

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**Evaluación de la idealización en elementos verticales y cimentaciones  
sobre la respuesta estructural: comparación entre modelos empotrados y  
modelos con interacción suelo-cimentación-estructura**

Tesis presentada por los Bachilleres:

**Choque Montalvo Alexis Armando**

**ORCID: 0009-0006-0376-6329**

**Lazo Arones Gonzalo Alonso**

**ORCID: 0009-0001-4625-2583**

para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Asesor:

**Mg. Rosas Espinoza, Jorge**

**ORCID: 0000-0003-3583-6812**

Arequipa – Perú

2025

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA CIVIL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 10 de Noviembre del 2025

**Dictamen: 015559-C-EPIC-2025**

Visto el borrador del expediente 015559, presentado por:

2020816061 - CHOQUE MONTALVO ALEXIS ARMANDO

2020824111 - LAZO ARONES GONZALO ALONSO

Titulado:

**EVALUACIÓN DE LA IDEALIZACIÓN EN ELEMENTOS VERTICALES Y CIMENTACIONES SOBRE  
LA RESPUESTA ESTRUCTURAL: COMPARACIÓN ENTRE MODELOS EMPOTRADOS Y MODELOS  
CON INTERACCIÓN SUELO-CIMENTACIÓN-ESTRUCTURA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

**INGENIERO CIVIL**

23884755 - CHAVEZ VEGA OSCAR FELIX  
DICTAMINADOR



29238311 - GUILLEN MALAGA MILAGROS SOCORRO  
DICTAMINADOR



72476554 - BUSTAMANTE MORA BORIS ANDRE  
DICTAMINADOR



# EVALUACIÓN DE LA IDEALIZACIÓN EN ELEMENTOS VERTICALES Y CIMENTACIONES SOBRE LA RESPUESTA ESTRUCTURAL: COMPARACIÓN ENTRE MODELOS EMPOTRADOS Y MODELOS CON INTERACCIÓN SUELO-CIMENTACIÓN-ESTRUCTURA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

1%

3

[es.scribd.com](https://es.scribd.com)

Fuente de Internet

<1%

4

[repositorio.upeu.edu.pe](https://repositorio.upeu.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

5

[sismica-institute.com](https://sismica-institute.com)

Fuente de Internet

<1%

6

[www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)

Fuente de Internet

<1%

7

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

8

[repositorio.upao.edu.pe](https://repositorio.upao.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

9

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

<1%

10

Submitted to uncedu

Trabajo del estudiante

<1%

### *Dedicatoria*

*A mi padre Julián, por ser mi ejemplo de esfuerzo y perseverancia, y por enseñarme que el trabajo honesto y la dedicación siempre dan fruto.*

*A mi madre Betty, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser la fuerza que me impulsa a seguir adelante en los momentos más difíciles.*

*A mis hermanos Carlos y Franco, por su compañía, su cariño y por recordarme siempre la importancia de la familia en cada paso que doy.*

*A todos ustedes, dedico este logro con gratitud y orgullo, porque sin su presencia y confianza, este sueño no habría sido posible.*

#### ***Choque Montalvo Alexis Armando***

*A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y por inculcarme los valores que me han guiado en cada etapa de este camino.*

*A mis hermanos, por sus palabras de aliento y compañía en cada etapa de este camino.*

*A mis profesores, por compartir su conocimiento y por inspirarme a seguir aprendiendo cada día.*

#### ***Lazo Arones Gonzalo Alonso***

### *Agradecimientos*

*A Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.*

*A mis padres, Julián y Betty, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional en cada momento. Por enseñarme el valor del esfuerzo y por ser mi mayor inspiración para seguir adelante.*

*A mis hermanos, Carlos y Franco, por su comprensión, aliento y por estar siempre presentes en cada paso de este camino.*

*A mis docentes y asesores, por compartir sus conocimientos y guiarme con paciencia durante el desarrollo de esta investigación.*

#### ***Choque Montalvo Alexis Armando***

*A mis padres, quienes con su sacrificio, comprensión y confianza hicieron posible que alcanzara esta meta. Su guía y amor han sido el pilar fundamental en cada paso de mi formación.*

*A mis hermanos, por su apoyo incondicional y por estar presentes cada momento de este logro alcanzado.*

*A mis profesores, por su dedicación, orientación y por haber contribuido de manera significativa a mi crecimiento académico y personal.*

#### ***Lazo Arones Gonzalo Alonso***

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación de la idealización en elementos verticales y cimentaciones sobre la respuesta estructural: comparación entre modelos empotrados y modelos con interacción suelo–cimentación–estructura (ISE)” busca analizar cómo la condición de apoyo influye en el comportamiento de edificaciones ante cargas sísmicas. El problema surge porque, en la práctica común, las cimentaciones se idealizan como empotradas, sin considerar la flexibilidad del suelo, lo que puede generar errores en la estimación de desplazamientos, derivas y esfuerzos estructurales.

El objetivo principal fue evaluar la influencia de la interacción suelo–estructura en la respuesta estructural de una edificación, comparando modelos empotrados y con ISE. Se desarrollaron modelos tridimensionales en ETABS, aplicando resortes de rigidez y amortiguamiento equivalentes según la norma NIST GCR 12-917-21, para suelos tipo S2 (intermedio) y S3 (blando).

Los resultados mostraron que los desplazamientos y derivas aumentan entre 40 % y 250 % al considerar la ISE, mientras que los momentos flectores y cortantes se reducen entre 20 % y 35 %. En las placas de cimentación, los esfuerzos también disminuyen, optimizando la cuantía de acero. Además, el amortiguamiento del suelo redujo las deformaciones hasta en 20 %, demostrando un efecto favorable en la respuesta sísmica.

Se concluye que la idealización rígida de los apoyos sobrestima la rigidez de la estructura, mientras que la inclusión de la interacción suelo–estructura permite un análisis más realista y eficiente, mejorando la seguridad y el diseño estructural, especialmente en edificaciones asentadas sobre suelos blandos.

**Palabras clave:** ISE, Rigidez, Análisis estructural

## ABSTRACT

This research, entitled “Evaluation of Idealization in Vertical Elements and Foundations on Structural Response: Comparison Between Fixed-Fixed Models and Models with Soil-Foundation-Structure Interaction (SFI),” seeks to analyze how the support condition influences the behavior of buildings under seismic loads. The problem arises because, in frequent practice, foundations are idealized as fixed, without considering soil flexibility, which can generate errors in the estimation of displacements, drifts, and structural stresses. The main objective was to evaluate the influence of soil-structure interaction on the structural response of a building, comparing fixed-fixed models and models with SFI. Three-dimensional models were developed in ETABS, applying equivalent stiffness and damping springs according to the NIST GCR 12-917-21 standard, for soil types S2 (intermediate) and S3 (soft). The results showed that displacements and drifts increase between 40% and 250% when considering soil-structure interaction (SSI), while bending and shear moments are reduced between 20% and 35%. Stresses in foundation slabs also decrease, optimizing the amount of steel reinforcement. Furthermore, soil damping reduced deformations by up to 20%, demonstrating a favorable effect on seismic response. It is concluded that rigid idealization of support overestimates the stiffness of the structure, while the inclusion of soil-structure interaction allows for a more realistic and efficient analysis, improving safety and structural design, especially in buildings built on soft soils.

**Keywords:** SSI, Stiffness, Structural analysis

## ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: FORMULACION DEL PROBLEMA .....	2
1.1    Justificación de la investigación.....	3
1.2    Objetivos de Investigación .....	4
1.2.1    Objetivo general .....	4
1.2.2    Objetivos específicos.....	4
1.3    Hipótesis.....	4
1.4    Variables.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1    Estado del arte .....	6
2.2    Análisis de las 5cs en las referencias de investigación.....	10
2.2.1    Contexto.....	10
2.2.2    Contenido.....	11
2.2.3    Calidad.....	11
2.2.4    Comparación.....	11
2.2.5    Contribución.....	12
2.3    Marco normativo .....	12
2.4    Marco conceptual .....	13
2.4.1    Interacción Suelo-Cimentación-Estructura (ISE).....	13
2.4.2    Modelamientos de ISE.....	14
2.4.3    Tipos de Empotramiento en modelos estructurales.....	14
2.4.4    Suelos y geotecnia en la interacción suelo-estructura .....	14
2.4.5    Comportamiento mecánico del suelo y su impacto en la cimentación.....	15

2.4.6	Modelos de representación del suelo en el análisis estructural .....	16
2.4.7	Análisis sísmico.....	17
2.4.8	Análisis sismo estático.....	17
2.4.9	Análisis sismo dinámico.....	18
2.4.10	Esfuerzos Internos .....	19
2.4.11	Desplazamientos Laterales .....	20
2.4.12	Deriva Estructural (Deriva entrepiso).....	20
2.4.13	Periodo Natural de Vibración.....	20
2.4.14	Relación entre los parámetros.....	21
2.4.15	Interacción suelo estructura .....	21
2.4.16	NIST GCR 12-917-21.....	22
2.4.17	Rigidez y amortiguamiento del suelo .....	23
2.4.18	Efecto en la respuesta estructural .....	23
2.4.19	Recomendaciones prácticas .....	24
2.4.20	Rigideces sin amortiguamiento .....	24
2.4.21	Rigideces con amortiguamiento .....	25
CAPITULO III: METODOLOGÍA PROPUESTA .....		26
3.1	Modelo interacción Suelo Estructura – Modelo NIST GCR 12-917-21 .....	26
3.2	Análisis del suelo.....	27
3.2.1	Tipificación de suelos a evaluar .....	27
3.2.2	Parámetros geotécnicos relevantes .....	27
3.3	Modelamiento estructural .....	28
3.3.1	Modelo estructural base.....	28
3.3.2	Modelos comparativos.....	28
3.3.3	Simulaciones y software.....	29
3.4	Evaluación comparativa .....	29
3.4.1	Variables de análisis .....	29

3.4.2	Indicadores de diferencia.....	29
3.5	Validación.....	30
3.6	Esquema metodológico.....	31
4.	CAPITULO IV: DESARROLLO Y ANALISIS DE DATOS .....	32
4.1	Tipificación de suelo .....	32
4.1.1	Clasificación de suelo de acuerdo con la norma E.030 .....	32
4.2	Suelos tipo S2 .....	33
4.3	Suelos tipo S3 .....	34
4.4	Configuración general del modelo estructural.....	35
4.4.1	Predimensionamiento de elementos estructurales .....	35
4.4.2	Análisis sismo dinámico.....	38
4.5	Dimensionamiento de la cimentación.....	77
4.5.1	Zapatas Aisladas y vigas de cimentación .....	77
4.6	Descripción de usando (ISE) .....	103
4.6.2	Resultados de Rigidez corregida: .....	116
4.6.3	Resultados de factor de rigidez corregida con amortiguamiento: .....	127
4.7	Simulación de según tipo de suelo .....	133
4.7.1	Asignación de rigideces no amortiguadas al programa etabs.....	133
4.7.2	Asignación de rigideces amortiguadas al programa Etabs .....	135
4.8	Desplazamiento .....	138
4.8.1	Desplazamientos en suelos S2 .....	138
4.8.2	Desplazamientos en suelos S3 .....	144
4.9	Derivas.....	151
4.9.1	Derivas en suelos S2.....	151
4.9.2	Derivas en suelos S3.....	158
4.10	Cortante en los casos de estudio .....	165
4.10.1	Cortantes en suelos S2-1.....	165

4.10.2	Cortantes en suelos S2-2.....	173
4.10.3	Cortantes en suelos S2-3.....	181
4.10.4	Cortantes en suelos S3-1.....	189
4.10.5	Cortantes en suelos S3-2.....	197
4.10.6	Cortantes en suelos S3-3.....	205
4.11	Momentos en los casos de estudio.....	213
4.11.1	Momentos en suelos S2-1.....	213
4.11.2	Momentos en suelos S2-2.....	221
4.11.3	Momentos en suelos S2-3.....	229
4.11.4	Momentos en suelos S3-1.....	237
4.11.5	Momentos en suelos S3-2.....	245
4.11.6	Momentos en suelos S3-3.....	253
CONCLUSIONES.....		265
RECOMENDACIONES.....		267
REFERENCIAS.....		268

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Sistema suelo-estructura completa .....	16
<b>Figura 2.</b>	Resortes y amortiguadores equivalentes del suelo .....	17
<b>Figura 3.</b>	Modos de vibración de una edificación.....	19
<b>Figura 4.</b>	Derivas entre piso .....	20
<b>Figura 5.</b>	Representación de amortiguadores en el suelo estructura .....	22
<b>Figura 6.</b>	Derivas entre piso .....	23
<b>Figura 7.</b>	Esquema metodológico.....	31
<b>Figura 8.</b>	Dimensiones de columna.....	36
<b>Figura 9.</b>	Sobrecarga y factor alfa.....	36
<b>Figura 10.</b>	Introducción de dimensiones a etabs .....	37
<b>Figura 11.</b>	Ancho tributario.....	37
<b>Figura 12.</b>	Factor en función del tipo de columna .....	37
<b>Figura 13.</b>	Introducción de dimensiones de columna a etabs .....	38
<b>Figura 14.</b>	Zonas sísmicas en el Perú.....	39
<b>Figura 15.</b>	Espectro pseudo aceleración suelo S2 .....	44
<b>Figura 16.</b>	Espectro pseudo aceleración suelo S3 .....	46
<b>Figura 17.</b>	Introducción de espectro suelo S2 a etabs .....	46
<b>Figura 18.</b>	Creación de carga sismo dinámico X suelo S2 en etabs.....	47
<b>Figura 19.</b>	Creación de carga sismo dinámico Y en etabs .....	48
<b>Figura 20.</b>	Introducción de espectro suelo S3 a etabs .....	48
<b>Figura 21.</b>	Creación de carga sismo dinámico X suelo S3 en etabs.....	49
<b>Figura 22.</b>	Creación de carga sismo dinámico Y suelo S3 en etabs.....	49
<b>Figura 23.</b>	Primer modo de vibración de la estructura.....	51
<b>Figura 24.</b>	Segundo modo de vibración de la estructura.....	51
<b>Figura 25.</b>	Tercer modo de vibración de la estructura .....	52

<b>Figura 26.</b>	Desplazamiento de edificio debido al SD en X.....	54
<b>Figura 27.</b>	Desplazamiento de edificio debido al SD en Y.....	<b>55</b>
<b>Figura 28.</b>	Elevación de edificación S2 .....	59
<b>Figura 29.</b>	Planta típica de edificación S2.....	60
<b>Figura 30.</b>	Parámetros de altura S2 .....	60
<b>Figura 31.</b>	Elevación de edificación S3 .....	64
<b>Figura 32.</b>	Planta típica de edificación S3.....	65
<b>Figura 33.</b>	Parámetros de altura S3 .....	65
<b>Figura 34.</b>	Puntos de observación 1,2,3 y 4 S2.....	66
<b>Figura 35.</b>	Desplazamientos y derivas puntos de observación etabas SDX- S2 .....	67
<b>Figura 36.</b>	Desplazamientos y derivas puntos de observación etabas SDY-S2 .....	68
<b>Figura 37.</b>	Vista planta esquinas entrantes S2.....	69
<b>Figura 38.</b>	Discontinuidad de diafragma S2.....	70
<b>Figura 39.</b>	Puntos de observación 1,2,3 y 4 S3 .....	72
<b>Figura 40.</b>	Desplazamientos y derivas puntos de observación etabas SDX- S3 .....	73
<b>Figura 41.</b>	Desplazamientos y derivas puntos de observación etabas SDY-S3 .....	74
<b>Figura 42.</b>	Vista planta esquinas entrantes S3.....	75
<b>Figura 43.</b>	Discontinuidad de diafragma S3.....	76
<b>Figura 44.</b>	Vista de planta en Safe suelo S2-1 .....	87
<b>Figura 45.</b>	Vista de planta en Safe suelo S2-2 .....	<b>87</b>
<b>Figura 46.</b>	Vista de planta en Safe suelo S2-3 .....	88
<b>Figura 47.</b>	Vista de planta en Safe suelo S3-1 .....	88
<b>Figura 48.</b>	Vista de planta en Safe suelo S3-2 .....	89
<b>Figura 49.</b>	Vista de planta en Safe suelo S3-3 .....	89
<b>Figura 50.</b>	Aplastamiento en zapata.....	101
<b>Figura 51.</b>	Lista de rigideces no amortiguadas en etabs .....	134

<b>Figura 52.</b>	Rigideces no amortiguadas en etabs .....	134
<b>Figura 53.</b>	Vista 3D de asignación de rigideces no amortiguadas en etabs .....	135
<b>Figura 54.</b>	Lista de rigideces amortiguadas en etabs .....	136
<b>Figura 55.</b>	Interfaz de las direcciones de rigideces en etabs .....	136
<b>Figura 56.</b>	Asignación de Rigideces amortiguadas en etabs .....	137
<b>Figura 57.</b>	Vista 3D de asignación de rigideces amortiguadas en etabs .....	137
<b>Figura 58.</b>	Desplazamientos debido al SD-X Suelo S2-1 .....	138
<b>Figura 59.</b>	Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S2-1 .....	139
<b>Figura 60.</b>	Desplazamientos debido al SD-X Suelo S2-2 .....	140
<b>Figura 61.</b>	Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S2-2 .....	141
<b>Figura 62.</b>	Desplazamientos debido al SD-X Suelo S2-3 .....	142
<b>Figura 63.</b>	Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S2-3 .....	143
<b>Figura 64.</b>	Desplazamientos debido al SD-X Suelo S3-1 .....	145
<b>Figura 65.</b>	Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S3-1 .....	146
<b>Figura 66.</b>	<i>Desplazamientos debido al SD-X Suelo S3-2 .....</i>	<i>147</i>
<b>Figura 67.</b>	Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S3-2 .....	148
<b>Figura 68.</b>	Desplazamientos debido al SD-X Suelo S3-3 .....	149
<b>Figura 69.</b>	Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S3-3 .....	150
<b>Figura 70.</b>	Derivas debido al SD-X Suelo S2-1 .....	152
<b>Figura 71.</b>	Derivas debido al SD-Y Suelo S2-1 .....	153
<b>Figura 72.</b>	Derivas debido al SD-X Suelo S2-2 .....	154
<b>Figura 73.</b>	Derivas debido al SD-Y Suelo S2-2 .....	155
<b>Figura 74.</b>	Derivas debido al SD-X Suelo S2-3 .....	156
<b>Figura 75.</b>	Derivas debido al SD-Y Suelo S2-3 .....	157
<b>Figura 76.</b>	Derivas debido al SD-X Suelo S3-1 .....	159
<b>Figura 77.</b>	Derivas debido al SD-Y Suelo S3-1 .....	160

<b>Figura 78.</b>	Derivas debido al SD-X Suelo S3-2 .....	161
<b>Figura 79.</b>	Derivas debido al SD-Y Suelo S3-2 .....	162
<b>Figura 80.</b>	Derivas debido al SD-X Suelo S3-3 .....	163
<b>Figura 81.</b>	Derivas debido al SD-Y Suelo S3-3 .....	164
<b>Figura 82.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde) .....	166
<b>Figura 83.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde) .....	167
<b>Figura 84.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Central) .....	168
<b>Figura 85.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Central) .....	169
<b>Figura 86.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera) .....	170
<b>Figura 87.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera) .....	171
<b>Figura 88.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Placa G) .....	172
<b>Figura 89.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Placa G) .....	173
<b>Figura 90.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna de borde) .....	174
<b>Figura 91.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna de borde) .....	175
<b>Figura 92.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna central) .....	176
<b>Figura 93.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna central) .....	177
<b>Figura 94.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera) .....	178
<b>Figura 95.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera) .....	179
<b>Figura 96.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Placa G) .....	180
<b>Figura 97.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Placa G) .....	181
<b>Figura 98.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde) .....	182
<b>Figura 99.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde) .....	183
<b>Figura 100.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Central) .....	184
<b>Figura 101.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Central) .....	185
<b>Figura 102.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera) .....	186
<b>Figura 103.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera) .....	187

<b>Figura 104.</b>	Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Placa G) .....	188
<b>Figura 105.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Placa G) .....	189
<b>Figura 106.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde) .....	190
<b>Figura 107.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde) .....	191
<b>Figura 108.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde) .....	192
<b>Figura 109.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Central) .....	193
<b>Figura 110.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera) .....	194
<b>Figura 111.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera) .....	195
<b>Figura 112.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Placa G) .....	196
<b>Figura 113.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Placa G) .....	197
<b>Figura 114.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde) .....	198
<b>Figura 115.</b>	Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde) .....	199
<b>Figura 116.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Central) .....	200
<b>Figura 117.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Central) .....	201
<b>Figura 118.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera) .....	202
<b>Figura 119.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Esquinera) .....	203
<b>Figura 120.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Placa G) .....	204
<b>Figura 121.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Placa G) .....	205
<b>Figura 122.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde) .....	206
<b>Figura 123.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde) .....	207
<b>Figura 124.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Central) .....	208
<b>Figura 125.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Central) .....	209
<b>Figura 126.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera) .....	210
<b>Figura 127.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera) .....	211
<b>Figura 128.</b>	Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Placa G)) .....	212
<b>Figura 129.</b>	Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Placa G) .....	213

<b>Figura 130.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde).....	214
<b>Figura 131.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde).....	215
<b>Figura 132.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Central).....	216
<b>Figura 133.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Central).....	217
<b>Figura 134.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera).....	218
<b>Figura 135.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera).....	219
<b>Figura 136.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-1 (Placa G).....	220
<b>Figura 137.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-1 (Placa G).....	221
<b>Figura 138.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Borde).....	222
<b>Figura 139.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Borde).....	223
<b>Figura 140.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Central).....	224
<b>Figura 141.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Central).....	225
<b>Figura 142.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera).....	226
<b>Figura 143.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera).....	227
<b>Figura 144.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-2 (Placa G).....	228
<b>Figura 145.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-2 (Placa G).....	229
<b>Figura 146.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde).....	230
<b>Figura 147.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde).....	231
<b>Figura 148.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Central).....	232
<b>Figura 149.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Central).....	233
<b>Figura 150.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera).....	234
<b>Figura 151.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera).....	235
<b>Figura 152.</b>	Momento M2-2 en suelo S2-3 (Placa G).....	236
<b>Figura 153.</b>	Momento M3-3 en suelo S2-3 (Placa G).....	237
<b>Figura 154.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde).....	238
<b>Figura 155.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde).....	239

