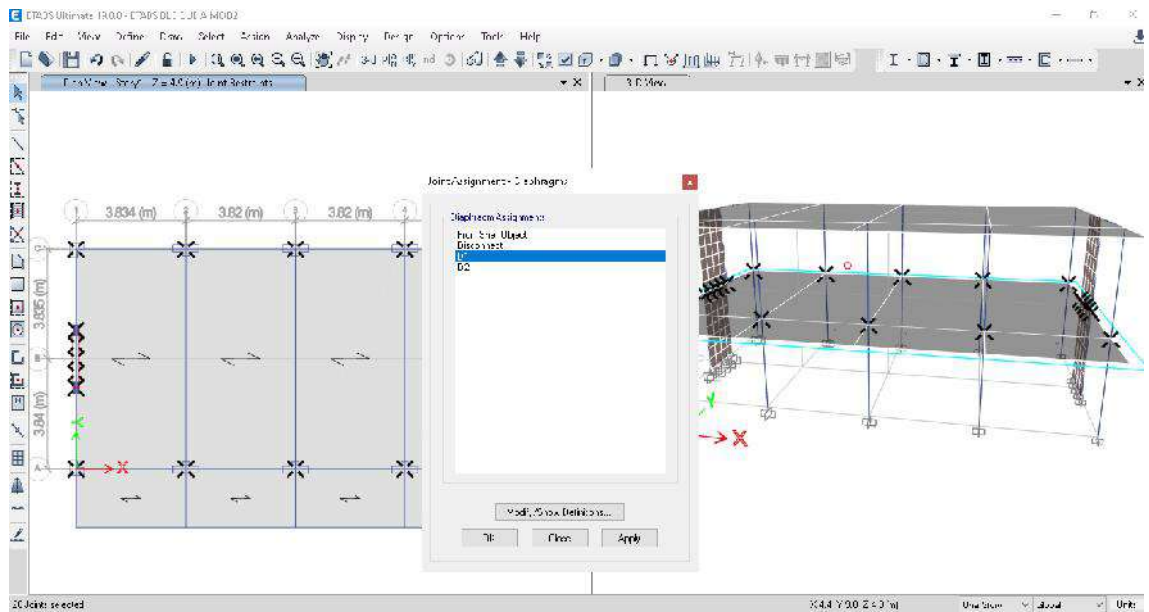
Definición de diafragma rígido – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Asignación de diafragma rígido por nivel – Módulo A

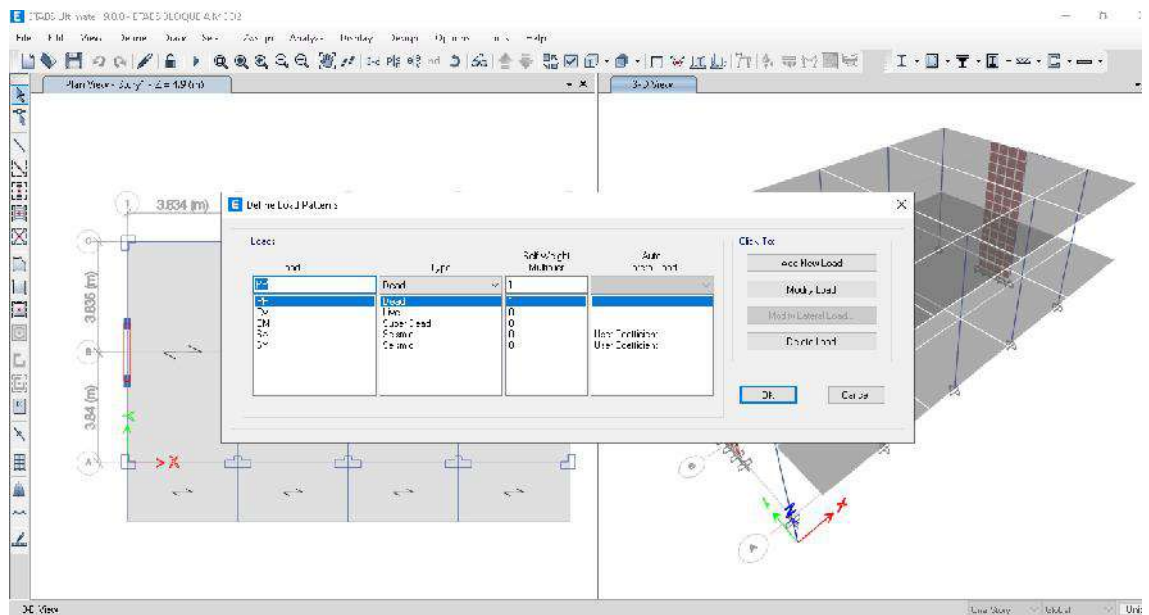


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.7 Definición de cargas

Figura 15

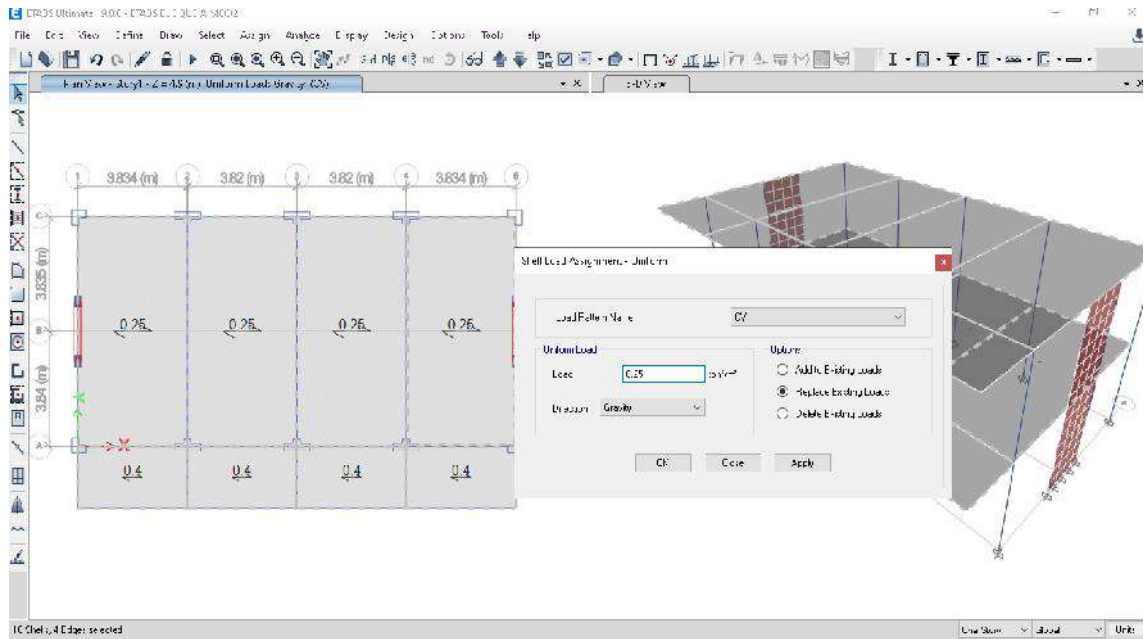
Definición de cargas – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Asignación de cargas – Módulo A

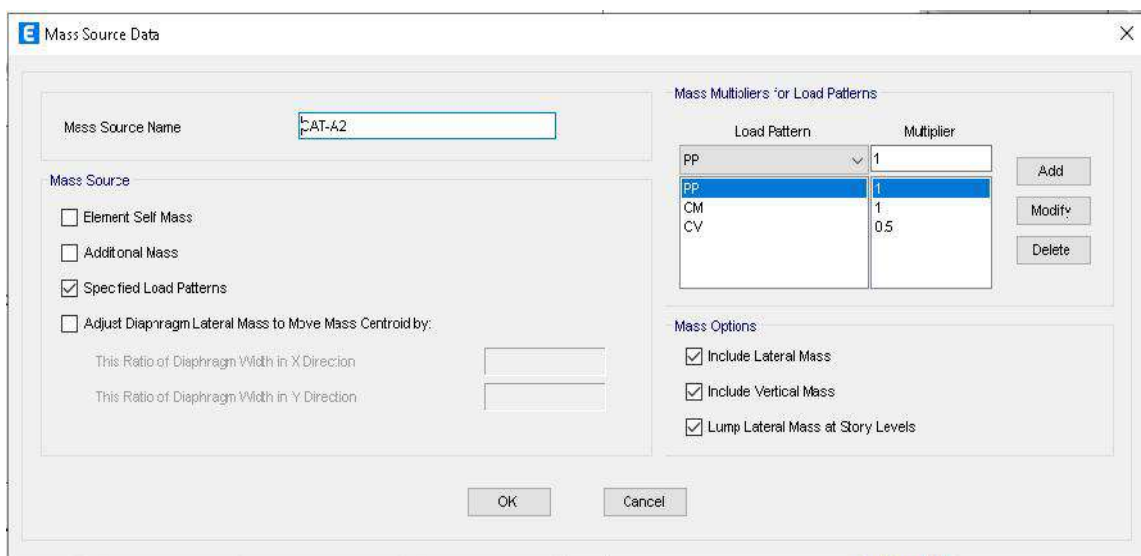


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.8 Definición de peso sísmico

Figura 16

Definición de peso sísmico – Módulo A

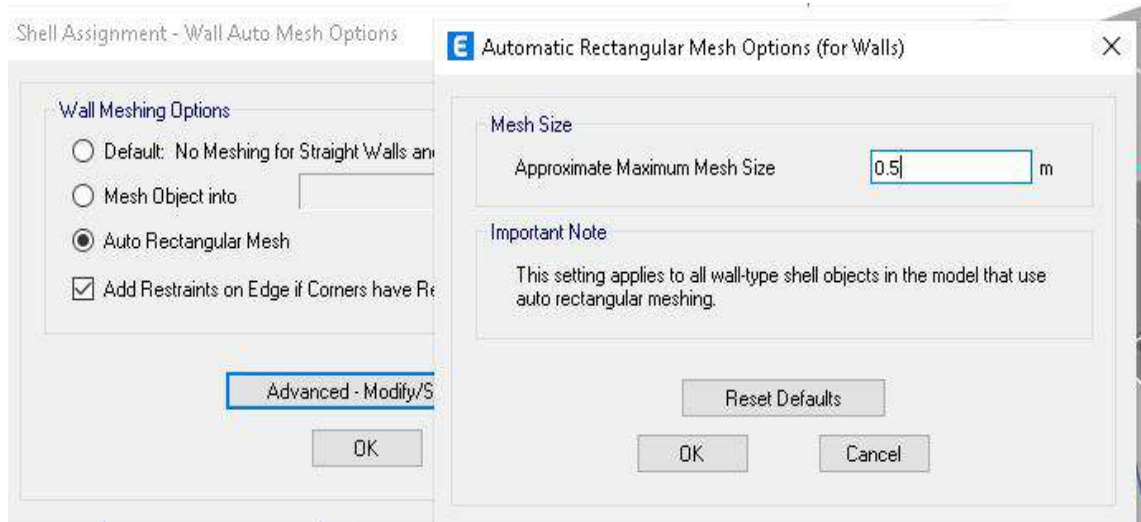


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.9 Asignación de automesh a placas y losas

Figura 23

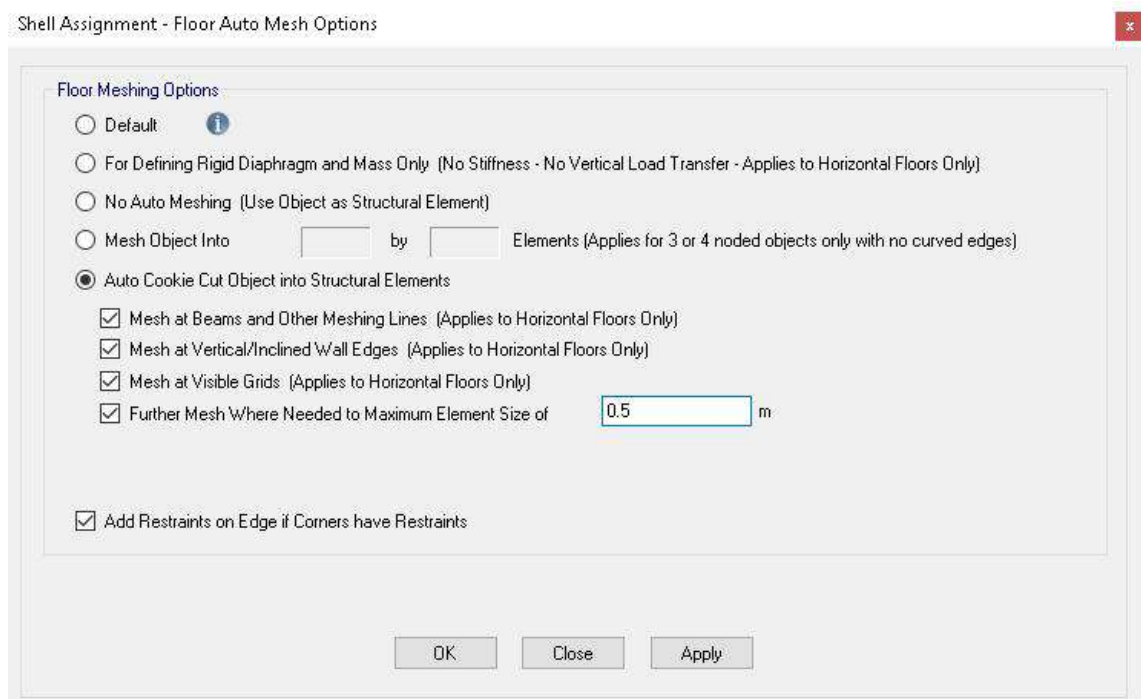
Asignación de automesh a placas – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Asignación de automesh a losas – Módulo A

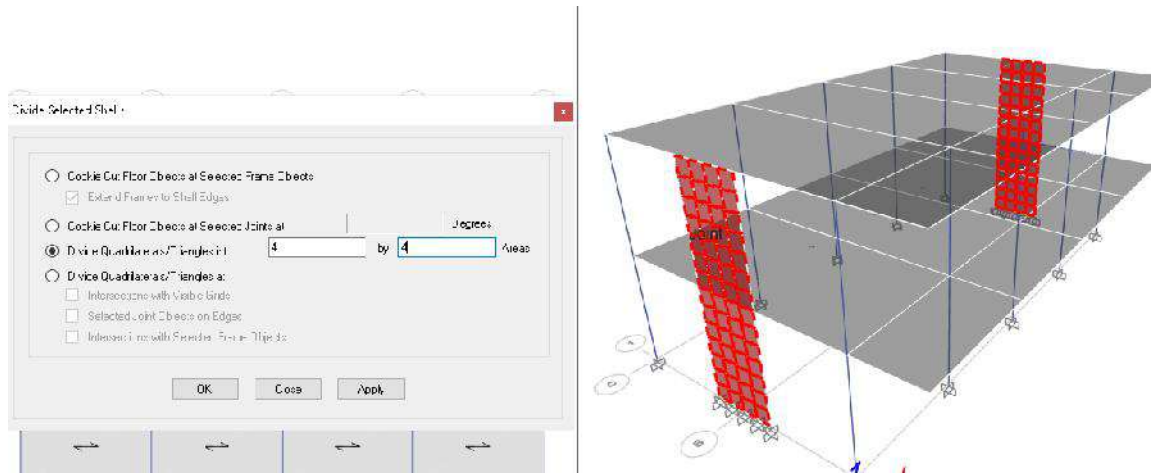


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.10 Sincretización de placas

Figura 17

Sincretización de placas – Módulo A

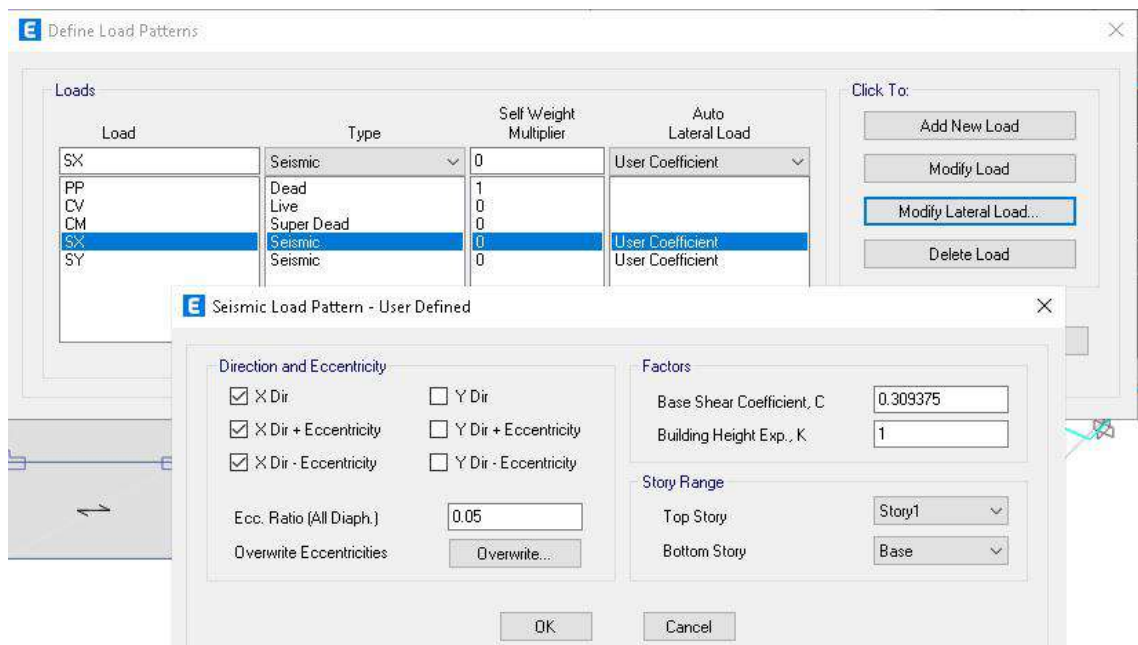


Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.1.11 Definición de fuerzas sísmicas estáticas

Figura 18

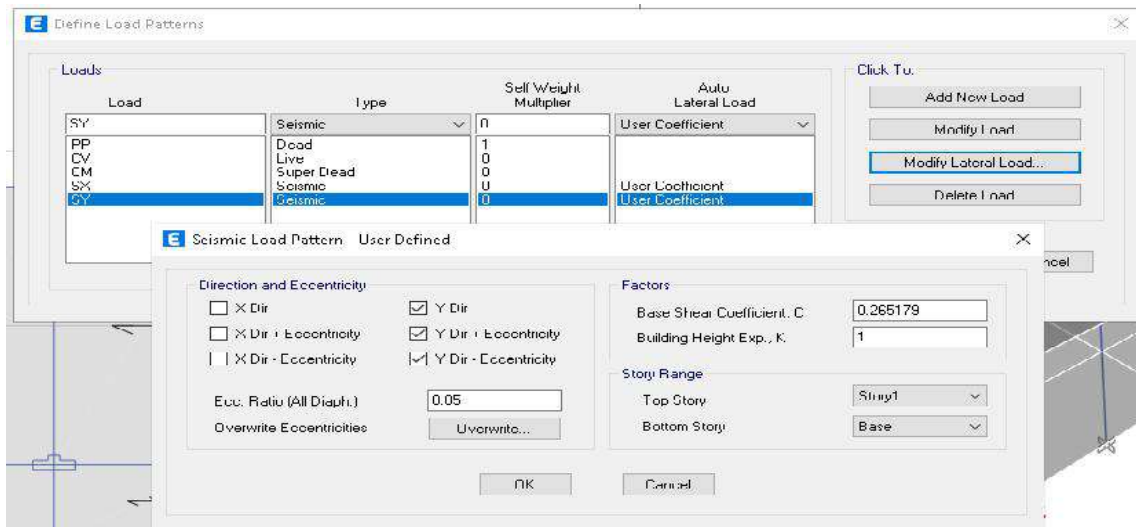
Definición de fuerzas sísmica en X, Sx – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Definición de fuerzas sísmica en Y, Sy – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.2.2 Módulo B

Procedimiento similar al módulo A (Ítem 3.6.3.1.2.1).

3.6.3.1.2.3 Módulo C

Procedimiento similar al módulo A (Ítem 3.6.3.1.2.1).

Figura 28

Propiedades de sección wall para Muro de Albañilería – Módulo C

Wall Property Data

General Data

Property Name: MA-23

Property Type: Specified

Wall Material: Pm=65

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

Modeling Type: Shell-Thin

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

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 0.23 m

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

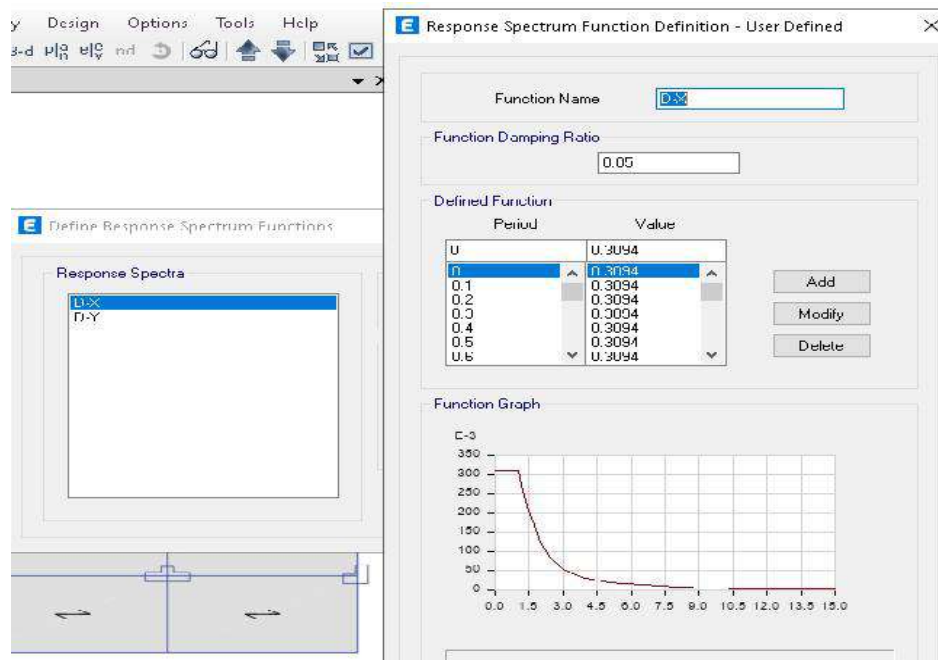
Fuente: Elaboración propia

3.6.3.2 Análisis dinámico

3.6.3.2.1 Módulo A

Figura 29

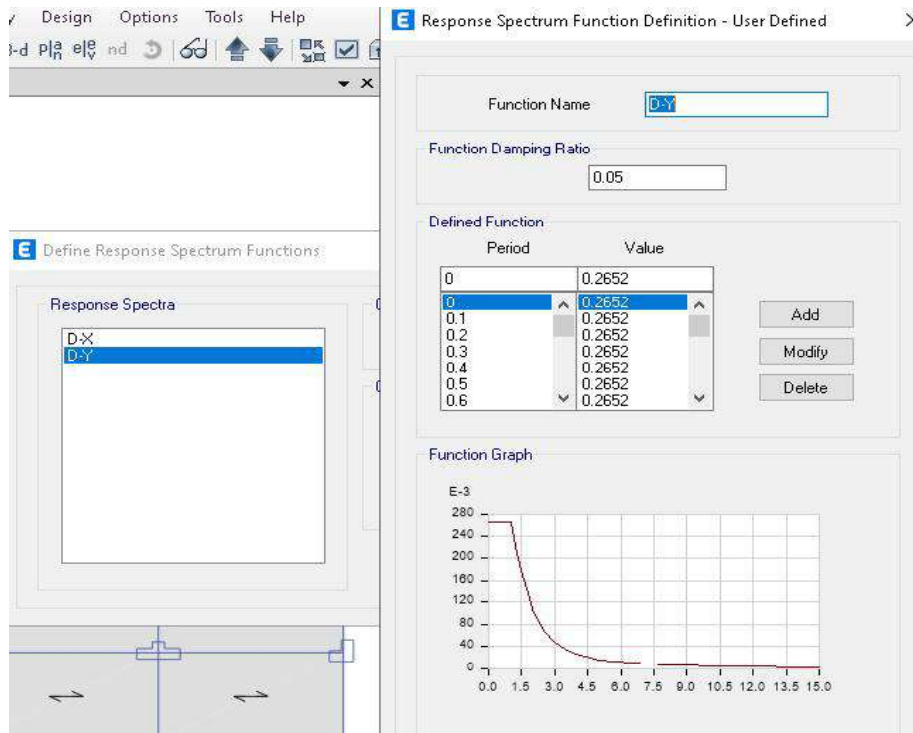
Definición de espectro de diseño en X – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 30

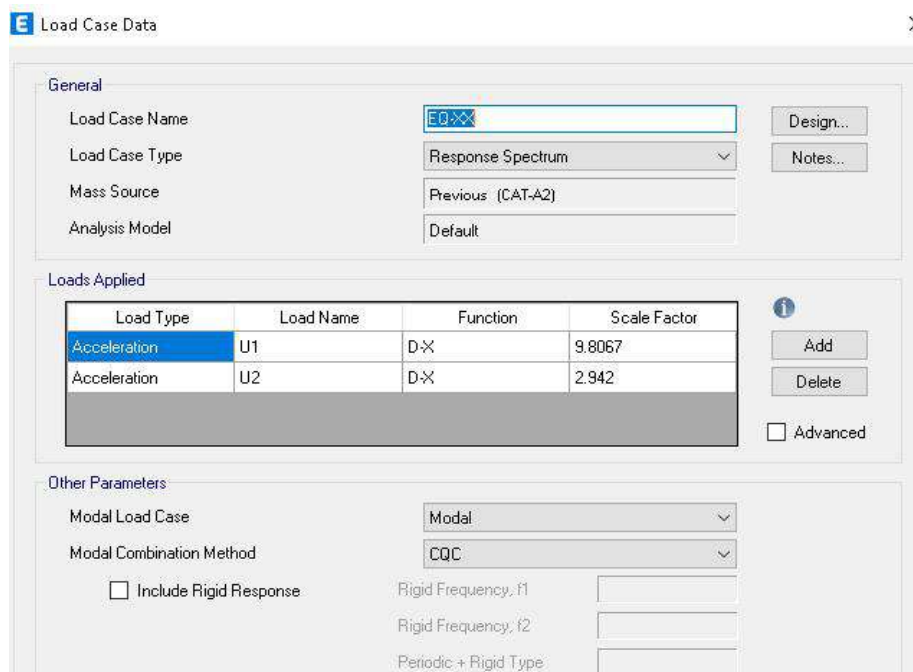
Definición de espectro de diseño en Y – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 31

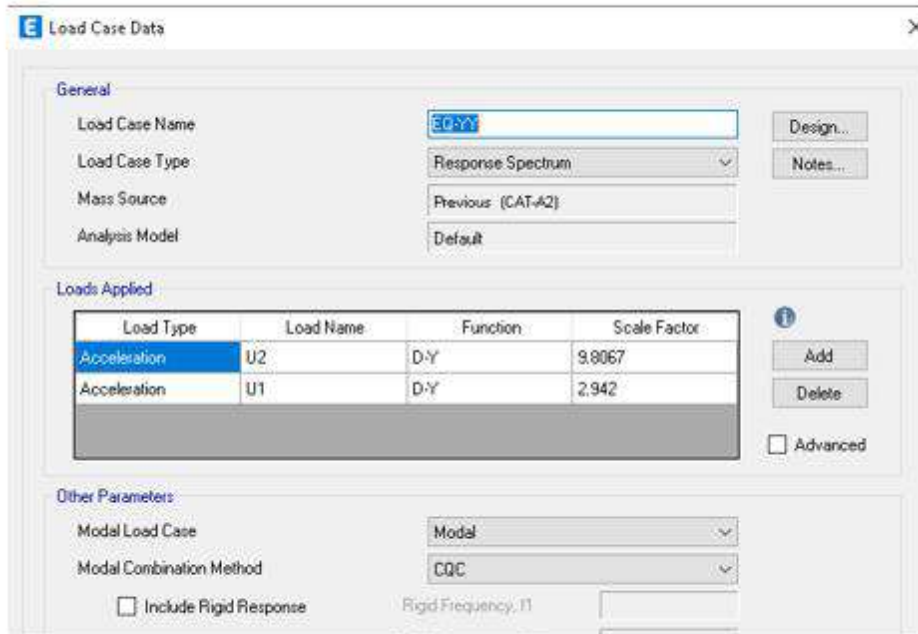
Definición de fuerza sísmica dinámica en X – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 32

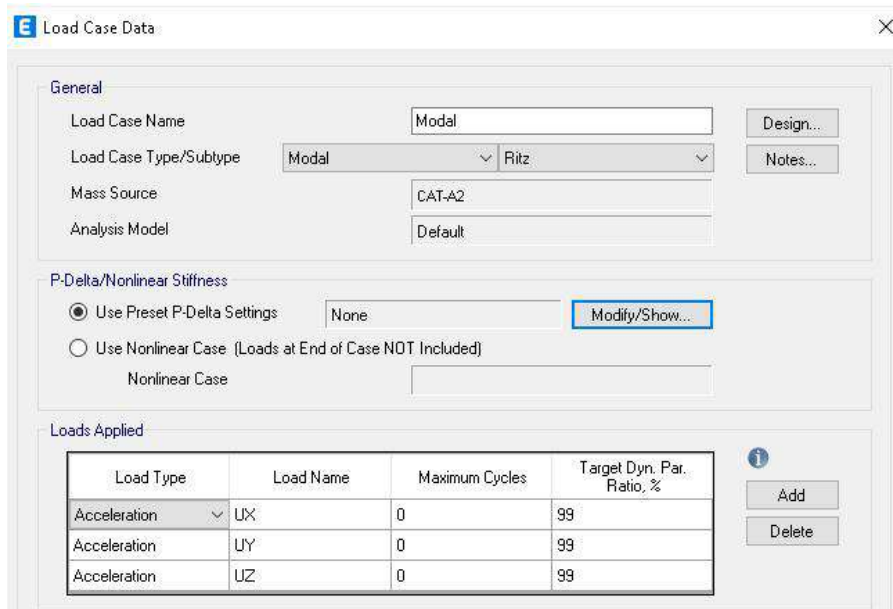
Definición de fuerza sísmica dinámica en Y – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

Figura 33

Configuración de modos de vibración – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.2.2 Módulo B

Procedimiento similar al módulo A (ítem 3.6.3.2.1).