<b>Figura 156.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Central).....	240
<b>Figura 157.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Central).....	241
<b>Figura 158.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera).....	242
<b>Figura 159.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera).....	243
<b>Figura 160.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-1 (Placa G).....	244
<b>Figura 161.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-1 (Placa G).....	245
<b>Figura 162.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde).....	246
<b>Figura 163.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde).....	247
<b>Figura 164.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Central).....	248
<b>Figura 165.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Central).....	249
<b>Figura 166.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera).....	250
<b>Figura 167.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde).....	251
<b>Figura 168.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-2 (Placa G).....	252
<b>Figura 169.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-2 (Placa G).....	253
<b>Figura 170.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde).....	254
<b>Figura 171.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde).....	255
<b>Figura 172.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Central).....	256
<b>Figura 173.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Central).....	257
<b>Figura 174.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera).....	258
<b>Figura 175.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera).....	259
<b>Figura 176.</b>	Momento M2-2 en suelo S3-3 (Placa G).....	260
<b>Figura 177.</b>	Momento M3-3 en suelo S3-3 (Placa G).....	261

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Tabla de variables.....	5
<b>Tabla 2</b>	Tabla de estado del Arte .....	6
<b>Tabla 3</b>	Tabla de marco normativo.....	12
<b>Tabla 4</b>	Tipos de suelos .....	32
<b>Tabla 5</b>	Especificaciones y parámetros de subtipos de suelos S2 .....	33
<b>Tabla 6</b>	Especificaciones y parámetros de subtipos de suelos S2 .....	34
<b>Tabla 7</b>	Factor S.....	39
<b>Tabla 8</b>	Periodos .....	40
<b>Tabla 9</b>	Especificaciones de sistemas estructurales.....	41
<b>Tabla 10</b>	Datos Suelo S2.....	42
<b>Tabla 11</b>	Tabla para el espectro de respuesta S2 .....	42
<b>Tabla 12</b>	Datos Suelo S3.....	44
<b>Tabla 13</b>	Tabla para el espectro de respuesta S3 .....	44
<b>Tabla 14</b>	Distorsiones de entrepiso sin amplificar.....	50
<b>Tabla 15</b>	Desplazamientos del centro de masa del diafragma S2.....	53
<b>Tabla 16</b>	Desplazamientos del centro de masa del diafragma S3.....	54
<b>Tabla 17</b>	Irregularidades estructurales en altura .....	56
<b>Tabla 18</b>	Revisión piso blando X-X .....	56
<b>Tabla 19</b>	Revisión piso blando Y-Y .....	57
<b>Tabla 20</b>	Irregularidad de masa o peso .....	58
<b>Tabla 21</b>	Revisión piso blando X-X .....	62
<b>Tabla 22</b>	Revisión piso blando Y-Y .....	62
<b>Tabla 23</b>	Irregularidad de masa o peso .....	63
<b>Tabla 24</b>	Desplazamiento y derivas máx. en X-X.....	67
<b>Tabla 25</b>	Irregularidad torsional X-X.....	67

<b>Tabla 26</b> Desplazamiento y derivas máx. en Y-Y .....	68
<b>Tabla 27</b> Irregularidad torsional en Y-Y .....	68
<b>Tabla 28</b> Chequeo de irregularidad.....	70
<b>Tabla 29</b> Desplazamiento y derivas max en X-X .....	73
<b>Tabla 30</b> Irregularidad torsional en X-X .....	73
<b>Tabla 31</b> Desplazamiento y derivas máx. en Y-Y .....	74
<b>Tabla 32</b> Irregularidad torsional en Y-Y .....	74
<b>Tabla 33</b> Parámetros y factores por el ángulo de corte para formula terzagui .....	78
<b>Tabla 34</b> Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-1 .....	80
<b>Tabla 35</b> Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-2 .....	80
<b>Tabla 36</b> Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-3 .....	81
<b>Tabla 37</b> Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-4 .....	81
<b>Tabla 38</b> Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S3-1 .....	82
<b>Tabla 39</b> Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S3-2 .....	82
<b>Tabla 40</b> Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S3-3 .....	83
<b>Tabla 41</b> Reacciones en columnas de muestra y asignación de dimensionamientos columna central .....	83
<b>Tabla 42</b> Reacciones en columnas de muestra y asignación de dimensionamientos columna borde y esquinera.....	84
<b>Tabla 43</b> Carga adicional de vigas de cimentación (SAP2000) Central.....	84
<b>Tabla 44</b> Carga adicional de vigas de cimentación (SAP2000) Borde y Esquinera.....	85
<b>Tabla 45</b> Tabla de dimensionamiento placas en suelo S2-1 .....	85
<b>Tabla 46</b> Tabla de dimensionamiento placas en suelo S2-2 .....	85
<b>Tabla 47</b> Tablas de dimensionamiento placas en suelo S2-3 .....	86
<b>Tabla 48</b> Tablas de dimensionamiento placas en suelo S2-4 .....	86
<b>Tabla 49</b> Tablas de dimensionamiento placas en suelo S3-1 .....	86
<b>Tabla 50</b> Tablas de dimensionamiento placas en suelo S3-2 .....	86

<b>Tabla 51</b>	Tablas de dimensionamiento placas en suelo S3-3 .....	86
<b>Tabla 52</b>	Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-1 .....	91
<b>Tabla 53</b>	Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-2 .....	91
<b>Tabla 54</b>	Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-3 .....	92
<b>Tabla 55</b>	Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-4 .....	92
<b>Tabla 56</b>	Comprobación corte directo zapata central en suelo S3-1 .....	92
<b>Tabla 57</b>	Comprobación corte directo zapata central en suelo S3-2 .....	92
<b>Tabla 58</b>	Comprobación corte directo zapata central en suelo S3-3 .....	93
<b>Tabla 59</b>	Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-1 .....	93
<b>Tabla 60</b>	Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-2 .....	93
<b>Tabla 61</b>	Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-3 .....	93
<b>Tabla 62</b>	Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-4 .....	94
<b>Tabla 63</b>	Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S3-1 .....	94
<b>Tabla 64</b>	Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S3-2 .....	94
<b>Tabla 65</b>	Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S3-3 .....	94
<b>Tabla 66</b>	Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-1 .....	96
<b>Tabla 67</b>	Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-2 .....	97
<b>Tabla 68</b>	Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-3 .....	97
<b>Tabla 69</b>	Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-4 .....	97
<b>Tabla 70</b>	Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S3-1 .....	97
<b>Tabla 71</b>	Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S3-2 .....	98
<b>Tabla 72</b>	Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S3-3 .....	98
<b>Tabla 73</b>	Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-1 .....	98
<b>Tabla 74</b>	Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-2 .....	99
<b>Tabla 75</b>	Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-3 .....	99
<b>Tabla 76</b>	Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-4 .....	99
<b>Tabla 77</b>	Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S3-1 .....	99

<b>Tabla 78</b> Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S3-2 .....	100
<b>Tabla 79</b> Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S3-3 .....	100
<b>Tabla 80</b> Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S2 ....	102
<b>Tabla 81</b> Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S3 ....	102
<b>Tabla 82</b> Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S2 ....	102
<b>Tabla 83</b> Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S3 ....	103
<b>Tabla 84</b> Rigidez corregida (central) Suelo S2-1 .....	116
<b>Tabla 85</b> Rigidez corregida (central) Suelo S2-2 .....	116
<b>Tabla 86</b> Rigidez corregida (central) Suelo S2-3 .....	117
<b>Tabla 87</b> Rigidez corregida (central) Suelo S3-1 .....	117
<b>Tabla 88</b> Rigidez corregida (central) Suelo S3-2 .....	118
<b>Tabla 89</b> Rigidez corregida (central) Suelo S3-3 .....	118
<b>Tabla 90</b> Rigidez corregida (Borde) Suelo S2-1.....	118
<b>Tabla 91</b> Rigidez corregida (Borde) Suelo S2-2.....	119
<b>Tabla 92</b> Rigidez corregida (Borde) Suelo S2-3.....	119
<b>Tabla 93</b> Rigidez corregida (Borde) Suelo S3-1.....	119
<b>Tabla 94</b> Rigidez corregida (Borde) Suelo S3-2.....	120
<b>Tabla 95</b> Rigidez corregida (Borde) Suelo S3-3.....	120
<b>Tabla 96</b> Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S2-1 .....	121
<b>Tabla 97</b> Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S2-2 .....	121
<b>Tabla 98</b> Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S2-3 .....	121
<b>Tabla 99</b> Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S3-1 .....	122
<b>Tabla 100</b> Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S3-2 .....	122
<b>Tabla 101</b> Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S3-3 .....	122
<b>Tabla 102</b> Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S2-1.....	123
<b>Tabla 103</b> Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S2-1.....	123
<b>Tabla 104</b> Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S2-2.....	124

<b>Tabla 105</b> Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S2-2.....	124
<b>Tabla 106</b> Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S2-3.....	124
<b>Tabla 107</b> Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S2-3.....	125
<b>Tabla 108</b> Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S3-1.....	125
<b>Tabla 109</b> Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S3-1.....	125
<b>Tabla 110</b> Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S3-2.....	126
<b>Tabla 111</b> Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S3-2.....	126
<b>Tabla 112</b> Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S3-3.....	126
<b>Tabla 113</b> Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S3-3.....	127
<b>Tabla 114</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S2-1 .....	127
<b>Tabla 115</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S2-2 .....	127
<b>Tabla 116</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S2-3 .....	128
<b>Tabla 117</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S3-1 .....	128
<b>Tabla 118</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S3-2 .....	128
<b>Tabla 119</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S3-3 .....	128
<b>Tabla 120</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S2-1 .....	129
<b>Tabla 121</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S2-2 .....	129
<b>Tabla 122</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S2-3 .....	129
<b>Tabla 123</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S3-1 .....	129
<b>Tabla 124</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S3-2 .....	129
<b>Tabla 125</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S3-3 .....	130
<b>Tabla 126</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S2-1 .....	130
<b>Tabla 127</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S2-2 .....	130
<b>Tabla 128</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S2-3 .....	130
<b>Tabla 129</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S3-1 .....	131
<b>Tabla 130</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S3-2 .....	131
<b>Tabla 131</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S3-3 .....	131

<b>Tabla 132</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S2-1.....	131
<b>Tabla 133</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S2-1.....	131
<b>Tabla 134</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S2-2.....	132
<b>Tabla 135</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S2-2.....	132
<b>Tabla 136</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S2-3.....	132
<b>Tabla 137</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S2-3.....	132
<b>Tabla 138</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S3-1.....	132
<b>Tabla 139</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S3-1.....	132
<b>Tabla 140</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S3-2.....	133
<b>Tabla 141</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S3-2.....	133
<b>Tabla 142</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S3-3.....	133
<b>Tabla 143</b> Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S3-3.....	133
<b>Tabla 144</b> Desplazamientos en suelo S2-1 eje X-X .....	138
<b>Tabla 145</b> Desplazamientos en suelo S2-1 eje Y-Y .....	139
<b>Tabla 146</b> Desplazamientos en suelo S2-2 eje X-X .....	140
<b>Tabla 147</b> Desplazamientos en suelo S2-2 eje Y-Y .....	141
<b>Tabla 148</b> Desplazamientos en suelo S2-3 eje X-X .....	142
<b>Tabla 149</b> Desplazamientos en suelo S2-3 eje Y-Y .....	143
<b>Tabla 150</b> Desplazamientos en suelo S3-1 eje X-X .....	144
<b>Tabla 151</b> Desplazamientos en suelo S3-1 eje Y-Y .....	145
<b>Tabla 152</b> Desplazamientos en suelo S3-2 eje X-X .....	146
<b>Tabla 153</b> Desplazamientos en suelo S3-2 eje Y-Y .....	147
<b>Tabla 154</b> Desplazamientos en suelo S3-3 eje X-X .....	148
<b>Tabla 155</b> Desplazamientos en suelo S3-3 eje Y-Y .....	149
<b>Tabla 156</b> Derivas en suelo S2-1 eje X-X .....	151
<b>Tabla 157</b> Derivas en suelo S2-1 eje Y-Y .....	152
<b>Tabla 158</b> Derivas en suelo S2-2 eje X-X .....	153

<b>Tabla 159</b> Derivas en suelo S2-2 eje Y-Y .....	154
<b>Tabla 160</b> Derivas en suelo S2-3 eje X-X .....	155
<b>Tabla 161</b> Derivas en suelo S2-3 eje Y-Y .....	157
<b>Tabla 162</b> Derivas en suelo S3-1 eje X-X .....	158
<b>Tabla 163</b> Derivas en suelo S3-1 eje Y-Y .....	159
<b>Tabla 164</b> Derivas en suelo S3-2 eje X-X .....	160
<b>Tabla 165</b> Derivas en suelo S3-2 eje Y-Y .....	161
<b>Tabla 166</b> Derivas en suelo S3-3 eje X-X .....	162
<b>Tabla 167</b> Derivas en suelo S3-3 eje Y-Y .....	163
<b>Tabla 168</b> Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde) .....	165
<b>Tabla 169</b> Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde) .....	166
<b>Tabla 170</b> Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Central) .....	167
<b>Tabla 171</b> Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Central) .....	168
<b>Tabla 172</b> Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera) .....	169
<b>Tabla 173</b> Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera) .....	170
<b>Tabla 174</b> Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Placa G) .....	171
<b>Tabla 175</b> Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Placa G) .....	172
<b>Tabla 176</b> Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Borde) .....	173
<b>Tabla 177</b> Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Borde) .....	174
<b>Tabla 178</b> Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Central) .....	175
<b>Tabla 179</b> Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Central) .....	176
<b>Tabla 180</b> Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera) .....	177
<b>Tabla 181</b> Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera) .....	178
<b>Tabla 182</b> Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Placa G) .....	179
<b>Tabla 183</b> Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Placa G) .....	180
<b>Tabla 184</b> Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde) .....	181
<b>Tabla 185</b> Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde) .....	182

<b>Tabla 186</b> Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Central) .....	183
<b>Tabla 187</b> Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Central) .....	184
<b>Tabla 188</b> Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera) .....	185
<b>Tabla 189</b> Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera) .....	186
<b>Tabla 190</b> Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Placa G) .....	187
<b>Tabla 191</b> Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Placa G) .....	188
<b>Tabla 192</b> Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde) .....	189
<b>Tabla 193</b> Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde) .....	190
<b>Tabla 194</b> Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde) .....	191
<b>Tabla 195</b> Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Central) .....	192
<b>Tabla 196</b> Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera) .....	193
<b>Tabla 197</b> Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera) .....	194
<b>Tabla 198</b> Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Placa G) .....	195
<b>Tabla 199</b> Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Placa G) .....	196
<b>Tabla 200</b> Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde) .....	197
<b>Tabla 201</b> Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde) .....	198
<b>Tabla 202</b> Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Central) .....	199
<b>Tabla 203</b> Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Central) .....	200
<b>Tabla 204</b> Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera) .....	201
<b>Tabla 205</b> Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Esquinera) .....	202
<b>Tabla 206</b> Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Placa G) .....	203
<b>Tabla 207</b> Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Placa G) .....	204
<b>Tabla 208</b> Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde) .....	205
<b>Tabla 209</b> Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde) .....	206
<b>Tabla 210</b> Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Central) .....	207
<b>Tabla 211</b> Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Central) .....	208
<b>Tabla 212</b> Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera) .....	209

<b>Tabla 213</b> Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera).....	210
<b>Tabla 214</b> Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Placa G).....	211
<b>Tabla 215</b> Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Placa G).....	212
<b>Tabla 216</b> Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde).....	213
<b>Tabla 217</b> Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde).....	214
<b>Tabla 218</b> Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Central).....	215
<b>Tabla 219</b> Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Central).....	216
<b>Tabla 220</b> Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera).....	217
<b>Tabla 221</b> Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera).....	218
<b>Tabla 222</b> Momento M2-2 en suelo S2-1 (Placa G).....	219
<b>Tabla 223</b> Momento M3-3 en suelo S2-1 (Placa G).....	220
<b>Tabla 224</b> Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Borde).....	221
<b>Tabla 225</b> Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Borde).....	222
<b>Tabla 226</b> Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Central).....	223
<b>Tabla 227</b> Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Central).....	224
<b>Tabla 228</b> Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera).....	225
<b>Tabla 229</b> Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera).....	226
<b>Tabla 230</b> Momento M2-2 en suelo S2-2 (Placa G).....	227
<b>Tabla 231</b> Momento M3-3 en suelo S2-2 (Placa G).....	228
<b>Tabla 232</b> Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde).....	229
<b>Tabla 233</b> Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde).....	230
<b>Tabla 234</b> Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Central).....	231
<b>Tabla 235</b> Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Central).....	232
<b>Tabla 236</b> Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera).....	233
<b>Tabla 237</b> Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera).....	234
<b>Tabla 238</b> Momento M2-2 en suelo S2-3 (Placa G).....	235
<b>Tabla 239</b> Momento M3-3 en suelo S2-3 (Placa G).....	236

<b>Tabla 240</b> Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde).....	237
<b>Tabla 241</b> Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde).....	238
<b>Tabla 242</b> Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Central).....	239
<b>Tabla 243</b> Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Central).....	240
<b>Tabla 244</b> Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera).....	241
<b>Tabla 245</b> Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera).....	242
<b>Tabla 246</b> Momento M2-2 en suelo S3-1 (Placa G).....	243
<b>Tabla 247</b> Momento M3-3 en suelo S3-1 (Placa G).....	244
<b>Tabla 248</b> Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde).....	245
<b>Tabla 249</b> Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde).....	246
<b>Tabla 250</b> Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Central).....	247
<b>Tabla 251</b> Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Central).....	248
<b>Tabla 252</b> Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera).....	249
<b>Tabla 253</b> Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Esquinera).....	250
<b>Tabla 254</b> Momento M2-2 en suelo S3-2 (Placa G).....	251
<b>Tabla 255</b> Momento M3-3 en suelo S3-2 (Placa G).....	252
<b>Tabla 257</b> Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde).....	253
<b>Tabla 258</b> Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde).....	254
<b>Tabla 259</b> Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Central).....	255
<b>Tabla 260</b> Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Central).....	256
<b>Tabla 261</b> Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera).....	257
<b>Tabla 262</b> Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera).....	258
<b>Tabla 263</b> Momento M2-2 en suelo S3-3 (Placa G).....	259
<b>Tabla 264</b> Momento M3-3 en suelo S3-3 (Placa G).....	260

## INTRODUCCIÓN

En el diseño estructural convencional, es común que los ingenieros asuman que las columnas de una edificación están empotradas o apoyadas en su base. Esta idealización permite simplificar el análisis estructural y reducir tiempos de modelado; sin embargo, dicha suposición no representa con precisión las condiciones reales del sistema suelo-cimentación-estructura, especialmente en edificaciones asentadas sobre suelos de baja rigidez o en zonas con alta sismicidad. Pero esta simplificación estructural también tiene un desperfecto el cual no se conoce cuando se usara estas simplificaciones siendo indiferente la elección de empotrado o articulado, por lo que se tiene un modelo realista que es la interacción suelo estructura.

En la realidad, las cimentaciones están en contacto con un medio deformable (el suelo), el cual presenta una respuesta flexible ante las cargas aplicadas. Esto genera rotaciones y desplazamientos en la base de las columnas, alterando la distribución de momentos, cortantes y esfuerzos axiales en toda la estructura. Esta diferencia puede repercutir significativamente en la evaluación de la seguridad estructural, el diseño del acero de refuerzo, la predicción de derivas y, en general, en el desempeño sísmico de la edificación.

Con la importancia de la interacción suelo-estructura (ISE), muchos diseños estructurales pueden ser más precisos y reales a las condiciones del terreno como de un diseño efectivo, teniendo limitaciones en el tiempo de diseño, o por considerar que su efecto es despreciable. Esto plantea un problema técnico importante. Con lo que la aplicación de esta simplificación, pero con parámetros controlados y probados se podrá tener un mayor alcance de cada idealización de apoyo de las columnas en nuestra cimentación. Tal idealización puede generar discrepancias sustanciales en los resultados del análisis estructural, especialmente en edificaciones asentadas sobre suelos blandos o medianamente compresibles.

## CAPÍTULO I: FORMULACION DEL PROBLEMA

La investigación de Marín Bardales (2021) destaca que asumir bases empotradas en edificaciones con losa de cimentación puede conllevar a la sobreestimación de esfuerzos internos en columnas, en comparación con modelos que consideran la interacción suelo-estructura. La autora demuestra que dicha interacción modifica significativamente la magnitud de cortantes, momentos y axiales en elementos verticales. Por su parte, Rojas Ruiz (2024), al analizar diferentes tipos de torres de telecomunicación bajo distintas condiciones de apoyo (fijo, empotrado, y con interacción suelo-estructura), identificó variaciones importantes en los desplazamientos, esfuerzos y rotación de la base, concluyendo que la idealización del apoyo influye directamente en el comportamiento sísmico y estructural del sistema.

Asimismo, la tesis de Oñate Salazar (2025) valida experimentalmente cómo las condiciones de contorno afectan la carga crítica de pandeo en columnas. Sus ensayos demuestran que las columnas sometidas a distintas combinaciones de apoyo (articulado, empotrado, mixto) presentan diferencias claras en su capacidad estructural, confirmando la relevancia del tipo de apoyo en el diseño real. Adicionalmente, Flores (2018) propone un modelo integrado suelo-cimiento-estructura y concluye que los modelos dinámicos que consideran esta interacción — como el de Barkan-Savinov o el de la Norma Rusa— reflejan con mayor precisión los esfuerzos de diseño en cimentaciones, permitiendo una mejor estimación de los desplazamientos y derivas bajo cargas sísmicas.

Por otro lado, Bustamante (2021) analiza la respuesta estructural de una torre en Lima según distintos modelos de interacción. Su estudio demuestra que el modelo clásico (E.030) subestima las derivas entre pisos en comparación con los modelos que incorporan flexibilidad de la base, alcanzando diferencias del orden del 30% en estructuras sensibles y finalmente, Reátegui Fasabi (2020), en su tesis sobre edificaciones aporricadas con zapatas aisladas, concluye que al incorporar la interacción suelo-estructura, las fuerzas internas se reducen y los desplazamientos se incrementan. El autor enfatiza que el uso de modelos con ISCE permite representar de forma más precisa la respuesta sísmica y los estados límites de servicio de la edificación.