3.6.3.2.3 Módulo C

Procedimiento similar al módulo A (ítem 3.6.3.2.1).

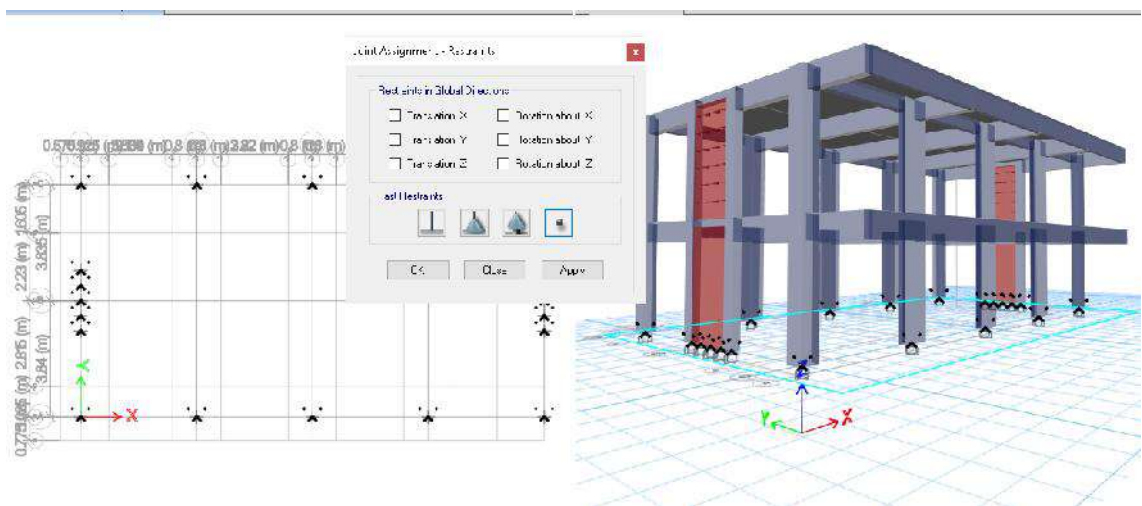
3.6.4 Análisis sísmico considerando Interacción Suelo Estructura (ISE)

3.6.4.1 Módulo A

3.6.4.1.1 Proceso de modelamiento estructural en software ETABS

Figura 19

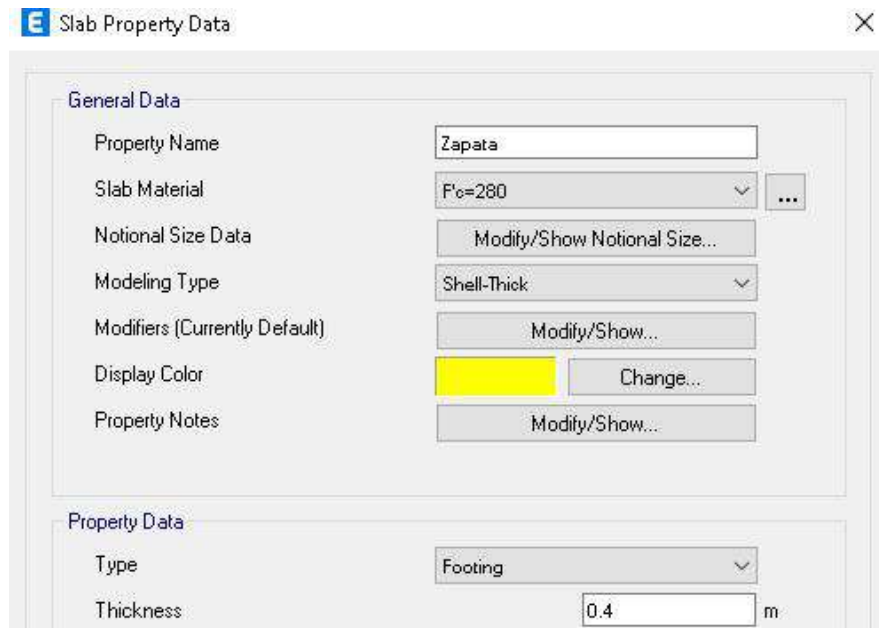
Liberación de la consideración de rigidez en la base



Fuente: Elaboración propia

Figura 35

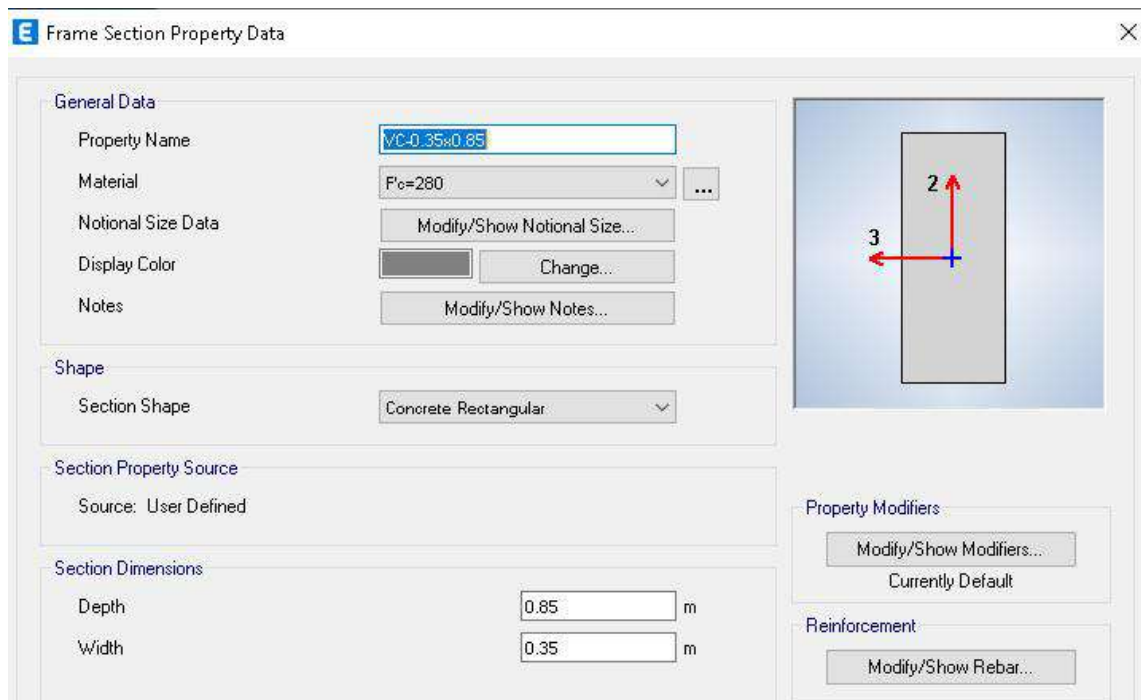
Creación de la sección Zapata ($e=0.40\text{ m}$)



Fuente: Elaboración propia

Figura 36

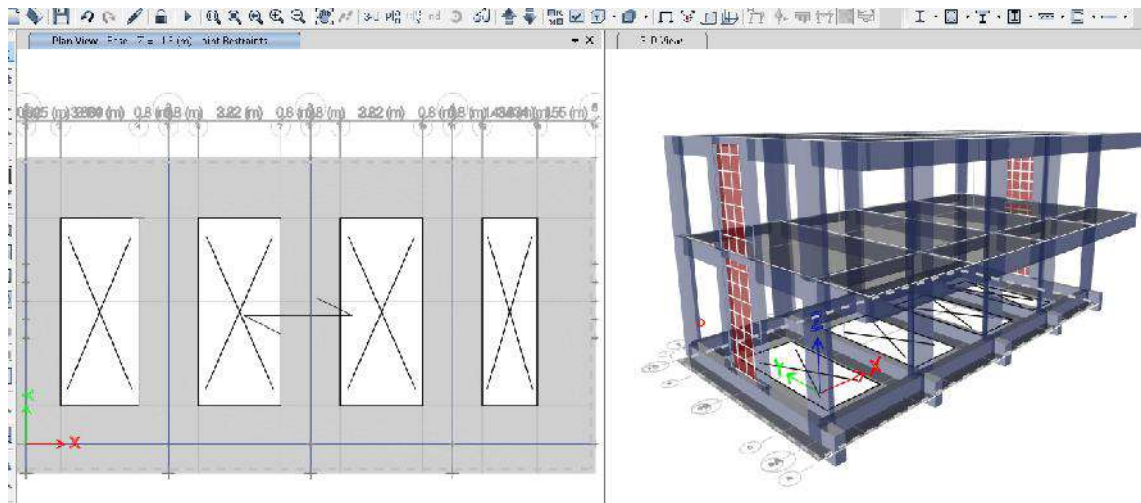
Creación de la sección Viga de Cimentación VC-0.35x0.85



Fuente: Elaboración propia

Figura 37

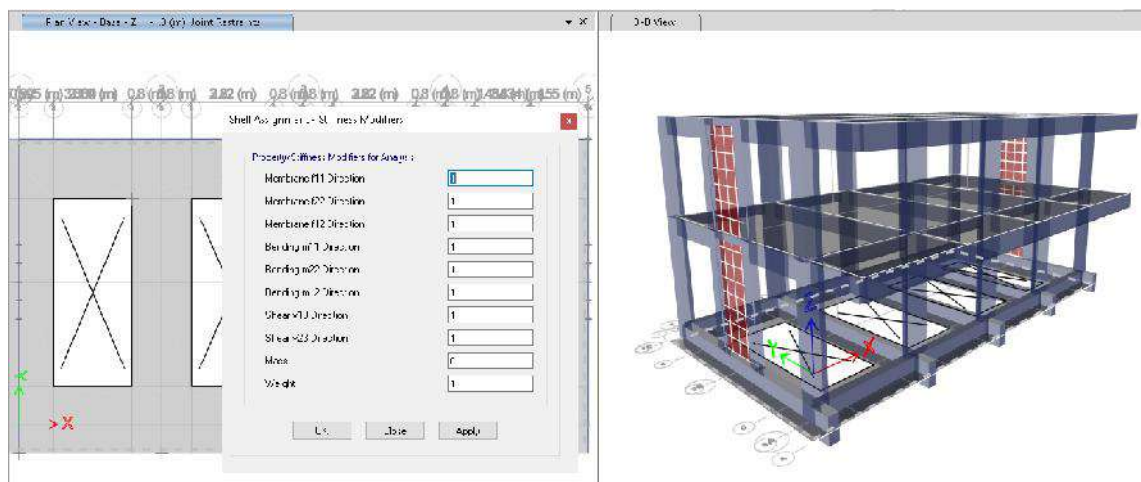
Modelamiento de la cimentación



Fuente: Elaboración propia

Figura 38

Asignación de masa cero a la cimentación



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.1.2 Coeficientes de rigidez

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

Para alcanzar estos valores, se usó la tabla 3, las ecuaciones 1-5. Tratadas en el ítem 2.3.4.2 En la tabla 26 y 27 se presentan los resultados logrados para la

cimentación.

Tabla 25

Características del suelo de fundación (Modelo DD.Barkan-O.A.Savinov)

Tipo de suelo	Arena uniforme		
Módulo de Elasticidad del suelo	Es	137	kg/cm ²
Densidad del Suelo	ps	1.6	g/cm ³
Coefficiente Poisson del Suelo	us	0.3	
Angulo de Fricción interna del Suelo		28.9	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo DD.Barkan-O.A.Savinov)

Zapata	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x (T.m)	K ϕ y (T.m)
Z-01	262,715.769	262,715.769	319,012.005	3,102,794.842	3,417,618.720

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo

DD.Barkan-O.A.Savinov

Ubicación	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)
Eje 1/A	17,235.253	17,235.253	20,928.522	203,556.319	224,210.082
Eje 2/A	29,940.160	29,940.160	36,355.909	353,607.153	389,485.766
Eje 3/A	30,217.076	30,217.076	36,692.164	356,877.660	393,088.113
Eje 4/A	28,378.354	28,378.354	34,459.430	335,161.497	369,168.529
Eje 5/A	15,678.985	15,678.985	19,038.768	185,176.073	203,964.892
Eje 1/B	3,121.397	3,121.397	3,790.268	36,865.148	40,605.656
Eje 5/B	3,121.397	3,121.397	3,790.268	36,865.148	40,605.656
Eje 1/C	14,493.785	14,493.785	17,599.596	171,178.306	188,546.846
Eje 2/C	27,879.905	27,879.905	33,854.171	329,274.585	362,684.304
Eje 3/C	28,101.438	28,101.438	34,123.175	331,890.991	365,566.182

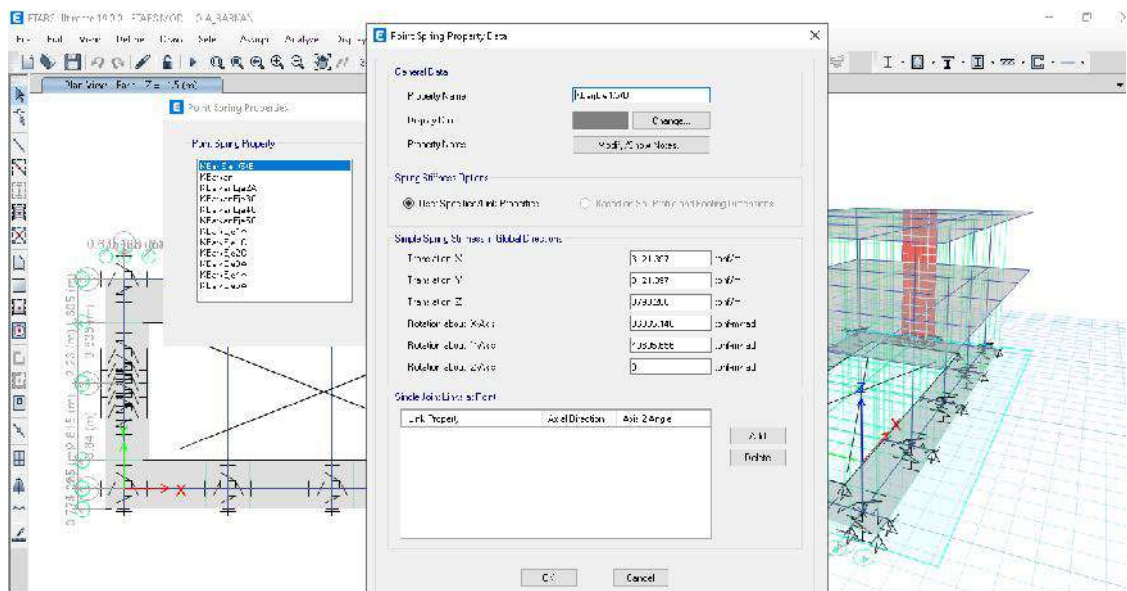
Eje 4/C	26,467.633	26,467.633	32,139.269	312,595.003	344,312.334
Eje 5/C	13,109.205	13,109.205	15,918.320	154,825.773	170,535.111

Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes de rigidez obtenidos para cada nodo en los ejes fueron calculados de acuerdo al área participativa de cada elemento de la superestructura sobre la cimentación, tomando como base el cálculo inicial de la zapata corrida. El proceso es similar para los demás métodos de interacción suelo estructura. Ver anexo N°03.

Figura 20

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez D.D. Barkan – O.A. Savinov – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.1.2.2 Modelo dinámico V.A Ilichev

Para alcanzar estos valores, se usaron las tablas 4 y 5, las ecuaciones 7-12 tratadas en el ítem 2.3.4.2. En las tablas 28 y 29 se presentan los resultados logrados para la cimentación.

Tabla 28

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo V.A Ilichev)

Zapata	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K@x(T.m)	K@y (T.m)
Z-01	117,932.772	117,932.772	46,765.223	631,709.096	631,709.096

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

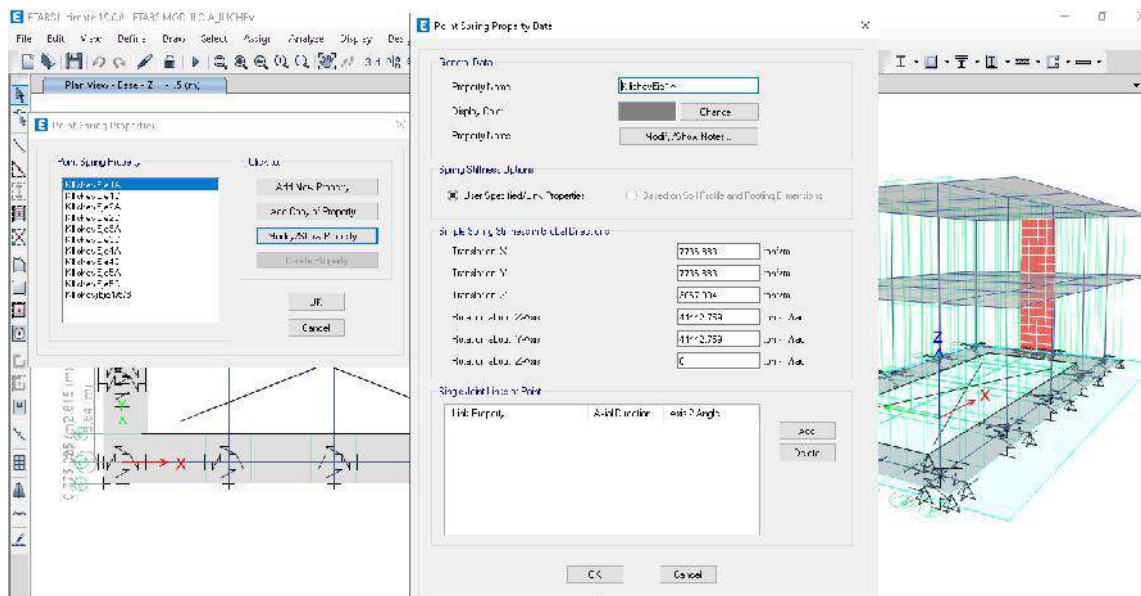
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo V.A Ilichev)

Ubicación	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)
Eje 1/A	7,736.883	7,736.883	3,067.994	41,442.759	41,442.759
Eje 2/A	13,440.100	13,440.100	5,329.555	71,992.145	71,992.145
Eje 3/A	13,564.407	13,564.407	5,378.848	72,657.999	72,657.999
Eje 4/A	12,739.007	12,739.007	5,051.543	68,236.728	68,236.728
Eje 5/A	7,038.276	7,038.276	2,790.968	37,700.659	37,700.659
Eje 1/B	1,401.191	1,401.191	555.630	7,505.507	7,505.507
Eje 5/B	1,401.191	1,401.191	555.630	7,505.507	7,505.507
Eje 1/C	6,506.241	6,506.241	2,579.994	34,850.803	34,850.803
Eje 2/C	12,515.254	12,515.254	4,962.816	67,038.190	67,038.190
Eje 3/C	12,614.700	12,614.700	5,002.250	67,570.873	67,570.873
Eje 4/C	11,881.287	11,881.287	4,711.422	63,642.334	63,642.334
Eje 5/C	5,884.705	5,884.705	2,333.529	31,521.533	31,521.533

Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez V.A Ilichev – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.1.2.3 Modelo dinámico A.E. Sargsian

Para alcanzar estos valores, se usaron las ecuaciones 12,13 tratadas en el ítem 2.3.4.2. En las tablas 30,31 se presentan los resultados logrados para la cimentación.

Tabla 9

Coficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo A.E Sargsian)

Zapata	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	K ψ z(T.m)
Z-01	18,128.944	18,128.944	16,546.258	266,793.332	291,000.211	261,874.903

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

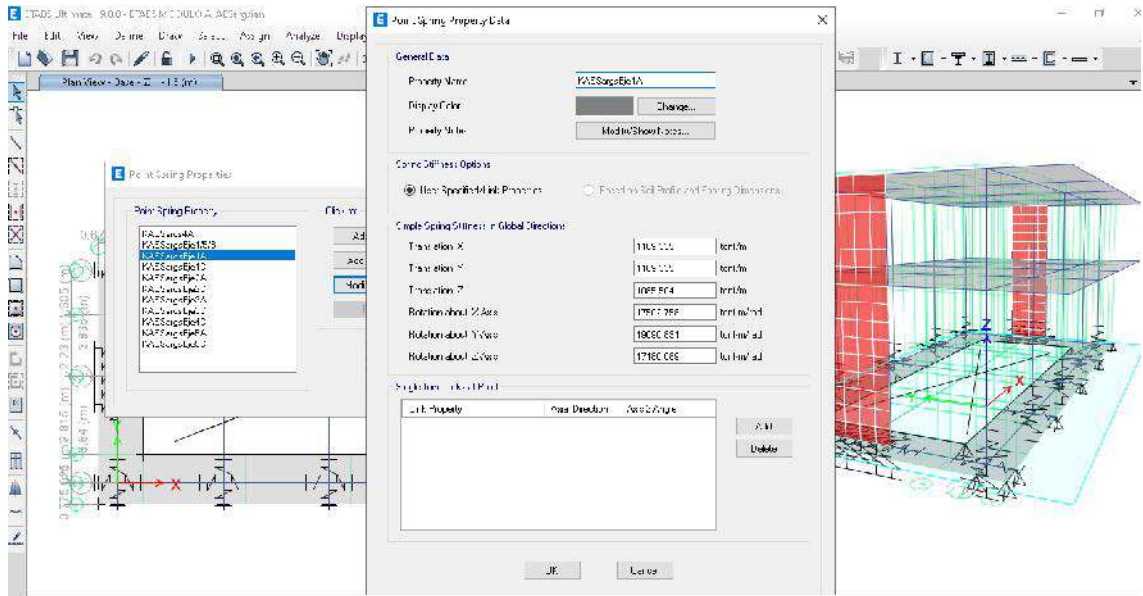
Coficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo A.E Sargsian)

Ubicación	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	K ψ z(T.m)
Eje 1/A	1,189.335	1,189.335	1,085.504	17,502.758	19,090.831	17,180.089
Eje 2/A	2,066.048	2,066.048	1,885.679	30,404.856	33,163.571	29,844.332
Eje 3/A	2,085.157	2,085.157	1,903.120	30,686.070	33,470.300	30,120.362
Eje 4/A	1,958.274	1,958.274	1,787.314	28,818.809	31,433.618	28,287.524
Eje 5/A	1,081.943	1,081.943	987.487	15,922.336	17,367.012	15,628.802
Eje 1/B	215.395	215.395	196.591	3,169.844	3,457.453	3,111.407
Eje 5/B	215.395	215.395	196.591	3,169.844	3,457.453	3,111.407
Eje 1/C	1,000.157	1,000.157	912.842	14,718.740	16,054.211	14,447.395
Eje 2/C	1,923.879	1,923.879	1,755.921	28,312.624	30,881.505	27,790.671
Eje 3/C	1,939.166	1,939.166	1,769.873	28,537.595	31,126.888	28,011.495
Eje 4/C	1,826.423	1,826.423	1,666.974	26,878.433	29,317.185	26,382.919
Eje 5/C	904.613	904.613	825.639	13,312.670	14,520.565	13,067.246

Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez A.E. Sargsian – Módulo A



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.1.2.4 Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987

Para alcanzar estos valores, se usaron las ecuaciones 14-20 tratadas en el ítem 2.3.4.2. En las tablas 32,33 se presentan los resultados logrados para la cimentación.