## 1.1 Justificación de la investigación

En la práctica estructural, es común que las columnas se modelen como empotradas en su base para simplificar el análisis estructural, lo cual implica restringir completamente su rotación y desplazamiento. Esta idealización, aunque funcional para simplificar el modelado y acelerar los procesos de cálculo, no refleja fielmente el comportamiento real de la estructura, ya que, en la práctica, las cimentaciones interactúan con un medio deformable como lo es el suelo. Esta interacción da lugar a un sistema complejo denominado interacción suelo-cimentación-estructura (ISE), (Tekin, et al. 2024) donde la rigidez del suelo, las propiedades de la cimentación y el comportamiento estructural están íntimamente ligados.

La necesidad de esta investigación radica en que, al idealizar empotramientos absolutos en las columnas, se puede sobrestimar la rigidez del sistema estructural, lo cual lleva a una subestimación de desplazamientos laterales, esfuerzos internos reales y derivas (El-Joukhadar, 2023) comprometiendo la precisión del diseño y, en ciertos casos, la seguridad sísmica. Esta situación se vuelve más crítica en zonas con alta peligrosidad sísmica como el Perú, donde las normas técnicas (como la E.030) demandan un diseño preciso y realista que garantice la estabilidad de la edificación (Tekin, et al. 2024).

El presente estudio tiene como propósito comparar el comportamiento estructural de una edificación modelada con columnas empotradas frente a una con columnas apoyadas, ambas considerando la interacción suelo-cimentación-estructura, a fin de determinar cómo esta decisión de modelado influye en el diseño estructural final. Se analizarán parámetros clave como los desplazamientos laterales, los esfuerzos internos (momentos, cortantes y axiales), las derivas entrepiso, los periodos naturales de vibración y la cuantificación del acero de refuerzo.

Además, se busca generar evidencia técnica que sustente la necesidad de incorporar apoyos más realistas en el modelado estructural, proponiendo criterios prácticos que orienten a los ingenieros en la toma de decisiones durante la etapa de análisis y diseño (Taha, et al. 2025). Esto permitirá optimizar la relación entre seguridad y economía, evitando tanto sobredimensionamientos como diseños poco conservadores.

## 1.2 Objetivos de Investigación

### 1.2.1 Objetivo general

Evaluar cómo varía la respuesta estructural de una edificación al considerar columnas y placas empotradas en condiciones realistas de apoyo y que integren la interacción suelo-cimentación-estructura (ISE).

### 1.2.2 Objetivos específicos.

- Evaluar las propiedades mecánicas del suelo y estructura del caso de estudio a través de fuentes secundarias como estudios de suelos geológicos, topográficos, planos, etc.
- Modelar la estructura de una edificación considerando dos enfoques distintos: uno con columnas empotradas y otro con modelando sobre elementos elásticos que representen la rigidez del suelo (ISE).
- Comparar los resultados estructurales obtenidos de ambos modelos en términos de esfuerzos internos (momentos y cortantes), desplazamientos laterales, derivas y periodos naturales de vibración

## 1.3 Hipótesis

La forma en que se modelan los elementos verticales (como empotradas), aun considerando la interacción suelo-cimentación-estructura (ISE), influye significativamente en la respuesta estructural de la edificación, generando variaciones en desplazamientos, esfuerzos internos y rigidez global, lo que puede afectar directamente los criterios de diseño estructural y la cuantificación del acero de refuerzo.

## 1.4 Variables

En la tabla 1 se muestra las variables que se analizarán en el presente proyecto de investigación

**Tabla 1**

*Tabla de variables*

<b>Tipo de Variable</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
<b>Independiente</b>	<b>Tipo de modelación estructural</b>	Condición de apoyo	Empotrado, ISCE
	<b>Tipo de suelo</b>	Clasificación del terreno	Suelo rígido, intermedio, blando
<b>Dependiente</b>	<b>Respuesta estructural global</b>	- Desplazamiento lateral	$\Delta, \theta, T$
		- Deriva entre pisos	
		- Periodo natural	
	<b>Demanda de diseño estructural</b>	- Momento flector - Fuerza cortante - Reacción en apoyos	$M, V, R, \rho$
	<b>Comportamiento de la cimentación</b>	- Rigidez de apoyo	K

Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del arte

**Tabla 2**

*Tabla de estado del Arte*

Ítem	Autor	Importancia	Método	Tipo
1	(Martin ,2021)	Menciona como realizar metodología de modelamiento y comparación de modelos estructurales	elaboración de modelos estructurales	M4
			Análisis Comparativo	M6
			Evaluación estructural	M7
2	(Reátegui, 2020)	Evaluación de idealización en respuesta a efectos sísmicos y comparación de ellos	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			elaboración de modelos estructurales	M4
			Análisis Comparativo	M6
3	(Moradi, et al. 2024)	Conocimientos del "embedment" con el comportamiento sísmico de las cimentaciones	elaboración de modelos estructurales	M4
			Análisis Comparativo	M6
			Formulación de conclusiones técnicas y recomendaciones	M8
4	(Fernandez-Sola, et al. 2020)	Mención y relevancia de normas técnicas (E050 E060 ACI 318) y comparativa que evidencia la necesidad de diferencias en modelos	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			elaboración de modelos estructurales	M4
			Análisis Comparativo	M6
5	(Yue, et al. 2022))	Aplicación de modelos con técnicas iterativas y considerando el efecto de	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			elaboración de modelos estructurales	M4

		"profundidad de empotramiento"	Análisis Comparativo	M6
6	(Kumar, et al. 2025)	La obtención y análisis de parámetros geotécnicos realizados con el comportamiento y desplazamientos de momentos y esfuerzos.	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			Obtención y análisis de parámetros geotécnicos	M3
			Aplicación de cargas y análisis de comportamiento, desplazamientos, momentos, esfuerzos	M5
7	(Çetindemir, 2024)	Modelado y análisis de interacción suelo-estructura con el impacto de las condiciones en los apoyos estructurales y mención de normas técnicas	elaboración de modelos estructurales	M4
			Aplicación de cargas y análisis de comportamiento, desplazamientos, momentos, esfuerzos	M5
			Análisis Comparativo	M6
8	(Bezgin, 2010)	Marcos teóricos y entendimiento de la interacción de suelo estructura en cimentaciones profundas	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			Análisis Comparativo	M6
			Evaluación estructural	M7
9	(Valderrama & Meza, 2014)	Conceptualización de normas peruanas, E030 E050 y E060 además de conceptualización ISE y la comparativa entre los enfoques	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			elaboración de modelos estructurales	M4
			Análisis Comparativo	M6
10	(IBRACON, 2020)	Ayuda en la obtención de parámetros geotécnicos como las metodologías en modelos de ISE	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			Obtención y análisis de parámetros geotécnicos	M3
			elaboración de modelos estructurales	M4

11	(RUIZ, 2024)	Identifica evidencia técnica de que las condiciones de apoyo influyen significativamente en la respuesta estructural, especialmente en desplazamientos y esfuerzos internos	Selección del caso de estudio	M2
			Obtención de parámetros geotécnicos	M3
			Análisis de resultados	M5
12	(Tekin et, 2024)	Aborda de manera detallada cómo la interacción suelo-estructura afecta la respuesta dinámica de edificaciones.	Usa diferentes configuraciones de altura de superestructura	M2
			Aplica un modelo dinámico masa-resorte-amortiguador	M4
			Compara desplazamientos espectrales y aceleraciones	M5
13	(Katsimpini et, 2024)	Demuestra, a través de un análisis no lineal detallado, cómo la interacción suelo-estructura (ISE)	Usa valores de rigidez y amortiguamiento del suelo	M3
			Aplica cargas sísmicas reales (5 registros de sismos cercanos a fallas)	M5
			Evalúa diferencias en desplazamientos.	M7
14	(Cabrera, 2020)	Se comparan los resultados de base empotrada con condiciones flexibles utilizando modelos tipo Winkler	Establece modelos matemáticos para aplicar demanda sísmica	M1
			Se usa modelado avanzado en ETABS	M4
			Valida el modelo numérico comparándolo con datos experimentales reales	M9
15	(Taha et, 2025)	propone un enfoque riguroso para representar la interacción suelo-	Se derivan parámetros del suelo como rigidez y amortiguamiento,	M3

		estructura (ISE) en el dominio del tiempo	Se modelan sistemas suelo-estructura	M4
			Se analizan las diferencias de comportamiento estructural	M7
<b>16</b>	(Oñate, 2025)	Los apoyos empotrados incorporan un perno que presiona la columna contra un bloque de acero	Revisión bibliográfica sobre ISE	M1
			Elaboración de dos modelos estructurales	M4
			Aplicación de cargas gravitacionales	M5
<b>17</b>	(Miari et, 2022)	Detecta efectos de los impactos sísmicos inducidos entre edificios fundados en un tipo de suelo específico	Análisis de parámetros geotécnicos	M3
			Evaluación estructural con base en los resultados obtenidos	M7
			Validación de resultados mediante criterios técnicos	M9
<b>18</b>	(El-Joukhadar, 2023)	Evalúa metodología basada en análisis no lineal calibrado con ensayos experimentales	Se analizan las diferencias de comportamiento estructural	M5
			Se analizan las diferencias de comportamiento estructural	M7
			El modelo con CFISF se valida al replicar correctamente	M9
<b>19</b>	(Damikoukas et al. 2023)	Predice con precisión la respuesta sísmica de un edificio específico mediante redes neuronales	Aplica cargas gravitacionales	M5
			Evaluación estructural con base en los resultados obtenidos	M7
			Validación de resultados mediante criterios técnicos	M9

Fuente: elaboración propia

**M1** Revisión bibliográfica sobre la interacción suelo-estructura (ISE), métodos de modelado estructural, tipos de cimentación y normativas técnicas vigentes (E.050, E.060, ACI 318, etc.).

**M2** Selección del caso de estudio: definición del sistema estructural típico de concreto armado, número de niveles, ubicación geográfica, características geométricas y estructurales.

**M3** Obtención y análisis de parámetros geotécnicos del suelo según literatura técnica y ensayos representativos para definir rigidez vertical y rotacional del apoyo.

**M4** Elaboración de dos modelos estructurales con software especializado (ETABS, SAP2000):

- Modelo A con columnas empotradas (condición idealizada).
- Modelo B con columnas sobre resortes (condición realista con ISE).

**M5** Aplicación de cargas gravitacionales y sísmicas según la norma E.030 y análisis de comportamiento estructural: desplazamientos, derivas, momentos, cortantes y axiales.

**M6** Análisis comparativo entre ambos modelos para evaluar la influencia de las condiciones de apoyo en la respuesta global y local de la estructura.

**M7** Evaluación estructural con base en los resultados obtenidos: análisis de diferencias significativas y posibles implicancias en el diseño estructural.

**M8** Formulación de conclusiones técnicas y recomendaciones para el modelado más realista de apoyos en proyectos estructurales, especialmente en zonas sísmicas.

**M9** Validación de resultados mediante criterios técnicos, normativos y revisión por parte de especialistas (opcional si incluye una entrevista o retroalimentación profesional).

## 2.2 Análisis de las 5cs en las referencias de investigación

### 2.2.1 Contexto

Las investigaciones analizadas provienen principalmente de diferentes partes del mundo como también casos nacionales, donde el modelamiento de la interacción suelo-estructura ha cobrado gran relevancia en el diseño sísmico y

estructural, lo cual las idealizaciones pueden ayudarnos en la primera referencia y conocer los parámetros de ellas en países sísmicamente activos como el nuestro y se ha enfatizado la importancia de idealizar adecuadamente esas condiciones de empotramiento y apoyo de columnas y cimentaciones para mejorar la precisión del análisis estructural siendo un análisis rápido. En el Perú, esta línea de investigación es incipiente, aunque cada vez más relevante ante la necesidad de diseños sismo-resistentes más realistas.

### **2.2.2 Contenido**

Las referencias revisadas abordan el efecto de distintas idealizaciones (rígido y empotrado) en el comportamiento estructural, considerando diferentes casos como plateas de cimentación como zapatas aisladas y cimentaciones profundas. Se exploran modelos con y sin interacción suelo-estructura (ISE), utilizando herramientas de modelación como su comparativa de ellos. Los estudios muestran cómo la elección del modelo de cimentación afecta parámetros clave como desplazamientos, esfuerzos internos y períodos naturales de vibración.

### **2.2.3 Calidad**

La calidad de la investigación se sustenta en:

- El uso de modelos computacionales avanzados.
- La incorporación de parámetros geotécnicos reales o representativos.
- La comparación entre modelos bajo las mismas condiciones de carga y análisis sísmico, lo que garantiza objetividad.
- El enfoque integral que considera tanto la teoría como su aplicación práctica en el diseño estructural.

### **2.2.4 Comparación**

A diferencia de muchos estudios que comparan modelos con y sin interacción suelo-estructura, la tesis propone una comparación más detallada entre dos tipos de modelado de columnas (empotramiento vs. apoyo) dentro de un mismo marco de interacción suelo-cimentación-estructura. Esto permite aislar el efecto de la forma de modelar la columna, algo que pocas investigaciones hacen con precisión. Además, contrastas los efectos sobre la respuesta estructural y sobre decisiones clave de diseño como la cuantía de acero, ofreciendo una visión

práctica y técnica a la vez.

### 2.2.5 Contribución

La principal contribución es ofrecer una metodología práctica para modelar estructuras con condiciones de apoyo más realistas, lo que puede mejorar significativamente la precisión en el diseño estructural. Proponer criterios técnicos útiles para ingenieros y proyectistas, además de demostrar, con evidencia técnica, el impacto que tiene la idealización de los empotramientos sobre la seguridad y economía del diseño. Esta investigación también aporta al ámbito académico, sirviendo como referencia para futuras tesis que busquen integrar la interacción suelo-estructura de manera más detallada y crítica.

### 2.3 Marco normativo

**Tabla 3**

*Tabla de marco normativo*

NORMA	Organización	Objeto de estudio	Aplicación en la tesis
ASCE 7	American Society of Civil Engineers (EE. UU.)	Criterios mínimos para el diseño estructural frente a cargas, incluyendo cargas sísmicas y efectos de sitio	Proporciona lineamientos para considerar la interacción suelo-estructura (ISE) en análisis sísmicos. Sirve como referencia para comparar modelos de empotramiento.
Norma E.050	Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú – CISMID, Ministerio de Vivienda)	Diseño geotécnico de cimentaciones. Define parámetros del suelo y métodos de análisis estructural-geotécnico.	Aporta los parámetros locales del suelo y criterios de diseño para cimentaciones, necesarios para modelar correctamente la interacción suelo-estructura en Perú.
E.030 Diseño Sismorresistente	MVCS – Perú	Criterios para el análisis y diseño estructural frente a sismos.	Se emplea para definir cargas sísmicas, espectros de diseño y condiciones de análisis dinámico.

<b>E.060 Concreto Armado</b>	MVCS – Perú	Requisitos técnicos para diseño de elementos estructurales de concreto.	Permite verificar la resistencia de columnas y vigas según los esfuerzos obtenidos del análisis estructural.
<b>ACI 318-19</b>	American Concrete Institute (ACI – EE. UU.)	Diseño estructural en concreto armado bajo cargas sísmicas, gravitacionales y combinadas.	Se toma como referencia técnica internacional para verificar el diseño estructural y cuantificación del acero.
<b>ASCE/SEI 7-22</b>	American Society of Civil Engineers (EE. UU.)	Provisión para cargas mínimas sobre edificaciones y otras estructuras (incluyendo sismos).	Sirve como base comparativa para cargas sísmicas y para validar el enfoque de análisis sísmico no lineal.
<b>ASCE/SEI 41-17</b>	American Society of Civil Engineers (EE. UU.)	Evaluación y rehabilitación sísmica de estructuras existentes.	Referencial para análisis no lineales y evaluación del desempeño estructural bajo condiciones sísmicas.
<b>NTC-DF (Normas Técnicas Diseño por Sismo – México)</b>	Gobierno de México	Diseño sísmico estructural considerando efectos del suelo y condiciones reales.	Referencia alternativa de Latinoamérica para criterios de empotramiento vs. apoyos con deformabilidad.

Fuente: elaboración propia

## 2.4 Marco conceptual

### 2.4.1 Interacción Suelo-Cimentación-Estructura (ISE)

La Interacción Suelo-Estructura (ISE) se refiere al fenómeno mediante el cual las propiedades mecánicas del suelo afectan la respuesta dinámica y estructural de una edificación, y viceversa. En el análisis estructural convencional, se suelen realizar simplificaciones como suponer cimentaciones rígidamente empotradas. Sin embargo, este enfoque ignora la deformabilidad del suelo, lo cual puede llevar a estimaciones imprecisas de desplazamientos, fuerzas internas y períodos naturales de vibración.

#### 2.4.2 Modelamientos de ISE

Existen diferentes enfoques para modelar la interacción suelo-estructura, que varían en complejidad:

- **Modelos Simplificados:** Usan resortes y amortiguadores equivalentes en la base de la estructura para representar la rigidez y amortiguamiento del suelo.
- **Modelos Analíticos:** Utilizan teorías elásticas o elasto-plásticas para representar el comportamiento del sistema suelo-cimentación.
- **Modelos Numéricos:** Emplean técnicas de elementos finitos o elementos discretos para simular la interacción completa entre el suelo, la cimentación y la superestructura, incorporando no linealidades del terreno.

#### 2.4.3 Tipos de Empotramiento en modelos estructurales

La idealización de las condiciones de apoyo influye significativamente en la respuesta estructural:

- **Empotramiento Rígido:** Asume que no hay movimiento relativo entre la cimentación y el suelo.
- **Empotramiento Semi-Rígido:** Reconoce cierto grado de deformación en la base, introduciendo flexibilidad rotacional y traslacional.
- **Modelo con ISE Completa:** Considera la interacción real entre la estructura, la cimentación y el suelo, permitiendo un análisis más representativo del comportamiento sísmico.

#### 2.4.4 Suelos y geotecnia en la interacción suelo-estructura

El análisis estructural tradicional ha sido históricamente desarrollado bajo el supuesto de que la base de la edificación se encuentra sobre un soporte rígido, invariable y perfectamente estable. Sin embargo, esta hipótesis no representa con fidelidad el comportamiento real del suelo, que constituye un medio elástico, deformable y no homogéneo. En consecuencia, el análisis conjunto de la estructura y su interacción con el terreno de cimentación se vuelve esencial para un diseño estructural preciso y seguro.

El suelo es un material geotécnico que presenta propiedades mecánicas altamente variables, dependientes de su origen, composición granulométrica, contenido de humedad, nivel freático, y grado de compactación. Desde el punto de vista ingenieril, se clasifica como un medio continuo elástico-plástico con rigidez finita, lo cual implica que se deforma bajo cargas estructurales, transmitiendo tensiones y provocando asentamientos.

Mediante la concepción de Terzaghi y Peck (1967), el suelo puede comportarse de forma predominantemente elástica a bajos niveles de esfuerzo, pero su comportamiento se torna no lineal conforme aumenta la magnitud de las cargas. Esta variabilidad justifica la necesidad de modelar al suelo no como un apoyo rígido, sino como un sistema que interactúa en función de la geometría de la cimentación y la distribución de carga.

Los estudios incluidos en Reátegui Fasabi (2020) y Marín Bardales (2021) confirman que la rigidez del suelo tiene un papel determinante en la distribución de esfuerzos estructurales. Cuando se utiliza un modelo de empotramiento ideal sin tomar en cuenta la compresibilidad del suelo, se generan errores en la predicción de momentos y cortantes en columnas, así como en las presiones de contacto bajo zapatas o losas

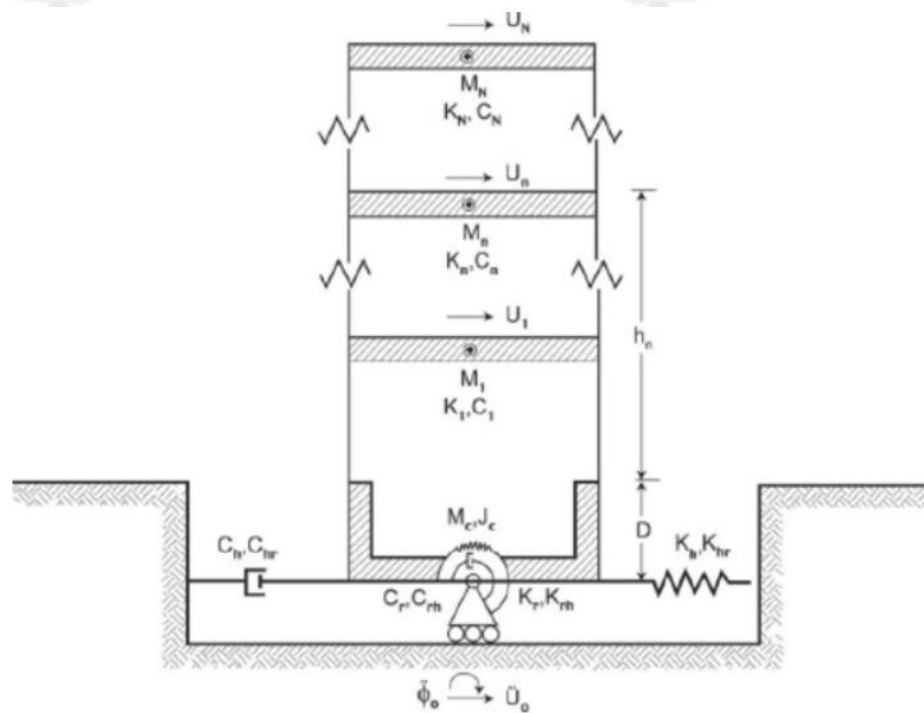
#### **2.4.5 Comportamiento mecánico del suelo y su impacto en la cimentación**

Desde el enfoque geotécnico, la cimentación de una edificación debe ser diseñada no solo para soportar las cargas estructurales, sino también para compatibilizar sus deformaciones con el suelo subyacente. Esta compatibilidad es la base del concepto de interacción suelo-estructura (ISE). Como lo plantean Bowles (1997) y Zeevaert (1972), el comportamiento del suelo bajo carga no es uniforme ni instantáneo: depende de factores como el módulo de elasticidad, la relación de Poisson, el nivel de confinamiento y la duración de la carga.