Tabla 10

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo Norma Rusa)

Zapata	K _x (T/m)	K _y (T/m)	K _z (T/m)	K _{ϕx} (T.m)	K _{ϕy} (T.m)	K _{ϕz} (T.m)
Z-01	120,520.248	120,520.248	172,171.782	2,606,678.949	2,843,189.971	2,724,934.460

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo Norma Rusa)

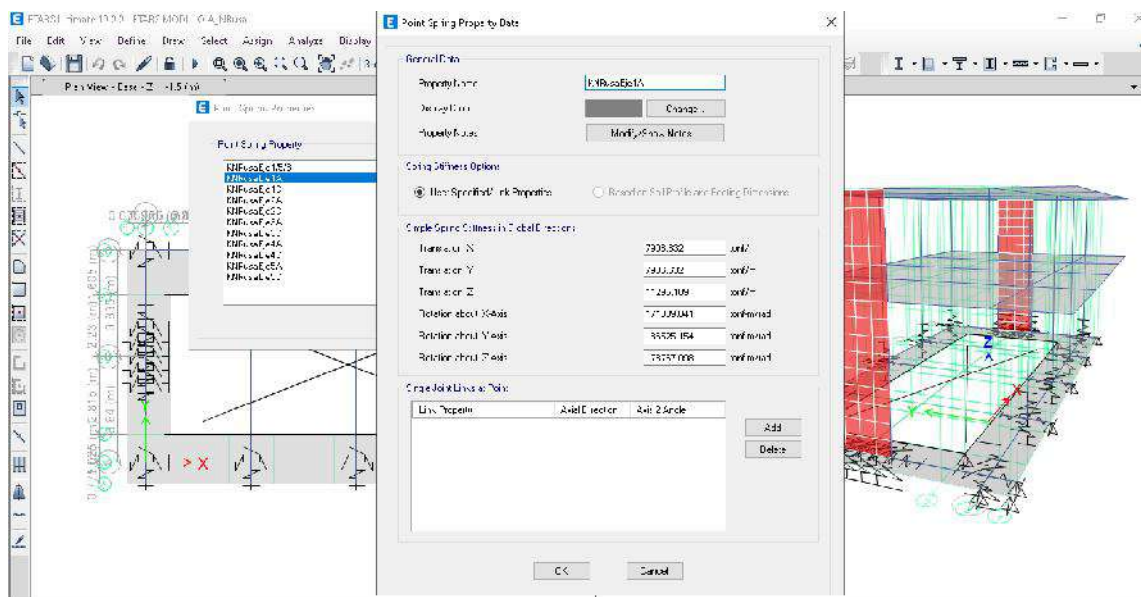
Ubicación	K _x (T/m)	K _y (T/m)	K _z (T/m)	K _{ϕx} (T.m)	K _{ϕy} (T.m)	K _{ϕz} (T.m)
Eje 1/A	7,906.632	7,906.632	11,295.189	171,009.041	186,525.154	178,767.098
Eje 2/A	13,734.979	13,734.979	19,621.398	297,067.763	324,021.523	310,544.643

Eje 3/A	13,862.013	13,862.013	19,802.876	299,815.337	327,018.393	313,416.865
Eje 4/A	13,018.504	13,018.504	18,597.863	281,571.442	307,119.180	294,345.311
Eje 5/A	7,192.698	7,192.698	10,275.283	155,567.672	169,682.747	162,625.210
Eje 1/B	1,431.934	1,431.934	2,045.620	30,970.661	33,780.712	32,375.686
Eje 5/B	1,431.934	1,431.934	2,045.620	30,970.661	33,780.712	32,375.686
Eje 1/C	6,648.990	6,648.990	9,498.557	143,808.053	156,856.146	150,332.100
Eje 2/C	12,789.842	12,789.842	18,271.202	276,625.808	301,724.815	289,175.311
Eje 3/C	12,891.469	12,891.469	18,416.385	278,823.868	304,122.310	291,473.089
Eje 4/C	12,141.965	12,141.965	17,345.665	262,613.178	286,440.781	274,526.979
Eje 5/C	6,013.817	6,013.817	8,591.167	130,070.180	141,871.799	135,970.990

Fuente: Elaboración propia

Figura 42

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987 – Módulo A



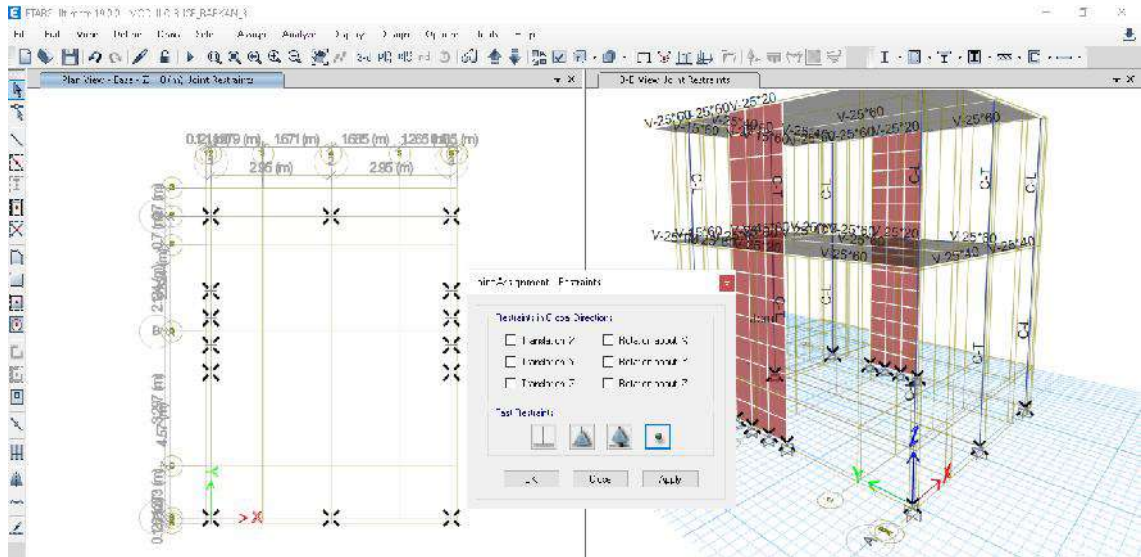
Fuente: Elaboración propia

3.6.4.2 Módulo B

3.6.4.2.1 Proceso de modelamiento estructural en software ETABS

Figura 22

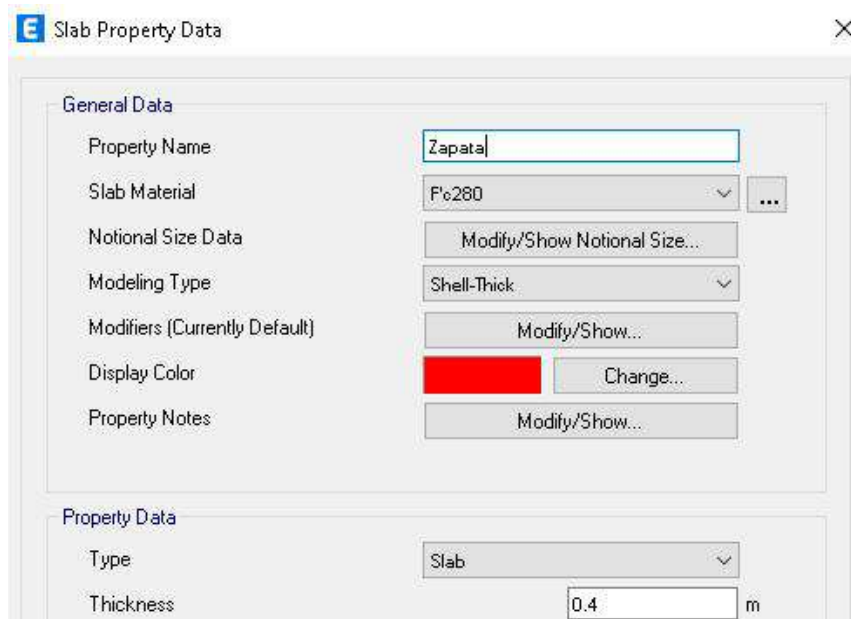
Liberación de la consideración de rigidez en la base



Fuente: Elaboración propia

Figura 44

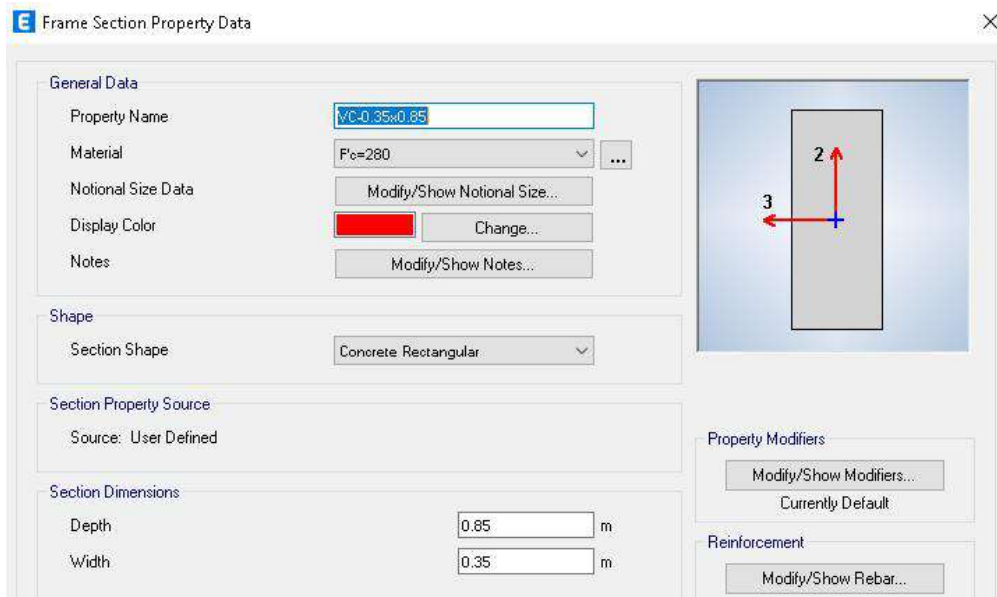
Creación de la sección Zapata (e=0.40 m)



Fuente: Elaboración propia

Figura 45

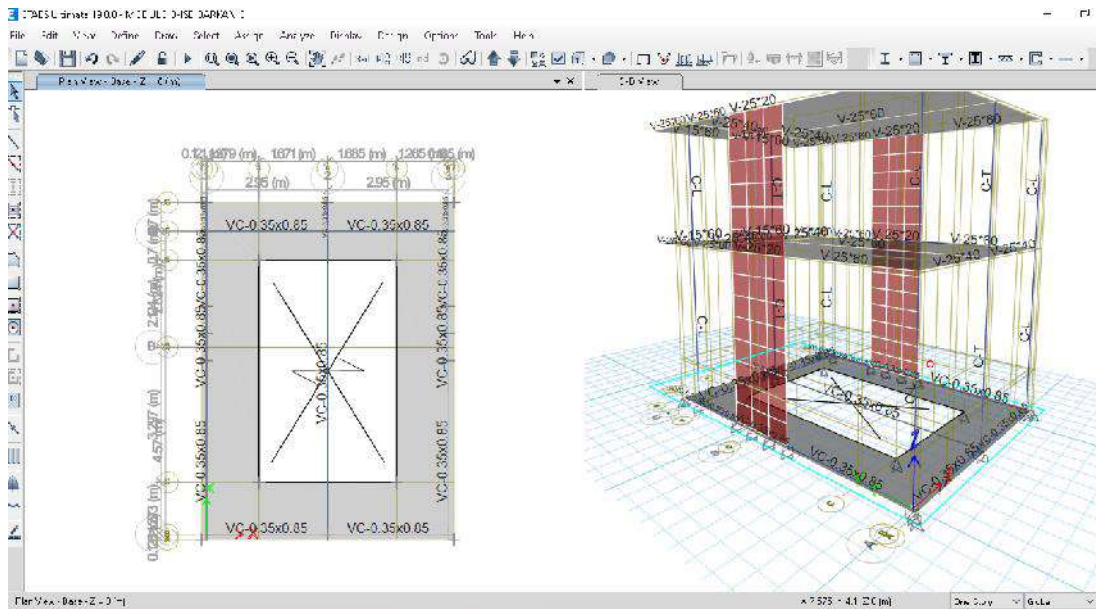
Creación de la sección Viga de Cimentación VC-0.35x0.85



Fuente: Elaboración propia

Figura 46

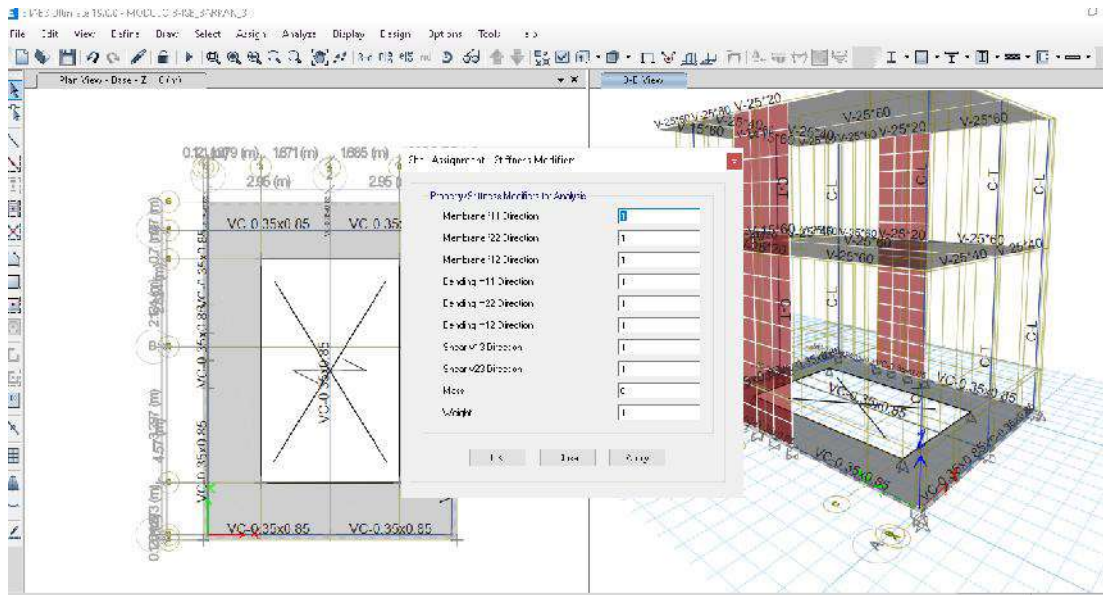
Modelamiento de la cimentación



Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Asignación de masa cero a la cimentación



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.2.2 Coeficientes de rigidez

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

Tabla 34

Características del suelo de fundación (Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov)

Tipo de suelo	Arena uniforme		
Módulo de Elasticidad del suelo	Es	137	kg/cm ²
Densidad del Suelo	ps	1.6	g/cm ³
Coefficiente Poisson del Suelo	us	0.3	
Angulo de Fricción interna del Suelo		28.9	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov)

Zapata	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K@x (T.m)	K@y (T.m)
Z-01	130,322.646	130,322.646	158,248.928	1,935,600.796	192,552.972

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36

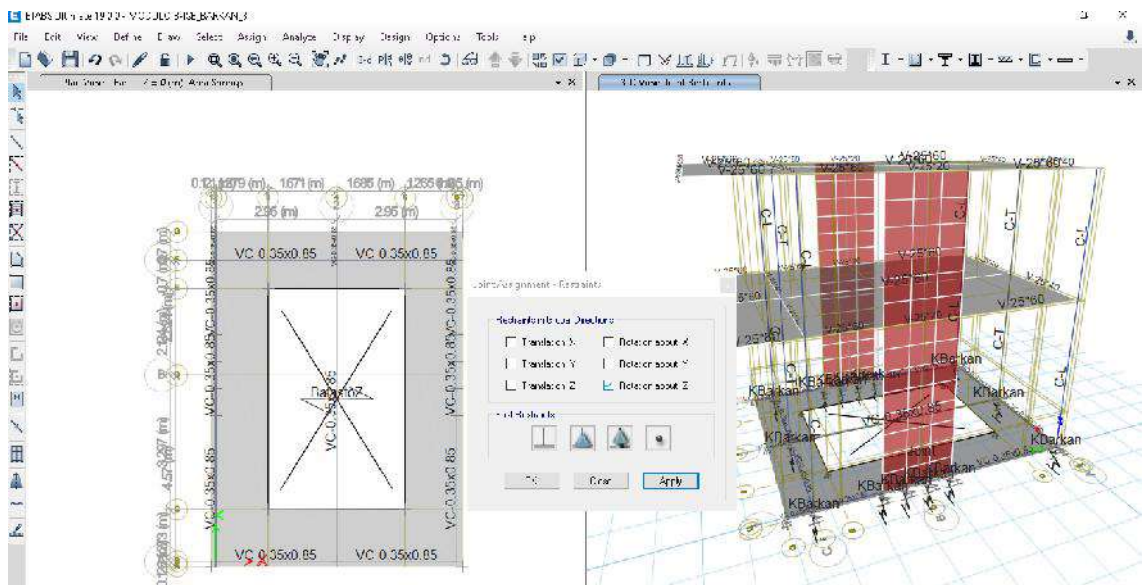
Coeficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo D.D. Barkan – O.A. Savinov)

Ubicación	K _x (T/m)	K _y (T/m)	K _z (T/m)	K _{ϕx} (T.m)	K _{ϕy} (T.m)
Eje 1/A	17,809.636	17,809.636	21,625.987	264,515.394	26,313.910
Eje 2/A	11,985.632	11,985.632	14,553.982	178,015.099	17,708.887
Eje 3/A	17,809.636	17,809.636	21,625.987	264,515.394	26,313.910
Eje 1/B	5,219.096	5,219.096	6,337.473	77,515.965	7,711.264
Eje 3/B	5,219.096	5,219.096	6,337.473	77,515.965	7,711.264
Eje 1/C	14,489.672	14,489.672	17,594.602	215,206.047	21,408.631
Eje 2/C	11,985.632	11,985.632	14,553.982	178,015.099	17,708.887
Eje 3/C	14,489.672	14,489.672	17,594.602	215,206.047	21,408.631

Fuente: Elaboración propia

Figura 48

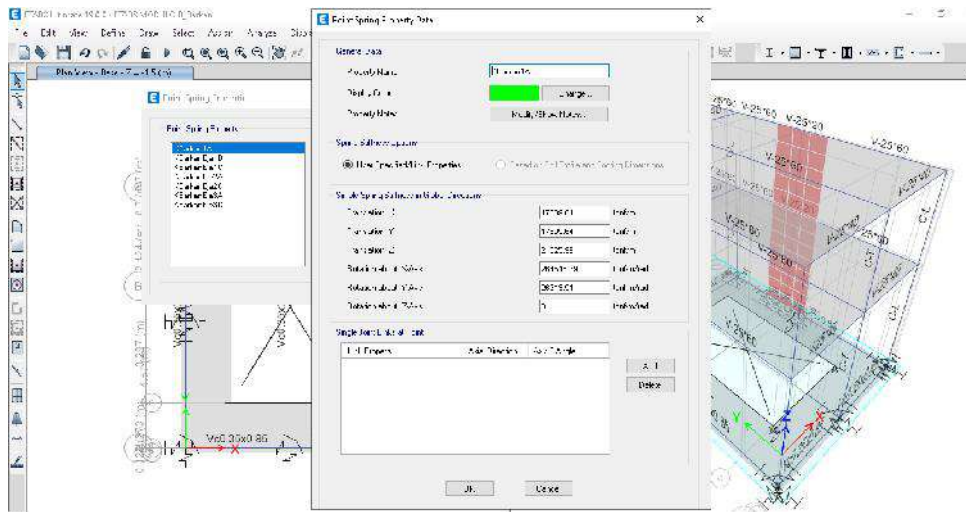
Restricción de giro en Z



Fuente: Elaboración propia

Figura 49

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez D.D. Barkan – O.A. Savinov – Módulo B



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.2.2 Modelo dinámico V.A Ilichev

Tabla 37

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev)

Zapata	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K θ x (T.m)	K θ y (T.m)
Z-01	54,615.398	54,615.398	20,383.361	98,602.502	98,602.502

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

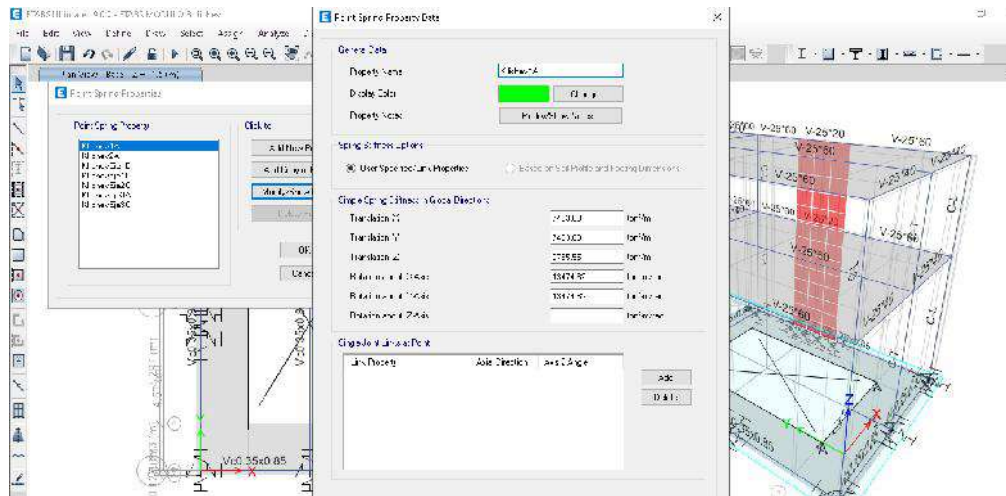
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev)

Ubicación	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K θ x (T.m)	K θ y (T.m)
Eje 1/A	7,463.633	7,463.633	2,785.550	13,474.824	13,474.824
Eje 2/A	5,022.919	5,022.919	1,874.636	9,068.365	9,068.365
Eje 3/A	7,463.633	7,463.633	2,785.550	13,474.824	13,474.824
Eje 1/B	2,187.210	2,187.210	816.303	3,948.783	3,948.783
Eje 3/B	2,187.210	2,187.210	816.303	3,948.783	3,948.783
Eje 1/C	6,072.308	6,072.308	2,266.285	10,962.929	10,962.929
Eje 2/C	5,022.919	5,022.919	1,874.636	9,068.365	9,068.365
Eje 3/C	6,072.308	6,072.308	2,266.285	10,962.929	10,962.929

Fuente: Elaboración propia

Figura 50

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez V.A Ilichev – Módulo B



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.2.2.3 Modelo dinámico A.E. Sargsian

Tabla 39

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian)

Zapata	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y (T.m)	K ψ z (T.m)
Z-01	10,598.541	10,598.541	9,673.129	152,844.365	20,277.929	81,278.072

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

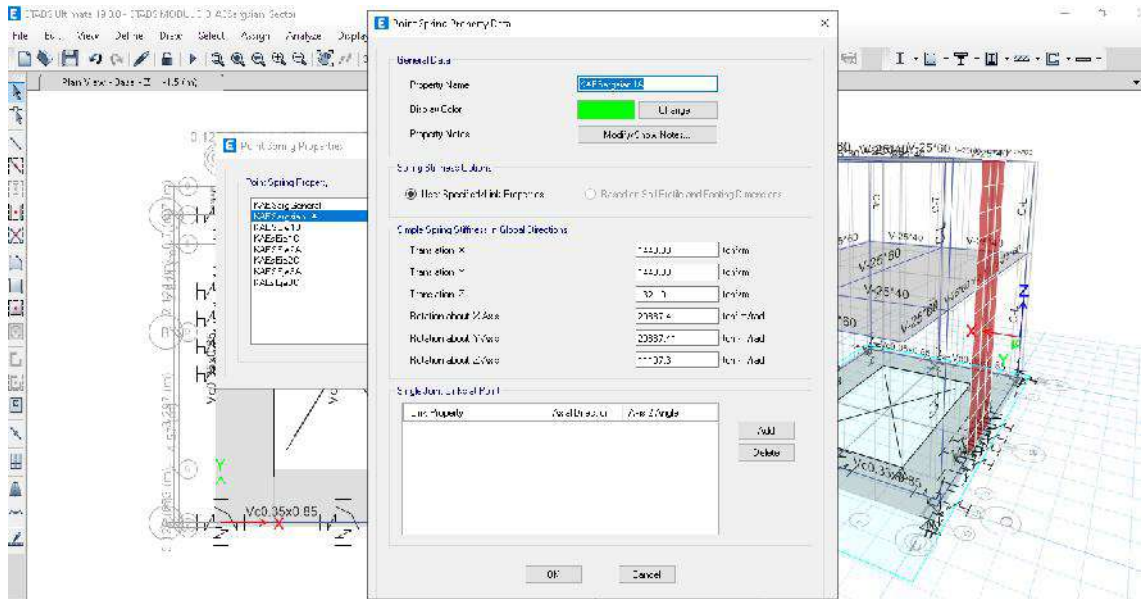
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian)

Ubicación	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x (T.m)	K ϕ y (T.m)	K ψ z (T.m)
Eje 1/A	1,448.376	1,448.376	1,321.911	20,887.410	2,771.142	11,107.301
Eje 2/A	974.736	974.736	889.627	14,056.930	1,864.939	7,475.056
Eje 3/A	1,448.376	1,448.376	1,321.911	20,887.410	2,771.142	11,107.301
Eje 1/B	424.445	424.445	387.385	6,121.034	812.080	3,254.983
Eje 3/B	424.445	424.445	387.385	6,121.034	812.080	3,254.983
Eje 1/C	1,178.378	1,178.378	1,075.488	16,993.706	2,254.562	9,036.746
Eje 2/C	974.736	974.736	889.627	14,056.930	1,864.939	7,475.056
Eje 3/C	1,178.378	1,178.378	1,075.488	16,993.706	2,254.562	9,036.746

Fuente: Elaboración propia

Figura 51

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez A.E. Sargsian – Módulo B



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.2.2.4 Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987

Tabla 41

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo Norma Rusa)

Zapata	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K _{φx} (T.m)	K _{φy} (T.m)	K _{φz} (T.m)
Z-01	48,363.376	48,363.376	69,090.537	1,025,065.004	135,995.823	580,530.413

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

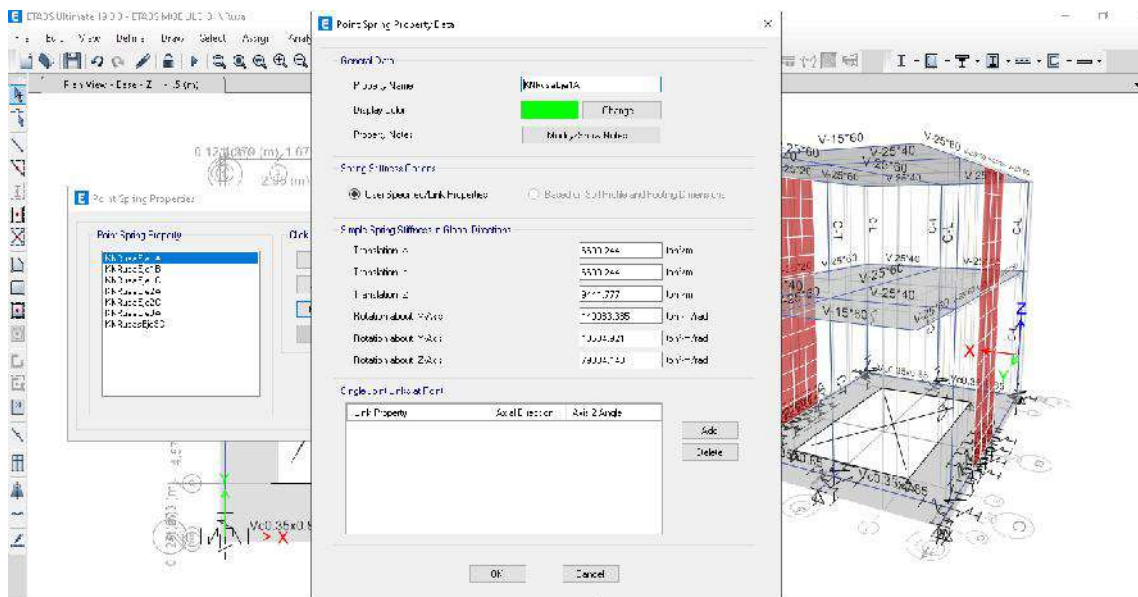
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo Norma Rusa)

Ubicación	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K@x (T.m)	K@y (T.m)	Kψz (T.m)
Eje 1/A	6,609.244	6,609.244	9,441.777	140,083.365	18,584.921	79,334.143
Eje 2/A	4,447.927	4,447.927	6,354.181	94,274.113	12,507.388	53,390.750
Eje 3/A	6,609.244	6,609.244	9,441.777	140,083.365	18,584.921	79,334.143
Eje 1/B	1,936.832	1,936.832	2,766.903	41,051.286	5,446.292	23,248.789
Eje 3/B	1,936.832	1,936.832	2,766.903	41,051.286	5,446.292	23,248.789
Eje 1/C	5,377.189	5,377.189	7,681.698	113,969.878	15,120.434	64,545.156
Eje 2/C	4,447.927	4,447.927	6,354.181	94,274.113	12,507.388	53,390.750
Eje 3/C	5,377.189	5,377.189	7,681.698	113,969.878	15,120.434	64,545.156

Fuente: Elaboración propia

Figura 52

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987 – Módulo B



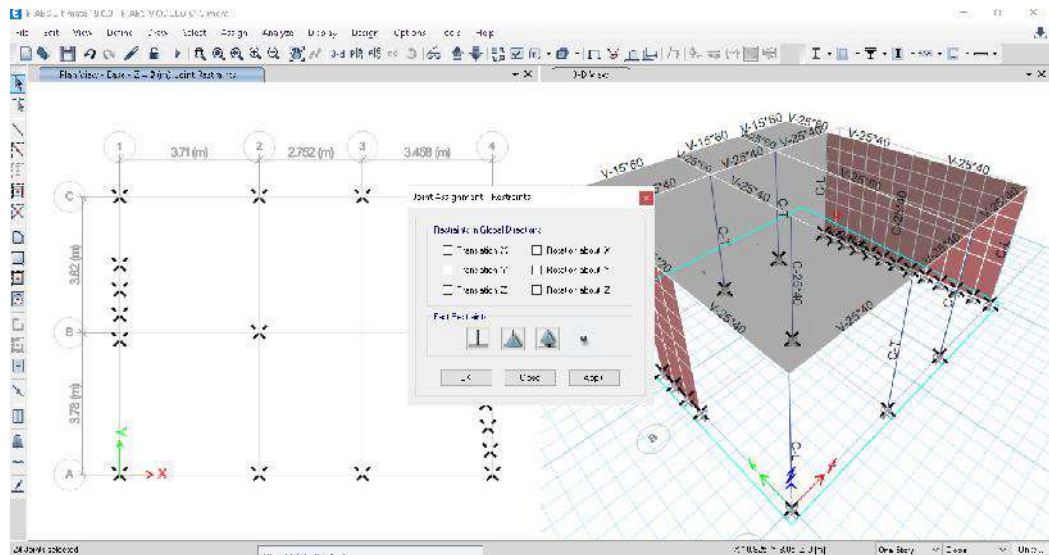
Fuente: Elaboración propia

3.6.4.3 Módulo C

3.6.4.3.1 Proceso de modelamiento estructural en software ETABS

Figura 24

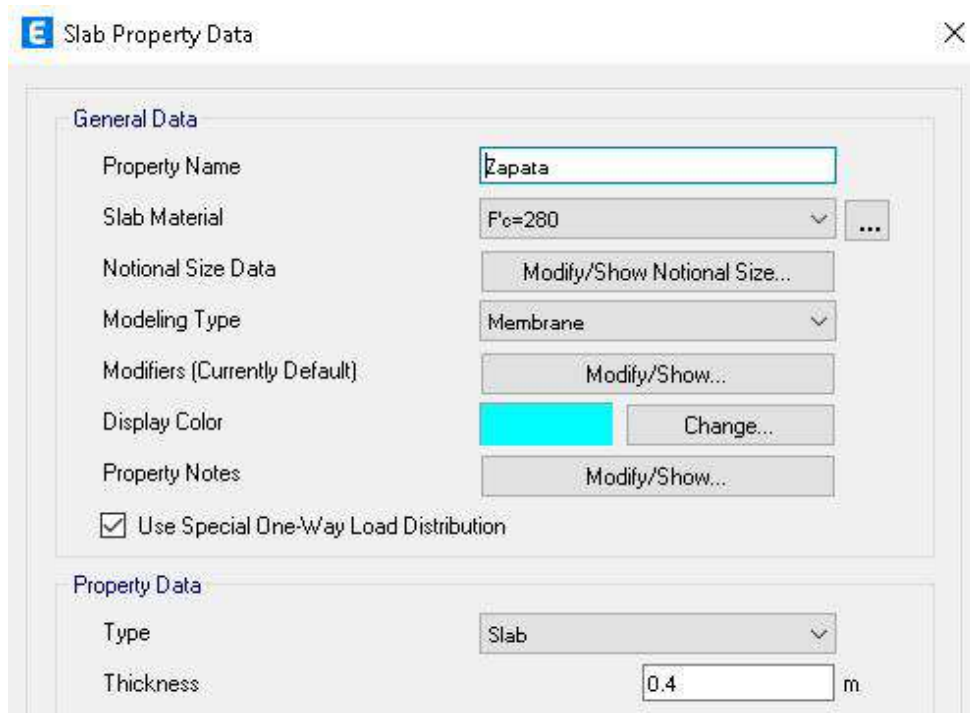
Liberación de la consideración de rigidez en la base