La investigación de Flores (2018), incluida en el PDF, demuestra que diferentes tipos de suelo generan respuestas estructurales significativamente distintas ante una misma edificación, debido a las variaciones en asentamientos, rigidez lateral y distribución de esfuerzos en la base. Esta variabilidad es especialmente crítica en suelos blandos o arcillosos, donde los asentamientos diferenciales pueden inducir distorsiones significativas en estructuras aporticadas.

El módulo de reacción del suelo o coeficiente de balasto ( $k$ ) es uno de los parámetros más utilizados para representar la rigidez vertical del terreno en modelos estructurales. Sin embargo, autores como Meyerhof (1953) advierten que este valor no es constante y depende de la dimensión de la cimentación y la rigidez de la superestructura como se muestra en la figura 1, lo cual justifica el uso de modelos con resortes elásticos variables en lugar de apoyos ideales.

**Figura 1.**  
*Sistema suelo-estructura completa*



Nota: Extraído de Sismica Institute (2021)

#### 2.4.6 Modelos de representación del suelo en el análisis estructural

Para incorporar el comportamiento del suelo en el análisis estructural, se han desarrollado diferentes modelos, siendo los más utilizados:

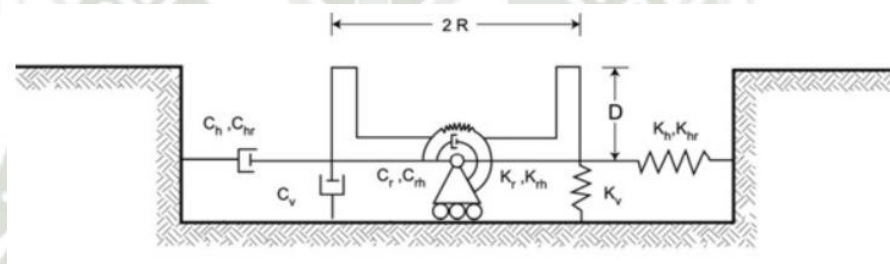
- Modelo de Winkler: representa el suelo como una cama de resortes independientes con rigidez vertical  $k$  como se muestra en la figura 2, proporcional al asentamiento local. Es útil por su simplicidad, aunque no considera la interacción entre puntos adyacentes del suelo.
- Modelo de Pasternak: mejora el modelo de Winkler al incorporar rigidez de corte, permitiendo una interacción entre puntos del suelo, lo que resulta

más realista en suelos cohesivos.

- Modelo continuo o de elementos finitos (FE): permite simular el suelo como un continuo tridimensional, considerando anisotropía, heterogeneidad y no linealidad del material.

Los estudios realizados por Bustamante (2021) y Rojas Ruiz (2024) emplean estos modelos en distintos grados de complejidad, demostrando que la incorporación del suelo como parte activa del sistema estructural permite obtener resultados más ajustados a la realidad, tanto en términos de esfuerzos como de desplazamientos y periodos naturales de vibración.

**Figura 2.**  
*Resortes y amortiguadores equivalentes del suelo*



Nota: Extraído de Sismica Institute (2021)

#### 2.4.7 Análisis sísmico

El análisis sísmico es el proceso mediante el cual se evalúa la respuesta estructural de una edificación frente a la acción de cargas sísmicas. Su objetivo es garantizar que la estructura pueda resistir un movimiento sísmico sin colapsar, manteniendo niveles aceptables de deformación y daño. Este análisis se realiza siguiendo normas técnicas específicas, como la Norma Técnica Peruana E.030, y considera factores como la aceleración sísmica del terreno, el tipo de suelo, la ubicación geográfica, el uso de la edificación y su importancia estructural.

Existen diferentes tipos de análisis sísmico:

#### 2.4.8 Análisis sismo estático

También llamado método estático equivalente, es un procedimiento simplificado que representa la acción sísmica mediante un conjunto de fuerzas

laterales aplicadas a los diferentes niveles de la estructura. Se basa en la teoría de la dinámica estructural lineal, asumiendo que la estructura se comporta de forma elástica y responde principalmente en su primer modo de vibración.

**Características clave:**

- Se aplica en estructuras regulares, simétricas y de hasta 15 pisos (según E.030).
- Las cargas sísmicas se determinan mediante una fórmula simplificada basada en la masa de la edificación, la aceleración sísmica del suelo, el tipo de suelo, y el factor de importancia.
- No considera el efecto de modos superiores de vibración ni irregularidades en planta o elevación.
- Es útil para estructuras pequeñas y de configuración geométrica simple.

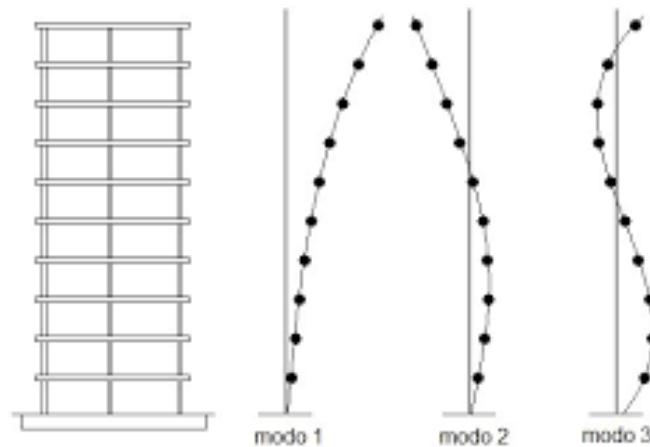
#### 2.4.9 Análisis sismo dinámico

Este tipo de análisis toma en cuenta la naturaleza vibratoria real del sismo y la respuesta modal de la estructura, así como se muestra en la figura 3. A diferencia del análisis estático, permite capturar la participación de varios modos de vibración y proporciona una evaluación más precisa del comportamiento estructural ante un sismo.

**Análisis Modal Espectral (Lineal)**

- Utiliza un espectro de respuesta sísmica para calcular la respuesta máxima probable de la estructura considerando varios modos de vibración.
- La respuesta estructural se obtiene mediante la combinación modal (SRSS o CQC).
- Apto para estructuras medianas o complejas, incluso con ciertas irregularidades.

**Figura 3.**  
*Modos de vibración de una edificación*



Nota: Extraído de Fernández (2008)

#### 2.4.10 Esfuerzos Internos

Los esfuerzos internos son las fuerzas que se desarrollan al interior de los elementos estructurales como consecuencias de la aplicación de cargas externas. Estos esfuerzos resultan esenciales en el análisis y diseño estructural, ya que permiten definir el tipo y la cantidad de la estructura.

- **Momento flector (M)**

El momento flector es una fuerza interna que produce rotación o flexión en un elemento estructural. Se expresa en  $\text{kN}\cdot\text{m}$  y su valor depende tanto de la intensidad y posición de las cargas aplicadas como de las condiciones de apoyo del sistema.

Importancia en la tesis: permite evaluar cómo el tipo de apoyo (empotramiento vs. apoyo elástico) afecta la distribución de momentos en columnas y vigas.

- **Fuerza cortante (V)**

Es la fuerza interna que tiende a deslizar una sección transversal respecto a otra. Se mide en  $\text{kN}$  y es crucial para el diseño de refuerzo transversal.

Importancia en la tesis: ayuda a identificar si el tipo de apoyo incrementa la demanda de cortante en columnas o vigas.

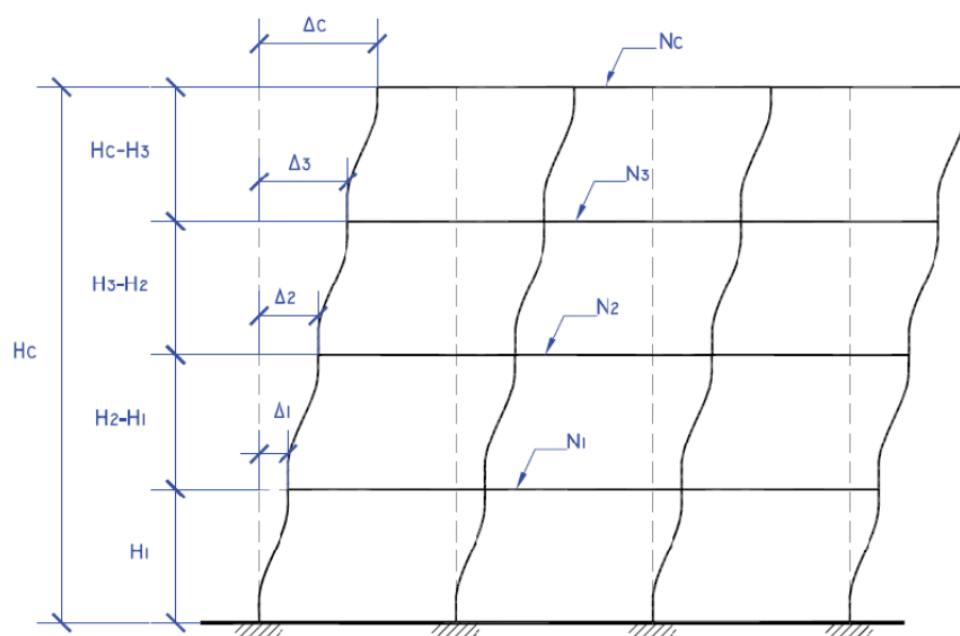
### 2.4.11 Desplazamientos Laterales

Son los movimientos horizontales que experimenta la estructura como respuesta a cargas laterales, especialmente sísmicas. Se expresan en centímetros o milímetros.

### 2.4.12 Deriva Estructural (Deriva entre piso)

La deriva es la diferencia de desplazamiento lateral entre dos niveles consecutivos, dividida entre la altura entre pisos. Se expresa como una relación adimensional o en porcentaje (%) así como muestra la figura 4 la determinación de este mismo.

**Figura 4.**  
*Derivas entre piso*



$\Delta_c$  = DESPLAZAMIENTO DEL NIVEL DE CUBIERTA

$H_c$  = ALTURA DEL NIVEL DE CUBIERTA

$\Delta_c/H_c$  = DERIVA GLOBAL DEL EDIFICIO

$s_3 = (\Delta_3 - \Delta_2)/(H_3 - H_2)$  = DERIVA DE ENTREPISO DEL NIVEL 3

Nota: Extraído de Fernández (2008)

### 2.4.13 Periodo Natural de Vibración

Es el tiempo que tarda una estructura en completar un ciclo completo de vibración libre en su primer modo. Se mide en segundos (s) y está relacionado con la rigidez y masa del sistema.

#### 2.4.14 Relación entre los parámetros

Todos estos parámetros están interrelacionados. Por ejemplo:

- Un mayor periodo natural puede resultar en menores aceleraciones espectrales, pero también en mayores desplazamientos laterales.
- Menores rigideces en la base incrementan el desplazamiento, lo que puede afectar los esfuerzos internos y las derivas.
- Las derivas y momentos elevados exigen mayor cantidad de acero de refuerzo en columnas y vigas, lo que impacta directamente en el diseño estructural.

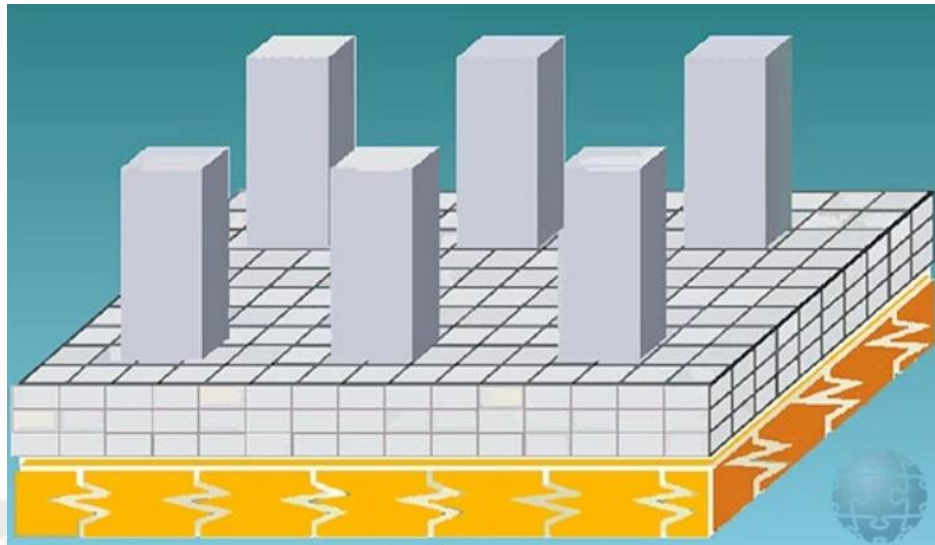
#### 2.4.15 Interacción suelo estructura

La deformación que experimenta un determinado sistema de cimentación depende tanto de las características del elemento de cimentación como de las propiedades elásticas del suelo de soporte. Esto puede expresarse de la siguiente forma:

- Las deflexiones del elemento rigen la distribución de presiones en el contacto cimentación-suelo, de la cual dependen las deformaciones relativas del suelo de soporte.
- Las deformaciones del suelo de soporte controlan los cambios de esfuerzo en el elemento, los que, en función de la rigidez de este, determinan las deflexiones de dicho elemento.

Estos dos planteamientos se traducen en una única condición denominada Interacción Cimentación-Suelo de Soporte. La vinculación de la estructura soportada con el sistema de cimentación conduce a que la condición indicada anteriormente, genere una relación de rigidez conjunta estructura-cimentación, que produce de forma más específica una Interacción Suelo-Estructura.

**Figura 5.**  
*Representación de amortiguadores en el suelo estructura*



Nota: Extraído de Sismica Institute (2021)

#### 2.4.16 NIST GCR 12-917-21

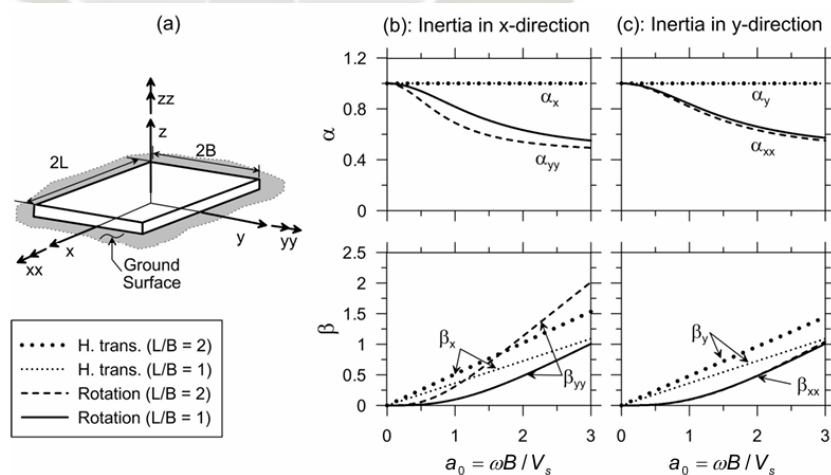
La norma NIST GCR 12-917-21, denominada “*Soil-Structure Interaction for Building Structures*” (Interacción Suelo-Estructura en Edificaciones), es una guía técnica emitida por el National Institute of Standards and Technology (NIST) en el año 2012. Su objetivo principal es establecer criterios, métodos y expresiones prácticas que permitan considerar la interacción suelo-estructura (ISE) en el análisis y diseño sísmico de edificaciones. El documento señala que, en la práctica ingenieril, muchas estructuras se analizan bajo el supuesto de un empotramiento total en la base, lo cual puede ocasionar estimaciones erróneas de la respuesta estructural. Por tal motivo, la norma plantea tanto procedimientos simplificados como avanzados que permiten representar de manera más realista la flexibilidad y el amortiguamiento del suelo. Rigideces equivalentes (vertical, horizontal y rotacional).

- Factores de amortiguamiento radiado por el suelo.
- Funciones de impedancia derivadas de soluciones de la teoría de elasticidad y calibradas con investigaciones experimentales y numéricas.

### 2.4.17 Rigidez y amortiguamiento del suelo

- El NIST explica que el suelo no se comporta como un apoyo rígido, sino que transmite cargas mediante resortes equivalentes en tres grados de libertad: vertical, horizontal y rotacional.
- Estas propiedades se describen con funciones de impedancia, que dependen de parámetros geotécnicos como el módulo de corte ( $G$ ), la relación de Poisson ( $\nu$ ) y las dimensiones de la cimentación.
- En la figura se muestra cómo varían los modificadores de rigidez dinámica con respecto a la frecuencia para zapatas rígidas apoyadas sobre la superficie del terreno. En el caso de la rigidez traslacional, los modificadores correspondientes ( $\alpha_x; \alpha_y$ ) permanecen prácticamente iguales a uno, sin verse afectados por la frecuencia ni por la relación de aspecto de la cimentación. Por otro lado, para la rigidez rotacional, los modificadores asociados al balanceo ( $\alpha_{xx}; \alpha_{yy}$ ) muestran una reducción significativa al aumentar la frecuencia, aunque su comportamiento es poco sensible a los cambios en la relación de aspecto.

**Figura 6.**  
*Derivas entre piso*



Nota: Extraído de NIST (2021)

### 2.4.18 Efecto en la respuesta estructural

- La ISE puede aumentar el periodo natural de vibración de la edificación, lo que modifica la demanda sísmica.

- También puede reducir las fuerzas internas, pero a y derivas, lo cual es crítico en zonas sísmicas.
- Por tanto, se debe evaluar en qué casos la idealización rígida (empotramiento) es válida y en qué casos no.

#### 2.4.19 Recomendaciones prácticas

- Incluir la ISE en el diseño cuando la relación entre la rigidez del suelo y la de la estructura muestre que el empotramiento no es realista.
- Considerar la profundidad de desplante, el tipo de suelo y las dimensiones de la cimentación para determinar si la estructura puede tratarse como empotrada o no.
- Para cimentaciones superficiales, se destacan fórmulas prácticas para obtener rigideces verticales, horizontales y rotacionales.

#### 2.4.20 Rigideces sin amortiguamiento

- Estas rigideces representan únicamente la resistencia del suelo a deformarse bajo cargas aplicadas.
- Se definen como constantes elásticas en tres direcciones principales:

$K_v \rightarrow$  rigidez vertical (contra asentamiento)

$K_h \rightarrow$  rigidez horizontal (contra traslación lateral)

$K_\theta \rightarrow$  rigidez rotacional (contra giros en la base)

- Fórmulas según norma NIST GCR 12-917-21:

La norma enumera expresiones para la rigidez estática de la cimentación,  $K_j$ , Para tres grados de libertad de traslación y tres de rotación para una zapata rectangular rígida ubicada en la superficie del terreno. Estas ecuaciones son similares para Pais y Kausel (1988), Gazetas (1991) y Mylonakis et al. (2006). La incrustación de cimentaciones bajo la superficie del terreno aumenta la rigidez estática de la cimentación. Factores,  $\gamma$ , para aumentar  $K_{j0}$ . Los efectos del empotramiento se presentan en la Tabla 2-2b. Las ecuaciones de Pais y Kausel (1988) son las más utilizadas en la práctica. Las ecuaciones de Gazetas (1991) y Mylonakis et al. (2006) son más generales y consideran los efectos del empotramiento resultantes de la separación entre el suelo y los muros laterales de la cimentación

#### 2.4.21 Rigideces con amortiguamiento

- En la realidad, cuando una estructura vibra, el suelo no solo se deforma, sino que también disipa energía debido fricción interna de partículas del suelo (amortiguamiento material), radiación de ondas sísmicas al medio infinito (amortiguamiento por radiación).
- Para considerar esto, las rigideces dejan de ser solo constantes reales y pasan a representarse como funciones complejas dependientes de la frecuencia



### CAPÍTULO III: METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología es de tipo cuantitativo-comparativo y se basa en el desarrollo de modelos estructurales simulados bajo condiciones controladas, con variación del tipo de idealización de apoyo en elementos verticales y características geotécnicas del suelo. Se implementará un enfoque paramétrico, evaluando cómo cambian los resultados estructurales al variar:

- El tipo de apoyo estructural (empotramiento rígido y modelo con ISE).
- El tipo de suelo (suelo rígido, intermedio y blando).
- Variaciones de las cimentaciones (Desplante y dimensiones de zapata)

El énfasis estará puesto en el análisis de la respuesta de base de columnas lo que generará las reacciones, desplazamientos, derivas y cortante máxima, que analizaremos

#### 3.1 Modelo interacción Suelo Estructura – Modelo NIST GCR 12-917-21

Para la elaboración de nuestro proyecto tomaremos lo que es el modelo de NIST GCR 12-917-21 ya que, su aplicación en zapatas aisladas de los 3 casos de fuerzas representadas por resortes serán traslaciones, torsiones y rotacionales que se generan por el suelo y características de la cimentación, representando así la complejidad del suelo y de manera tanto experimental como manera teórica, tener sus rigideces correspondientes a cada eje, X, Y y Z.

Esta normativa igualmente limita el análisis de suelo estructura con las siguientes condiciones:

- No es necesario realizar un ISE en cimentaciones rígidas sobre suelos duros o roca
- Si se deberá tener en cuenta en suelos o cimentaciones flexibles de estructuras altas o pesadas

Estas condiciones que se deberán observar mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{h}{V_s \cdot T} > 0.1$$

- h: Altura total de la edificación (m)

- $V_s$ : Velocidad de Corte del suelo (m/s)
- $T$ : Mayor periodo de la estructura

Donde se podrá observar que siendo el resultado de la formula mayor a 0.1 se deberá tener que considerase una interacción suelo estructura siendo factores de la altura de la edificación, y su periodo, como también en el caso del suelo la velocidad de corte

## 3.2 Análisis del suelo

### 3.2.1 Tipificación de suelos a evaluar

Dentro de los parámetros de suelos a evaluar se tomará clasificaciones de investigaciones tales como menciona (Villarreal, 2009) de subclasificaciones las cuales se mostrará más adelante tomando únicamente suelos observados de clasificación S2 y S3 siendo suelos comunes en la ciudad de Arequipa y sus distritos que la componen.

### 3.2.2 Parámetros geotécnicos relevantes

Cada subtipo de suelo será caracterizado con los siguientes parámetros:

- Peso específico del suelo ( $\gamma$ )
- Angulo de corte ( $\Phi^\circ$ )
- Cohesión ( $c'$ )
- Desplante ( $df$ )
- Capacidad portante ( $q_a$ )

Estos parámetros determinaran las dimensiones de nuestra cimentación como también su peralte.

Por tipo de suelo a partir de:

- Velocidad de corte ( $V_{so}$ )
- Módulo de Poisson ( $\nu$ )
- Dimensiones de la cimentación (Base, largo y peralte de zapata)

Estos valores serán usados para modelar e idealizar las rigideces del suelo mediante los resortes correspondientes (modelo NIST).

### 3.3 Modelamiento estructural

#### 3.3.1 Modelo estructural base

Se empleará una edificación de 5 niveles, de concreto armado, con muros de corte y columnas, planteando zapatas aisladas. Sus características serán revisadas y abarcarán.

- Altura total: 5 pisos
- Elementos estructurales predimensionados, exceptuando las cimentaciones.
- Cargas verticales y sísmicas según E.030, E.050 y E.060 (RNE)

Mediante el modelamiento se observará nuestros casos de estudio que constaran en los modelos que se explicaran a continuación.

#### 3.3.2 Modelos comparativos

Se construirán dos variantes de idealización estructural, únicamente con rigidez de los propios resortes y la otra es con la adición del amortiguamiento por las características del suelo con la cimentación, siendo ajeno a la consideración propia del sismo que presentara un 5% en el análisis sísmico, en cada tipo de suelo S2 y S3 tendremos sus subtipos que tomaremos cada caso a comparar con nuestro modelo estructural base:

- Modelo A: Empotrado
  - empotramiento en la base de los elementos verticales.
  - Sin interacción suelo-estructura
- Modelo B: S2 y sus subtipos con la interacción suelo estructura
  - Con interacción suelo-estructura.
  - Columnas y placas con base de resortes únicamente considerando su rigidez del suelo.
  - Columnas y placas con base de resortes considerando su rigidez y amortiguamiento del suelo
- Modelo C: S3 y sus subtipos con la interacción suelo estructura
  - Con interacción suelo-estructura.

- Columnas y placas con base de resortes únicamente considerando su rigidez del suelo.
- Columnas y placas con base de resortes considerando su rigidez y amortiguamiento del suelo.

### 3.3.3 Simulaciones y software

El modelado se realizará en el software de ETABS.

Las simulaciones de la interacción suelo estructura primero evaluarán las configuraciones de nuestros 3 modelos a tomar en cuenta siendo A, B y C.

Las condiciones por tabular en los modelos serán comprendidas por las siguientes:

- Variabilidad en las rigideces de los resortes hallados para la interacción suelo estructura
- Tipo de suelo donde se realice

Dentro de los resultados de los modelos a un nivel estructural podremos comparar los parámetros más necesarios en nuestros elementos estructurales verticales para su diseño y tener los parámetros estructurales necesarios para obtener nuestros resultados de la comparativa y las condiciones por tabular.

## 3.4 Evaluación comparativa

### 3.4.1 Variables de análisis

Se compararán cuantitativamente los siguientes indicadores estructurales:

- Momento flector (M) y fuerza cortante (V) en columnas y placas a observar.
- Deriva entre pisos ( $\Delta$ )
- Desplazamientos de la estructura (d)
- Cortante basal (N)

### 3.4.2 Indicadores de diferencia

Se utilizarán los siguientes criterios para evaluar la variación entre modelos:

- Porcentaje de diferencia relativa ( $\% \Delta$ ).
- Relación entre modelos de los parámetros a observar.

- Gráficos comparativos de tendencias según parámetros a tabular. Según Bustamante (2021), variaciones mayores al 20–30% en momentos y reacciones pueden cambiar significativamente el diseño estructural siendo algo a considerar dentro de estos valores si cambiaran o no el modelo estructural de los elementos a analizar.

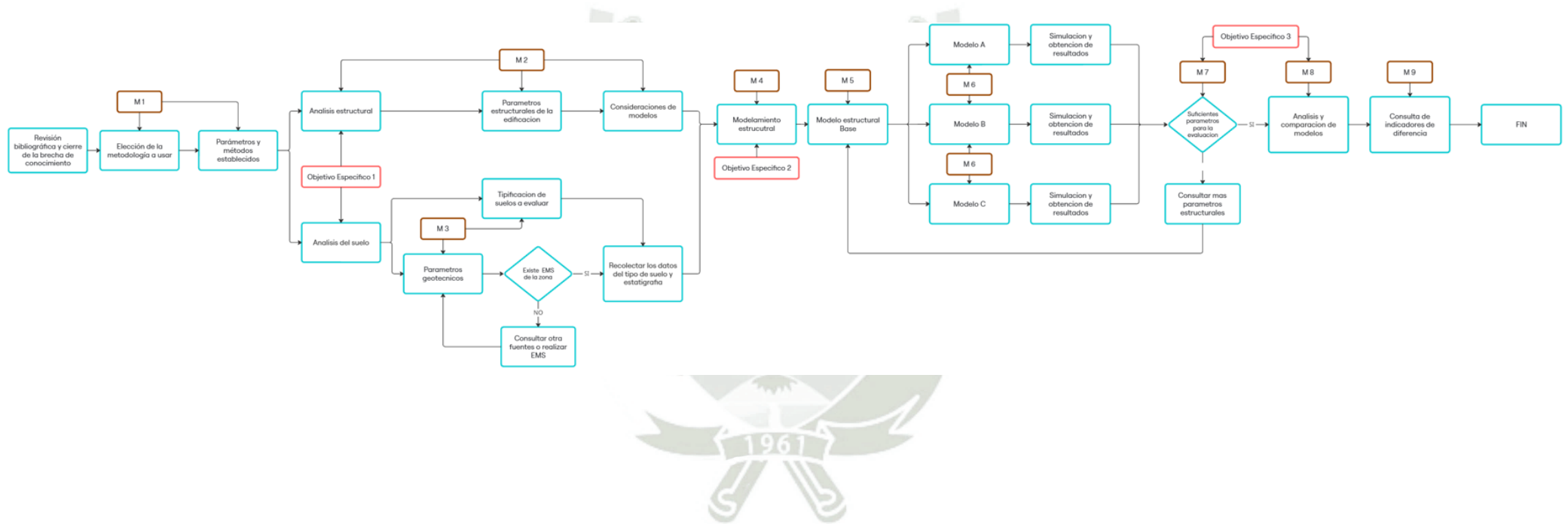
### 3.5 Validación

El modelo y metodología observada será contrastada con su normativa (NIST GCR 12-917-21) y formulas a tomar para nuestro modelo además de tomar en cuenta que:

- Se verificará que los resultados obtenidos sean coherentes con lo reportado en tesis e investigaciones previas.
- Se propondrán recomendaciones de uso práctico para el modelado de columnas placas según tipo de idealización.
- El modelo por usar se tendrá con sus consideraciones a cumplir y los parámetros necesarios de la estructura que sea viable su construcción.

### 3.6 Esquema metodológico

**Figura 7.**  
*Esquema metodológico*



#### 4. CAPÍTULO IV: DESARROLLO Y ANALISIS DE DATOS

**Evaluar las propiedades mecánicas del suelo y estructura del caso de estudio a través de fuentes secundarias como estudios de suelos geológicos, topográficos, planos, etc.**

##### 4.1 Tipificación de suelo

##### 4.1.1 Clasificación de suelo de acuerdo con la norma E.030

Observamos la clasificación correspondiente en la norma E.030 Diseño Sismorresistente y teniendo los tipos de suelos S1, S2, S3 y S4 tendremos que buscar los suelos, que primeramente se encuentren en la ciudad de Arequipa o que al menos engloben las características escalonadas que se pueda encontrar en un suelo, ya que los suelos normalmente están compuestos por diversos estratos, lo que normalmente usaremos será la capacidad portante del suelo, pero teniendo revisión de diferentes estudios de suelo correspondiente a Arequipa podremos generar una trama de subtipos y tipos relacionados a la norma.

##### Selección del caso

Teniendo diversos tipos de suelos y sus subdivisiones nosotros observaremos en los tipos S2 y S3 serán los que mayormente se encontraran dentro de Arequipa y que son suelos donde pueda construirse una cimentación superficial como también evitando suelos problemáticos o que al contrario sean demasiado rígidos como no intervenir lo suficiente en la interacción suelo estructura, junto a sus subtipos de suelos tomados por la tabla realizada por (Villarreal, 2009) una subclasificación de suelos que constara de los observados y tomando estos valores

**Tabla 4**

*Tipos de suelos*

Perfil	Tipo de la base de fundacion	Tipo de suelos
S1	Suelos muy rigidos	Arcilla o arena arcillosa dura  Arenas compactas

		Cascajo, arenas densas, canto rodado, grava
<b>S2</b>	Suelos intermedios	Arcilla y arena arcillosa plastica  Arena plastica  Arena polvorosa medio densa  Arena de grano grueso, mediano y fino
<b>S3</b>	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad  Arena plastica  Arena polvorosa, saturada y porosa
<b>S4</b>	Condiciones extrañas (suelos organicos o rellenos no controlados)	Arcilla y arena arcillosa muy blanda  Arena movediza

Nota: Extraído de Villareal (2019)

#### 4.2 Suelos tipo S2

Los suelos tipo S2, según la clasificación de la Norma Técnica Peruana E.030, corresponden a materiales de rigidez intermedia, tales como arenas medianamente densas, limos compactos y arcillas medianamente consolidadas. Son comunes en zonas urbanas donde existen condiciones geotécnicas moderadas, y su comportamiento mecánico puede representar una respuesta intermedia entre suelos rígidos y suelos blandos. La siguiente tabla presenta una recopilación de parámetros aproximados para este tipo de suelo, los cuales serán utilizados para asignar rigideces verticales y, si el modelo lo permite, rotacionales, dentro del sistema de apoyo estructural.

#### Tabla 5

*Especificaciones y parámetros de subtipos de suelos S2*

Código	Descripción	Relación de Poisson (v)	Peso específico (γ) [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesión (c) [kPa]	Ángulo de fricción interna (φ) [°]
S2-1	Arcilla y arena arcillosa plástica	0.35	17 – 19	40 – 70	22 – 28
S2-2	<b>Arena plástica</b>	0.3	18 – 20	15 – 30	28 – 32
S2-3	Arena polvorosa medio densa	0.28	18 – 20	5 – 20	30 – 34
S2-4	Arena de grano grueso	0.3	19 – 21	≈ 0	34 – 38

### 4.3 Suelos tipo S3

Los suelos tipo S3 están clasificados como materiales blandos, caracterizados por una baja capacidad de soporte y una alta deformabilidad. Este tipo de suelo incluye arcillas suaves, limos saturados y arenas sueltas, y representa condiciones críticas para el diseño estructural debido a su influencia significativa en los desplazamientos y asentamientos. En el contexto de esta investigación, se considerarán sus propiedades típicas para evaluar cómo un terreno con baja rigidez impacta en la respuesta estructural de una edificación modelada con interacción suelo–estructura. La tabla a continuación resume los parámetros más representativos utilizados para simular su comportamiento.

**Tabla 6**

*Especificaciones y parámetros de subtipos de suelos S2*

Código	Descripción	Relación de Poisson (v)	Peso específico (γ) [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesión (c) [kPa]	Ángulo de fricción interna (φ) [°]
S3-1	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad	0.35	15 – 17	20 – 50	18 – 25
S3-2	Arena plástica (Baja plasticidad)	0.32	16 – 18	10 – 25	25 – 30
S3-3	Arena polvorosa,	0.35	14 – 16	0 – 15	20 – 26

---

saturada y  
porosa

---

Se tomar valores intermedios en el desarrollo de nuestras capacidades portantes y únicamente las consideraciones de los tipos de suelo para los correspondientes análisis sísmico que tengamos como también la interacción suelo estructura.

Estos valores fueron comprobados con distintos estudios de suelos realizados en Arequipa pero teniendo en cuenta 2 estudios importantes que zonifican la ciudad de Arequipa siendo primeramente según la tipificación la cual se hizo un estudio geológico de las zonas de Arequipa siendo la investigación de Núñez de Prado S. et al; en el 2001 lo cual menciona capacidades portantes como pesos específicos de algunos estratos y condiciones de suelo en la ciudad de Arequipa por lo que también se consideró la tesis de Guillén Seminario & Mendoza Pinto del 2018 la cual zonifica partes de Arequipa y realiza estudio de suelo únicamente de una zona general pero siendo congruente la zonificación antes realizada por el estudio geológico mencionado se puede tener como guía las características a tomar en cuenta de los factores de suelo en Arequipa.

**Modelar la estructura de una edificación considerando dos enfoques distintos: uno con columnas empotradas y otro con columnas apoyadas, modelando sobre elementos elásticos que representen la rigidez del suelo (ISE).**

#### 4.4 Configuración general del modelo estructural

##### 4.4.1 Predimensionamiento de elementos estructurales

- **Losas aligeradas**

Según RNE – E0.60 las losas aligeradas continuas conformadas por viguetas de 10 cm de ancho, bloques de ladrillo de 30cm de ancho y losa superior de 5 cm con sobrecargas menores a 300 kg/cm<sup>2</sup> y luces menores a 7.5cm podrá dejar verificarse las deflexiones cuando se cumpla que:

$$h \geq \frac{L}{25}$$

Longitud X-X = 5.35 → *Dirección de vigas principales*

Longitud X-X = 5.00 → Dirección de vigas secundarias

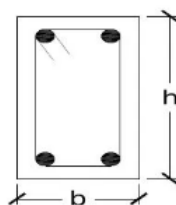
$$h = \frac{5.00m}{25}$$

$$h = 0.20m$$

- Vigas principales y secundarias

**Figura 8.**

Dimensiones de columna



El peralte de nuestras vigas principales dependerá de los siguientes factores:

$$h = \frac{L}{\alpha}$$

Ws/c = Sobrecarga según el uso.

Ln = Luz libre mayor en metros

$\alpha$  = Factor que depende de la sobre carga

**Figura 9.**

Sobrecarga y factor alfa

S/C Kg/m <sup>2</sup>	$\alpha$ (Alfa)
200	12.00
300	11.00
500	10.00
750	9.00
1000	8.00

Para nuestro caso, tenemos una sobrecarga máxima de 200 kg/cm<sup>2</sup> por lo tanto alfa será igual a 12

$$h = \frac{5.35}{12}$$

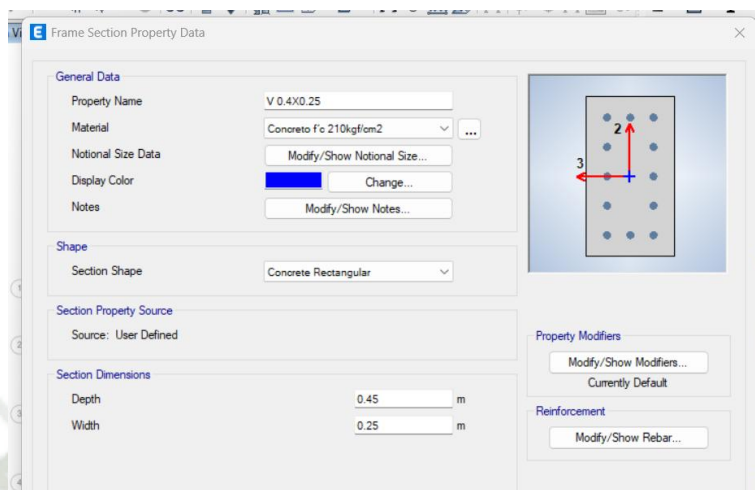
$$h = 0.45m$$

Para el ancho de la viga será igual a:

$$b = \frac{h}{2}$$

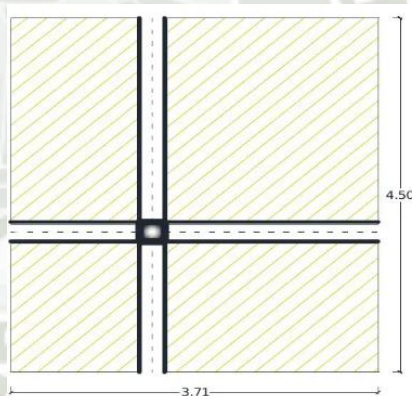
$$b = 0.25$$

**Figura 10.**  
*Introducción de dimensiones a etabs*



- **Columnas**  
Dependerá del ancho tributario

**Figura 11.**  
*Ancho tributario*



$$A_t = 16.70 \text{ m}^2$$

Área de Columna:

**Figura 12.**  
*Factor en función del tipo de columna*

COLUMNA	$\lambda$	$\eta$
Central	1.10	0.30
Perimetra	1.25	0.25
Esquina	1.50	0.20

$$A_c = \frac{\lambda * W_s/c}{\eta * f'c}$$

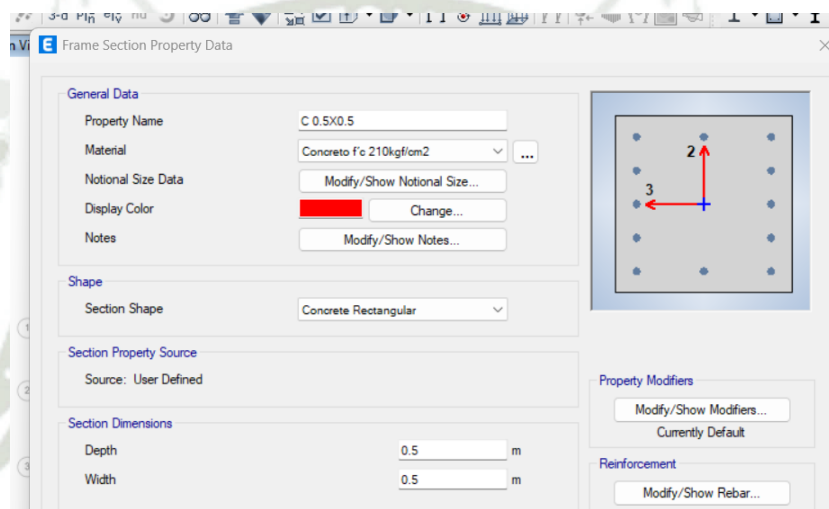
$$A_c = \frac{1.1 * W_s/c}{0.3 * f'c}$$

$$A_c = 2300 \text{ cm}^2$$

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$t = 50 \text{ cm}$$

**Figura 13.**  
*Introducción de dimensiones de columna a etabs*



#### 4.4.2 Análisis sismo dinámico

La Norma Técnica Peruana E.030 - Diseño Sismorresistente establece los lineamientos y requisitos que deben cumplirse para garantizar un adecuado comportamiento de las edificaciones frente a eventos sísmicos.

- **Clasificación de la edificación (U)**

La categoría de uso de la edificación (A, B, C o D), de acuerdo con su función y la importancia de su operación ante o después de un sismo. Esta clasificación permite asignar el factor de uso (U), que representa el nivel de seguridad requerido.

*Edificio multifamiliar = categoría C*

$$U = 1$$

- **Zona sísmica**

El territorio peruano está dividido en zonas sísmicas 2, 3 y 4, siendo la zona 4 la de mayor peligro sísmico.

**Figura 14.**  
*Zonas sísmicas en el Perú*



Nota: Extraído de NTE. E.030 Diseño Sismorresistente (2018)

*Arequipa = Zona 3*

$$Z = 0.35$$

- **Clasificación del tipo de suelo**

El tipo de suelo influye significativamente en la amplificación del movimiento sísmico. La norma clasifica los suelos como S0, S1, S2, S3 o S, según su rigidez, resistencia y profundidad de estratos blando, así como la ubicación de la zona sísmica. La ciudad de Arequipa está situada en una zona donde abundan del tipo S2 y S3, como se mencionó anteriormente se evaluará estos 2 tipos de suelos.

**Tabla 7**

*Factor S*

SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

Nota: Extraído de NTE. E.030 Diseño Sismorresistente (2018)

	S2	S3
S	1.15	1.20

- **Periodo de acuerdo con el tipo de suelo**

**Tabla 8**

*Periodos*

Tabla N° 4 PERÍODOS “ $T_p$ ” Y “ $T_L$ ”				
	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
$T_p$ (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L$ (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Nota: Extraído de NTE. E.030 Diseño Sismorresistente (2018)

	S2	S3
$T_p$	0.6	1
TL	2	1.6

- **Coefficiente de ampliación sísmica**

Se calcula los coeficientes de ampliación sísmica, teniendo en consideración los parámetros  $T_p$  y  $T_L$  por medio del factor de suelo S2 y S3 según la tabla N°, donde se tiene que:

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

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

$$T > T_L \rightarrow C = 2.5 * \left(\frac{T_p * T_L}{T^2}\right)$$

- **Factor de reducción sísmica**

Para el factor de reducción sísmica se hallará de acuerdo con el sistema estructural y a los materiales usados y en cada dirección estos pueden variar de

acuerdo con el análisis de las irregularidades tanto en planta como en altura.  
De acuerdo con la estructura de nuestra edificación y la norma E0.30 consideraremos que el edificio es de tipo muros estructurales de concreto armado, debido a que estos mismos se llevan más de 70% de la fuerza cortante en la base.