Fuente: Elaboración propia

Figura 54

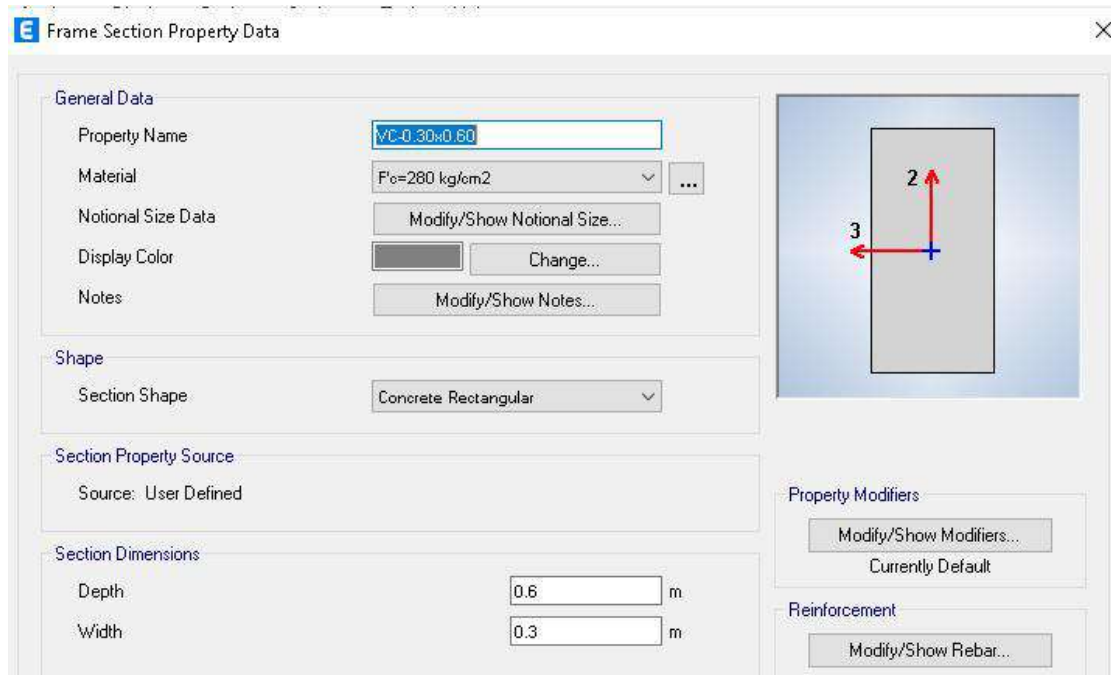
Creación de la sección Zapata ($e=0.40$ m)



Fuente: Elaboración propia

Figura 55

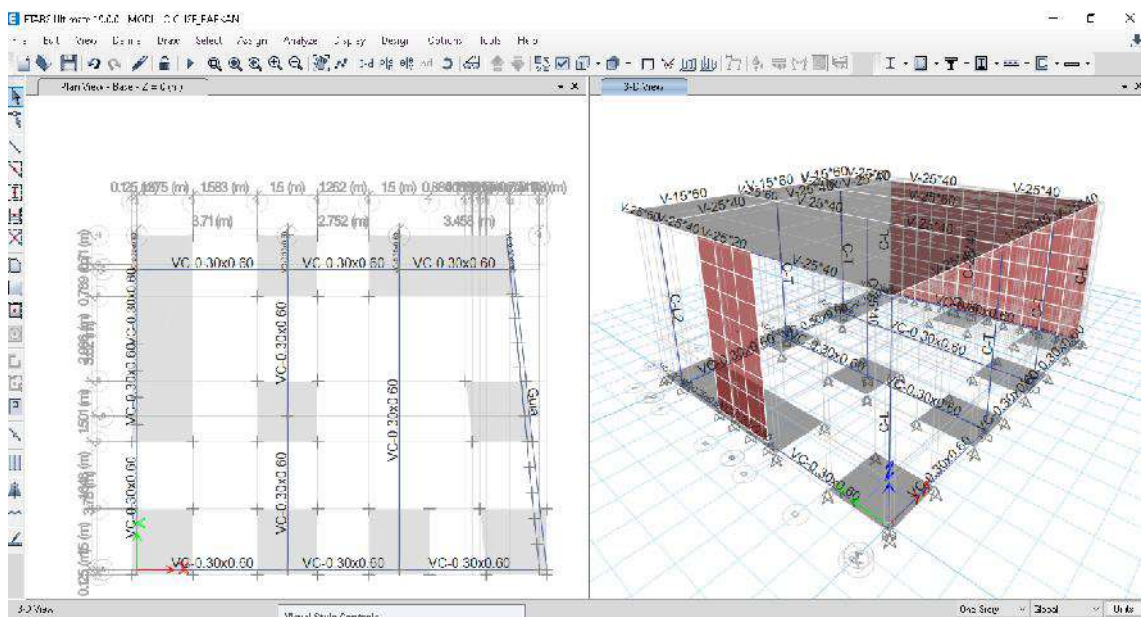
Creación de la sección Viga de Cimentación VC-0.30x0.60



Fuente: Elaboración propia

Figura 56

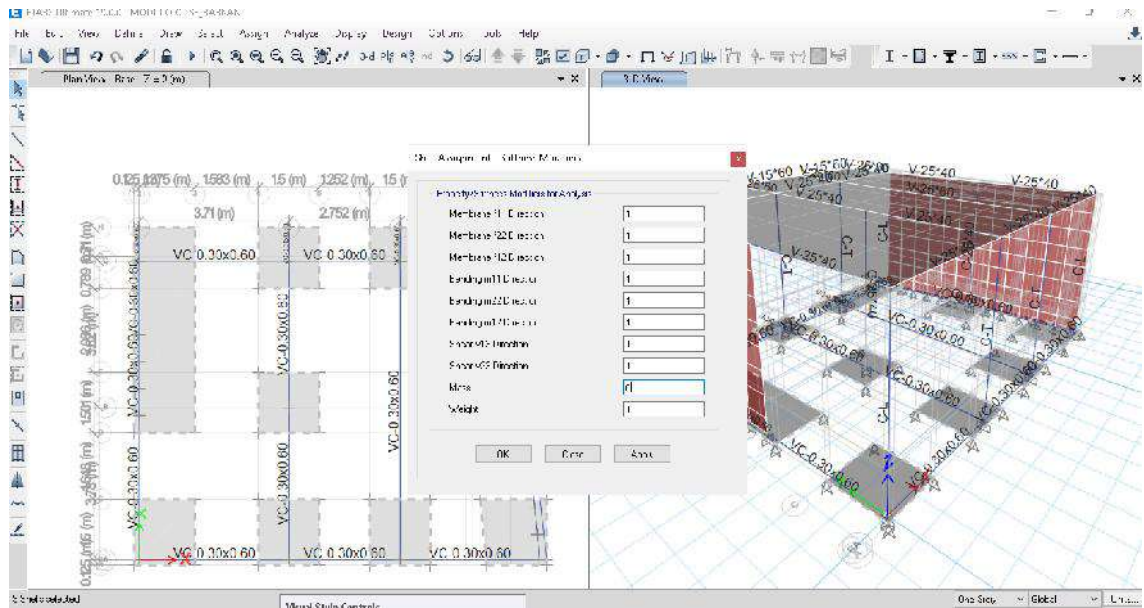
Modelamiento de la cimentación



Fuente: Elaboración propia

Figura 57

Asignación de masa cero a la cimentación



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.3.2 Coeficientes de rigidez

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

Tabla 43

Características del suelo de fundación (Modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov)

Tipo de suelo	Arena uniforme		
Módulo de Elasticidad del suelo	Es	137	kg/cm ²
Densidad del Suelo	ps	1.6	g/cm ³
Coefficiente Poisson del Suelo	us	0.3	
Angulo de Fricción interna del Suelo		28.9	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Coefficiente de rigidez para las zapatas (Modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K@x (T.m)	K@y (T.m)
Z-01	48,819.033	48,819.033	59,280.254	19,198.719	19,198.719
Z-02	69,123.329	69,123.329	83,935.471	355,562.013	20,289.716
Z-03	60,674.523	60,674.523	73,676.207	19,159.859	150,628.135

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

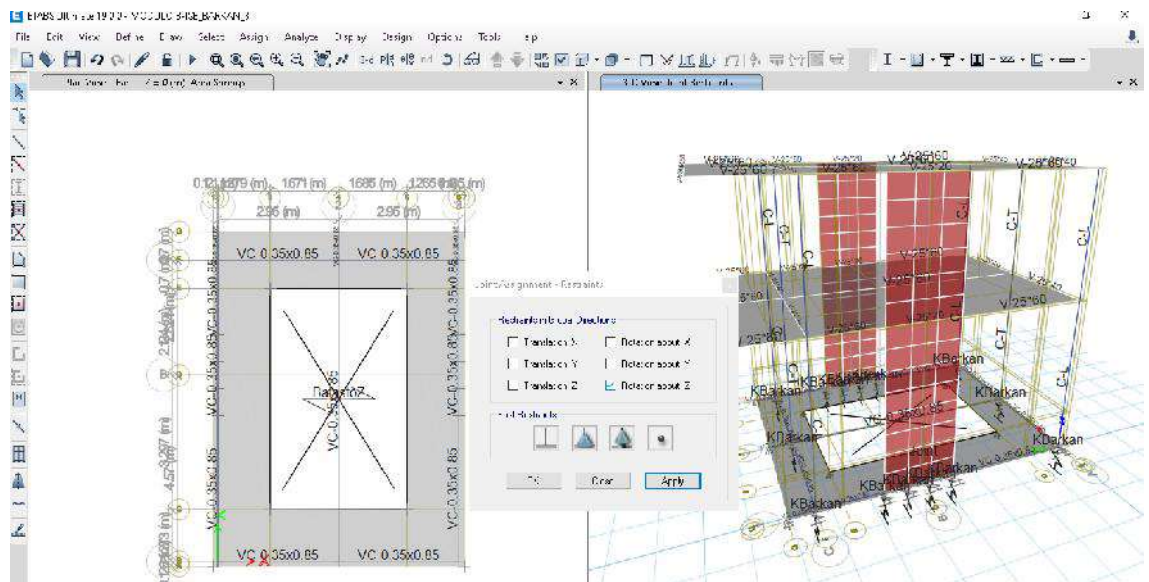
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de las zapatas (Modelo D.D. Barkan - O.A. Savinov)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K@x (T.m)	K@y (T.m)
Z-01	48,819.033	48,819.033	59,280.254	19,198.719	19,198.719
Z-02	13,824.666	13,824.666	16,787.094	71,112.403	4,057.943
Z-03	30,337.262	30,337.262	36,838.104	9,579.929	75,314.068

Fuente: Elaboración propia

Figura 58

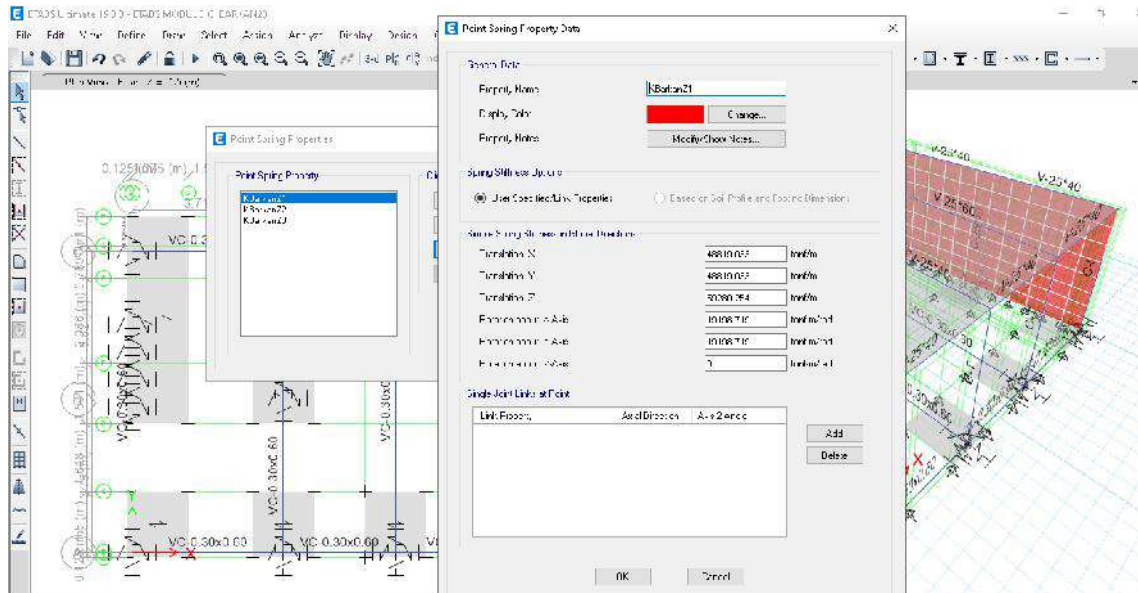
Restricción de giro en Z



Fuente: Elaboración propia

Figura 59

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez D.D. Barkan – O.A. Savinov – Módulo C



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.3.2 Modelo dinámico V.A Ilichev

Tabla 46

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K@x (T.m)	K@y (T.m)
Z-01	10,470.459	10,470.459	3,402.388	1,278.690	1,278.690
Z-02	21,406.243	21,406.243	7,360.082	8,920.648	8,920.648
Z-03	17,333.035	17,333.035	5,854.554	5,074.598	5,074.598

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

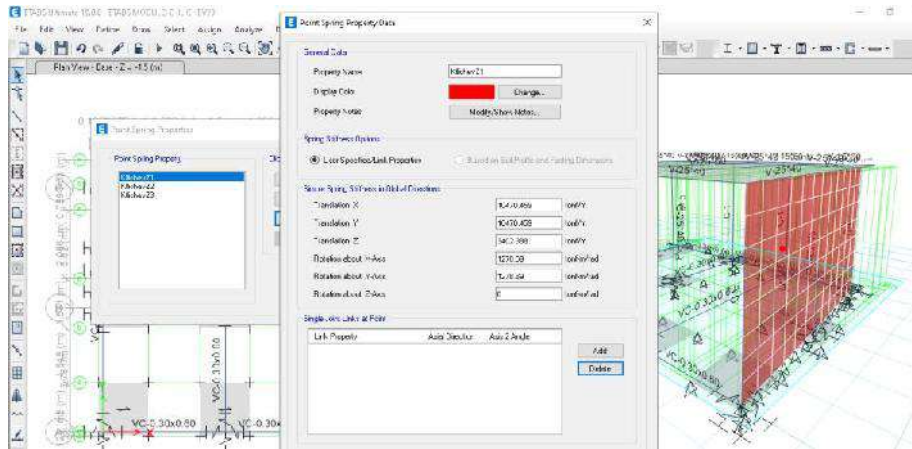
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo V.A. Ilichev)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K@x(T.m)	K@y(T.m)
Z-01	10,470.459	10,470.459	3,402.388	1,278.690	1,278.690
Z-02	4,281.249	4,281.249	1,472.016	1,784.130	1,784.130
Z-03	8,666.517	8,666.517	2,927.277	2,537.299	2,537.299

Fuente: Elaboración propia

Figura 60

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez V.A Ilchev –Módulo C



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.3.2.3 Modelo dinámico A.E. Sargsian

Tabla 11

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
Z-01	2,790.934	2,790.934	2,547.281	1,017.320	1,017.320	955.230
Z-02	5,131.069	5,131.069	4,683.119	21,367.290	1,870.321	10,909.676
Z-03	4,307.452	4,307.452	3,931.404	1,570.105	8,908.654	4,919.605

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49

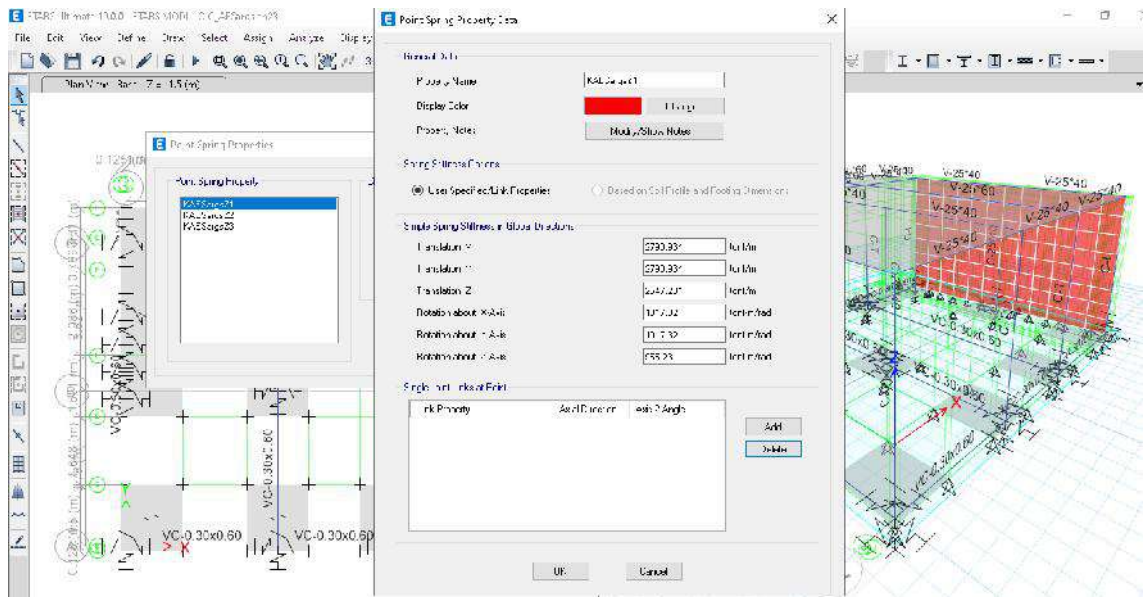
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo A.E. Sargsian)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x (T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
Z-01	2,790.934	2,790.934	2,547.281	1,017.320	1,017.320	955.230
Z-02	1,026.214	1,026.214	936.624	4,273.458	374.064	2,181.935
Z-03	2,153.726	2,153.726	1,965.702	785.052	4,454.327	2,459.802

Fuente: Elaboración propia

Figura 25

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez A.E. Sargsian – Módulo C



Fuente: Elaboración propia

3.6.4.3.2.4 Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987

Tabla 50

Coefficiente de rigidez para la zapata corrida (Modelo Norma Rusa)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	KQx(T.m)	KQy(T.m)	Kyz(T.m)
Z-01	6,706.686	6,706.686	9,580.981	3,592.868	3,592.868	3,592.868
Z-02	15,656.313	15,656.313	22,366.161	95,819.990	8,387.310	52,103.650
Z-03	12,160.466	12,160.466	17,372.094	6,514.535	36,962.978	21,738.757

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51

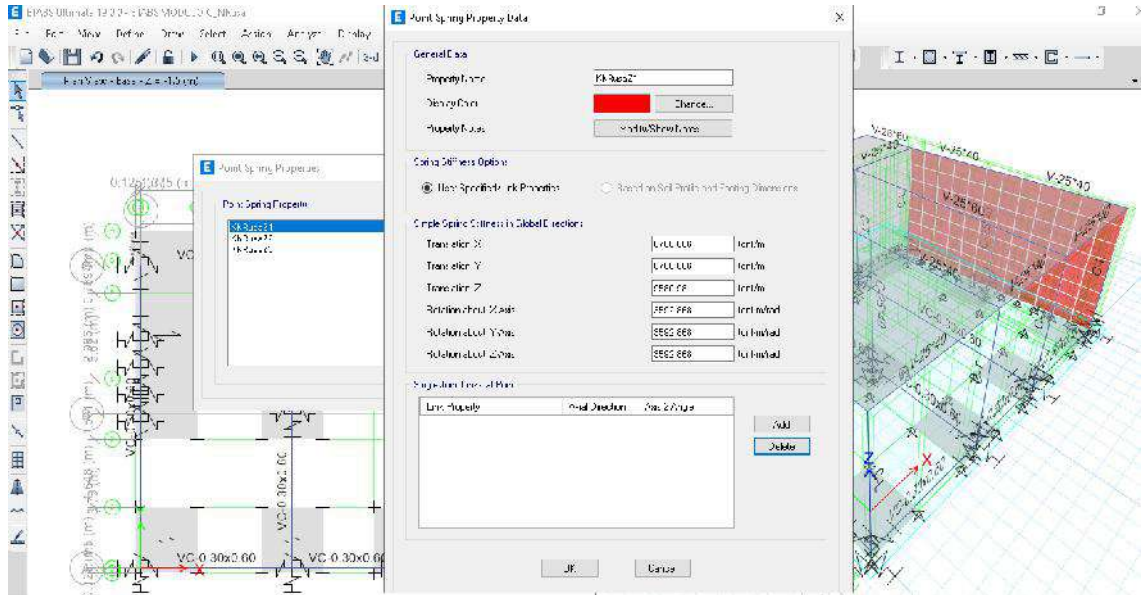
Coefficiente de rigidez aplicado en cada nodo de zapata corrida (Modelo Norma Rusa)

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	KQx(T.m)	KQy(T.m)	Kyz(T.m)
Z-01	6,706.686	6,706.686	9,580.981	3,592.868	3,592.868	3,592.868
Z-02	3,131.263	3,131.263	4,473.232	19,163.998	1,677.462	10,420.730
Z-03	6,080.233	6,080.233	8,686.047	3,257.268	18,481.489	10,869.378

Fuente: Elaboración propia

Figura 62

Creación y asignación de los coeficientes de rigidez Norma Rusa SNIP 2.02.05 – 1987 – Módulo C



Fuente: Elaboración propia

3.7 Tratamiento y análisis de datos

Se aplicaron los siguientes softwares computacionales para el manejo, tratamiento y obtención de resultados:

A) Etabs V19

Se usó este programa para la modelación, análisis sísmico estático y dinámico y verificación del reglamento E.030, así también se pudo manejar los dos tipos de variables independientes a comparar (base empotrada y con análisis de interacción suelo estructura mediante el modelamiento con resortes), permitiendo la comparación de resultados con los indicadores trazados como periodos de vibración, desplazamiento, distorsiones y esfuerzos internos máximos.

B) Microsoft Excel 2016

Fue de importante ayuda para el registro, cálculo, manejo, verificación y comparación de resultados en tablas y cuadros para la etapa de predimensionamiento de elementos estructurales de la superestructura y subestructura, metrado de cargas, análisis de parámetros del reglamento E.030,

y obtención de valores para los modelos de idealización dinámica de interacción suelo-estructura.

C) AutoCAD2020

Se empleó este software para el tratamiento de datos de dimensiones, longitudes, áreas y detalles para la verificación de los diseños estructurales de los módulos estudiados.

3.7.1 Módulo A

3.7.1.1 Periodos de vibración

Tabla 52

Periodos de vibración - Módulo A

MODO	EMPOTRADO	D.D. BARKAN -SAVINOV	ILICHEV	A.E. SARGSIAN	NORMA RUSA
1	0.277	0.282	0.288	0.292	0.283
2	0.147	0.183	0.200	0.208	0.186
3	0.120	0.144	0.148	0.150	0.145
4	0.085	0.086	0.109	0.136	0.086
5	0.074	0.074	0.086	0.087	0.075
6	0.073	0.074	0.075	0.078	0.074
7	0.066	0.067	0.074	0.076	0.073
8	0.064	0.065	0.070	0.074	0.067
9	0.059	0.059	0.067	0.067	0.065

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 52 se aprecia el aumento de los periodos de las formas de vibración al incluir la flexibilidad en un análisis ISE, siendo la mayor variación el de A.E Sargsian para la cuarta forma de vibración.

3.7.1.2 Desplazamientos

3.7.1.2.1 Análisis Estático

Tabla 53*Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis estático módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.00461 (0%)	0.00479 (3.908%)	0.00502 (8.967%)	0.00513 (11.355%)	0.00481 (4.472%)
2	0.00784 (0%)	0.00808 (3.035%)	0.0084 (7.129%)	0.00856 (9.131%)	0.00812 (3.52%)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 54***Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis estático módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.0011 (0%)	0.0017 (57.681%)	0.0019 (80.773%)	0.002 (90.386%)	0.0017 (61.546%)
2	0.0019 (0%)	0.0027 (45.937%)	0.0031 (66.065%)	0.0033 (74.774%)	0.0028 (49.389%)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 53, 54 se muestra el incremento de desplazamiento en centro de masa con ISE respecto a base empotrada para ambas direcciones (X, Y).

3.7.1.2.2 Análisis Dinámico

Tabla 55*Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis dinámico módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.0043 (0%)	0.0045 (4.321%)	0.0047 (9.71%)	0.0048 (12.079%)	0.0045 (4.994%)
2	0.0073 (0%)	0.0076 (3.407%)	0.0079 (7.754%)	0.0081 (9.73%)	0.0076 (3.979%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56*Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis dinámico módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.001 (0%)	0.0016 (54.851%)	0.0018 (74.752%)	0.0019 (88.02%)	0.0016 (56.634%)
2	0.0018 (0%)	0.0026 (41.93%)	0.0029 (58.625%)	0.0031 (70.66%)	0.0026 (43.483%)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 55,56 se aprecia el aumento de desplazamiento en centro de masa de análisis ISE frente a base empotrada con mayores resultados en el análisis a través de A.E. Sargsian y en el piso 1.

3.7.1.3 Distorsiones**3.7.1.3.1 Análisis Estático****Tabla 12***Distorsiones Eje X – Análisis estático módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.0047 (0%)	0.0049 (3.908%)	0.0051 (8.967%)	0.0052 (11.355%)	0.0049 (4.472%)
2	0.005 (0%)	0.0051 (1.793%)	0.0052 (4.513%)	0.0053 (5.966%)	0.0051 (2.164%)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 13***Distorsiones Eje Y – Análisis estático módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.0011 (0%)	0.002 (88.143%)	0.0023 (115.695%)	0.0024 (127.166%)	0.002 (92.753%)

2	0.0019 (0%)	0.0019 (3.352%)	0.0022 (16.235%)	0.0023 (22.196%)	0.002 (5.66%)
---	-------------	--------------------	---------------------	---------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 57,58 se observa la elevación de resultados en el análisis ISE. La mayor variación se produce en el piso 1 con el análisis A.E. Sargsian.

3.7.1.3.2 Análisis Dinámico

Tabla 59

Distorsiones Eje X – Análisis dinámico módulo A

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	0.0044 (0%)	0.0046 (4.321%)	0.0048 (9.71%)	0.0049 (12.079%)	0.0046 (4.994%)
2	0.0047 (0%)	0.0048 (2.11%)	0.0049 (4.979%)	0.005 (6.396%)	0.0048 (2.539%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60

Distorsiones Eje Y – Análisis dinámico módulo A

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	0.0012 (0%)	0.0019 (54.851%)	0.0021 (74.752%)	0.0023 (88.02%)	0.0019 (56.634%)
2	0.0014 (0%)	0.0018 (25.473%)	0.002 (38.083%)	0.0021 (48.55%)	0.0018 (26.734%)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 59,60 se visualizan valores mayores de distorsión en el análisis ISE, en el piso 1. La dirección Y con el método de A.E. Sargsian presenta la mayor variación.

3.7.1.4 Fuerzas Internas

3.7.1.4.1 Columna

3.7.1.4.1.1 Fuerza Axial Máxima

Tabla 61

Fuerza axial máxima columna (Tn) – Módulo A

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	27.2196 (0%)	20.3579 (-25.209%)	19.1049 (-29.812%)	20.4616 (-24.828%)	19.7096 (-27.59%)
2	5.1142 (0%)	4.7683 (-6.764%)	5.3063 (3.756%)	5.275 (3.144%)	4.9094 (-4.005%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 61 se aprecia el decrecimiento de valores con el análisis ISE para el piso 1, excepto el obtenido por el método Ilichev y A.E Sargsian para el piso 2.

3.7.1.4.1.2 Fuerza Cortante Máxima

Tabla 62

Fuerza cortante máxima columna (Tn) – Módulo A

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	9.1973 (0%)	9.7076 (5.548%)	13.1197 (42.647%)	17.4083 (89.276%)	9.8651 (7.261%)
2	5.1357 (0%)	5.3856 (4.866%)	6.886 (34.081%)	8.1085 (57.885%)	5.5787 (8.626%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 62 se muestra un crecimiento en los valores, siendo la mayor diferencia en el piso 1 con el método A.E. Sargsian, 89.276%.

3.7.1.4.1.3 Momento Flector Máximo

Tabla 63*Momento flector máximo columna (Tn-m) – Módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	27.9816 (0%)	29.3636 (4.939%)	39.2713 (40.347%)	52.2696 (86.8%)	29.8297 (6.605%)
2	8.6021 (0%)	8.7769 (2.032%)	11.3201 (31.597%)	14.0245 (63.036%)	8.8713 (3.129%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 63 se visualiza el incremento de valores con el análisis ISE, con la mayor variación en el piso 1 y método A.E. Sargsian.

3.7.1.4.2 Viga**3.7.1.4.2.1 Fuerza Cortante Máxima****Tabla 64***Fuerza cortante máxima viga(Tn) – Módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	15.1882 (0%)	15.0346 (-1.011%)	14.6129 (-3.788%)	14.238 (-6.256%)	14.9527 (-1.551%)
2	9.9404 (0%)	9.8431 (-0.979%)	9.5759 (-3.667%)	9.3616 (-5.823%)	9.7797 (-1.617%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 64 se presenta el decremento de valores con el análisis ISE, con la mayor variación en el piso 1 y método A.E. Sargsian.

3.7.1.4.2.2 Momento Flector Máximo

Tabla 65Momento flector máximo viga ($Tn-m$) – Módulo A

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	12.0767 (0%)	12.0872 (0.087%)	12.1519 (0.623%)	12.2723 (1.62%)	12.1116 (0.289%)
2	7.7861 (0%)	7.836 (0.641%)	8.0035 (2.792%)	9.3774 (20.438%)	7.8663 (1.03%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 65 se aprecia la elevación de valores con el análisis ISE, la mayor diferencia de 20.438% se produce en el piso 2 con el método de A.E. Sargsian.

3.7.1.4.3 Placa**3.7.1.4.3.1 Fuerza Axial Máxima****Tabla 66**Fuerza axial máxima en placa (Tn) – Módulo A

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	-24.7897 (0%)	-21.13 (-14.763%)	-21.3089 (-14.041%)	-24.2646 (-2.118%)	-21.0498 (-15.087%)
2	-16.9383 (0%)	-16.8105 (-0.755%)	-17.7315 (4.683%)	-18.6737 (10.245%)	-16.9524 (0.083%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 66 se muestra el decremento de los valores para el piso 1 hasta en un 15.087% y el aumento para el piso 2, a excepción de D.D. Barkan-Savinov.

3.7.1.4.3.2 Fuerza cortante máxima

Tabla 67*Fuerza cortante máxima en placa (Tn) – Módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	1.7587 (0%)	1.9285 (9.655%)	2.0495 (16.535%)	2.2558 (28.265%)	1.946 (10.65%)
2	0.6947 (0%)	0.7184 (3.412%)	0.8655 (24.586%)	0.9435 (35.814%)	0.7365 (6.017%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 67 se observa el aumento de valores con el análisis ISE, la mayor diferencia se efectúa en el piso 2 con el método A.E. Sargsian.

3.7.1.4.3.3 Momento Flector Máximo

Tabla 68*Momento flector máximo en placa (Tn-m) – Módulo A*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	4.7011 (0%)	5.0519 (7.462%)	5.9108 (25.732%)	6.513 (38.542%)	5.0723 (7.896%)
2	0.3685 (0%)	0.3804 (3.229%)	0.407 (10.448%)	0.4302 (16.744%)	0.3823 (3.745%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 68, gráfico 17 se aprecia el aumento de valores con el análisis ISE. La mayor variación se produce en el piso 1 con el método A.E. Sargsian.

3.7.2 Módulo B

3.7.2.1 Periodos de vibración

Tabla 69

Periodos de vibración – Módulo B

MODO	EMPOTRADO	D.D. BARKAN -SAVINOV	ILICHEV	A.E. SARGSIAN	NORMA RUSA
------	-----------	-------------------------	---------	------------------	---------------

1	0.259	0.264	0.264	0.264	0.264
2	0.156	0.159	0.159	0.159	0.159
3	0.130	0.133	0.133	0.133	0.133
4	0.085	0.085	0.085	0.085	0.085
5	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
6	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
7	0.056	0.057	0.057	0.057	0.057
8	0.055	0.056	0.056	0.056	0.056
9	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048
10	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044
11	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
12	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
13	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035
14	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
15	0.025	0.029	0.030	0.030	0.029
16	0.023	0.024	0.024	0.024	0.024
17	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021
18	0.020	0.021	0.021	0.021	0.021

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 69 se visualiza el incremento de los periodos de las formas de vibración al incluir la flexibilidad en un análisis ISE, con valores similares entre los métodos ISE.

3.7.2.2 Desplazamientos

3.7.2.2.1 Análisis Estático

Tabla 70

Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X- Análisis estático módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.00403 (0%)	0.004242 (5.261%)	0.004237 (5.136%)	0.004247 (5.385%)	0.004249 (5.434%)
2	0.006534 (0%)	0.006784 (3.826%)	0.006778 (3.734%)	0.00679 (3.918%)	0.006792 (3.949%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 71*Desplazamiento en centro de masa, Eje Y - Análisis estático módulo B*

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	0.000836 (0%)	0.000882 (5.502%)	0.000885 (5.861%)	0.000885 (5.861%)	0.000883 (5.622%)
2	0.001484 (0%)	0.001547 (4.245%)	0.001551 (4.515%)	0.001551 (4.515%)	0.001549 (4.38%)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 70, 71 se visualiza el aumento de desplazamiento en centro de masa con ISE respecto a base empotrada para ambas direcciones (X, Y), con valores mayores en el piso 1.

3.7.2.2.2 Análisis Dinámico**Tabla 72***Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X - Análisis dinámico módulo B*

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	0.003765 (0%)	0.003974 (5.551%)	0.00397 (5.445%)	0.003979 (5.684%)	0.003981 (5.737%)
2	0.006087 (0%)	0.006334 (4.058%)	0.006327 (3.943%)	0.006339 (4.14%)	0.006341 (4.173%)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 73***Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis dinámico módulo B*

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	0.000793 (0%)	0.000882 (11.223%)	0.000843 (6.305%)	0.000843 (6.305%)	0.000841 (6.053%)
2	0.001418 (0%)	0.001547 (9.097%)	0.001484 (4.654%)	0.001484 (4.654%)	0.001482 (4.513%)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 72,73 se aprecia el crecimiento de desplazamiento en centro de masa de análisis ISE frente a base empotrada con mayores resultados en el piso 1.

3.7.2.3 Distorsiones

3.7.2.3.1 Análisis Estático

Tabla 74

Distorsiones Eje X – Análisis estático módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.004122 (0%)	0.004338 (5.261%)	0.004333 (5.136%)	0.004344 (5.385%)	0.004346 (5.434%)
2	0.003886 (0%)	0.003944 (1.518%)	0.003943 (1.478%)	0.003946 (1.558%)	0.003946 (1.558%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75

Distorsiones Eje Y – Análisis estático módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.000998 (0%)	0.001052 (5.502%)	0.001056 (5.861%)	0.001056 (5.861%)	0.001054 (5.622%)
2	0.001173 (0%)	0.001204 (2.623%)	0.001206 (2.778%)	0.001206 (2.778%)	0.001206 (2.778%)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 74, 75 se observa la elevación de resultados en el análisis ISE en el piso 1. El mayor cambio se realiza con el método de la Norma Rusa para la dirección X y con el método de A.E. Sargsian e Ilichev para la dirección Y.

3.7.2.3.2 Análisis Dinámico

Tabla 76*Distorsiones Eje X – Análisis dinámico módulo B*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.003851 (0%)	0.004064 (5.551%)	0.00406 (5.445%)	0.004069 (5.684%)	0.004071 (5.737%)
2	0.003603 (0%)	0.003662 (1.637%)	0.003657 (1.507%)	0.003662 (1.637%)	0.003662 (1.637%)

Fuente: Elaboración propia**Tabla 77***Distorsiones Eje Y – Análisis dinámico módulo B*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.000946 (0%)	0.001002 (5.927%)	0.001006 (6.305%)	0.001006 (6.305%)	0.001003 (6.053%)
2	0.001131 (0%)	0.001159 (2.4%)	0.00116 (2.56%)	0.00116 (2.56%)	0.00116 (2.56%)

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 76, 77 se visualizan valores mayores de distorsión en el análisis ISE en el piso 1. En la dirección X se efectúa la mayor variación con el método de la Norma Rusa y en la dirección Y con el método de A.E. Sargsian e Ilichev.

3.7.2.4 Fuerzas internas

3.7.2.4.1 Columna

3.7.2.4.1.1 Fuerza Axial Máxima

Tabla 78*Fuerza axial máxima en columna (Tn) – Módulo B*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN - SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
----------	-------------------	----------------------------------------	-----------------	--------------------------	-----------------------

1	4.0486 (0%)	4.204 (3.838%)	4.1869 (3.416%)	4.1878 (3.438%)	4.211 (4.011%)
2	1.8198 (0%)	1.8377 (0.984%)	1.8322 (0.681%)	1.8354 (0.857%)	1.8385 (1.028%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 78 se aprecia el incremento de valores con el análisis ISE. Produciéndose la mayor variación con el método de la Norma Rusa en el piso 1.

3.7.2.4.1.2 Fuerza Cortante Máxima

Tabla 79

Fuerza cortante máxima en columna (Tn) – Módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	9.671 (0%)	9.4333 (-2.458%)	9.4048 (-2.753%)	9.4382 (-2.407%)	9.4015 (-2.787%)
2	4.3662 (0%)	4.4322 (1.512%)	4.4445 (1.793%)	4.4316 (1.498%)	4.4448 (1.8%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 79 se muestra un decremento en los valores para el piso 1 y un aumento de los valores para el piso 2.

3.7.2.4.1.3 Momento Flector Máximo

Tabla 80

Momento flector máximo en columna (Tn-m) – Módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	27.84 (0%)	26.52 (-4.741%)	26.43 (-5.065%)	26.52 (-4.741%)	26.43 (-5.065%)
2	8.33 (0%)	8.43 (1.2%)	8.44 (1.321%)	8.44 (1.321%)	8.43 (1.2%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 80 se aprecia el aumento de valores con el análisis ISE para el piso 2 y la disminución de valores para el piso 1.

3.7.2.4.2 Viga

3.7.2.4.2.1 Fuerza Cortante Máxima

Tabla 81

Fuerza cortante máxima en viga (T_n)– Módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	12.6708 (0%)	12.6427 (-0.222%)	12.6385 (-0.255%)	12.6318 (-0.308%)	12.6411 (-0.234%)
2	8.391 (0%)	8.3584 (-0.389%)	8.3425 (-0.578%)	8.3438 (-0.563%)	8.3545 (-0.435%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 81 se presenta el decremento de valores con el análisis ISE, con la mayor variación en el piso 2 y método Ilichev.

3.7.2.4.2.2 Momento Flector Máximo

Tabla 82

Momento flector máximo en viga (T_n-m)– Módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO ($\Delta\%$)	D.D. BARKAN -SAVINOV ($\Delta\%$)	ILICHEV ($\Delta\%$)	A.E. SARGSIAN ($\Delta\%$)	NORMA RUSA ($\Delta\%$)
1	8.82 (0%)	8.81 (-0.113%)	8.78 (-0.454%)	8.77 (-0.567%)	8.8 (-0.227%)
2	5.83 (0%)	5.85 (0.343%)	5.86 (0.515%)	5.87 (0.686%)	5.85 (0.343%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 82 se aprecia la elevación de valores con el análisis ISE para el piso 2 y un decremento de valores para el piso 1.

3.7.2.4.3 Placas

3.7.2.4.3.1 Fuerza Axial Máxima

Tabla 83

Fuerza axial máxima en placa (Tn)– Módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	-26.3638 (0%)	-26.2965 (-0.255%)	-26.257 (-0.405%)	-26.2643 (-0.377%)	-26.5621 (0.752%)
2	-11.1052 (0%)	-10.9411 (-1.478%)	-10.9294 (-1.583%)	-10.9419 (-1.47%)	-11.0979 (-0.066%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 83 se visualiza la disminución de valores, siendo el más notorio en el piso 2 a excepción del aumento en el piso 1, Norma Rusa.

3.7.2.4.3.2 Fuerza Cortante Máxima

Tabla 84

Fuerza cortante máxima en placa (Tn) – Módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	1.2885 (0%)	1.4297 (10.958%)	1.4369 (11.517%)	1.4357 (11.424%)	1.4104 (9.461%)
2	0.3407 (0%)	0.3481 (2.172%)	0.3392 (-0.44%)	0.3474 (1.967%)	0.3661 (7.455%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 84 se observa el aumento de valores con el análisis ISE para el piso 1 y 2, exceptuando un decremento para el piso 2 por el método de Ilichev.

3.7.2.4.3.3 Momento Flector Máximo

Tabla 85

Momento flector máximo en placa (Tn-m) – Módulo B

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	4.17 (0%)	4.57 (9.592%)	4.59 (10.072%)	4.59 (10.072%)	4.51 (8.153%)
2	1.16 (0%)	1.2 (3.448%)	1.17 (0.862%)	1.19 (2.586%)	1.24 (6.897%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 85 se aprecia el aumento de valores con el análisis ISE. La mayor variación se produce en el piso 1 con el método A.E. Sargsian e Ilichev.

3.7.3 Módulo C

3.7.3.1 Periodo de vibración

Tabla 86

Periodo de vibración en Módulo C

MODO	EMPOTRADO	D.D. BARKAN -SAVINOV	ILICHEV	A.E. SARGSIAN	NORMA RUSA
1	0.178	1.104	1.104	1.104	1.104
2	0.088	0.723	0.723	0.723	0.723
3	0.070	0.242	0.242	0.242	0.242
4	0.056	0.187	0.192	0.194	0.191
5	0.053	0.154	0.154	0.154	0.154
6	0.044	0.108	0.127	0.127	0.118
7	0.031	0.071	0.073	0.073	0.072
8	0.017	0.062	0.067	0.067	0.066
9	0.017	0.055	0.056	0.056	0.055
10	0.016	0.044	0.044	0.044	0.044
11	0.016	0.031	0.038	0.039	0.033
12	0.015	0.024	0.031	0.031	0.031
13	0.014	0.023	0.027	0.027	0.025
14	0.014	0.022	0.023	0.023	0.023
15	0.014	0.020	0.022	0.022	0.021
16	0.010	0.020	0.021	0.021	0.021
17	0.010	0.019	0.020	0.020	0.020
18	0.007	0.018	0.020	0.020	0.019

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 86 se aprecia el aumento de los periodos de las formas de vibración al incluir la flexibilidad en un análisis ISE, siendo la mayor variación el de A.E Sargsian para la segunda forma de vibración.

3.7.3.2 Desplazamiento

3.7.3.2.1 Análisis Estático

Tabla 87

Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X- Análisis estático módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.00244 (0%)	0.00268 (9.852%)	0.00284 (16.42%)	0.00287 (17.693%)	0.00279 (14.368%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 87 se visualiza el aumento de desplazamiento con el análisis ISE. La mayor variación se produce con el método de A.E. Sargsian.

Tabla 88

Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y- Análisis estático módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.0004 (0%)	0.00052 (44.134%)	0.00069 (92.179%)	0.00069 (91.341%)	0.00061 (69.553%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 88 se aprecia el incremento de desplazamiento con el análisis ISE. La variación más alta se desarrolla con el método de Ilichev.

3.7.3.2.2 Análisis Dinámico

Tabla 89

Desplazamiento en centro de masa (m), Eje X- Análisis dinámico módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.0024 (0%)	0.00268 (9.807%)	0.00282 (15.552%)	0.0023 (5.704%)	(- 0.00278 (14.198%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 89 se observa la elevación del desplazamiento con el análisis ISE, exceptuando el método de A.E. Sargsian.

Tabla 90

Desplazamiento en centro de masa (m), Eje Y - Análisis dinámico módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.0003 (0%)	0.00052 (69.737%)	0.00069 (126.645%)	0.00064 (110.855%)	0.00055 (80.921%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 90 se muestra el aumento del desplazamiento con el análisis ISE. La variación mayor se efectúa con el método de Ilichev.

3.7.3.3 Distorsiones

3.7.3.3.1 Análisis Estático

Tabla 91

Distorsiones Eje X - Análisis estático módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.00249 (0%)	0.00274 (9.852%)	0.0029 (16.42%)	0.00293 (17.693%)	0.00285 (14.368%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 91 se visualiza el incremento de la distorsión con el análisis ISE. La variación mayor se efectúa con el método de A.E. Sargsian.

Tabla 92

Distorsiones Eje Y - Análisis estático módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.00043 (0%)	0.00062 (44.134%)	0.00082 (92.179%)	0.0007 (64.006%)	0.00072 (69.553%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 92 se visualiza el incremento de la distorsión con el análisis ISE. La diferencia más alta se produce con el método de Ilichev.

3.7.3.3.2 Análisis Dinámico

Tabla 93

Distorsiones Eje X – Análisis dinámico módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.00249 (0%)	0.00274 (9.807%)	0.00288 (15.552%)	0.00235 (5.704%)	(- 0.00285 (14.198%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 93 se muestra el aumento de la distorsión con el análisis ISE, excepto el método de A.E. Sargsian.

Tabla 94

Distorsiones Eje Y – Análisis dinámico módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.00036 (0%)	0.00055 (51.316%)	0.00082 (126.645%)	0.00066 (80.733%)	0.00066 (80.921%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 93 se aprecia la elevación de los valores con el análisis ISE. La variación más alta se produce con el método de Ilichev.

3.7.3.4 Fuerzas internas

3.7.3.4.1 Columna

3.7.3.4.1.1 Fuerza Axial Máxima

Tabla 95*Fuerza axial máxima en columna (Tn) – Módulo C*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	1.3024 (0%)	2.307 (77.135%)	2.7786 (113.345%)	2.5586 (96.453%)	1.6348 (25.522%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 95 se presenta el incremento de valores con el análisis ISE.

Produciéndose la mayor variación con el método Ilichev.

3.7.3.4.1.2 Fuerza Cortante Máxima

Tabla 96*Fuerza cortante máxima en columna (Tn)– Módulo C*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	3.4749 (0%)	3.9197 (12.8%)	3.8684 (11.324%)	3.2024 (-7.842%)	3.9246 (12.941%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 96 se muestra un crecimiento en los valores con el análisis ISE, exceptuando el método de A.E. Sargsian.

3.7.3.4.1.3 Momento Flector Máximo

Tabla 97*Momento flector máximo en columna (Tn-m)– Módulo C*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	6.9909 (0%)	9.6717 (38.347%)	9.375 (34.103%)	7.8134 (11.765%)	9.5429 (36.505%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 97 se visualiza el incremento de valores con el análisis ISE, con la mayor variación de 38.347%, método D.D. Barkan Savinov.

3.7.3.4.2 Viga

3.7.3.4.2.1 Fuerza Cortante Máxima

Tabla 98

Fuerza cortante máxima en viga (Tn)– Módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	8.4803 (0%)	8.5917 (1.314%)	8.6943 (2.523%)	8.6936 (2.515%)	8.6652 (2.18%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 98 se presenta la elevación de valores con el análisis ISE, con la mayor variación por el método Ilichev.

3.7.3.4.2.2 Momento Flector Máximo

Tabla 99

Momento flector máximo en viga(Tn-m) – Módulo C

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	6.5274 (0%)	7.013 (7.439%)	7.0121 (7.426%)	7.0123 (7.429%)	6.9966 (7.188%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 99 se aprecia el aumento de valores con el análisis ISE, la mayor diferencia se produce con el método de D.D. Barkan Savinov.

3.7.3.4.3 Placa

3.7.3.4.3.1 Fuerza Axial Máxima

Tabla 100*Fuerza axial máximo en placa (Tn) – Módulo C*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	-11.7547 (0%)	-13.3167 (13.288%)	-12.9431 (10.11%)	-12.6936 (7.987%)	-12.9738 (10.371%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 100 se visualiza el aumento de valor hasta en un 13.288%.

3.7.3.4.3.2 Fuerza Cortante Máxima**Tabla 101***Fuerza cortante máximo en placa (Tn) – Módulo C*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	0.5816 (0%)	0.5287 (-9.096%)	0.4414 (-24.106%)	0.2066 (-64.477%)	0.4368 (-24.897%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 101 se observa la disminución de valores con A.E. Sargsian.

3.7.3.4.3.3 Momento Flector Máximo**Tabla 102***Momento flector máximo en placa (Tn-m)– Módulo C*

Nº PISOS	EMPOTRADO (Δ%)	D.D. BARKAN -SAVINOV (Δ%)	ILICHEV (Δ%)	A.E. SARGSIAN (Δ%)	NORMA RUSA (Δ%)
1	1.7963 (0%)	2.0078 (11.774%)	1.6383 (-8.796%)	0.7096 (-60.497%)	1.6253 (-9.52%)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 102 se visualiza el decremento de valores con el análisis ISE, exceptuando el método de D.D. Barkan-Savinov.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Módulo A:

-El periodo de vibración se incrementa con la inclusión de la interacción suelo-estructura, la mayor variación se produce en la cuarta forma de vibración, A.E. Sargsian, aumentando un 60%.

-El desplazamiento en centro de masa aumenta desde un 3.035% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov, dirección X) hasta un 90.386% (piso 1, A.E. Sargsian, dirección Y) en el análisis estático, y desde un 3.407% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov, dirección X) hasta un 88.02% (piso 1, A. E. Sargsian dirección Y) en el análisis dinámico.

-La distorsión se eleva desde un 1.793% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov, dirección X), hasta un 90.386% (piso 1, A.E. Sargsian, dirección Y), para el análisis estático, y desde un 2.11% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov, dirección X) hasta un 88.02% (piso 1, A.E. Sargsian, dirección Y) en el análisis dinámico.

- En la columna disminuye la fuerza axial desde un -29.812% (Ilichev) en el piso 1 hasta aumentar 3.756% (Ilichev) en el piso 2. La fuerza cortante se incrementa desde un 4.866% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov), hasta un 89.276% (piso 1, A.E. Sargsian). El momento flector máximo aumenta desde un 2.032% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov), hasta un 86.8% (piso 1, A.E. Sargsian).

-En la viga disminuye la fuerza cortante para ambo pisos, desde -0.979% (piso2, D.D. Barkan-Savinov) hasta un -6.256% (piso 1, A.E. Sargsian). El momento flector aumenta desde un 0.087% (piso 1, D.D. Barkan-Savinov) hasta un 20.438% (piso 2, A.E. Sargsian).

-En la placa la fuerza axial decrece hasta -15.087% (piso1, Norma Rusa), la fuerza cortante se eleva desde un 3.412% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov) hasta un 28.265% (piso 1, A.E. Sargsian). El momento flector se acrecienta desde un 3.229% (piso 2, D.D. Barkan-Savinov) hasta un 38.542% (piso 1, A.E. Sargsian).

4.2 Módulo B:

-El periodo de vibración aumenta con la incorporación de interacción suelo-estructura con periodos similares entre los métodos de ISE. La mayor diferencia se produce en el modo 3, 2.308%.

- El desplazamiento en centro de masa se acrecienta desde un 3.734% (piso 2, Ilichev, dirección X) hasta un 5.861% (piso 1, A. E. Sargsian e Ilichev, dirección Y) para en análisis estático. En el análisis dinámico se incrementa desde un 3.943% (piso 2, Ilichev, dirección X), hasta un 11.223% (piso 1, D.D. Barkan-Savinov, dirección Y).

-La distorsión se acrecienta desde un 1.478% (piso 2, Ilichev, dirección X) hasta un 5.861% (piso 1, Ilichev y A.E. Sargsian, dirección Y) en el análisis estático, y en el análisis dinámico desde un 1.507% hasta un 6.305% similar al análisis estático.

-En la columna la fuerza axial aumenta hasta un 4.011% (piso 1, Norma Rusa), la fuerza cortante disminuye en el piso 1 hasta un -2.787% (Norma Rusa) y se incrementa en el piso 2 hasta un 1.8% (Norma Rusa). El momento flector se reduce en el piso 1 hasta un -5.065% (Ilichev, Norma Rusa) y se eleva en el piso 2 hasta un 1.321% (Ilichev, Sargsian).

-En la viga la fuerza cortante se aminora hasta un -0.578% en el piso 2 (Ilichev), y el momento flector se reduce para el nivel 1 hasta en un -0.567% (A.E. Sargsian), para el nivel 2 se incrementa hasta en un 0.686% (A.E. Sargsian).

-En la placa la fuerza axial disminuye hasta -1.583% (piso2, Ilichev), la fuerza cortante se acrecienta hasta un 11.517% en el piso 1 (Ilichev) y el momento flector se eleva hasta un 10.072% en el piso 1 (Ilichev y A.E. Sargsian).

4.3 Módulo C:

-El periodo de vibración se acrecienta notoriamente en el análisis interacción suelo estructura con valores similares entre ellos, con la mayor diferencia en el modo 2.

-El desplazamiento y distorsión se eleva hasta en un 92.179% (Ilichev, dirección Y) para el análisis estático, y hasta en un 126.645% (Ilichev, dirección Y) en el análisis dinámico.

- En la columna, la fuerza axial se incrementa hasta en un 113.345% (Ilichev), la fuerza cortante se eleva hasta en un 12.941% (Norma Rusa) y disminuye en un -7.842% (Ilichev). El momento flector aumenta hasta en un 36.505%(Norma Rusa).

- En la viga, la fuerza cortante aumenta hasta en un 2.523% (Ilichev), el momento flector hasta en un 7.429% (A.E. Sargsian).

-En la placa la fuerza axial aumenta hasta un 13.288%(D.D. Barkan-Savinov), la fuerza cortante disminuye hasta en un -27.425% (Ilichev) y aumenta hasta en un 44.18% (D.D. Barkan-Savinov), el momento flector disminuye hasta en un -60.497% (A.E. Sargsian) y aumenta hasta en un 11.774% (D.D. Barkan-Savinov).

4.4 Contrastación de la hipótesis

La variación en el comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios “Recuperación del centro educativo N° 81771 en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad”, al incorporar el análisis de interacción suelo estructura se manifiesta a través del incremento de los periodos de vibración, desplazamientos, derivas a excepción de la disminución de esfuerzos internos, debido a que se obtuvo incrementos de hasta 89.276%, 11.517% y 113.345% para el piso 1 de los módulos A, B y C respectivamente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. La incorporación de un análisis interacción suelo-estructura, en un suelo tipo S3, genera cambios significativos en el comportamiento estructural de una edificación con mayores desplazamiento, distorsiones, periodos y modificaciones en los esfuerzos internos de los elementos estructurales lo que se traduce en una optimización de cuantía para satisfacer diseños estructurales, impactando la parte económica y de programación dentro de un proyecto.
2. En el módulo A, aumenta el periodo de vibración hasta en un 60%, el mayor desplazamiento (90.386%) y distorsión (90.386%) se produce en el piso 1 y dirección Y con A.E. Sargsian. Los esfuerzos internos máximos se incrementan en columna, viga y placa a excepción de la fuerza axial de columna en piso 1 y fuerza cortante para viga donde decientan.
3. En el módulo B, se incrementa el periodo de vibración hasta un 2.308%, el desplazamiento de centro de masa mayor es de 11.223% y el de distorsión de 6.305% en el piso 1 con Ilichev y A.E. Sargsian. En la columna la fuerza axial aumenta hasta 4.011%, en la viga el momento flector se reduce hasta en un -0.567% para el piso 1 y en la placa la fuerza axial disminuye hasta -1.583% en el piso 2.
4. En el módulo C, se eleva el periodo de vibración, el desplazamiento y distorsión aumenta hasta un 126.645% por Ilichev. En la columna la fuerza axial crece hasta un 113.345%, el momento flector de la viga hasta un 7.429% y la fuerza axial de la placa hasta un 13.288%.
5. La mayor variación en esfuerzos internos se produce conjuntamente con el modelo de mayor diferencia en el periodo de vibración. Además, la dirección Y fue la que sufrió mayor cambio en cuanto a distorsión y desplazamiento, por su configuración de sistema estructural con coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas mayor y una menor rigidez lateral.