Comprobación de análisis:

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

$$V = 83.85 Tnf$$

$$Cantidad\ de\ muros\ de\ Corte = 11$$

Esfuerzo cortante total en la base en muros de corte:

Suma total:

$$\sum V = 62.37tnf \quad \sum V > 70\% Vt$$

Al supera el 70 % la cortante en la base de la suma de los muros estructurales podemos decir que el sistema estructural de nuestro edificio es de muros estructurales

**Tabla 9**

*Especificaciones de sistemas estructurales*

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción $R_{\theta}$ (*)
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada</b>	3
<b>Madera</b>	7(**)

Nota: Extraído de NTE. E.030 Diseño Sismorresistente (2018)

*Sistema estructural = Muros estructurales*

$$R = 6$$

- **Cálculo del espectro de diseño**

Con los parámetros anteriores, se determina el espectro de diseño, que representa la respuesta máxima que puede experimentar la estructura durante un sismo. Se calcula utilizando la fórmula general donde el factor C es variable:

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

**Tabla 10**

*Datos Suelo S2*

<b>Perfil de Suelo</b>	S2
<b>Zona Sísmica</b>	Z3
<b>Categoría</b>	C
<b>Z</b>	0.35
<b>T<sub>P</sub> (s)</b>	0.6
<b>TL (s)</b>	2
<b>Factor de suelo "S"</b>	1.15
<b>Factor de Uso "U"</b>	1
<b>R<sub>x</sub></b>	6
<b>R<sub>y</sub></b>	6

$$S_a = 0658$$

**Tabla 11**

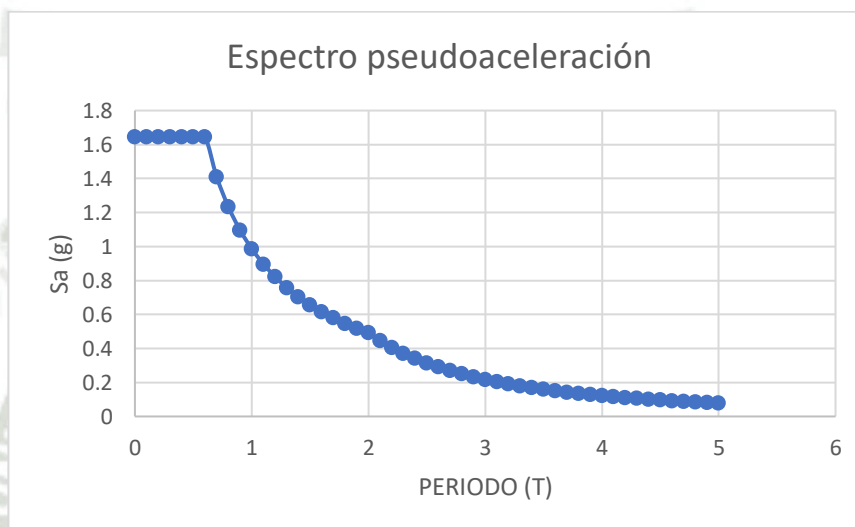
*Tabla para el espectro de respuesta S2*

<b>T</b>	<b>C</b>
0	2.5
0.1	2.5
0.2	2.5
0.3	2.5
0.4	2.5
0.5	2.5
<b>TP=</b>	2.5
0.7	2.142857

	0.8	1.875
	0.9	1.666667
	1	1.5
	1.1	1.363636
	1.2	1.25
	1.3	1.153846
	1.4	1.071429
	1.5	1
	1.6	0.9375
	1.7	0.882353
	1.8	0.833333
	1.9	0.789474
<b>TL=</b>	2	0.75
	2.1	0.680272
	2.2	0.619835
	2.3	0.567108
	2.4	0.520833
	2.5	0.48
	2.6	0.443787
	2.7	0.411523
	2.8	0.382653
	2.9	0.356718
	3	0.333333
	3.1	0.312175
	3.2	0.292969
	3.3	0.275482
	3.4	0.259516
	3.5	0.244898
	3.6	0.231481
	3.7	0.219138
	3.8	0.207756
	3.9	0.197239
	4	0.1875
	4.1	0.178465
	4.2	0.170068
	4.3	0.16225
	4.4	0.154959

4.5	0.148148
4.6	0.141777
4.7	0.135808
4.8	0.130208
4.9	0.124948
5	0.12

**Figura 15.**  
*Espectro pseudo aceleración suelo S2*



**Tabla 12**  
*Datos Suelo S3*

<b>Perfil de Suelo</b>	S3
<b>Zona Sísmica</b>	Z3
<b>Categoría</b>	C
<b>Z</b>	0.35
<b>T<sub>P</sub> (s)</b>	1
<b>TL (s)</b>	1.6
<b>Factor de suelo "S"</b>	1.2
<b>Factor de Uso "U"</b>	1
<b>R<sub>x</sub></b>	6
<b>R<sub>y</sub></b>	6

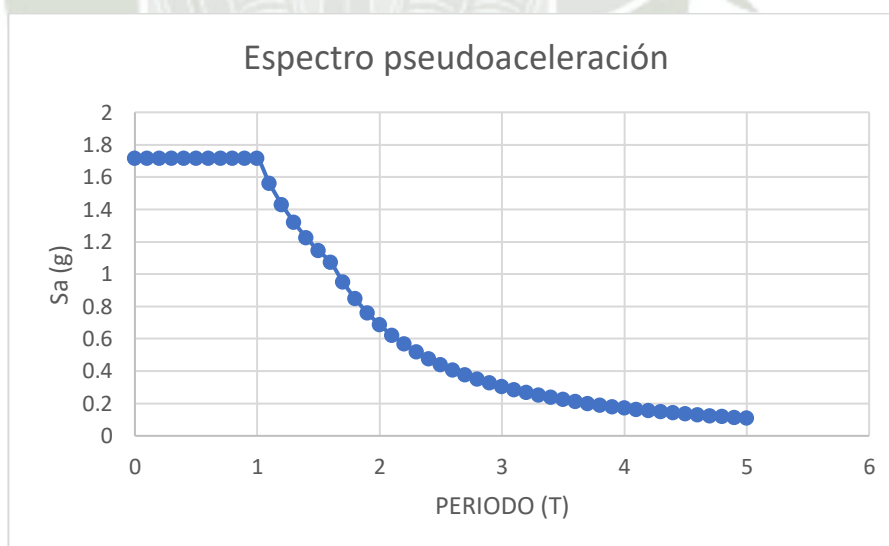
$$Sa = 0.6867$$

**Tabla 13**  
*Tabla para el espectro de respuesta S3*

	T	C
	0	1.4715
	0.1	1.4715
	0.2	1.4715
	0.3	1.4715
	0.4	1.4715
	0.5	1.4715
	0.6	1.4715
	0.7	1.4715
	0.8	1.4715
	0.9	1.4715
<b>TP=</b>	1	1.4715
	1.1	1.337727
	1.2	1.22625
	1.3	1.131923
	1.4	1.051071
	1.5	0.981
<b>TL=</b>	1.6	0.919688
	1.7	0.814671
	1.8	0.726667
	1.9	0.652188
	2	0.5886
	2.1	0.533878
	2.2	0.486446
	2.3	0.445066
	2.4	0.40875
	2.5	0.376704
	2.6	0.348284
	2.7	0.322963
	2.8	0.300306
	2.9	0.279952
	3	0.2616
	3.1	0.244995
	3.2	0.229922
	3.3	0.216198
	3.4	0.203668

3.5	0.192196
3.6	0.181667
3.7	0.17198
3.8	0.163047
3.9	0.154793
4	0.14715
4.1	0.140059
4.2	0.133469
4.3	0.127334
4.4	0.121612
4.5	0.116267
4.6	0.111267
4.7	0.106582
4.8	0.102188
4.9	0.098059
5	0.094176

**Figura 16.**  
*Espectro pseudo aceleración suelo S3*

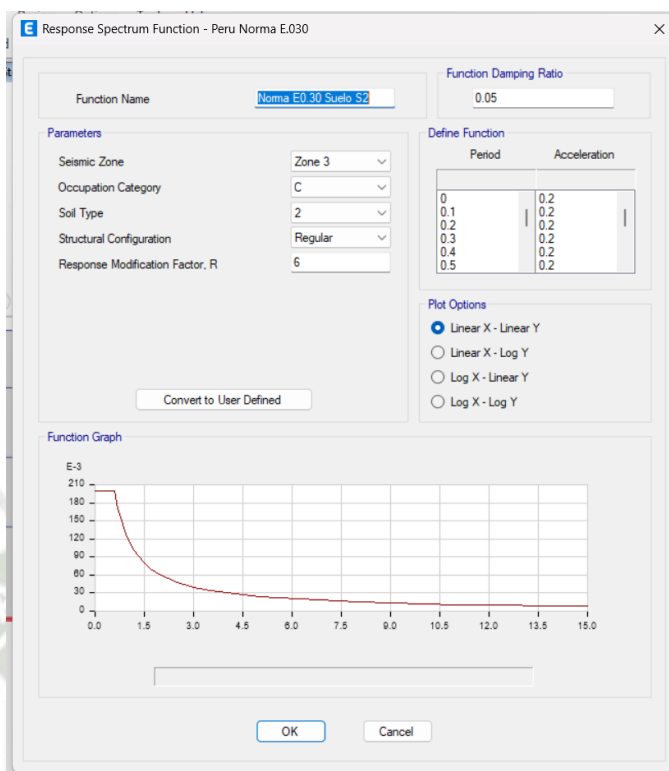


- **Introducción del espectro de respuesta al programa Etabs**

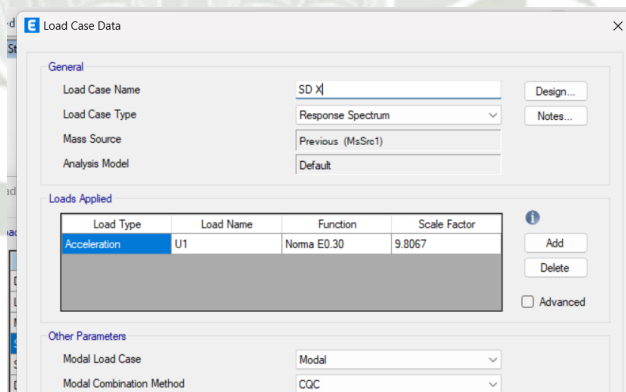
En el software ETABS, el ingreso del espectro de respuesta permite definir el escenario sísmico específico del proyecto, según los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana E.030 – Diseño Sismorresistente.

**Figura 17.**

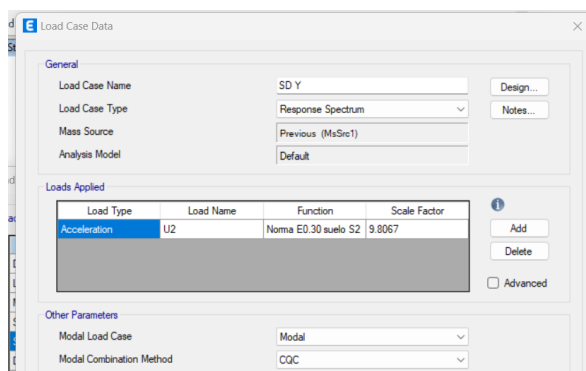
*Introducción de espectro suelo S2 a etabs*



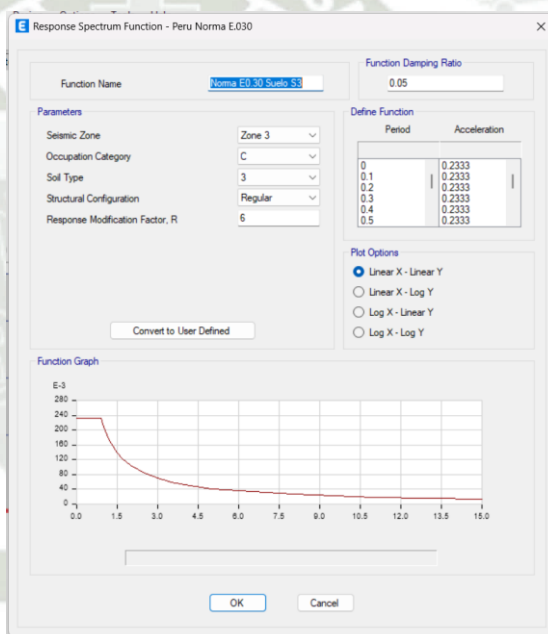
**Figura 18.**  
*Creación de carga sismo dinámico X suelo S2 en etabs*



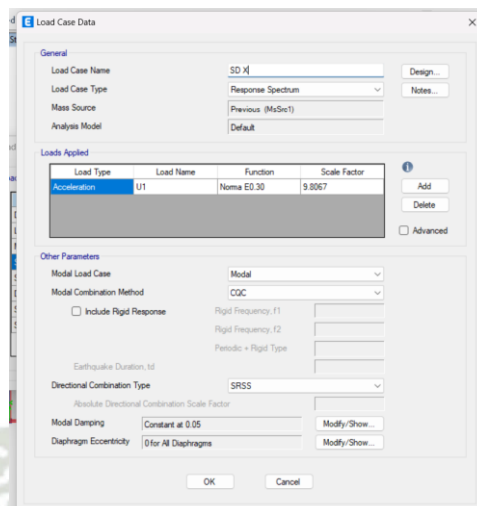
**Figura 19.**  
*Creación de carga sismo dinámico Y en etabs*



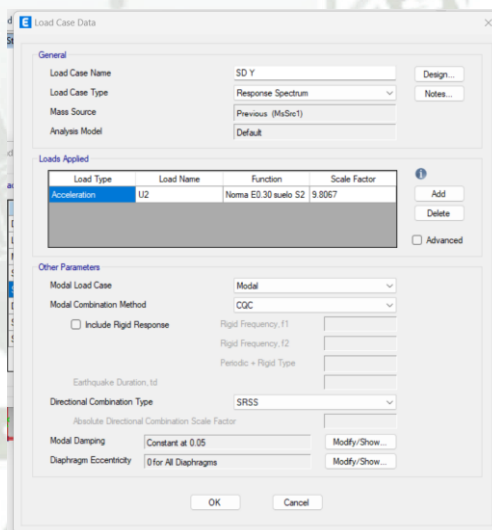
**Figura 20.**  
*Introducción de espectro suelo S3 a etabs*



**Figura 21.**  
*Creación de carga sismo dinámico X suelo S3 en etabs*



**Figura 22.**  
*Creación de carga sismo dinámico Y suelo S3 en etabs*



Tal como lo establece la Norma E-030 se verifico que el cortante en la base de la estructura sea como mínimo el 80% del cortante que se obtendría en el análisis estático para estructuras regulares y como mínimo el 90% para estructuras irregulares.

Para este caso los desplazamientos de entrepiso en el sentido X y en el sentido Y son:

**Tabla 14**

*Distorsiones de entrepiso sin amplificar*

**TABLE: Story Drifts**

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift X	Drift Y
Story5	SD X	LinRespSpec	Max	X	0.000489	
Story5	SD X	LinRespSpec	Max	Y		0.000096
Story5	SD Y	LinRespSpec	Max	X	0.000151	
Story5	SD Y	LinRespSpec	Max	Y		0.000471
Story4	SD X	LinRespSpec	Max	X	0.000496	
Story4	SD X	LinRespSpec	Max	Y		0.000098
Story4	SD Y	LinRespSpec	Max	X	0.000152	
Story4	SD Y	LinRespSpec	Max	Y		0.000479
Story3	SD X	LinRespSpec	Max	X	0.000454	
Story3	SD X	LinRespSpec	Max	Y		0.000091
Story3	SD Y	LinRespSpec	Max	X	0.000138	
Story3	SD Y	LinRespSpec	Max	Y		0.000441
Story2	SD X	LinRespSpec	Max	X	0.000354	
Story2	SD X	LinRespSpec	Max	Y		0.000071
Story2	SD Y	LinRespSpec	Max	X	0.000107	
Story2	SD Y	LinRespSpec	Max	Y		0.000346
Story1	SD X	LinRespSpec	Max	X	0.00018	
Story1	SD X	LinRespSpec	Max	Y		0.000036
Story1	SD Y	LinRespSpec	Max	X	0.000054	
Story1	SD Y	LinRespSpec	Max	Y		0.00018

La distorsión máxima en la dirección X-X es de 0.000496 Al multiplicarla por  $R=6$  y 0.85, conforme al reglamento, se obtiene una distorsión de 0.002529, que es menor que el límite permisible de 0.007.

En la dirección Y-Y, la distorsión máxima es de 0.000479. Al multiplicarla por  $R=6$  y 0.85, según el reglamento, se obtiene una distorsión de 0.0024429, que es inferior al límite permisible de 0.007.

**DERIVAS MAXIMAS:**

Para el sentido XX:  $\delta = 0.000496$

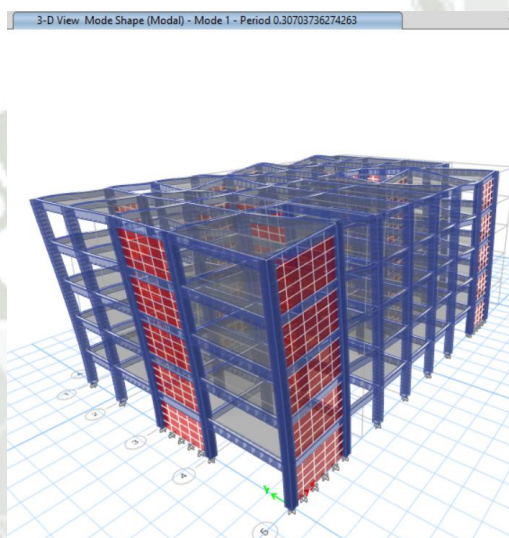
Para el sentido YY:  $\delta = 0.000479$

- **Análisis dinámico de la estructura**

Para el análisis sísmico de la estructura, primeramente, se desarrolló un análisis modal considerando 03 grados de libertad por cada nivel de la estructura; a continuación, se presenta los 04 primeros modos de vibración de la estructura y sus periodos asociados.

**Figura 23.**

*Primer modo de vibración de la estructura*

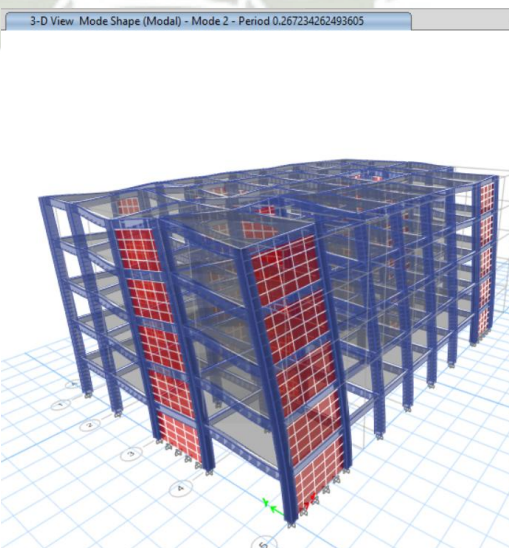


Primer modo de vibración

$$T = 0.307s$$

**Figura 24.**

*Segundo modo de vibración de la estructura*

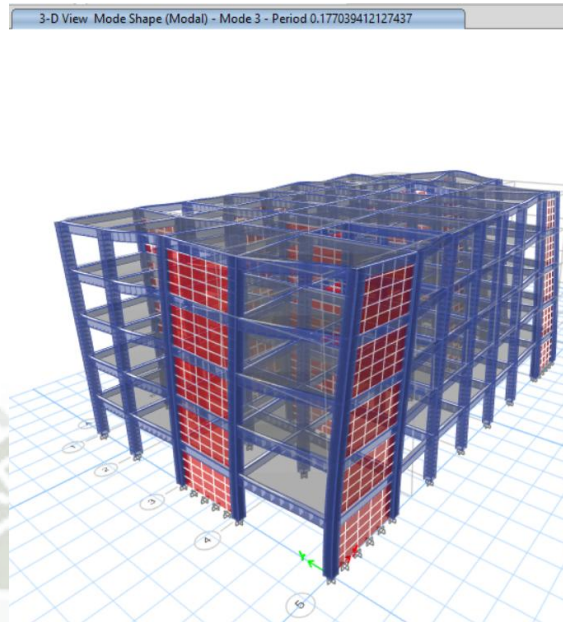


Segundo modo de vibración

$$T = 0.267s$$

**Figura 25.**

*Tercer modo de vibración de la estructura*



Tercer modo de vibración

$$T = 0.177s$$

- **Esfuerzos límite para concreto armado:**

Se ha considerado una resistencia a la compresión a los 28 días de  $210 \text{ kg/cm}^2$  para el diseño en concreto, el módulo de elasticidad definido como:

$$E_c = 15000 \cdot \sqrt{f'c}$$

En consecuencia, el cortante máximo considerado es:

$$V_c = 0.53 \cdot \sqrt{f'c}$$

En el diseño de los elementos de flexión se ha empleado el método de rotura, con la fórmula base:

$$M_u = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) (\text{Whitney})$$

Para el caso de las columnas se ha controlado el valor de carga crítica ( $0.1f'c \cdot A_g$ ), con la finalidad de definir el diseño en flexión o flexo-compresión.

Para el caso de los elementos de cimentación (zapatas aisladas o corridas) se ha

tenido en cuenta el control de los valores de área requerida, peralte definido por esfuerzos límites de flexión y corte o punzonamiento.

El refuerzo será del tipo corrugado Grado 60 con un  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  (límite de fluencia). Módulo de Young =  $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ , construido bajo la Norma ASTM A615-90.

- **Control de desplazamientos Suelo S2:**

Para comprobar que nuestra estructura cumple con los desplazamientos laterales permitidos según la Norma Peruana Sismorresistente E-030, se realizó un modelado estructural.

Se calculó el desplazamiento lateral de la estructura en su punto más alto para las dos direcciones principales. A continuación, se presenta la deformación del edificio en ambos sentidos principales debido a las cargas sísmicas actuantes.

desplazamientos máximos:

Se muestra seguidamente el cuadro de desplazamientos laterales totales de la edificación sin amplificar y luego los desplazamientos máximos para cada dirección ya amplificados.

- **Control de desplazamientos Suelo S2:**

**Tabla 15**

*Desplazamientos del centro de masa del diafragma S2*

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	UX	UY
					m	m
Story5	D5	SD X	LinRespSpec	Max	0.005562	0.000558
Story5	D5	SD Y	LinRespSpec	Max	0.000563	0.003641
Story4	D4	SD X	LinRespSpec	Max	0.004186	0.00042
Story4	D4	SD Y	LinRespSpec	Max	0.00042	0.002759
Story3	D3	SD X	LinRespSpec	Max	0.00279	0.000282
Story3	D3	SD Y	LinRespSpec	Max	0.00028	0.001862
Story2	D2	SD X	LinRespSpec	Max	0.001509	0.000154
Story2	D2	SD Y	LinRespSpec	Max	0.000152	0.001028
Story1	D1	SD X	LinRespSpec	Max	0.00051	5.3E-05
Story1	D1	SD Y	LinRespSpec	Max	5.2E-05	0.000362

Desplazamientos totales máximos sin amplificar.