5.2 Recomendaciones

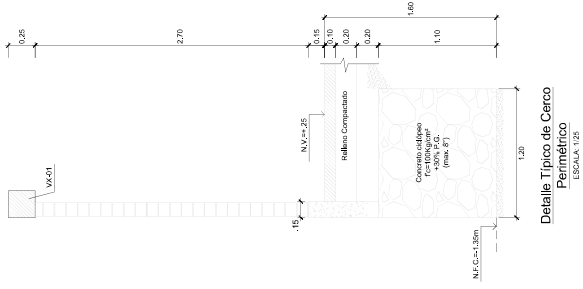
1. Tener en cuenta un correcto y detallado estudio de mecánica de suelos y cálculo de los coeficientes de rigidez para su correcta aplicación en el modelo a diseñar, de esta forma asegurar un comportamiento estructural más real.
2. Se recomienda realizar un análisis estructural interacción suelo estructura para edificaciones de tipo esencial educacional que estén cimentadas sobre un suelo blando y cuya rigidez en la estructura sea de configuración de muros estructurales de concreto debido al contraste de rigidez presente entre los sistemas estructura suelo y de esta forma verificar que la respuesta estructural no sea mayor a los valores permitidos por la norma técnica sismorresistente E.030.
3. Para futuras línea de investigación sobre interacción suelo-estructura realizar el modelamiento de enfoque de análisis directo a través de elementos finitos para comparar la variación entre el enfoque de subestructura y el enfoque de análisis directo y determinar el enfoque que se aproxime al comportamiento real de la estructura.

Referencias bibliográficas

- ✓ Aquino Carmona, C. y Rodríguez Cortez, M. (2015). *Comparación de la respuesta estructural de los módulos b y c de la I. E. Julio Ramón Ribeyro considerando y sin considerar la interacción suelo – estructura* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/9431>
- ✓ Ballén Díaz, C. (2015). *Interacción suelo estructura, para edificaciones de muros de concreto, en suelos blandos* [Tesis de maestría, Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/185>
- ✓ Carreño Nieto, A. y Echeverry Loaiza, C. (2018). *Caracterización de la curva histerética para la madera Chuzque* [Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/20645/EcheverryLoaizaCesarAdolfo-Carre%C3%B1oNietoAndresFelipe2018.pdf?sequence=1&IsAllowed=y>
- ✓ Condorluicho Luna, L. (2023). *Influencia de la interacción suelo-estructura en la respuesta dinámica de un edificio aporticado en Cajamarca* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5501>
- ✓ Federal Emergency Management Agency (FEMA P-2091). (2020). *A Practical Guide to Soil-Structure Interaction*. <https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema-p-2091-soil-structure-interaction.pdf>
- ✓ Fernández, R. (2013). *Influencia de la interacción dinámica suelo estructura en la respuesta dinámica de las estructuras (Parte I)* [Archivo PDF]. <http://imcyc.com/revistacyt/mayo2013/pdfs/ingenieria.pdf>
- ✓ Garces Giraldo, L. (2019). *Análisis estructural de interacción suelo estructura y el sismorresistente aplicado en una edificación de concreto armado, Pativilca 2019* [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3066>

- ✓ Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de Materiales Octava Edición*. Mexico: Pearson.
- ✓ López Campos, W. y Ocas Llanos, M. (2021). *Comportamiento estructural al incorporar la interacción suelo-estructura de una edificación de cuatro niveles en la Molina-Cajamarca* [Tesis de grado, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/28236>
- ✓ National Institute of Standards and Technology (NIST GCR 12-917-21). (2012). *Soil- Structure Interaction for building Structures*. <https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr12-917-21.pdf>
- ✓ Picón Santamaría, A. y Ruiz Sánchez, L. (2019). *Análisis del problema de interacción suelo – estructura para un pórtico 2D en suelos granulares* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14314>
- ✓ Resolución Ministerial N° 043-Vivienda de 2019. Norma técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Perú
- ✓ Satélite Air Bus. (2024). Virú, La Libertad. [Imagen Satelital]. Google Earth Pro
- ✓ Tena, A. (2019). Interacción suelo-estructura, reflexiones sobre su importancia en la respuesta dinámica de estructuras durante sismos. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*. México.
- ✓ Villareal Castro, G. (2009). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas*. Lima, Perú.

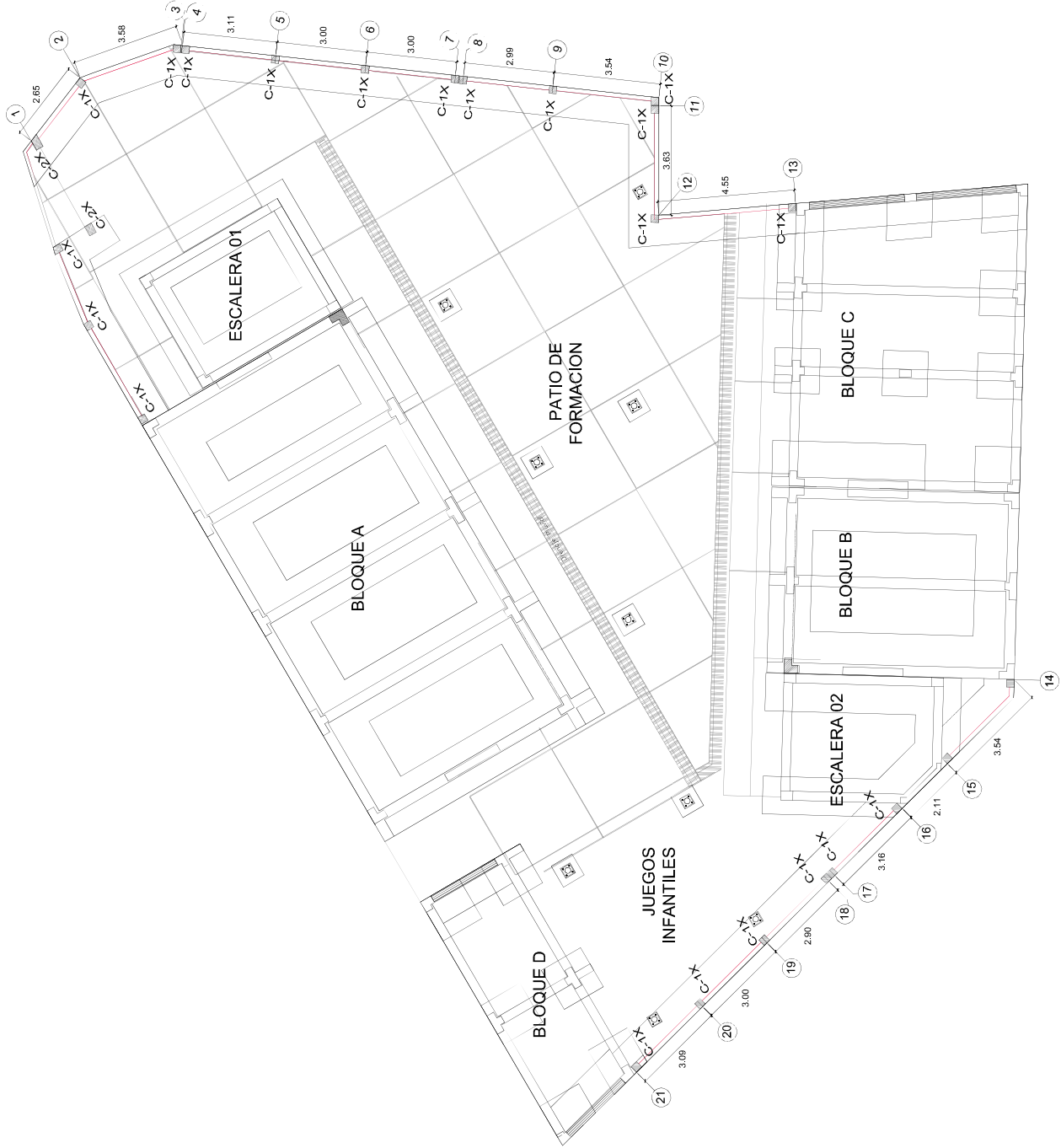
ANEXO N° 01 PLANOS



Detalle Típico de Cerco Perimétrico
ESCALA 1:25

CUADRO DE COLUMNAS Y VIGAS ESCALA 1:25

Tipo	SECCIÓN	Refuerzo	Estribos	Requisito
C-1X		4Ø12*	1 Ø3/8* 1 Ø8/10 ØØ.20 Ø/VNL	r = 4.0 mm
C-2X		6Ø12*	1 Ø3/8* 1 Ø8/10 ØØ.20 Ø/VNL	r = 4.0 mm
VX-01		4Ø12*	1 Ø3/8* 1 Ø8/10 ØØ.20 Ø/VNL	r = 4.0 mm



ANEXO N°02 METRADO DE CARGAS

I. MÓDULO A

PISO 1

CARGA MUERTA

Peso losa aligerada casetón tecnopor

	Peso kg/m ³	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Losas	Peso Parcial
Eje 1-2/4-5 ;Eje A-C (e=0.20m)	215	7,170	3,460	24,808	2	10.667,526
Eje 2-4 ;Eje A-C (e=0.20m)	215	7,170	3,570	25,597	2	11.006,667
Eje 1-2/4-5 ;Eje A'-A (e=0.20m)	215	1,850	3,460	6,401	2	2.752,430
Eje 2-4 ;Eje A'-A (e=0.20m)	215	1,850	3,570	6,605	2	2.839,935
Peso Total						27.266,558

Peso vigas

	Peso kg/m ³	Longitud m	Ancho m	Peralte m	Cant. Vigas	Peso Parcial
Eje 1/5 ;Eje B-C V-104A (0.25X0.60)	2400	2,335	0,250	0,600	2	1.681,200
Eje 1/5 ;Eje A-B V-103A (0.25X0.60)	2400	2,335	0,250	0,600	2	1.681,200
Eje 1/5 ;Eje A'-A V-102A (0.25X0.60)	2400	2,000	0,250	0,600	2	1.440,000
Eje 2/3/4 ;Eje A-C V-106A (0.25X0.60)	2400	6,700	0,250	0,600	3	7.236,000
Eje 2/3/4 ;Eje A'-A V-105A (0.25X0.60)	2400	2,000	0,250	0,600	3	2.160,000
Eje A/C ;Eje 1-2/4-5 V-101A (0.25X0.40)	2400	2,885	0,250	0,400	4	2.769,600
Eje A/C ;Eje 2-4 V-101A (0.25X0.40)	2400	2,920	0,250	0,400	4	2.803,200
Eje A' ;Eje 1-2/4-5 VF 1 (0.25X0.40)	2400	3,460	0,150	0,600	2	1.494,720
Eje A' ;Eje 2-4 VF 1 (0.25X0.40)	2400	3,570	0,150	0,600	2	1.542,240
Peso Total						22.808,160

Peso piso terminado

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3/3-5 ;Eje A-C (e=0.05m)	100			52,11	2	10.422,000
Eje 1-5 ;Eje A'-A (e=0.05m)	100			27,39	1	2.739,000
Peso Total						13.161,000

Peso tabiquería

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3/3-5 ;Eje A-C (e=0.05m)	100			52,11	2	10.422,000
Eje 1-5 ;Eje A'-A (e=0.05m)	100			27,39	1	2.739,000
Peso Total						13.161,000

Peso columnas

	Peso kg/m3	Área m2	Altura m	N° Columnas	Peso Parcial
Eje 1/5 ;Eje A/C C-02 (L: 0.50X0.25)	2400	0,190	4,600	4,000	8.390,400
Eje 2/3/4 ;Eje A/C C-01 (T:0.90X0.25)	2400	0,260	4,600	6,000	17.222,400
Peso Total					25.612,800

Peso muros

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Altura m	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1/5; Eje A-C PLC-01 (0.25X2.00)	2400	2	0,25	4,6	2	11.040,000
Peso Total						11.040,000

PESO TOTAL tn (CM)	113,050
-----------------------------	----------------

CARGA VIVA

Sobrecarga

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3/3-5 ;Eje A-C Aulas	250			52,11	2	26.055,000
Eje 1-5 ;Eje A'-A Pasadizo	400			27,39	1	10.956,000
Peso Total						37.011,000

PESO TOTAL tn (CV)	37,011
-----------------------------	---------------

PISO 2

CARGA MUERTA

Peso losa aligerada casetón tecnopor

	Peso kg/m3	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Losas	Peso Parcial
Eje 1-2/4-5; Eje A-C (e=0.20m)	215	7,170	3,460	24,808	2	10.667,526
Eje 2-4; Eje A-C (e=0.20m)	215	7,170	3,570	25,597	2	11.006,667
Eje 1-2/4-5; Eje A'-A (e=0.20m)	215	1,850	3,460	6,401	2	2.752,430
Eje 2-4; Eje A'-A (e=0.20m)	215	1,850	3,570	6,605	2	2.839,935
Peso Total						27.266,558

Peso vigas

	Peso kg/m3	Longitud m	Ancho m	Peralte m	Cant. Vigas	Peso Parcial
Eje 1/5 ;Eje B-C	2400	2,335	0,250	0,600	2	1.681,200
Eje 1/5 ;Eje A-B	2400	2,335	0,250	0,600	2	1.681,200
Eje 1/5 ;Eje A'-A	2400	2,000	0,250	0,600	2	1.440,000
Eje 2/3/4 ;Eje A-C	2400	6,700	0,250	0,600	3	7.236,000
Eje 2/3/4 ;Eje A'-A	2400	2,000	0,250	0,600	3	2.160,000
Eje A/C ;Eje 1-2/4-5	2400	2,885	0,250	0,400	4	2.769,600
Eje A/C ;Eje 2-4	2400	2,920	0,250	0,400	4	2.803,200
Eje A' ;Eje 1-2/4-5	2400	3,460	0,150	0,600	2	1.494,720
Eje A' ;Eje 2-4	2400	3,570	0,150	0,600	2	1.542,240
Peso Total						22.808,160

Peso piso terminado

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3/3-5; Eje A-C (e=0.05m)	100			52,11	2	10.422,000
Eje 1-5; Eje A'-A (e=0.05m)	100			27,39	1	2.739,000
Peso Total						13.161,000

Peso tabiquería

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Area m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3/3-5; Eje A-C (e=0.05m)	100			52,11	2	10.422,000
Eje 1-5; Eje A'-A (e=0.05m)	100			27,39	1	2.739,000
Peso Total						13.161,000

Peso columnas

	Peso kg/m ³	Area m ²	Altura m	N° Columnas	Peso Parcial
Eje 1/5 ;Eje A/C	2400	0,190	3,400	4,000	6.201,600
Eje 2/3/4 ;Eje A/C	2400	0,260	3,400	6,000	12.729,600
Peso Total					18.931,200

Peso muros concreto armado

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Altura m	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1/5 ;Eje A-C	2400	2	0,25	3,4	2	8.160,000
Peso Total						8.160,000

PESO TOTAL tn (CM)	103,488
-----------------------------	----------------

CARGA VIVA**Sobrecarga**

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3/3-5 ;Eje A-C	100			52,11	2	10.422,000
Eje 1-5 ;Eje A'-A	100			27,39	1	2.739,000
Peso Total						13.161,000

PESO TOTAL tn (CV)	13,161
-----------------------------	---------------

PISO	CM (ton)	CV (ton)	P (ton)	Ps (ton)
1	113,050	37,011	150,06	131,56
2	103,488	13,161	116,65	110,07
	216,537	50,172	266,71	241,62

I. MÓDULO B**PISO 1****CARGA MUERTA**

Peso losa aligerada casetón tecnopor

	Peso kg/m3	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Losas	Peso Parcial
Eje 1-2/2-3 ;Eje A-C (e=0.20m)	215	7,145	2,702	19,306	2	8.301,490
Eje 1-2/2-3 ;Eje C-C' (e=0.20m)	215	1,850	2,702	4,999	2	2.149,441
Peso Total						10.450,931

Peso vigas

	Peso kg/m3	Longitud m	Ancho m	Peralte m	Cant. Vigas	Peso Parcial
Eje 1/3 ;Eje A-B V-202B (0.25X0.60)	2400	3,200	0,250	0,600	2	2.304,000
Eje 1/3 ;Eje B-C V-203B (0.25X0.60)	2400	1,450	0,250	0,600	2	1.044,000
Eje 1/3 ;Eje C-C' V-204B (0.25X0.60)	2400	2,000	0,250	0,600	2	1.440,000
Eje 2 ;Eje A-C V-205B (0.25X0.60)	2400	6,845	0,250	0,600	1	2.464,200
Eje 2 ;Eje C-C' V-206B (0.25X0.60)	2400	2,000	0,250	0,600	1	720,000
Eje A/C ;Eje 1-2/2-3 V-201B (0.25X0.40)	2400	2,125	0,250	0,400	4	2.040,000
Eje C' ;Eje 1-2/2-3 VF 1 (0.15X0.60)	2400	2,702	0,150	0,600	2	1.167,264
Peso Total						11.179,464

Peso piso terminado

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3 ;Eje A-C (e=0.05m)	100			40,31	1	4.031,000
Eje 1-3 ;Eje C-C' (e=0.05m)	100			10,46	1	1.046,000
Peso Total						5.077,000

Peso tabiquería

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3 ;Eje A-C	100			40,31	1	4.031,000
Eje 1-3 ;Eje C-C'	100			10,46	1	1.046,000
Peso Total						5.077,000

Peso columnas

	Peso kg/m3	Área m2	Altura m	N° Columnas	Peso Parcial
Eje 1/3 ;Eje A/C C-01 (L: 0.50X0.25)	2400	0,190	4,600	4,000	8.390,400
Eje 2 ;Eje A/C C-02 (T:0.90X0.25)	2400	0,260	4,600	2,000	5.740,800
Peso Total					14.131,200

Peso muros concreto armado

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Altura m	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1/3 ;Eje A-C	2400	2	0,25	4,6	2	11.040,000
Peso Total						11.040,000

PESO TOTAL tn (CM)	56,956
-----------------------------	---------------

CARGA VIVA

Sobrecarga

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3 ;Eje A-C Aulas	250			40,31	1	10.077,500
Eje 1-3 ;Eje C-C' Pasadizo	400			10,46	1	4.184,000
Peso Total						14.261,500

PESO TOTAL Tn (CV)	14,262
-----------------------------	---------------

PISO 2

CARGA MUERTA

Peso losa aligerada casetón tecnopor

	Peso kg/m ³	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Losas	Peso Parcial
Eje 1-2/2-3 ;Eje A-C (e=0.20m)	215	7,145	2,702	19,306	2	8.301,490
Eje 1-2/2-3 ;Eje C-C' (e=0.20m)	215	1,850	2,702	4,999	2	2.149,441
Peso Total						10.450,931

Peso vigas

	Peso kg/m ³	Longitud m	Ancho m	Peralte m	Cant. Vigas	Peso Parcial
Eje 1/3 ;Eje A-B	2400	3,200	0,250	0,600	2	2.304,000
Eje 1/3 ;Eje B-C	2400	1,450	0,250	0,600	2	1.044,000
Eje 1/3 ;Eje C-C'	2400	2,000	0,250	0,600	2	1.440,000
Eje 2 ;Eje A-C	2400	6,845	0,250	0,600	1	2.464,200
Eje 2 ;Eje C-C'	2400	2,000	0,250	0,600	1	720,000
Eje A/C ;Eje 1-2/2-3	2400	2,125	0,250	0,400	4	2.040,000
Eje C' ;Eje 1-2/2-3	2400	2,702	0,150	0,600	2	1.167,264
Peso Total						11.179,464

Peso piso terminado

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3 ;Eje A-C (e=0.05m)	100			40,31	1	4.031,000
Eje 1-3 ;Eje C-C' (e=0.05m)	100			10,46	1	1.046,000
Peso Total						5.077,000

Peso tabiquería

	Peso kg/m ²	Longitud m	Ancho m	Área m ²	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3 ;Eje A-C	100			40,31	1	4.031,000
Eje 1-3 ;Eje C-C'	100			10,46	1	1.046,000
Peso Total						5.077,000

Peso columnas

	Peso kg/m3	Área m2	Altura m	N° Columnas	Peso Parcial
Eje 1/3 ;Eje A/C	2400	0,190	3,400	4,000	6.201,600
Eje 2 ;Eje A/C	2400	0,260	3,400	2,000	4.243,200
Peso Total					10.444,800

Peso muros concreto armado

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Altura m	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1/3 ;Eje A-C	2400	2	0,25	3,4	2	8.160,000
Peso Total						8.160,000

PESO TOTAL tn (CM)					50,389
-----------------------------	--	--	--	--	---------------

CARGA VIVA

Sobrecarga

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-3 ;Eje A-C	100			40,31	1	4.031,000
Eje 1-3 ;Eje C-C'	100			10,46	1	1.046,000
Peso Total						5.077,000

PESO TOTAL tn (CV)					5,077
-----------------------------	--	--	--	--	--------------

PISO	CM (ton)	CV (ton)	P (ton)	Ps (ton)
1	56,956	14,262	71,22	64,09
2	50,389	5,077	55,47	52,93
	107,345	19,339	126,68	117,01

I. MÓDULO C

PISO 1

CARGA MUERTA

Peso losa aligerada casetón tecnopor

	Peso kg/m3	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Losas	Peso Parcial
Eje 1-2 ;Eje A-C (e=0.20m)	215	7,145	3,455	24,686	1	5.307,485
Eje 2-3 ;Eje A-C (e=0.20m)	215	7,145	2,500	17,863	1	3.840,438
Eje 3-4 ;Eje A-C (e=0.20m)	215			20,380	1	4.381,700
Eje 1-2 ;Eje C-C' (e=0.20m)	215	1,850	3,455	6,392	1	1.374,226
Eje 2-3 ;Eje C-C' (e=0.20m)	215	1,850	2,500	4,625	1	994,375
Eje 3-4 ;Eje C-C' (e=0.20m)	215			4,300	1	924,500
Peso Total						16.822,723

Peso vigas

	Peso kg/m3	Longitud m	Ancho m	Peralte m	Cant. Vigas	Peso Parcial
Eje 1 ;Eje A-B V-102C (0.25X0.40)	2400	3,300	0,250	0,400	1	792,000
Eje 1 ;Eje B-C V-103C (0.25X0.40)	2400	1,450	0,250	0,400	1	348,000
Eje 1 ;Eje C-C' V-104C (0.25X0.40)	2400	2,000	0,250	0,400	1	480,000
Eje 2 ;Eje A-B V-105C (0.25X0.40)	2400	3,300	0,250	0,400	1	792,000
Eje 2 ;Eje B-C V-106C (0.25X0.40)	2400	1,450	0,250	0,400	1	348,000
Eje 2 ;Eje C-C' V-107C (0.25X0.40)	2400	2,000	0,250	0,400	1	480,000
Eje 3 ;Eje A-C V-108C (0.25X0.60)	2400	6,850	0,250	0,600	1	2.466,000
Eje 3 ;Eje C-C' V-109C (0.25X0.40)	2400	2,000	0,250	0,600	1	720,000
Eje 4 ;Eje A-B V-110C (0.25X0.40)	2400	3,325	0,250	0,400	1	798,000
Eje 4 ;Eje B-C V-111C (0.25X0.40)	2400	3,170	0,250	0,400	1	760,800
Eje 4 ;Eje C-C' V-112C (0.25X0.40)	2400	2,015	0,250	0,400	1	483,600
Peso Total						8.468,400

Peso piso terminado

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-4 ;Eje A-C (e=0.05m)	100			66,29	1	6.629,000
Eje 1-4 ;Eje C-C' (e=0.05m)	100			16,24	1	1.624,000
Peso Total						8.253,000

Peso tabiquería

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-4 ;Eje A-C (e=0.05m)	100			66,29	1	6.629,000
Eje 1-4 ;Eje C-C' (e=0.05m)	100			16,24	1	1.624,000
Peso Total						8.253,000

Peso columnas

	Peso kg/m3	Área m2	Altura m	N° Columnas	Peso Parcial
Eje 1/4 ;Eje A/C C-02 (L: 0.40X0.25)	2400	0,140	4,600	2,000	3.091,200
Eje 4 ;Eje A C-02 (L: 0.40X0.25)	2400	0,130	4,600	1,000	1.435,200
Eje 1 ;Eje C C-01 (L: 0.50X0.25)	2400	0,190	4,600	1,000	2.097,600
Eje 2/3 ;Eje A/C C-04 (T: 0.70X0.25)	2400	0,210	4,600	4,000	9.273,600
Eje 2/4 ;Eje B C-05 (L: 0.25X0.40)	2400	0,100	4,600	2,000	2.208,000
Peso Total					18.105,600

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Altura m	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1 ;Eje A-C PLC-01 (0.25X2.00)	2400	2	0,25	4,6	1	5.520,000
Peso Total						5.520,000

PESO TOTAL tn (CM)	65,423
-----------------------------	---------------

CARGA VIVA

Sobrecarga

	Peso kg/m2	Longitud m	Ancho m	Área m2	N° Veces	Peso Parcial
Eje 1-4 ;Eje A-C	100			66,29	1	6.629,000
Eje 1-4 ;Eje C-C'	100			16,24	1	1.624,000
Peso Total						8.253,000

PESO TOTAL tn (CV)	8,253
-----------------------------	--------------

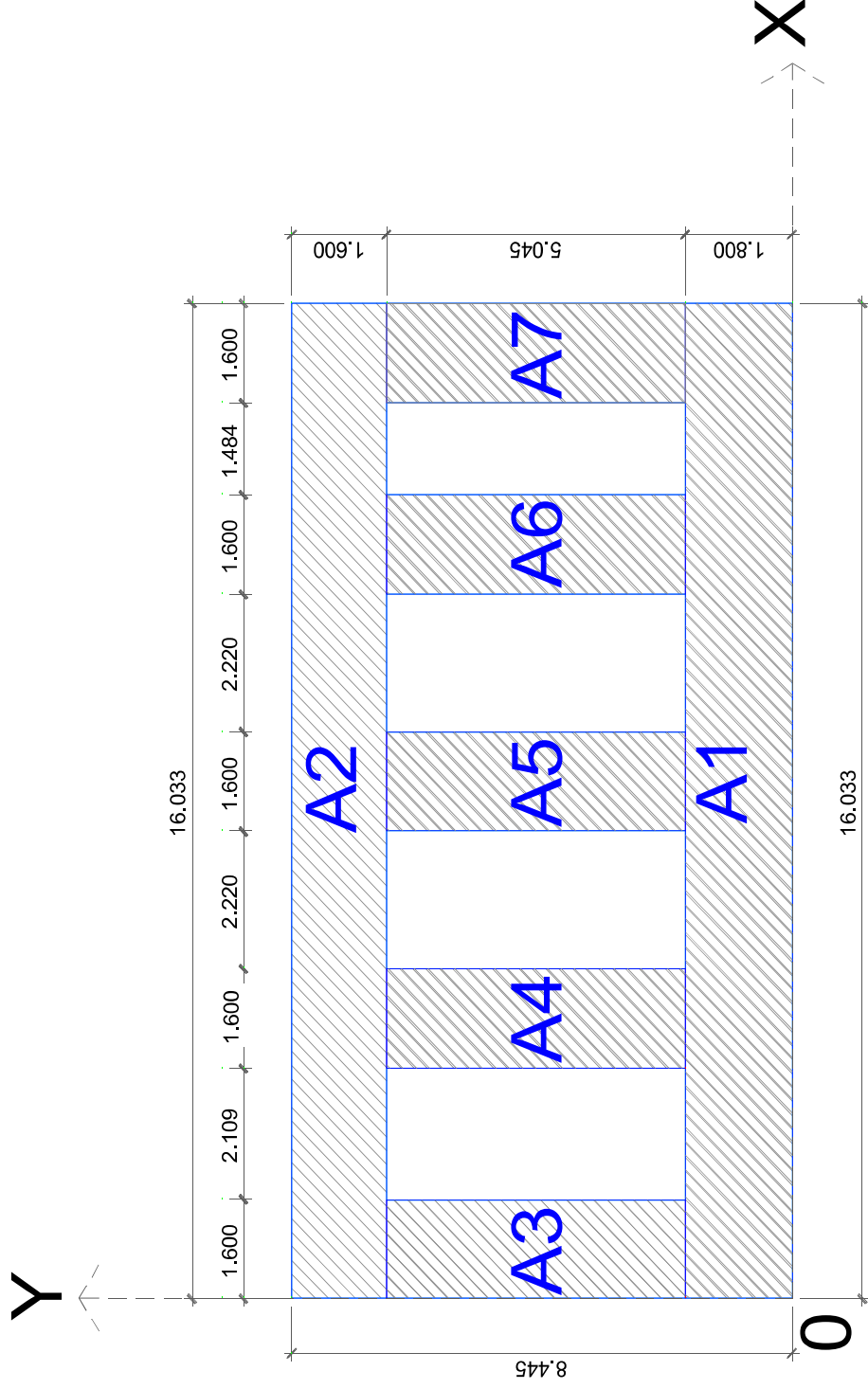
PISO	CM (ton)	CV (ton)	P (ton)	Ps (ton)
1	65,423	8,253	73,68	69,55
	65,423	8,253	73,68	69,55

ANEXO N°03 CÁLCULOS

CÁLCULO DE MOMENTO DE INERCIAS

I. MÓDULO A

1.1 Vista en planta de cimentación



1.2 Cálculo de centro de gravedad

De acuerdo a las fórmulas

$$(X_{c.g.}) * (\Sigma A_i) = \Sigma(A_i * X_i)$$

$$(Y_{c.g.}) * (\Sigma A_i) = \Sigma(A_i * Y_i)$$

Se calcula

A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7	
B1	H1	B2	H2	B3	H3	B4	H4	B5	H5	B6	H6	B7	H7
16.033	1.8	16.033	1.6	1.6	5.045	1.6	5.045	1.6	5.045	1.6	5.045	1.6	5.045
28.859 m²		25.653 m²		8.072 m²		8.072 m²		8.072 m²		8.072 m²		8.072 m²	
Centro de gravedad													
X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4	X5	Y5	X6	Y6	X7	Y7
8.0165	0.9	8.0165	7.645	0.8	4.3225	4.509	4.3225	8.329	4.3225	12.149	4.3225	15.233	4.3225

				TOTAL
Ai.Xi	231.351	205.646	6.458	36.397
Ai.Yi	25.973	196.116	34.891	34.891
				67.232
				98.067
				122.961
				34.891
				34.891
				768.110
				396.545

X c.g.=	8.096 m
Y c.g.=	4.180 m

1.3 Cálculo de Momento de Inercia

Según

$$I_x = I_{0x} + A * d_y^2$$

Se tiene

ix1	ix2	ix3	ix4	ix5	ix6	ix7	TOTAL
318.232	313.504	17.285	17.285	17.285	17.285	17.285	718.162

1.4 Cálculo de las dimensiones

De

$$A = 94.872 \text{ m}^2$$

$$ix = 718.162$$

$$\text{m}^4$$

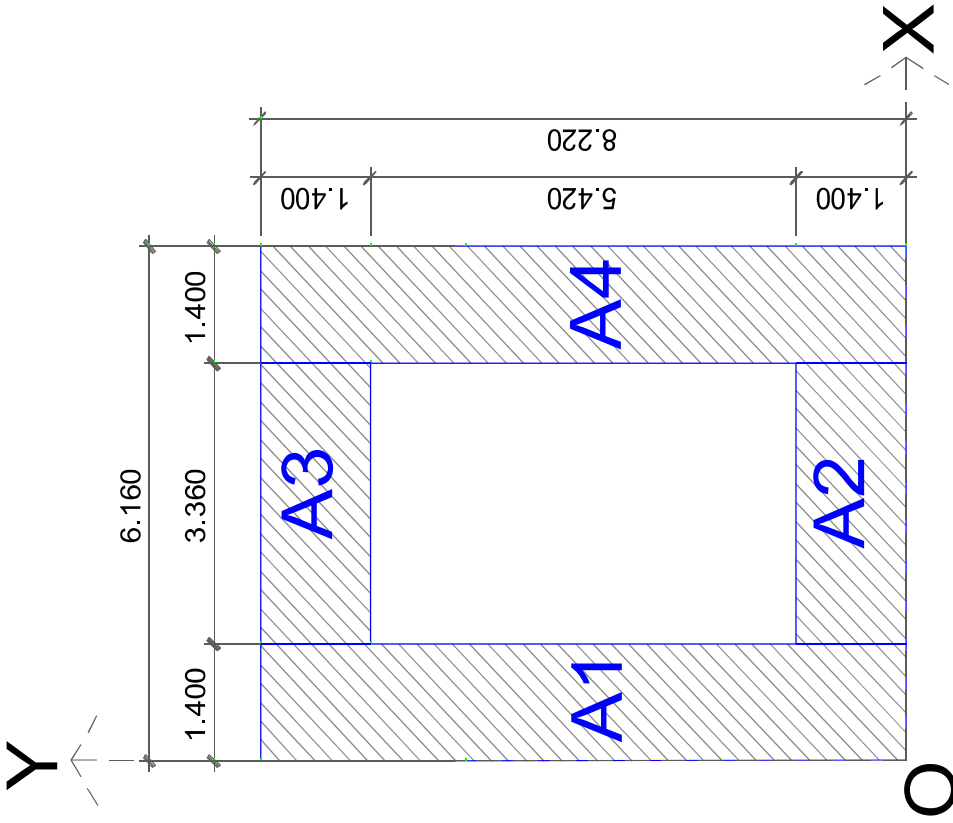
$$h = \sqrt{(ix \cdot 12 / A)}$$

Se halla

h	9.531	m
b	9.954	m

II. MÓDULO B

2.1 Vista en planta de cimentación



2.2 Cálculo de centro de gravedad

De acuerdo a las fórmulas

$$(X_{c.g.}) * (\Sigma A_i) = \Sigma(A_i * X_i)$$

$$(Y_{c.g.}) * (\Sigma A_i) = \Sigma(A_i * Y_i)$$

Se calcula

A1		A2		A3		A4	
B1	H1	B2	H2	B3	H3	B4	H4
1.4	8.22	3.36	1.4	3.36	1.4	1.4	8.22
11.508		4.704		4.704		11.508	
Centro de gravedad							
X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4
0.700	4.110	3.080	0.700	3.080	7.520	5.460	4.110

Ai.Xi	8.056	14.488	14.488	62.834
Ai.Yi	47.298	3.293	35.374	47.298
TOTAL				
				99.866
				133.263

X c.g.=	3.080 m
Y c.g.=	4.110 m

2.3 Cálculo de Momento de Inercia

Según

Se tiene

$$I_x = I_{0x} + A * d_y^2$$

ix1	ix2	ix3	ix4
64.798	55.467	55.467	64.798

2.4 Cálculo de las dimensiones

De $A = 32.424 \text{ m}^2$
 $ix = 240.530 \text{ m}^4$

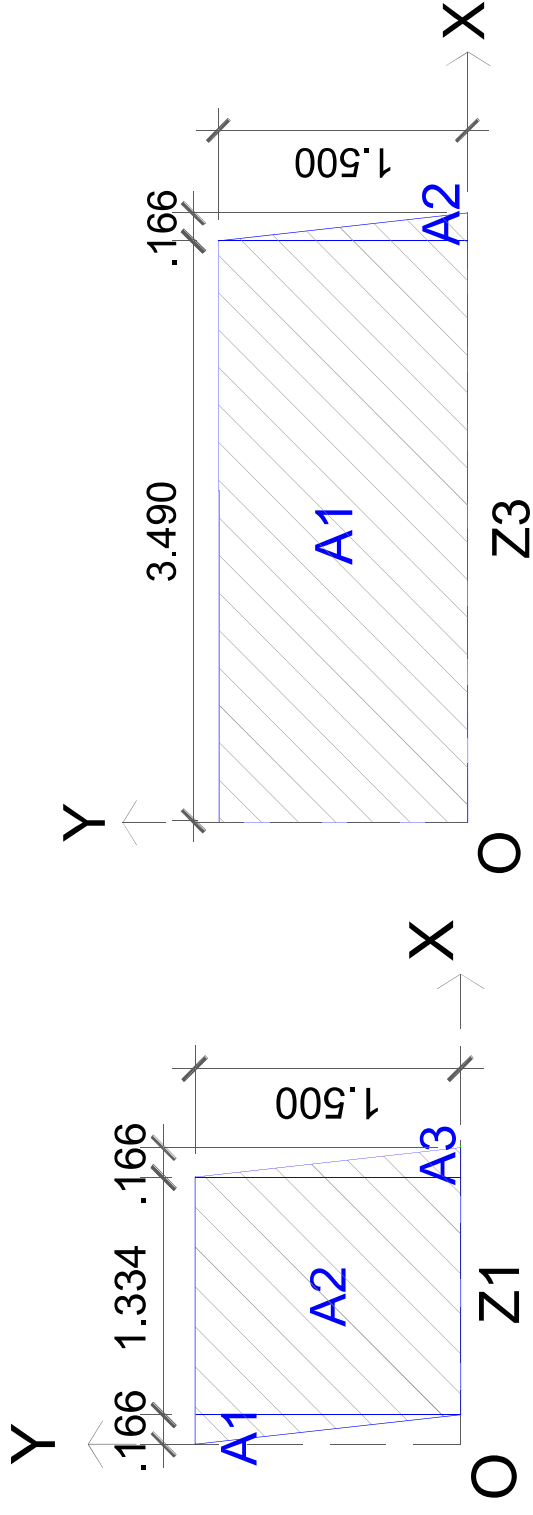
$$h = \sqrt{(ix \cdot 12 / A)}$$

Se halla

h	9.4350	m
b	3.4366	m

III. MÓDULO C

3.1 Vista en planta de cimentación



3.2 Cálculo de centro de gravedad

De acuerdo a las fórmulas

$$(X_{c.g.}) * (\Sigma A_i) = \Sigma(A_i * X_i)$$

Se calcula

$$(Y_{c.g.}) * (\Sigma A_i) = \Sigma(A_i * Y_i)$$

Z1

A1		A2		A3	
B1	H1	B2	H2	B3	H3
0.166	1.5	1.334	1.5	0.166	1.5
0.1245		2.001		0.1245	
Centro de gravedad					
X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3
0.111	1.000	0.833	0.750	1.555	0.500
TOTAL					
2.250 m2					

Ai.Xi	0.014	1.667	0.194
Ai.Yi	0.125	1.501	0.062
TOTAL			
1.874			
1.688			

X c.g.=	0.833 m
Y c.g.=	0.750 m

Z3

A1		A2	
B1	H1	B2	H2
3.490	1.500	0.166	1.500
5.235		0.125	
Centro de gravedad			
X1	Y1	X2	Y2
TOTAL			
5.360 m2			

Ai.Xi	9.135	0.441	TOTAL
Ai.Yi	3.926	0.062	9.576
			3.989

X c.g.=	1.787 m
Y c.g.=	0.744 m

3.3 Cálculo de Momento de Inercia

Según

Se tiene

$$I_x = I_{0x} + A \cdot d_y^2$$

Z1

Ix1	Ix2	Ix3	TOTAL
0.023	0.375	0.023	0.422 m4

Z3

Ix1	Ix2	TOTAL
0.982	0.023	1.005 m4

3.4 Cálculo de las dimensiones

Z1

De

$$A = 2.250 \text{ m}^2$$

$$I_x = 0.422 \text{ m}^4$$

$$h = \sqrt{(I_x \cdot 12 / A)}$$

Se halla

h	1.5	m
b	1.5	m

Z3

De

$$A = 5.360 \text{ m}^2$$

$$I_x = 1.005 \text{ m}^4$$

$$h = \sqrt{(I_x \cdot 12 / A)}$$

Se halla

h	1.5	m
b	3.573	m

CÁLCULO DE COEFICIENTES DINÁMICOS DE INTERACCIÓN SUELO - ESTRUCTURA

I. Módulo A

1.1 Modelo de D.D. Barkan-Savinov

Calculo de la presión estática del suelo **p** para la zapata corrida Z-01

$$\begin{aligned}
 \text{Peso de edificación} &= 241,623 \text{ Tn} \\
 \text{Peso cementación} &= 91.076,736 \text{ Tn} \\
 \text{Área total de zapatas} &= 94,872 \text{ m}^2 \\
 \mathbf{p} &= 0,351 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

De la fórmula 4, se calcula D_0 :

$$\mathbf{D_0 = C_0 * (1-u) / (1-0.5*u)} = 1,482 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{Donde } u = 0,3 \text{ coef. Poisson del suelo (EMS) Tabla 3}$$

Cálculo de los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme, por la fórmula 2.6:

$$\begin{aligned}
 C_z &= C_0 * (1+2*(a+b)/(\Delta*A)) * \sqrt{(p/p_0)} & \text{donde } a &= 9,954 \text{ m} & p_0 &= 0,2 \\
 C_x = C_y &= D_0 * (1+2*(a+b)/(\Delta*A)) * \sqrt{(p/p_0)} & b &= 9,531 \text{ m} & I_x &= 718,177506 \\
 C_{\Psi X} &= C_0 * (1+2*(a+3b)/(\Delta*A)) * \sqrt{(p/p_0)} & A &= 94,872 \text{ m}^2 & I_y &= 783,339691 \\
 C_{\Psi y} &= C_0 * (1+2*(b+3a)/(\Delta*A)) * \sqrt{(p/p_0)} & \Delta &= 1 \text{ m}^{-1} & I_z &= 1501,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_z &= 3,363 \text{ kg/cm}^3 & & & & T_n/m^3 \\
 C_x &= 2,769 \text{ kg/cm}^3 & & & & T_n/m^3 \\
 C_{\Psi x} &= 4,320 \text{ kg/cm}^3 & & & & T_n/m^3 \\
 C_{\Psi y} &= 4,363 \text{ kg/cm}^3 & & & & T_n/m^3
 \end{aligned}$$

Por la fórmula 1 se determina los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Ψ_x (T.m)	K Ψ_y (T.m)
262.715,769	262.715,769	319.012,005	3.102.794,842	3.417.618,720

1.2 Modelo de Ilichev

Por la fórmula 12 se determina las velocidades de propagación de las ondas longitudinal y transversal:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \sqrt{(1-u) * E / ((1+u) * (1-2*u) * p)} & \text{donde } E &= 13435,1 \text{ KN/m}^2 \\
 C_2 &= \sqrt{(E / (2 * (1+u) * p))} & p &= 1,60 \text{ KN*s}^2/\text{m}^4
 \end{aligned}$$

Inicialmente, se calcula los coeficientes de rigidez.

Por la tabla 4:

$$\begin{aligned}
 K_{oz1} &= 24,05 & K_{oz2} &= 7,95 & K_{Iz1} &= 3,95 & K_{Iz2} &= 3,19 \\
 K_{ox1} &= 12,4 & K_{ox2} &= 7,95 & K_{Ix1} &= 2,09 & K_{Ix2} &= 1,7 \\
 K_{o\Psi1} &= 6,15 & K_{o\Psi2} &= 7,7 & K_{I\Psi1} &= 1,285 & K_{I\Psi2} &= 1,575
 \end{aligned}$$

Por la tabla 5:

Se determina los coeficientes, por la formulas 7 y 10

Si	$\Psi = 28,9$	Angulo de fricción interna del suelo	$\alpha = 1$	m
	$a = \sqrt{A/\Pi} = 5,495$			
Z	$Kz1 = Koz1 + K1z1 * Tg \Psi^{*} \sqrt{A/\alpha}$	$Kx1 = Kox1 + K1x1 * Tg \Psi^{*} \sqrt{A/\alpha}$	$K\Psi1 = Koz\Psi1 + K1\Psi1 * Tg \Psi^{*} \sqrt{A/\alpha}$	13,06
	$Kz2 = Koz2 + K1z2 * Tg \Psi^{*} \sqrt{A/\alpha}$	$Kx2 = Kox2 + K1x2 * Tg \Psi^{*} \sqrt{A/\alpha}$	$K\Psi2 = Koz\Psi2 + K1\Psi2 * Tg \Psi^{*} \sqrt{A/\alpha}$	16,17
	$Kz = Kz1 * Kz2 / (Kz1 + Kz2)$	$Kx = Kx1 + Kx2$	$K\Psi = K\Psi1 * K\Psi2 / (K\Psi1 + K\Psi2)$	7,22

Se halla el valor del coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme, por las fórmulas 8 y 9:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	KΦx(T.m)	KΦy(T.m)
117.932,772	117.932,772	46.765,22	631.709,096	631.709,096

1.1 Modelo de A.E. Sargsian

Por la fórmula 12, se obtienen los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	KΦx(T.m)	KΦy(T.m)	Kyz(T.m)
18.128,944	18.128,944	16.546,258	266.793,332	291.000,211	261.874,903

1.2 Modelo Norma Rusa

El coeficiente de compresión elástica uniforme se obtiene por la fórmula 15

$Cz = bo * E * (1 + \sqrt{Ao/A})$	1.814,787	tn/m ³	donde	E=	1.370,00 ton/m ²	Modulo de Elasticidad
del suelo				bo=	1	Para suelos arenosos
				Ao=	10	m ²

Posterior, por las formulas 16-18 se hallan los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme, compresión elástica no uniforme y desplazamiento elástico no uniforme:

$Cx = 0,7 * Cz$	1.270,351	Tn/m ³
$C\Phi_x = C\Phi_y = 2Cz$	3.629,575	Tn/m ³
$Cyz = Cz$	1.814,787	Tn/m ³

Mediante fórmula 14, se obtienen los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	KΦx(T.m)	KΦy(T.m)	Kyz(T.m)
120.520,248	120.520,248	172.171,782	2.606.678,949	2.843.189,971	2.724.934,460

1.1 Cuadro Resumen

Para la zapata corrida, se tiene

MODELO DINÁMICO	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
BARKAN	262.715,769	262.715,769	319.012,005	3.102.794,842	3.417.618,720	-
ILJICHEY	117.932,772	117.932,772	46.765,223	631.709,096	631.709,096	-
A.E. SARGSIAN	18.128,944	18.128,944	16.546,258	266.793,332	291.000,211	261.874,903
NORMA RUSA	120.520,248	120.520,248	172.171,782	2.606.678,949	2.843.189,971	2.724.934,460

Para cada nodo en contacto con la cimentación se halla proporcionalmente al área de influencia de la cimentación

	ÁREA	PARTE
EJE 1A	6,224	6,560%
EJE 2A	10,812	11,396%
EJE 3A	10,912	11,502%
EJE 4A	10,248	10,802%
EJE 5A	5,662	5,968%
EJE 1B	5,636	5,941%
EJE 5B	5,636	5,941%
EJE 1C	5,234	5,517%
EJE 2C	10,068	10,612%
EJE 3C	10,148	10,697%
EJE 4C	9,558	10,075%
EJE 5C	4,734	4,990%
TOTAL	94,872	100%

BARKAN	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)
EJE 1A	17.235,253	17.235,253	20.928,522	203.556,319	224.210,082
EJE 2A	29.940,160	29.940,160	36.355,909	353.607,153	389.485,766
EJE 3A	30.217,076	30.217,076	36.692,164	356.877,660	393.088,113
EJE 4A	28.378,354	28.378,354	34.459,430	335.161,497	369.168,529
EJE 5A	15.678,985	15.678,985	19.038,768	185.176,073	203.964,892
EJE 1B	15.606,987	15.606,987	18.951,341	184.325,741	203.028,281
EJE 5B	15.606,987	15.606,987	18.951,341	184.325,741	203.028,281
S	3.121,397	3.121,397	3.790,268	36.865,148	40.605,656
EJE 1C	14.493,785	14.493,785	17.599,596	171.178,306	188.546,846
EJE 2C	27.879,905	27.879,905	33.854,171	329.274,585	362.684,304
EJE 3C	28.101,438	28.101,438	34.123,175	331.890,991	365.566,182
EJE 4C	26.467,633	26.467,633	32.139,269	312.595,003	344.312,334
EJE 5C	13.109,205	13.109,205	15.918,320	154.825,773	170.535,111
TOTAL	262.715,769	262.715,769	319.012,005	3.102.794,842	3.417.618,720

ILICHEV	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
EJE 1A	7.736,883	7.736,883	3.067,994	41.442,759	41.442,759	17.180,089
EJE 2A	13.440,100	13.440,100	5.329,555	71.992,145	71.992,145	29.844,332
EJE 3A	13.564,407	13.564,407	5.378,848	72.657,999	72.657,999	30.120,362
EJE 4A	12.739,007	12.739,007	5.051,543	68.236,728	68.236,728	28.287,524
EJE 5A	7.038,276	7.038,276	2.790,968	37.700,659	37.700,659	15.628,802
EJE 1B	7.005,957	7.005,957	2.778,152	37.527,537	37.527,537	15.557,034
EJE 5B	7.005,957	7.005,957	2.778,152	37.527,537	37.527,537	15.557,034
5	1.401,191	1.401,191	555,630	7.505,507	7.505,507	3.111,407
EJE 1C	6.506,241	6.506,241	2.579,994	34.850,803	34.850,803	14.447,395
EJE 2C	12.515,254	12.515,254	4.962,816	67.038,190	67.038,190	27.790,671
EJE 3C	12.614,700	12.614,700	5.002,250	67.570,873	67.570,873	28.011,495
EJE 4C	11.881,287	11.881,287	4.711,422	63.642,334	63.642,334	26.382,919
EJE 5C	5.884,705	5.884,705	2.333,529	31.521,533	31.521,533	13.067,246
TOTAL	117.932,77	117.932,77	46.765,22	631.709,10	631.709,10	261.874,903

A.E.SARGSIAN	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
EJE 1A	1.189,335	1.189,335	1.085,504	17.502,758	19.090,831	17.180,089
EJE 2A	2.066,048	2.066,048	1.885,679	30.404,856	33.163,571	29.844,332
EJE 3A	2.085,157	2.085,157	1.903,120	30.686,070	33.470,300	30.120,362
EJE 4A	1.958,274	1.958,274	1.787,314	28.818,809	31.433,618	28.287,524
EJE 5A	1.081,943	1.081,943	987,487	15.922,336	17.367,012	15.628,802
EJE 1B	1.076,975	1.076,975	982,953	15.849,220	17.287,263	15.557,034
EJE 5B	1.076,975	1.076,975	982,953	15.849,220	17.287,263	15.557,034
5	215,395	215,395	196,591	3.169,844	3.457,453	3.111,407
EJE 1C	1.000,157	1.000,157	912,842	14.718,740	16.054,211	14.447,395
EJE 2C	1.923,879	1.923,879	1.755,921	28.312,624	30.881,505	27.790,671
EJE 3C	1.939,166	1.939,166	1.769,873	28.537,595	31.126,888	28.011,495
EJE 4C	1.826,423	1.826,423	1.666,974	26.878,433	29.317,185	26.382,919
EJE 5C	904,613	904,613	825,639	13.312,670	14.520,565	13.067,246
TOTAL	18.128,944	18.128,944	16.546,258	266.793,332	291.000,211	261.874,903

NORMA RUSA	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
EJE 1A	7.906,632	7.906,632	11.295,189	171.009,041	186.525,154	178.767,098
EJE 2A	13.734,979	13.734,979	19.621,398	297.067,763	324.021,523	310.544,643
EJE 3A	13.862,013	13.862,013	19.802,876	299.815,337	327.018,393	313.416,865
EJE 4A	13.018,504	13.018,504	18.597,863	281.571,442	307.119,180	294.345,311
EJE 5A	7.192,698	7.192,698	10.275,283	155.567,672	169.682,747	162.625,210
EJE 1B	7.159,669	7.159,669	10.228,099	154.853,303	168.903,561	161.878,432
EJE 5B	7.159,669	7.159,669	10.228,099	154.853,303	168.903,561	161.878,432
5	1.431,934	1.431,934	2.045,620	30.970,661	33.780,712	32.375,686
EJE 1C	6.648,990	6.648,990	9.498,557	143.808,053	156.856,146	150.332,100
EJE 2C	12.789,842	12.789,842	18.271,202	276.625,808	301.724,815	289.175,311
EJE 3C	12.891,469	12.891,469	18.416,385	278.823,868	304.122,310	291.473,089
EJE 4C	12.141,965	12.141,965	17.345,665	262.613,178	286.440,781	274.526,979
EJE 5C	6.013,817	6.013,817	8.591,167	130.070,180	141.871,799	135.970,990
TOTAL	120.520,248	120.520,248	172.171,782	2.606.678,949	2.843.189,971	2.724.934,460

I. Módulo B

2.1 Modelo de D.D. Barkan-Savinov

Calculo de la presión estática del suelo **p** para la zapata corrida Z-01

$$\begin{aligned} \text{Peso de edificación} &= 117,01 \text{ Tn} \\ \text{Peso cimentación} &= 31.127 \text{ Tn} \\ \text{Área total de zapatas} &= 32,4243 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$p = 0,457 \text{ kg/cm}^2$$

De la fórmula 4, se calcula D_0 :

$$D_0 = Co \cdot (1-u) / (1-0.5 \cdot u) = 1,48 \text{ kg/cm}^3 \text{ donde}$$

$$\begin{aligned} u &= 0,3 \text{ coef. Poisson del suelo} \\ Co &= 1,8 \text{ Tabla 3} \end{aligned}$$

Cálculo de los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme, por la fórmula 2.6:

$$\begin{aligned} Cz &= Co \cdot (1+2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & \text{donde} & \quad a = 3,4366 \text{ m} \\ Cx &= Do \cdot (1+2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & & \quad b = 9,435 \text{ m} \\ C\psi_x &= Co \cdot (1+2 \cdot (a+3b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & & \quad A = 32,4243 \text{ m}^2 \\ C\psi_z &= Co \cdot (1+2 \cdot (b+3a) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & & \quad \Delta = 1 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_0 &= 0,2 \text{ kg/cm} \\ I_x &= 240,5323272 \text{ m}^4 \\ I_y &= 31,91152917 \text{ m}^4 \\ I_z &= 272,4438564 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cz &= 4,88 \text{ kg/cm}^3 & 4880,57 & \text{ Tn/m}^3 \\ Cx &= 4,02 \text{ kg/cm}^3 & 4019,29 & \text{ Tn/m}^3 \\ C\psi_x &= 8,05 \text{ kg/cm}^3 & 8047,15 & \text{ Tn/m}^3 \\ C\psi_y &= 6,03 \text{ kg/cm}^3 & 6033,96 & \text{ Tn/m}^3 \end{aligned}$$

Por la fórmula 1 se determina los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ_x (T.m)	K ϕ_y (T.m)
130.322,646	130.322,646	158.248,928	1.935.600,796	192.552,972

2.2 Modelo de Ilichev

Por la fórmula 12 se determina las velocidades de propagación de las ondas longitudinal y transversal:

$$\begin{aligned} C1 &= \sqrt{((1-u) \cdot E / ((1+u) \cdot (1-2 \cdot u) \cdot p))} = 106,34 \text{ m/s} & \text{donde} & \quad E = 13435,1 \text{ KN/m}^2 \\ C2 &= \sqrt{(E / (2 \cdot (1+u) \cdot p))} = 56,84 \text{ m/s} & & \quad \rho = 1,60 \text{ KN} \cdot \text{s}^2 / \text{m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Módulo de Elasticidad del :} \\ & \text{Densidad del suelo} \end{aligned}$$

Inicialmente, se calcula los coeficientes de rigidez.