Para el sentido XX:  $\Delta = 0.005562$  m

Para el sentido YY:  $\Delta = 0.003641$  m

- **Control de desplazamientos Suelo S3:**

**Tabla 16**

*Desplazamientos del centro de masa del diafragma S3*

**TABLE: Diaphragm Center of Mass Displacements**

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	UX	UY
						m	m
Story5	D5	SD X	LinRespSpec	Max		0.006488	0.000651
Story5	D5	SD Y	LinRespSpec	Max		0.000657	0.004248
Story4	D4	SD X	LinRespSpec	Max		0.004884	0.00049
Story4	D4	SD Y	LinRespSpec	Max		0.000489	0.003219
Story3	D3	SD X	LinRespSpec	Max		0.003254	0.000329
Story3	D3	SD Y	LinRespSpec	Max		0.000326	0.002172
Story2	D2	SD X	LinRespSpec	Max		0.001761	0.000179
Story2	D2	SD Y	LinRespSpec	Max		0.000177	0.001199
Story1	D1	SD X	LinRespSpec	Max		0.000595	6.2E-05
Story1	D1	SD Y	LinRespSpec	Max		6E-05	0.000423

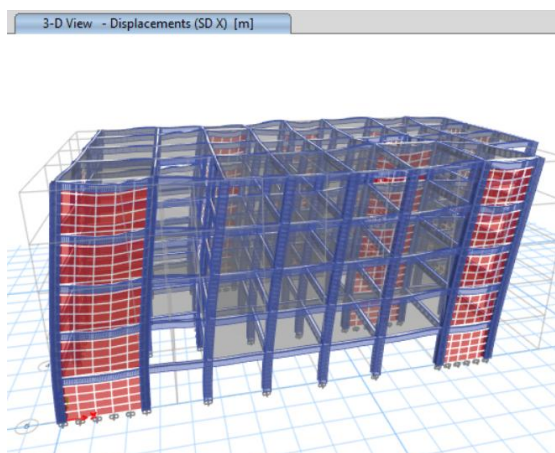
Desplazamientos totales máximos sin amplificar.

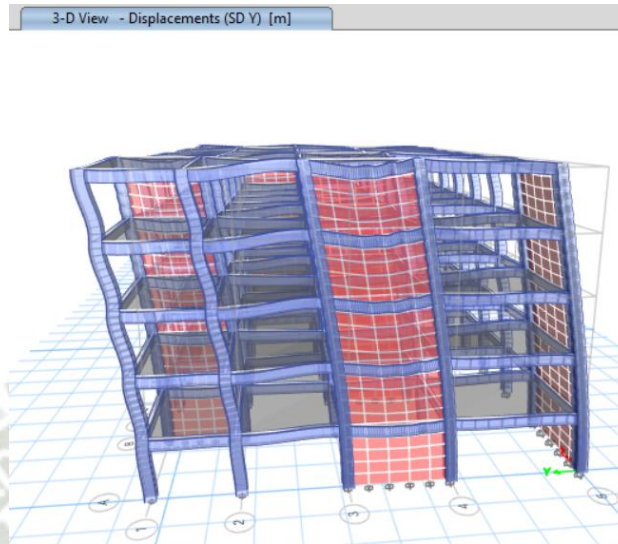
Para el sentido XX:  $\Delta = 0.006488$  m

Para el sentido YY:  $\Delta = 0.004248$  m

**Figura 26.**

*Desplazamiento de edificio debido al SD en X*



**Figura 27.***Desplazamiento de edificio debido al SD en Y*

Junta de separación sísmica (s):

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico.

Esta distancia mínima no será menor que los  $2/3$  de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes ni menor que:

$$s = 0.006h \geq 3 \text{ cm.}$$

$$h = 1500 \text{ cm.}$$

$$s > 3 \text{ cm.}$$

$$s = 9 \text{ cm.}$$

Donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$ .

La altura del edificio es de 1500 cm, por lo tanto, la separación sísmica debe ser de al menos 9 cm. Es importante considerar que esta junta es de 9 cm se cuenta desde nuestra estructura hasta el límite de la propiedad. Esta medida asegura que, junto con la junta de separación del edificio vecino, se cumple con la distancia necesaria para evitar cualquier contacto entre las estructuras durante un evento sísmico.

- **Análisis de irregularidades en altura suelo S2:**

Se muestra seguidamente la tabla N°8 de la norma donde se puede revisar o visualizar todas las irregularidades que contempla la Norma E-030.

**Tabla 17**

*Irregularidades estructurales en altura*

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad $I_B$
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> 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>	<b>0,75</b>

En referencia a la irregularidad de Rigidez o Piso Blando se muestra seguidamente el cálculo de la rigidez lateral para cada dirección principal de la estructura de acuerdo con lo especificado en el 1er Ítem.

**Tabla 18**

*Revisión piso blando X-X*

<b>PISO BLANDO X-X</b>						
Story	Output Case	Case Type	Shear X tonf	Drift X m	Stiff X tonf/m	Verificación $n1 < 70\% n2$
Nivel 5	SXdin	LinRespSpec	131.7993	0.000226	214616.678	
Nivel 4	SXdin	LinRespSpec	231.6828	0.000232	357511.201	Ok
Nivel 3	SXdin	LinRespSpec	300.9645	0.000217	491766.511	Ok

Nivel 2	SXdin	LinRespSpec	347.96	0.000174	701994.31	Ok
Nivel 1	SXdin	LinRespSpec	373.5123	9.70E-05	1327347.4	Ok

**Tabla 19**

*Revisión piso blando Y-Y*

**PISO BLANDO Y-Y**

Story	Output Case	Case Type	Shear X tonf	Drift X m	Stiff X tonf/m	Verificación n1<70%n2
Nivel 5	SXdin	LinRespSpec	97.3833	0.000355	160393.225	
Nivel 4	SXdin	LinRespSpec	176.0966	0.000364	274328.046	Ok
Nivel 3	SXdin	LinRespSpec	229.5398	0.000339	382515.304	Ok
Nivel 2	SXdin	LinRespSpec	263.2683	0.00027	555676.192	Ok
Nivel 1	SXdin	LinRespSpec	278.5295	0.000152	1065189.26	Ok

De las tablas previas se puede visualizar claramente que en ningún caso la rigidez lateral de un entrepiso es menor al 70% de la del entrepiso superior o menor al promedio que el 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores.

En referencia a la irregularidad de Resistencia o Piso Débil se puede visualizar en las siguientes figuras que los elementos estructurales tienen continuidad por lo cual no se presentaría resistencias a fuerzas cortantes de entrepiso inferiores al 80% de la resistencia de un entrepiso superior.

<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> 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><b>0,50</b></p>
---	--------------------

Para el caso de las irregularidades extremas de rigidez y resistencia, al no tener las irregularidades previas tampoco se presentarían las irregularidades extremas.

<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p><b>0,90</b></p>
---	--------------------

**Tabla 20**

*Irregularidad de masa o peso*

Story	Output Case	Location	CM 100%+CV(25%) tonf	Verificación $P_i < 1.5 P_{i+1}$
PISO 5	CM 100%+CV(25%)	Bottom	713.4696	
PISO 4	CM 100%+CV(25%)	Bottom	1422.9393	No se considera
PISO 3	CM 100%+CV(25%)	Bottom	2134.4089	Regular
PISO 2	CM 100%+CV(25%)	Bottom	2845.8786	Regular
PISO 1	CM 100%+CV(25%)	Bottom	3557.3482	Regular

En referencia a esta irregularidad se muestra el cálculo de los pesos por carga muerta, carga viva y pesos sísmicos de cada uno de los niveles de la estructura en donde se puede visualizar que en ningún caso el peso de un nivel es mayor a 1.5 veces el de un piso adyacente. Sin tomar en cuenta sótano y azotea.

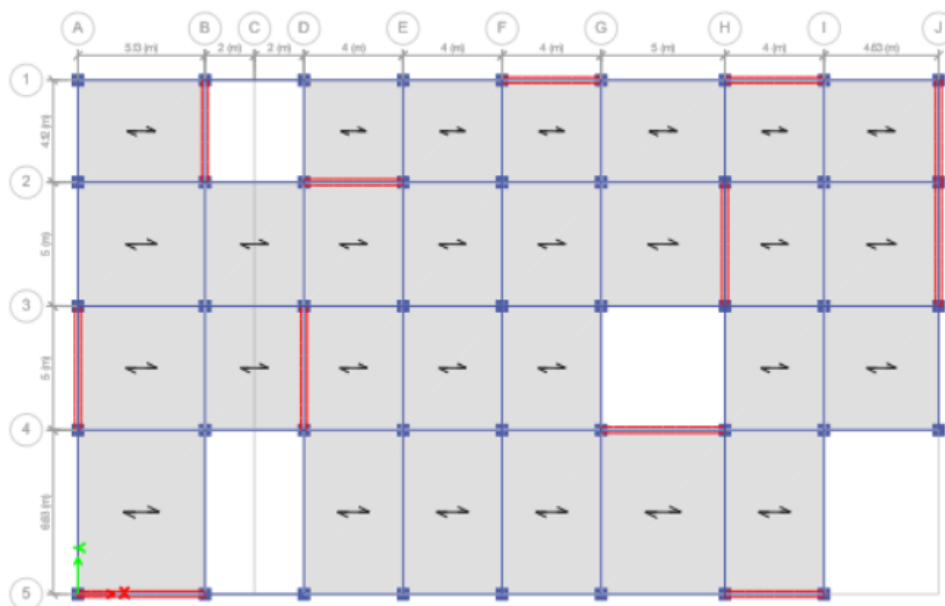
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p><b>0,90</b></p>
--	--------------------

**Figura 28.**  
*Elevación de edificación S2*



Para el caso de la irregularidad geométrica vertical se puede visualizar que las dimensiones de los ejes estructurales son constantes en el sentido X y en el sentido Y.

**Figura 29.**  
*Planta típica de edificación S2*



<p><b>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</b> 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>	<p><b>0,80</b></p>
--	--------------------

**Figura 30.**  
*Parámetros de altura S2*



De acuerdo con las figuras previas que muestran la configuración en planta de cada nivel se puede visualizar que no existe desalineamiento.

<p><b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b> 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.</p>	<p><b>0,60</b></p>
---	--------------------

No se puede analizar la discontinuidad extrema de los sistemas resistentes, debido a que al concluir que al no existir discontinuidad de los sistemas resistentes tampoco habría discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.

- **Análisis de irregularidades en altura suelo S3:**

Se muestra seguidamente la tabla N°8 de la norma donde se puede revisar o visualizar todas las irregularidades que contempla la Norma E-030.

<p><b>Tabla N° 8</b> <b>IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA</b></p>	<p><b>Factor de Irregularidad</b> <math>I_a</math></p>
<p><b>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p><b>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil</b> 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><b>0,75</b></p>

En referencia a la irregularidad de Rigidez o Piso Blando se muestra seguidamente el cálculo de la rigidez lateral para cada dirección principal de la estructura de acuerdo con lo especificado en el 1er Ítem.

**Tabla 21**

*Revisión piso blando X-X*

PISO BLANDO X-X						
Story	Output Case	Case Type	Shear X tonf	Drift X m	Stiff X tonf/m	Verificación n1<70%n2
Nivel 5	SXdin	LinRespSpec	131.7993	0.000226	214616.678	
Nivel 4	SXdin	LinRespSpec	231.6828	0.000232	357511.201	Ok
Nivel 3	SXdin	LinRespSpec	300.9645	0.000217	491766.511	Ok
Nivel 2	SXdin	LinRespSpec	347.96	0.000174	701994.31	Ok
Nivel 1	SXdin	LinRespSpec	373.5123	9.70E-05	1327347.4	Ok

**Tabla 22**

*Revisión piso blando Y-Y*

PISO BLANDO Y-Y						
Story	Output Case	Case Type	Shear X tonf	Drift X m	Stiff X tonf/m	Verificación n1<70%n2
Nivel 5	SXdin	LinRespSpec	97.3833	0.000355	160393.225	
Nivel 4	SXdin	LinRespSpec	176.0966	0.000364	274328.046	Ok
Nivel 3	SXdin	LinRespSpec	229.5398	0.000339	382515.304	Ok
Nivel 2	SXdin	LinRespSpec	263.2683	0.00027	555676.192	Ok
Nivel 1	SXdin	LinRespSpec	278.5295	0.000152	1065189.26	Ok

De las tablas previas se puede visualizar claramente que en ningún caso la rigidez lateral de un entrepiso es menor al 70% de la del entrepiso superior o menor al promedio que el 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores.

En referencia a la irregularidad de Resistencia o Piso Débil se puede visualizar en las siguientes figuras que los elementos estructurales tienen continuidad por lo cual no se presentaría resistencias a fuerzas cortantes de entrepiso inferiores al 80% de la resistencia de un entrepiso superior.

<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</b> Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</b> 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><b>0,50</b></p>
---	--------------------

Para el caso de las irregularidades extremas de rigidez y resistencia, al no tener las irregularidades previas tampoco se presentarían las irregularidades extremas.

<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b> Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p><b>0,90</b></p>
---	--------------------

**Tabla 23**

*Irregularidad de masa o peso*

Story	Output Case	Location	CM 100%+CV (25%) tonf	Verificación $P_i < 1.5 P_{i+1}$
<b>PISO 5</b>	<b>CM 100%+CV(25%)</b>	Bottom	713.4696	No se considera
<b>PISO 4</b>	<b>CM 100%+CV(25%)</b>	Bottom	1422.9393	No se considera
<b>PISO 3</b>	<b>CM 100%+CV(25%)</b>	Bottom	2134.4089	Regular

<b>PISO</b> <b>2</b>	<b>CM</b> <b>100%+CV(25%)</b>	Bottom	2845.8786	Regular
<b>PISO</b> <b>1</b>	<b>CM</b> <b>100%+CV(25%)</b>	Bottom	3557.3482	Regular

En referencia a esta irregularidad se muestra el cálculo de los pesos por carga muerta, carga viva y pesos sísmicos de cada uno de los niveles de la estructura en donde se puede visualizar que en ningún caso el peso de un nivel es mayor a 1.5 veces el de un piso adyacente. Sin tomar en cuenta sótano y azotea.

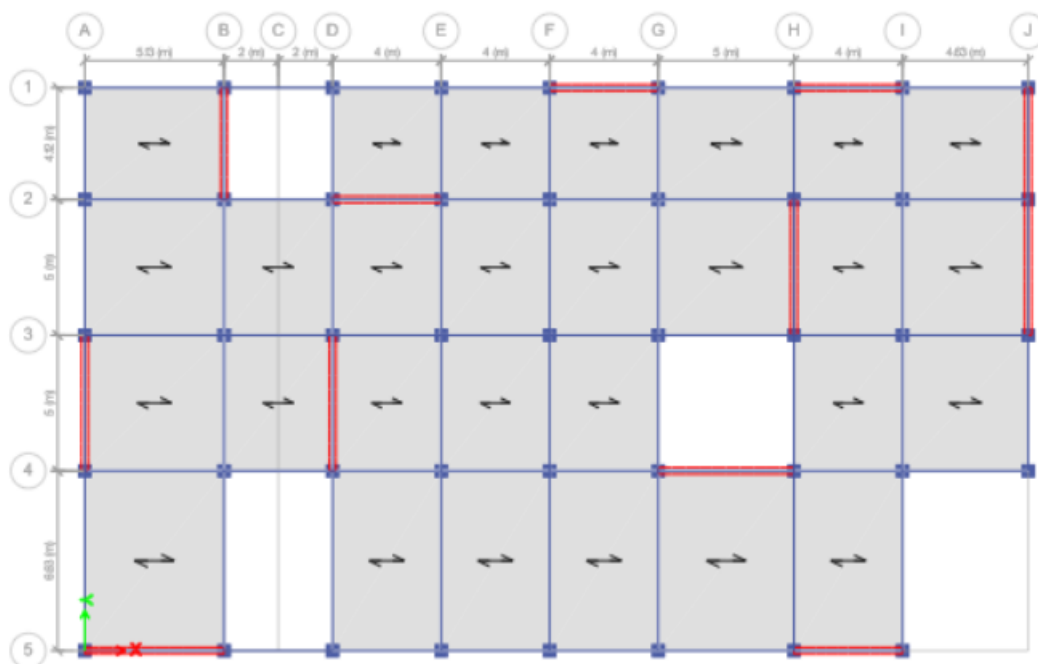
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b> La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<b>0,90</b>
--	-------------

**Figura 31.**  
*Elevación de edificación S3*



Para el caso de la irregularidad geométrica vertical se puede visualizar que las dimensiones de los ejes estructurales son constantes en el sentido X y en el sentido Y.

**Figura 32.**  
*Planta típica de edificación S3*



**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.

0,80

**Figura 33.**  
*Parámetros de altura S3*



De acuerdo con las figuras previas que muestran la configuración en planta de cada nivel se puede visualizar que no existe desalineamiento.

<p><b>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10)</b>                  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.</p>	<b>0,60</b>
--	-------------

No se puede analizar la discontinuidad extrema de los sistemas resistentes, debido a que al concluir que al no existir discontinuidad de los sistemas resistentes tampoco habría discontinuidad extrema de los sistemas resistentes.

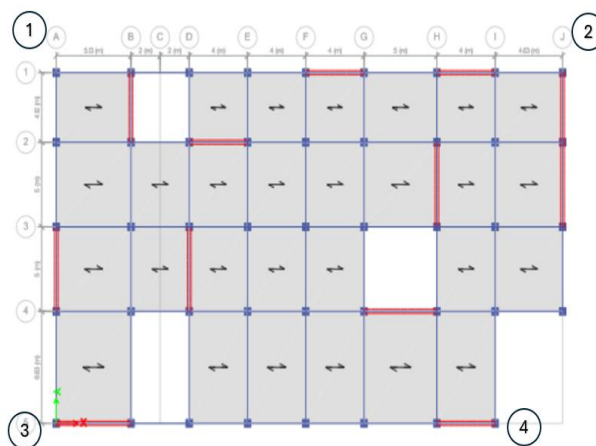
- Irregularidades en planta suelo S2.

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_r$
<p><b>Irregularidad Torsional</b>                  Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                  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.</p>	<b>0,75</b>

Para el caso de Irregularidad torsional se puede visualizar los desplazamientos en los extremos de la planta para el caso del sismo en la Dirección X; tomando en cuenta que los máximos desplazamientos se presentan en el cuarto nivel seguidamente se procede a detallar el cálculo respectivo.

**Figura 34.**

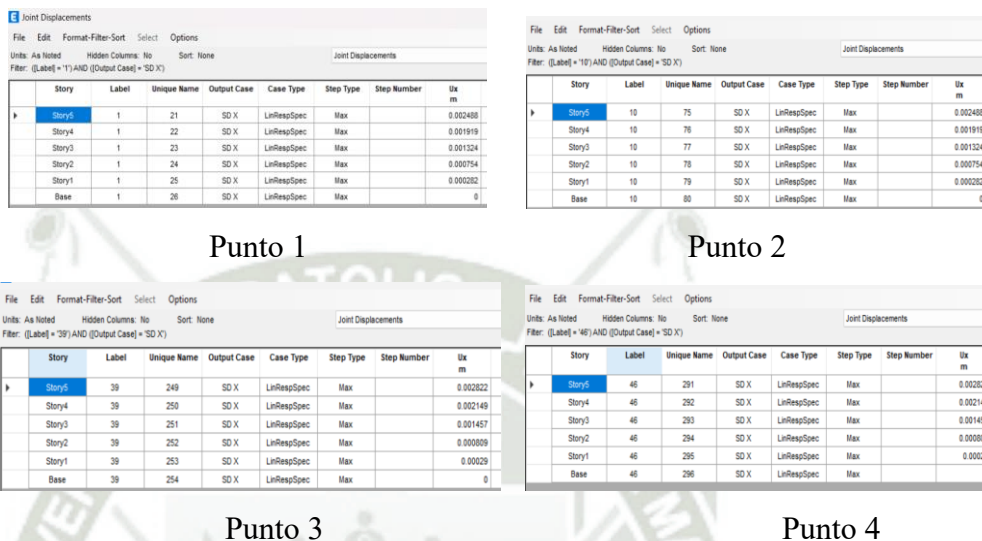
*Puntos de observación 1,2,3 y 4 S2*



**Sismo en X:**

**Figura 35.**

*Desplazamientos y derivas puntos de observación Etabs SDX- S2*



Fuente: elaboración propia

**Tabla 24**

*Desplazamiento y derivas máx. en X-X*

	1	2	3	4
<b>Nivel 5</b>	0.002488	0.002488	0.002822	0.002822
<b>Nivel 4</b>	0.001919	0.001919	0.002149	0.002149
<b>Nivel 3</b>	0.001324	0.001324	0.001457	0.001457
<b>Nivel 2</b>	0.000754	0.000754	0.000809	0.000809
<b>Nivel 1</b>	0.000282	0.000282	0.00029	0.00029

**Tabla 25**

*Irregularidad torsional X-X*

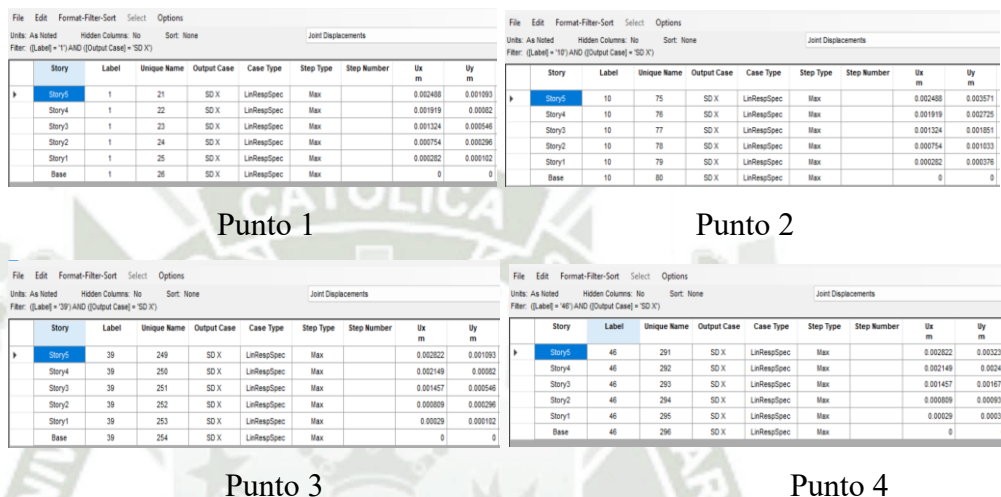
	Desplazamiento		Δ Relativo				Regularidad
	Max (m)	min (m)	Máximo	Mínimo	Promedio	Δrmax/Δrprom	
<b>Piso 5</b>	0.00282	0.00248	0.00067	0.00056	0.000621	1.0837	regular
<b>Piso 4</b>	0.00214	0.00191	0.00069	0.00059	0.000643	1.0754	regular
<b>Piso 3</b>	0.00145	0.00132	0.00064	0.00057	0.000609	1.0640	regular