Por la tabla 4:

$$\begin{aligned} Koz1 &= 24,05 & Koz2 &= 7,95 \\ Kox1 &= 12,4 & Kox2 &= 7,95 \\ Koy1 &= 6,15 & Koy2 &= 7,7 \end{aligned}$$

Por la tabla 5:

$$\begin{aligned} K1z1 &= 3,95 & K1z2 &= 3,19 \\ K1x1 &= 2,09 & K1x2 &= 1,7 \\ K1y1 &= 1,285 & K1y2 &= 1,575 \end{aligned}$$

Se determina los coeficientes, por la formulas 7 y 10

$$\begin{aligned} \gamma &= 28,9 & \text{Angulo de fricción interna del suelo} & \quad 148 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= 1 & \text{m} & \\ a &= \sqrt{A/\Pi} & & \quad 3,213 \end{aligned}$$

Z $Kz1 = Koz1 + K1z1 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ 36,47 $Kx1 = Kox1 + K1x1 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ 18,97 $K\psi1 = K\phi\psi1 + K1\psi1 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ 1

$Kz2 = Koz2 + K1z2 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ 17,98 $Kx2 = Kox2 + K1x2 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ 13,29 $K\psi2 = K\phi\psi2 + K1\psi2 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ 1

$Kz = Kz1 * Kz2 / (Kz1 + Kz2)$ 12,04 $Kx = Kx1 + Kx2$ 32,26 $K\psi = K\psi1 * K\psi2 / (K\psi1 + K\psi2)$

Se halla el valor del coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme, por las fórmulas 8 y 9:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)
54.615,398	54.615,398	20383,36	98.602,502	98.602,502

2.1 Modelo de A.E. Sargsian

Por la fórmula 12, se obtienen los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
10.598,541	10.598,541	9.673,129	152.844,365	20.277,929	81.278,072

2.2 Modelo Norma Rusa

El coeficiente de compresión elástica uniforme se obtiene por la fórmula 15

$Cz = b_0 * E * (1 + \sqrt{A_0/A})$ 2.130,826 tn/m^3 donde $E = 1.370,00$ tn/m^2 Modulo de Elasticidad del :
 $b_0 = 1$ Para suelos arenosos
 $A_0 = 10$ m^2

Posterior, por las formula 16-18 se hallan los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme, compresión elástica no uniforme y desplazamiento elástico no uniforme:

$Cx = 0.7 * Cz$	1.491,578	Tn/m^3
$C\phi_x = C\phi_y = 2Cz$	4.261,652	Tn/m^3
$Cyz = Cz$	2.130,826	Tn/m^3

Mediante fórmula 14, se obtienen los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
48.363,376	48.363,376	69.090,537	1.025.065,004	135.995,823	580.530,413

2.3 Cuadro Resumen

Para la zapata corrida, se tiene

MODELO DINÁMICO	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K ϕ x(T.m)	K ϕ y(T.m)	Kyz(T.m)
BARKAN	130.322,646	130.322,646	158.248,928	1.935.600,796	192.552,972	-
ILICHEV	54.615,398	54.615,398	20.383,361	98.602,502	98.602,502	-
A.E. SARGSIAN	10.598,541	10.598,541	9.673,129	152.844,365	20.277,929	81.278,072
NORMA RUSA	48.363,376	48.363,376	69.090,537	1.025.065,004	135.995,823	580.530,413

Para cada nodo en contacto con la cimentación se halla proporcionalmente al área de influencia de la cimentación

	ÁREA	PARTE
EJE 1A	4,431	13,666%
EJE 2A	2,982	9,197%
EJE 3A	4,431	13,666%
EJE 1B	5,194	16,019%
EJE 3B	5,194	16,019%
EJE 1C	3,605	11,118%
EJE 2C	2,982	9,197%
EJE 3C	3,605	11,118%
TOTAL	32,424	100%

	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)
BARKAN					
EJE 1A	17.809,64	17.809,64	21.625,99	264.515,39	26.313,91
EJE 2A	11.985,63	11.985,63	14.553,98	178.015,10	17.708,89
EJE 3A	17.809,64	17.809,64	21.625,99	264.515,39	26.313,91
EJE 1B	20.876,38	20.876,38	25.349,89	310.063,86	30.845,06
EJE 3B	20.876,38	20.876,38	25.349,89	310.063,86	30.845,06
4	5.219,10	5.219,10	6.337,47	77.515,96	7.711,26
EJE 1C	14.489,67	14.489,67	17.594,60	215.206,05	21.408,63
EJE 2C	11.985,63	11.985,63	14.553,98	178.015,10	17.708,89
EJE 3C	14.489,67	14.489,67	17.594,60	215.206,05	21.408,63
TOTAL	130.322,65	130.322,65	158.248,93	1.935.600,80	192.552,97

	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)
ILICHEV					
EJE 1A	7.463,63	7.463,63	2.785,55	13.474,82	13.474,82
EJE 2A	5.022,92	5.022,92	1.874,64	9.068,36	9.068,36
EJE 3A	7.463,63	7.463,63	2.785,55	13.474,82	13.474,82
EJE 1B	8.748,84	8.748,84	3.265,21	15.795,13	15.795,13
EJE 3B	8.748,84	8.748,84	3.265,21	15.795,13	15.795,13
4	2.187,21	2.187,21	816,30	3.948,78	3.948,78
EJE 1C	6.072,31	6.072,31	2.266,28	10.962,93	10.962,93
EJE 2C	5.022,92	5.022,92	1.874,64	9.068,36	9.068,36
EJE 3C	6.072,31	6.072,31	2.266,28	10.962,93	10.962,93
TOTAL	54.615,40	54.615,40	20.383,36	98.602,50	98.602,50

A.E.SARGSIAN	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
EJE 1A	1.448,376	1.448,376	1.321,911	20.887,410	2.771,142	11.107,301
EJE 2A	974,736	974,736	889,627	14.056,930	1.864,939	7.475,056
EJE 3A	1.448,376	1.448,376	1.321,911	20.887,410	2.771,142	11.107,301
EJE 1B	1.697,780	1.697,780	1.549,538	24.484,136	3.248,321	13.019,933
EJE 3B	1.697,780	1.697,780	1.549,538	24.484,136	3.248,321	13.019,933
4	424,445	424,445	387,385	6.121,034	812,080	3.254,983
EJE 1C	1.178,378	1.178,378	1.075,488	16.993,706	2.254,562	9.036,746
EJE 2C	974,736	974,736	889,627	14.056,930	1.864,939	7.475,056
EJE 3C	1.178,378	1.178,378	1.075,488	16.993,706	2.254,562	9.036,746
TOTAL	10.598,54	10.598,54	9.673,13	152.844,37	20.277,93	81.278,07

NORMA RUSA	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
EJE 1A	6.609,244	6.609,244	9.441,777	140.083,365	18.584,921	79.334,143
EJE 2A	4.447,927	4.447,927	6.354,181	94.274,113	12.507,388	53.390,750
EJE 3A	6.609,244	6.609,244	9.441,777	140.083,365	18.584,921	79.334,143
EJE 1B	7.747,328	7.747,328	11.067,612	164.205,145	21.785,169	92.995,157
EJE 3B	7.747,328	7.747,328	11.067,612	164.205,145	21.785,169	92.995,157
4	1.936,832	1.936,832	2.766,903	41.051,286	5.446,292	23.248,789
EJE 1C	5.377,189	5.377,189	7.681,698	113.969,878	15.120,434	64.545,156
EJE 2C	4.447,927	4.447,927	6.354,181	94.274,113	12.507,388	53.390,750
EJE 3C	5.377,189	5.377,189	7.681,698	113.969,878	15.120,434	64.545,156
TOTAL	48.363,376	48.363,376	69.090,537	1.025.065,004	135.995,823	580.530,413

I. Módulo C

3.1 Modelo de D.D. Barkan-Savinov

3.1.1 Zapata Z1

Cálculo de la presión estática del suelo **p** para la zapata Z1

$$\begin{aligned} \text{Peso de edificación} &= 69,55 \text{ Tn} \\ \text{Peso cimentación} &= 2.160,00 \text{ Tn} \\ \text{Area total de zapatas} &= 2,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$p = 3,187 \text{ kg/cm}^2$$

De la fórmula 4, se calcula D_0 :

$$D_0 = Co \cdot (1-u) / (1-0.5 \cdot u) = 1,48 \text{ kg/cm}^3$$

$$u = 0,3 \text{ coef. Poisson del suelo (E)}$$

$$Co = 1,8 \text{ Tabla 3}$$

Cálculo de los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme, por la fórmula 2.6:

$$\begin{aligned} Cz &= Co \cdot (1+2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & a &= 1,5 \text{ m} \\ Cx &= D_0 \cdot (1+2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & b &= 1,5 \text{ m} \\ C\psi_x &= Co \cdot (1+2 \cdot (a+3b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & A &= 2,25 \text{ m}^2 \\ C\psi_z &= Co \cdot (1+2 \cdot (b+3a) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & \Delta &= 1 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

$$p_0 = 0,2 \text{ kg/cm}$$

$$I_x = 0,421875 \text{ m}^4$$

$$I_y = 0,421875 \text{ m}^4$$

$$I_z = 0,84375 \text{ m}^4$$

$$\begin{aligned} Cz &= 26,35 \text{ kg/cm}^3 & &= 26346,78 \text{ Tn/m}^3 \\ Cx &= 21,70 \text{ kg/cm}^3 & &= 21697,35 \text{ Tn/m}^3 \\ C\psi_x &= 45,51 \text{ kg/cm}^3 & &= 45508,07 \text{ Tn/m}^3 \\ C\psi_y &= 45,51 \text{ kg/cm}^3 & &= 45508,07 \text{ Tn/m}^3 \end{aligned}$$

Por la fórmula 1 se determina los coeficientes de rigidez:

K_x (T/m)	K_y (T/m)	K_z (T/m)	$K_{\phi x}$ (T.m)	$K_{\phi y}$ (T.m)
48.819,033	48.819,033	59.280,254	19.198,719	19.198,719

3.1.2 Zapata Z2

Cálculo de la presión estática del suelo **p** para la zapata Z2

$$\begin{aligned} \text{Peso de edificación} &= 69,55 \text{ Tn} \\ \text{Peso cimentación} &= 7.300,80 \text{ Tn} \\ \text{Area total de zapatas} &= 7,605 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$p = 1,011 \text{ kg/cm}^2$$

De la fórmula 4, se calcula D_0 :

$$D_0 = Co \cdot (1-u) / (1-0.5 \cdot u) = 1,48 \text{ kg/cm}^3$$

$$u = 0,3 \text{ coef. Poisson del suelo (E)}$$

$$Co = 1,8 \text{ Tabla 3}$$

Cálculo de los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme, por la fórmula 2.6:

$$\begin{aligned} Cz &= Co \cdot (1+2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & a &= 1,5 \text{ m} \\ Cx &= D_0 \cdot (1+2 \cdot (a+b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & b &= 5,07 \text{ m} \\ C\psi_x &= Co \cdot (1+2 \cdot (a+3b) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & A &= 7,605 \text{ m}^2 \\ C\psi_z &= Co \cdot (1+2 \cdot (b+3a) / (\Delta \cdot A)) \cdot \sqrt{(p/p_0)} & \Delta &= 1 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

$$p_0 = 0,2 \text{ kg/cm}$$

$$I_x = 16,2904804 \text{ m}^4$$

$$I_y = 1,4259375 \text{ m}^4$$

$$I_z = 17,7164179 \text{ m}^4$$

Cz =	11,04	kg/cm ³	11036,88	Tn/m ³
Cx =	9,09	kg/cm ³	9089,20	Tn/m ³
CΨ x =	21,83	kg/cm ³	21826,37	Tn/m ³
CΨ y =	14,23	kg/cm ³	14229,04	Tn/m ³

Por la fórmula 1 se determina los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	Kϕx(T.m)	Kϕy(T.m)
69.123,329	69.123,329	83.935,471	355.562,013	20.289,716

3.1.1 Zapata Z3

Cálculo de la presión estática del suelo **p** para la zapata Z3

Peso de edificación = 69,55 Tn

Peso cimentación = 5.145,12 Tn

Area total de zapatas = 5,3595 m²

p= 1,394 kg/cm²

De la fórmula 4, se calcula **Do**:

$$Do = Co * (1-u) / (1-0.5*u) = 1,48 \text{ kg/cm}^3$$

donde

$$u = Co = 0,3$$

coef. Poisson del

Tabla 3

Cálculo de los coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme, por la fórmula 2.6:

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

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

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

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

donde

$$a = 3,573 \text{ m}$$

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$A = 5,3595 \text{ m}^2$$

$$\Delta = 1 \text{ m}^{-1}$$

$$po = 0,2 \text{ kg}$$

$$Ix = 1,00490625 \text{ m}^4$$

$$Iy = 5,70176169 \text{ m}^4$$

$$Iz = 6,70666794$$

Cz =	13,75	kg/cm ³	13746,84	Tn/m ³
Cx =	11,32	kg/cm ³	11320,93	Tn/m ³
CΨ x =	19,07	kg/cm ³	19066,31	Tn/m ³
CΨ y =	26,42	kg/cm ³	26417,82	Tn/m ³

Por la fórmula 1 se determina los coeficientes de rigidez:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	Kϕx(T.m)	Kϕy(T.m)
60.674,523	60.674,523	73.676,207	19.159,859	150.628,135

3.2 Modelo de Ilchev

Por la fórmula 12 se determina las velocidades de propagación de las ondas longitudinal y transversal:

$$C1 = \sqrt{(1-u) * E / ((1+u) * (1-2*u) * p)}$$

$$C2 = \sqrt{E / (2 * (1+u) * p)}$$

106,32 m/s

56,83 m/s

donde

$$E = 13435,1 \text{ KN/m}^2$$

$$p = 1,6 \text{ KN*s}^2/\text{m}^4$$

Módulo de Elasti

Densidad del sue

Inicialmente, se calcula los coeficientes de rigidez.

Por la tabla 4:

$K_{oz1} = 24,05$	$K_{oz2} = 7,95$	$K_{1z1} = 3,95$	$K_{1z2} = 3,19$
$K_{ox1} = 12,4$	$K_{ox2} = 7,95$	$K_{1x1} = 2,09$	$K_{1x2} = 1,7$
$K_{o\Psi1} = 6,15$	$K_{o\Psi2} = 7,7$	$K_{1\Psi1} = 1,285$	$K_{1\Psi2} = 1,575$

Por la tabla 5:

3.1.1 Zapata Z1

Se determina los coeficientes, por la formulas 7 y 10

Si $\varphi = 28,9$	Angulo de fricción interna del suelo	$\alpha = 1$	m
		$a = \sqrt{A/\Pi} = 0,846$	

Z	$K_{z1} = K_{oz1} + K_{1z1} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$27,32$	$K_{x1} = K_{ox1} + K_{1x1} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$14,13$
	$K_{z2} = K_{oz2} + K_{1z2} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$10,59$	$K_{\Psi2} = K_{o\Psi2} + K_{1\Psi2} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$9,36$
	$K_z = K_{z1} * K_{z2} / (K_{z1} + K_{z2})$	$7,63$	$K_{\Psi} = K_{\Psi1} * K_{\Psi2} / (K_{\Psi1} + K_{\Psi2}) Tn/m$	$23,49$

Se halla el valor del coeficiente de rigidez de compresión elástico uniforme, por las fórmulas 8 y 9:

$K_x (T/m)$	$K_y (T/m)$	$K_z (T/m)$	$K_{\Phi x}(T.m)$	$K_{\Phi y}(T.m)$
10.470,459	10.470,459	3.402,388	1.278,690	1.278,690

3.1.2 Zapata Z2

Se determina los coeficientes, por la formulas 7 y 10

Si $\varphi = 28,9$	Angulo de fricción interna del suelo	$\alpha = 1$	m
		$a = \sqrt{A/\Pi} = 1,556$	

Z	$K_{z1} = K_{oz1} + K_{1z1} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$30,06$	$K_{x1} = K_{ox1} + K_{1x1} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$15,58$
	$K_{z2} = K_{oz2} + K_{1z2} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$12,81$	$K_{\Psi2} = K_{o\Psi2} + K_{1\Psi2} * Tg \varphi^{**\sqrt{(A/\alpha)}}$	$10,54$
	$K_z = K_{z1} * K_{z2} / (K_{z1} + K_{z2})$	$8,98$	$K_{\Psi} = K_{\Psi1} * K_{\Psi2} / (K_{\Psi1} + K_{\Psi2})$	$26,12$

Se halla el valor del coeficiente de rigidez de compresión elástico uniforme, por las fórmulas 8 y 9:

$K_x (T/m)$	$K_y (T/m)$	$K_z (T/m)$	$K_{\Phi x}(T.m)$	$K_{\Phi y}(T.m)$
21.406,243	21.406,243	7.360,082	8.920,648	8.920,648

3.1.3 Zapata Z3

Se determina los coeficientes, por la formulas 7 y 10

Si $\varphi = 28,9$	Angulo de fricción interna del suelo	$\alpha = 1$	m
		$a = \sqrt{A/\Pi} = 1,306$	

Z $Kz1 = Koz1 + K1z1 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ **X** $Kx1 = Kox1 + K1x1 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ **Ψ** $K\Psi1 = K\psi1 + K1\Psi1 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$
 $Kz2 = Koz2 + K1z2 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ $Kx2 = Kox2 + K1x2 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$ $K\Psi2 = K\psi2 + K1\Psi2 * Tg \sqrt[3]{(A/\alpha)}$
 $Kz = Kz1 * Kz2 / (Kz1 + Kz2)$ $Kx = Kx1 + Kx2$ $K\Psi = K\Psi1 * K\Psi2 / (K\Psi1 + K\Psi2)$

Se halla el valor del coeficiente de rigidez de compresión elástico uniforme, por las fórmulas 8 y 9:

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	$K\phi x$ (T.m)	$K\phi y$ (T.m)
17.333,035	17.333,035	5.854,554	5.074,598	5.074,598

3.1 Modelo de A.E. Sargsian

Por la fórmula 12, se obtienen los coeficientes de rigidez:

3.1.1 Zapata Z1

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	$K\phi x$ (T.m)	$K\phi y$ (T.m)	Kyz (T.m)
2.790,934	2.790,934	2.547,281	1.017,320	1.017,320	955,230

3.1.2 Zapata Z2

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	$K\phi x$ (T.m)	$K\phi y$ (T.m)	Kyz (T.m)
5.131,069	5.131,069	4.683,119	21.367,290	1.870,321	10.909,676

3.1.3 Zapata Z3

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	$K\phi x$ (T.m)	$K\phi y$ (T.m)	Kyz (T.m)
4.307,452	4.307,452	3.931,404	1.570,105	8.908,654	4.919,605

3.2 Modelo Norma Rusa

El coeficiente de compresión elástico uniforme se obtiene por la fórmula 15

$Cz = bo * E * (1 + \sqrt{Ao/A}) =$ $4.258,214$ tn/m³ donde $E = 1.370,00$ tn/m² Modulo de Elasticidad del suelo

bo = 1 Para suelos arenosos
 Ao = 10 m²

Posterior, por las formula 16-18 se hallan los coeficientes de desplazamiento elástico uniforme, compresión elástico no uniforme y desplazamiento elástico no uniforme:

$Cx = 0.7 * Cz$	2.980,750	Tn/m3
$C\phi x = C\phi y = 2Cz$	8.516,427	Tn/m3
$Cyz = Cz$	4.258,214	Tn/m3

Mediante fórmula 14, se obtienen los coeficientes de rigidez:

3.1.1 Zapata Z1

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
6.706,686	6.706,686	9.580,981	3.592,868	3.592,868	3.592,868

3.1.2 Zapata Z2

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
15.656,313	15.656,313	22.366,161	95.819,990	8.387,310	52.103,650

3.1.3 Zapata Z3

Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
12.160,466	12.160,466	17.372,094	6.514,535	36.962,978	21.738,757

3.2 Cuadro resumen

D.D. Barkan-Savinov

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)
Z1	48.819,033	48.819,033	59.280,254	19.198,719	19.198,719
Z2	69123,32935	69123,32935	83935,47135	35562,0134	20289,71603
Z3	60674,52344	60674,52344	73676,20704	19159,85864	150628,1351

Ilichev

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)
Z1	10.470,459	10.470,459	3.402,388	1.278,690	1.278,690
Z2	21.406,243	21.406,243	7.360,082	8.920,648	8.920,648
Z3	17.333,035	17.333,035	5.854,554	5.074,598	5.074,598

A.E. Sargsian

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
Z1	2.790,934	2.790,934	2.547,281	1.017,320	1.017,320	955,230
Z2	5131,06926	5131,06926	4683,118769	21367,29019	1870,320558	10909,67641
Z3	4307,451591	4307,451591	3931,40423	1570,104564	8908,653969	4919,604945

Norma Rusa

Código	Kx (T/m)	Ky (T/m)	Kz (T/m)	K Φ x(T.m)	K Φ y(T.m)	Kyz(T.m)
Z1	6.706,686	6.706,686	9.580,981	3.592,868	3.592,868	3.592,868
Z2	15656,31284	15656,31284	22366,1612	95819,9895	8387,31045	52103,64999
Z3	12160,46582	12160,46582	17372,0940	6514,53526	36962,9779	21738,75661

ANEXO N°04 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO GEOTÉCNICO, PROYECTOS E INGENIERÍA.

PROYECTO:

RECUPERACIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO N° 81771 EN EL SECTOR FRONTON BAJO CON CODIGO DEL LOCAL N° 275099 DEL DISTRITO DE VIRÚ, PROVINCIA VIRÚ, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

UBICACIÓN:

CENTRO EDUCATIVO N° 81771 EN EL SECTOR FRONTON DEL DISTRITO DE VIRU, PROVINCIA VIRU, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.

SOLICITANTE

Ing. MERLY WHITNEY CALDERON DÍAZ.

DISTRITO:

VIRÚ.

PROVINCIA:

VIRÚ.

DEPARTAMENTO:

LA LIBERTAD.

TRUJILLO, JULIO DEL 2020

INFORME TÉCNICO

1 GENERALIDADES

El presente informe técnico tiene por objeto investigar las características físico-mecánicas de las muestras de suelo del proyecto denominado “RECUPERACIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO N°81771 EN EL SECTOR FRONTON BAJO CON CODIGO DEL LOCAL N°275099 DEL DISTRITO DE VIRÚ, PROVINCIA VIRÚ, DEPARTAMENTO LA LIBERTAD.”, evaluado por medio de la aplicación de los ensayos de laboratorio y protocolos normativos vigente.

2 OBJETIVO

- ✓ Determinar la Capacidad Portante, sus propiedades y los parámetros físicos – mecánicos del Suelo de las muestras extraídas en la zona de estudio, las características relativas al perfil estratigráfico, capacidad de carga del suelo y presencia de agua freática; como parámetros fundamentales para el diseño de la cimentación, bajo los protocolos normativos de los ensayos de laboratorio.

3 METODOLOGÍA

Se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ Reconocimiento de la zona en estudio para la identificación de los puntos de exploración según protocolos normativos.
- ✓ Realización de los pozos de exploración para el muestreo de los diferentes estratos del suelo.
- ✓ Realización de los ensayos de laboratorios y de campo para la determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras extraídas en el área de estudio.
- ✓ Procesamiento e interpretación de los ensayos de laboratorio y de campo.
- ✓ Conclusiones y Recomendaciones.

Dónde:

- Qult = Capacidad última de carga en kg/cm²**
Qadm = Capacidad portante admisible en kg/cm²
F.S. = Factor de seguridad = 3
 δ := Peso específico.
B: = Ancho de la zapata o cimiento corrido en metros.
Df.: = Profundidad de la cimentación.
 N_c, N_τ, N_q = Parámetros que son función de ϕ
C: = Cohesión en kg/cm²

Datos para ecuación:

PRINCIPALES PARÁMETROS		
Tipo de suelo:	Arena uniforme	SP
Peso específico sobre el nivel de desplante:	1.60 g/cm ³	δ 1
Peso específico debajo de Cimentación:	1.60 g/cm ³	δ 2
Peso específico saturado:	-	δ_{sat}
Factor de seguridad	3.00	F.S.
Cohesión:	0.00 kg/cm ²	C
Angulo de Fricción interna:	28.90	ϕ
Parámetro de ángulo de fricción	18.03	N_c
Parámetro de ángulo de fricción	3.76	N_τ
Parámetro de ángulo de fricción	7.66	N_q
Ancho de Cimentación	Variable	B
Largo de cimentación	Variable	L
Profundidad de desplante	1.50 metros	Df
Coefficiente de Balasto	0.91 kg/cm ³	-
Velocidad de onda de corte	175.00	Vs

9 CONCLUSIONES

- ✓ **No se encontró nivel de aguas freáticas a la profundidad explorada.**
- ✓ **Dentro de la zona de estudio no se encontró problemas de licuefacción de suelos, ni suelos colapsables.**
- ✓ **Con los resultados de los ensayos en el laboratorio y de campo, y a partir del ensayo de Corte Directo (Consolidado-drenado), se pudo identificar un suelo “Arena uniforme (SP); encontrándose en un estado de compactación media con estructura tipo granular. Generalmente estos materiales en ese estado presentan regular capacidad de carga.**
- ✓ **La capacidad portante admisible del suelo varía de acuerdo al ancho de la cimentación y profundidad de desplante como se observa en el ítem 07 de capacidad portante. Las dimensiones finales se determinarán en el cálculo estructural por el estructuralista.**
- ✓ **Los rellenos controlados en el caso que se requiera deberán conformarse con un material granular seleccionado, preferentemente grava arenosa, bien o mal graduada, limpia o ligeramente limosa o arcillosa, con partículas de no más de 2 pulg. de tamaño máximo compactadas en capas de máximo de 0.20 m. a una densidad mínima del 95% del proctor modificado**
- ✓ **Para el análisis sísmico según la Norma Técnica de Edificaciones E-030 y el predominio del suelo intermedio, se recomienda utilizar los siguientes parámetros:**
 - **Factor de Zona: $Z=0.45$**
 - **F. de amplificación de suelo: $S=1.10$**
 - **Periodo de espectro: $T_p= 1.00$ s.**
 - **Factor de Uso: $U=1.5$**
- ✓ **De acuerdo al cálculo de asentamiento máximo en la zona del proyecto es inferior a lo permisible 2.54 cm. (1") como se observa en calculo desarrollado; entonces no se presentarán problemas por asentamiento.**

Matriz de Consistencia

Tabla 103

Matriz de Consistencia

PROBLEMA PRINCIPAL Problema general	OBJETIVOS Objetivo general	HIPÓTESIS Hipótesis general	VARIABLES Variable dependiente	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la variación en el comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios "Recuperación del centro educativo N° 81771" al incorporar la interacción suelo-estructura en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad?	•Comparación del comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios "Recuperación del centro educativo N° 81771" al incorporar la interacción suelo-estructura en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad.	La variación en el comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios "Recuperación del centro educativo N° 81771" en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad", al incorporar la interacción suelo-estructura se manifiesta a través del incremento de los periodos de vibración, derivas, y la disminución de esfuerzos internos.	Comportamiento estructural	Comparación en el comportamiento estructural	Periodos de vibración Desplazamiento Distorsiones Fuerzas internas máximas	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable independiente	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿De qué forma se puede determinar la variación al incorporar el análisis interacción suelo-estructura en el comportamiento estructural de los módulos educativos obtenidas al ser analizados solamente con los parámetros de la norma sismorresistente E.030 y el de incluir modelos dinámicos de interacción suelo – estructura de D.D. Barkan - O.A. Savinov, V.A. Illichev, A.E. Sargsian y de la Norma Rusa.	Determinar la variación en el comportamiento estructural de los módulos educativos obtenidas al ser analizados solamente con los parámetros de la norma sismorresistente E.030 y el de incluir modelos dinámicos de interacción suelo – estructura de D.D. Barkan - O.A. Savinov, V.A. Illichev, A.E. Sargsian y de la Norma Rusa.	El periodo de vibración de los módulos A, B y C se incrementa con un análisis interacción suelo – estructura.		-Análisis estático -Análisis dinámico modal espectral	Z:Factor de zona U: Factor de uso C:Factor de amplificación sísmica S:Factor de suelo T: Periodo fundamental de vibración Rx, Ry: Coeficiente de reducción Aceleración espectral Coeficiente de rigidez:	La investigación es de tipo descriptiva ya que describe en todos los componentes principales una realidad. Es de tipo transversal porque analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una muestra predefinida.
¿Cómo se determina el comportamiento estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios "Recuperación del centro educativo N° 81771" en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad"?	Hallar los desplazamientos laterales, fuerzas internas de los elementos estructurales, periodos de vibración, frecuencias de los módulos educativos analizados mediante la norma sismorresistente E.030.	Las derivas correspondientes a los módulos A, B y C son mayores al incorporarse el análisis interacción suelo – estructura.	Idealización en la base de la cimentación: empotrada e interacción suelo estructura.	-Análisis dinámico interacción suelo - estructura		
¿Por qué se debe evaluar y analizar la interacción suelo-estructura en el desempeño estructural de los módulos A, B y C del proyecto de reconstrucción con cambios "Recuperación del centro educativo N° 81771" en el sector Frontón Bajo del distrito y provincia de Virú, departamento de la Libertad"?	Determinar la importancia de la inclusión de modelos dinámicos de interacción suelo – estructura en el diseño de infraestructura educativa.	Los esfuerzos internos máximos de los elementos estructurales son menores con un análisis interacción suelo – estructura.			Kx,Ky: De desplazamiento elástico uniforme a lo largo del eje x y eje y. Kz: De compresión elástica uniforme a lo largo del eje z. Kg: De compresión elástica no uniforme en torno al eje x y eje y. Ky : De desplazamiento elástico no uniforme en torno al eje z.	

Fuente: Elaboración propia