<b>Piso 2</b>	0.00080	0.00075	0.00051	0.00047	0.000495	1.0474	regular
<b>Piso 1</b>	0.00029	0.00028	0.00029	0.00028	0.000286	1.0140	regular

**Sismo en Y:**

**Figura 36.**

*Desplazamientos y derivas puntos de observación Etabs SDY-S2*



**Tabla 26**

*Desplazamiento y derivas máx. en Y-Y*

	1	2	3	4
<b>Nivel 5</b>	0.002184	0.001549	0.002184	0.001624
<b>Nivel 4</b>	0.001675	0.001213	0.001675	0.001267
<b>Nivel 3</b>	0.001145	0.000852	0.001145	0.000886
<b>Nivel 2</b>	0.000645	0.000501	0.000645	0.000517
<b>Nivel 1</b>	0.000239	0.0002	0.000239	0.000204

**Tabla 27**

*Irregularidad torsional en Y-Y*

	Desplazamiento		Δ Relativo			Regularidad	
	Max (m)	min (m)	Máximo	Mínimo	Promedio		
<b>Piso 5</b>	0.00282	0.00248	0.00067	0.00056	0.000621	1.0837	regular
<b>Piso 4</b>	0.00214	0.00191	0.00069	0.00059	0.000643	1.0754	regular
<b>Piso 3</b>	0.00145	0.00132	0.00064	0.00057	0.000609	1.0640	regular
<b>Piso 2</b>	0.00080	0.00075	0.00051	0.00047	0.000495	1.0474	regular
<b>Piso 1</b>	0.00029	0.00028	0.00029	0.00028	0.000286	1.0140	regular

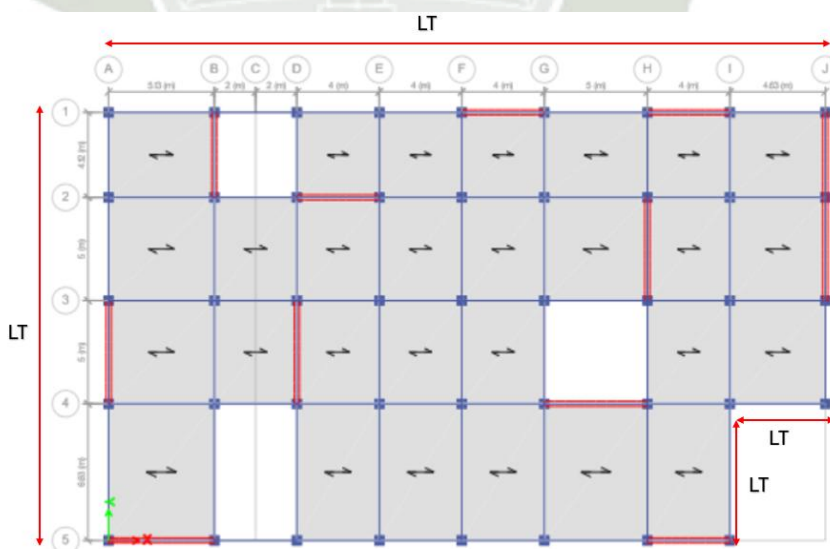
En relación con esta irregularidad se puede concluir que, no existe irregularidad torsional en ambos sentidos.

<p><b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b>                  Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                  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.</p>	<p><b>0,80</b></p>
--	--------------------

En referencia a la irregularidad torsional extrema se puede afirmar que si no existe irregularidad torsional no existirá irregularidad torsional extrema.

<p><b>Esquinas Entrantes</b>                  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.</p>	<p><b>0,90</b></p>
--	--------------------

**Figura 37.**  
Vista planta esquinas entrantes S2



**Tabla 28**

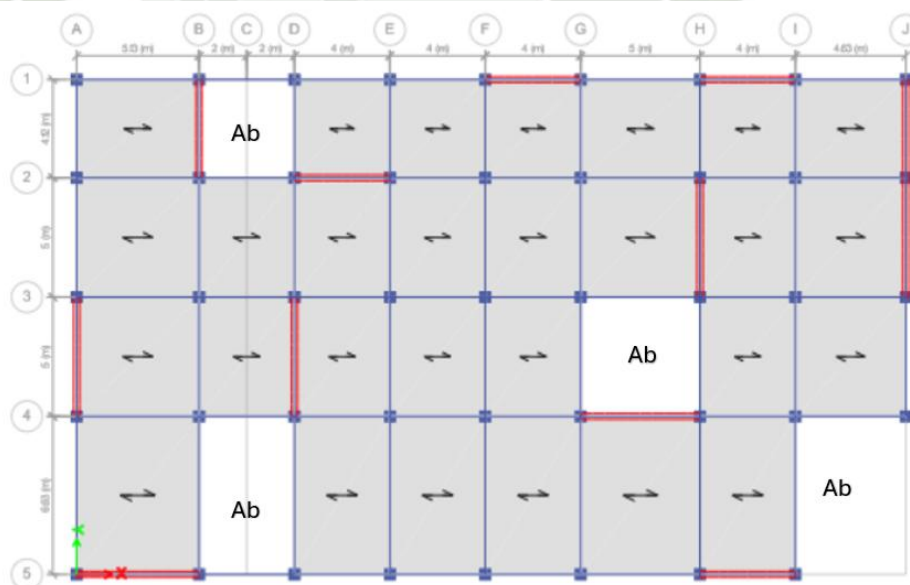
*Chequeo de irregularidad*

D	Le (m)	LT (m)	Le/LT (m)	Le/LT > 20%
<b>DX</b>	4.63	35	0.13228571	Regular
<b>DY</b>	6.63	21	0.31571429	Regular

En referencia a la condición de Irregularidad de Esquinas entrantes, se puede afirmar que la estructura si presenta esta condición de irregularidad en la esquina referente al eje X.

Discontinuidad del Diafragma	
<p><b>Discontinuidad del Diafragma</b> 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.</p>	<b>0,85</b>

**Figura 38.**  
*Discontinuidad de diafragma S2*



	Área bruta (m <sup>2</sup> )	Área de abertura (m <sup>2</sup> )	Aa < Ab * 50%
<b>1</b>	735	88.25	Regular

Para el caso de irregularidad por discontinuidad del diafragma se puede notar claramente de las vistas en planta que la estructura no presenta ductos que superen el 50% del área bruta del diafragma por lo que esta condición de irregularidad no aplica.

<p><b>Sistemas no Paralelos</b> 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° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	<p><b>0,90</b></p>
---	--------------------

En referencia a la irregularidad de sistemas no paralelos se puede visualizar en la planta que no se tiene dicha irregularidad.

Como conclusión podemos definir que no presenta irregularidades en altura ya que cumple con todos los parámetros mínimos de la norma:

$$I_a = 1.00$$

Como conclusión podemos definir que presenta irregularidad en esquinas entrantes en el eje X:

$$I_p = 1.00$$

Para definir nuestro factor de reducción sísmica final se debe multiplicar el R inicial con los factores hallados por las irregularidades y ese será el final que usaremos para el diseño de nuestros elementos estructurales

$$R_x = 6 * 1$$

$$R_x = 6$$

$$R_y = 6 * 1$$

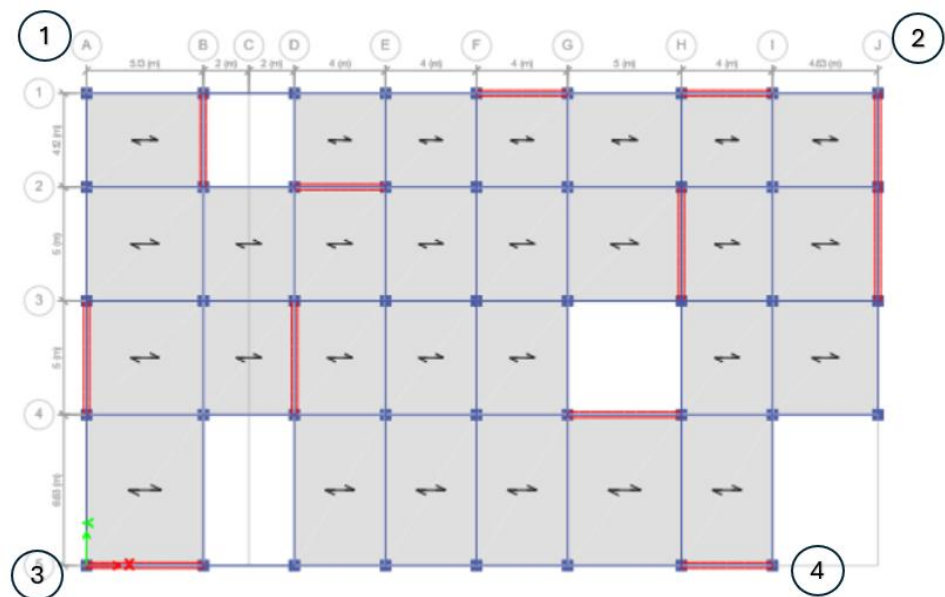
$$R_y = 6$$

- Irregularidades en planta suelo S3.

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_r$
<p><b>Irregularidad Torsional</b>                      Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                      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.</p>	<p><b>0,75</b></p>

Para el caso de Irregularidad torsional se puede visualizar los desplazamientos en los extremos de la planta para el caso del sismo en la Dirección X; tomando en cuenta que los máximos desplazamientos se presentan en el cuarto nivel seguidamente se procede a detallar el cálculo respectivo.

**Figura 39.**  
Puntos de observación 1,2,3 y 4 S3



**Sismo en X:**

**Figura 40.**

*Desplazamientos y derivas puntos de observación etabs SDX- S3*

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m
Story5	1	21	SD X	LinRespSpec	Max		0.002902
Story4	1	22	SD X	LinRespSpec	Max		0.002239
Story3	1	23	SD X	LinRespSpec	Max		0.001545
Story2	1	24	SD X	LinRespSpec	Max		0.000879
Story1	1	25	SD X	LinRespSpec	Max		0.000329
Base	1	26	SD X	LinRespSpec	Max		0

**Punto 1**

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m
Story5	10	75	SD X	LinRespSpec	Max		0.002902
Story4	10	76	SD X	LinRespSpec	Max		0.002239
Story3	10	77	SD X	LinRespSpec	Max		0.001545
Story2	10	78	SD X	LinRespSpec	Max		0.000879
Story1	10	79	SD X	LinRespSpec	Max		0.000329
Base	10	80	SD X	LinRespSpec	Max		0

**Punto 2**

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m
Story5	39	249	SD X	LinRespSpec	Max		0.003292
Story4	39	250	SD X	LinRespSpec	Max		0.002507
Story3	39	251	SD X	LinRespSpec	Max		0.0017
Story2	39	252	SD X	LinRespSpec	Max		0.000944
Story1	39	253	SD X	LinRespSpec	Max		0.000338
Base	39	254	SD X	LinRespSpec	Max		0

**Punto 3**

Story	Label	Unique Name	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Ux m
Story5	46	291	SD X	LinRespSpec	Max		0.003292
Story4	46	292	SD X	LinRespSpec	Max		0.002507
Story3	46	293	SD X	LinRespSpec	Max		0.0017
Story2	46	294	SD X	LinRespSpec	Max		0.000944
Story1	46	295	SD X	LinRespSpec	Max		0.000338
Base	46	296	SD X	LinRespSpec	Max		0

**Punto 4**

**Tabla 29**

*Desplazamiento y derivas max en X-X*

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Nivel 5</b>	0.002902	0.002902	0.003292	0.003292
<b>Nivel 4</b>	0.002239	0.002239	0.002507	0.002507
<b>Nivel 3</b>	0.001545	0.001545	0.0017	0.0017
<b>Nivel 2</b>	0.000879	0.000879	0.000944	0.000944
<b>Nivel 1</b>	0.000329	0.000329	0.000338	0.000338

**Tabla 30**

*Irregularidad torsional en X-X*

	<b>Desplazamiento</b>		<b>Δ Relativo</b>			<b>Regularidad</b>
	máx. (m)	min (m)	Máximo	Mínimo	Promedio	
<b>Piso 5</b>	0.003292	0.002902	0.000785	0.000663	0.000724	regular
<b>Piso 4</b>	0.002507	0.002239	0.000807	0.000694	0.0007505	regular
<b>Piso 3</b>	0.0017	0.001545	0.000756	0.000666	0.000711	regular
<b>Piso 2</b>	0.000944	0.000879	0.000606	0.00055	0.000578	regular
<b>Piso 1</b>	0.000338	0.000329	0.000338	0.000329	0.000335	regular

**Sismo en Y:**

**Figura 41.**

*Desplazamientos y derivas puntos de observación etabs SDY-S3*

The figure consists of four screenshots of the ETABS software interface, each displaying a table of joint displacements for a specific point. The tables include columns for Story, Label, Unique Name, Output Case, Case Type, Step Type, Step Number, Ux (m), and Uy (m). The data shows maximum displacements and drifts for various stories across different points.

**Tabla 31**

*Desplazamiento y derivas máx. en Y-Y*

	1	2	3	4
<b>Nivel 5</b>	0.002548	0.001808	0.002548	0.001894
<b>Nivel 4</b>	0.001954	0.001416	0.001954	0.001478
<b>Nivel 3</b>	0.001336	0.000994	0.001336	0.001034
<b>Nivel 2</b>	0.000753	0.000584	0.000753	0.000603
<b>Nivel 1</b>	0.000279	0.000234	0.000279	0.000239

**Tabla 32**

*Irregularidad torsional en Y-Y*

	Desplazamiento		Δ Relativo			Regularidad	
	máx. (m)	min (m)	Máximo	Mínimo	Promedio		
<b>Piso 5</b>	0.00254	0.00180	0.00059	0.00039	0.000493	1.2049	regular
<b>Piso 4</b>	0.00195	0.00141	0.00061	0.00042	0.00052	1.1885	regular
<b>Piso 3</b>	0.00133	0.00099	0.00058	0.00041	0.0004965	1.1742	regular
<b>Piso 2</b>	0.00075	0.00058	0.00047	0.00035	0.000412	1.1505	regular
<b>Piso 1</b>	0.00027	0.00023	0.00027	0.00023	0.0002565	1.0877	regular

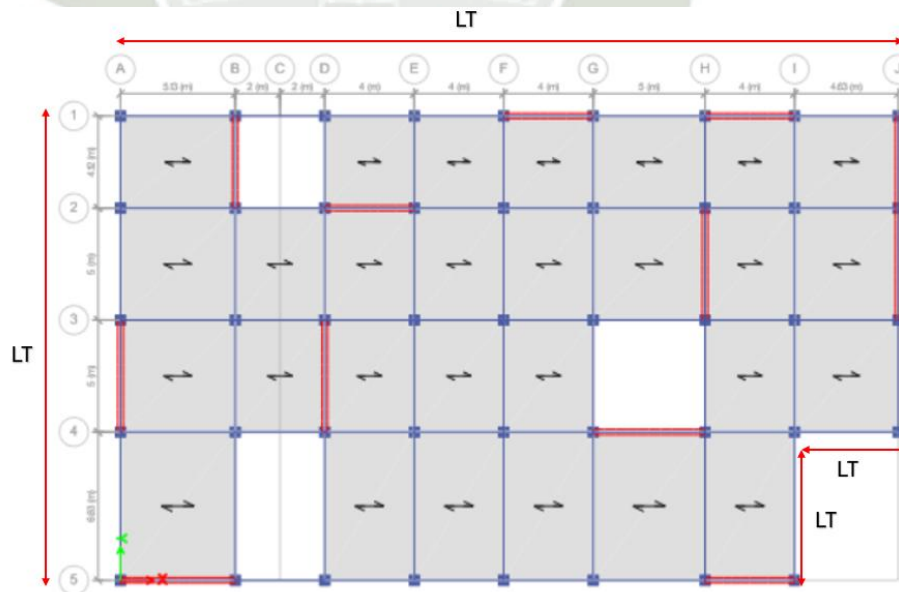
En relación con esta irregularidad se puede concluir que, no existe irregularidad torsional en ambos sentidos.

<p><b>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10)</b>                  Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (<math>\Delta_{max}</math>) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (<math>\Delta_{prom}</math>).                  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.</p>	<p><b>0,80</b></p>
--	--------------------

En referencia a la irregularidad torsional extrema se puede afirmar que si no existe irregularidad torsional no existirá irregularidad torsional extrema.

<p><b>Esquinas Entrantes</b>                  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.</p>	<p><b>0,90</b></p>
--	--------------------

**Figura 42.**  
Vista planta esquinas entrantes S3

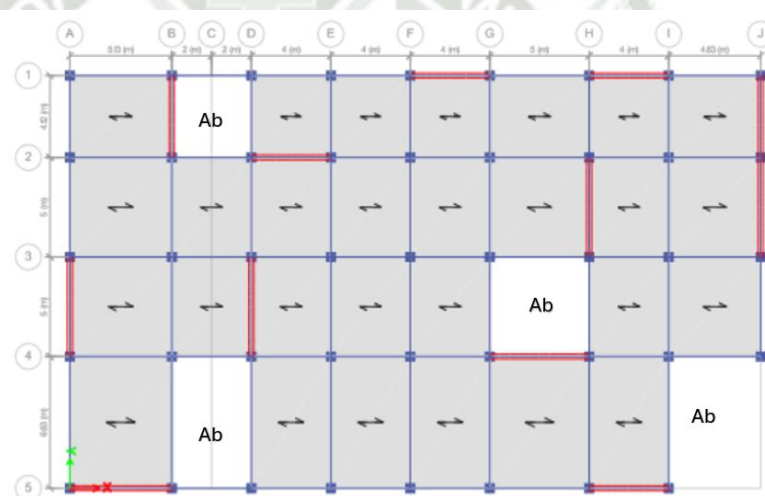


D	Le (m)	LT (m)	Le/LT (m)	Le/LT > 20%
DX	4.63	35	0.13228571	Regular
DY	6.63	21	0.31571429	Regular

En referencia a la condición de Irregularidad de Esquinas entrantes, se puede afirmar que la estructura si presenta esta condición de irregularidad en la esquina referente al eje X.

<p><b>Discontinuidad del Diafragma</b> 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.</p>	<b>0,85</b>
--	-------------

**Figura 43.**  
*Discontinuidad de diafragma S3*



Área bruta (m <sup>2</sup> )	Área de abertura (m <sup>2</sup> )	$Aa < Ab * 50\%$
735	88.25	Regular

Para el caso de irregularidad por discontinuidad del diafragma se puede notar claramente de las vistas en planta que la estructura no presenta ductos que superen el 50% del área bruta del diafragma por lo que esta condición de irregularidad no aplica.

**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° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.

0,90

En referencia a la irregularidad de sistemas no paralelos se puede visualizar en la planta que no se tiene dicha irregularidad.

Como conclusión podemos definir que no presenta irregularidades en altura ya que cumple con todos los parámetros mínimos de la norma:

$$I_a = 1.00$$

Como conclusión podemos definir que presenta irregularidad en esquinas entrantes en el eje X:

$$I_p = 1.00$$

Para definir nuestro factor de reducción sísmica final se debe multiplicar el R inicial con los factores hallados por las irregularidades y ese será el final que usaremos para el diseño de nuestros elementos estructurales

$$R_x = 6 * 1$$

$$R_x = 6$$

$$R_y = 6 * 1$$

$$R_y = 6$$

## 4.5 Dimensionamiento de la cimentación

### 4.5.1 Zapatas Aisladas y vigas de cimentación

#### Capacidad última y admisible del suelo

Se tomará la capacidad portante del mediante la formulación de Terzagui y las condiciones antes mencionadas en los subtipos del suelo S2 y S3, la formula tomada será de cimentación cuadrada la cual es:

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

- **q<sub>u</sub>**: Capacidad de carga última del suelo
- **C**: Resistencia al corte no drenado (cohesión)

- $q: \gamma D_f$ : Carga propia del suelo
- $D_f$ : Desplante del terreno
- $\gamma$ : Peso específico del suelo
- $B$ : Dimensión de la zapata
- $N_c, N_q$  y  $N_\gamma$ : Factores de capacidad de carga

Los valores por tomar de los factores  $N_c, N_q$  y  $N_\gamma$  en base a nuestro ángulo de corte del suelo que constara de:

**Tabla 33**

*Parámetros y factores por el ángulo de corte para formula Terzagui*

$\Phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$\Phi'$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5.7	1	0	25	25.13	12.72	8.34
1	6	1.1	0.01	26	27.09	14.21	9.84
2	6.3	1.22	0.04	27	29.24	15.9	11.6
3	6.62	1.35	0.06	28	31.61	17.81	13.7
4	6.97	1.49	0.1	29	34.24	19.98	16.18
5	7.34	1.64	0.14	30	37.16	22.46	19.13
6	7.73	1.81	0.2	31	40.41	25.28	22.65
7	8.15	2	0.27	32	44.04	28.52	26.87
8	8.6	2.21	0.35	33	48.09	32.23	31.94
9	9.09	2.44	0.44	34	52.64	36.5	38.04
10	9.61	2.69	0.56	35	57.75	41.44	45.41
11	10.16	2.98	0.69	36	63.53	47.16	54.36
12	10.76	3.29	0.85	37	70.01	53.8	65.27
13	11.41	3.63	1.04	38	77.5	61.55	78.61
14	12.11	4.02	1.26	39	85.97	70.61	95.03
15	12.86	4.45	1.52	40	95.66	81.27	115.34
16	13.68	4.92	1.82	41	106.81	93.85	140.51
17	14.6	5.45	2.18	42	119.67	108.75	171.99
18	15.12	6.04	2.59	43	134.58	126.5	211.56
19	16.56	6.7	3.07	44	151.95	147.74	261.6
20	17.69	7.44	3.64	45	172.28	173.28	325.34
21	18.92	8.26	4.31	46	196.22	204.19	407.11
22	20.27	9.19	5.09	47	224.55	241.8	512.84
23	21.75	10.23	6	48	258.28	287.85	650.67
24	23.36	11.4	7.08	49	298.71	344.63	831.99

Tomaremos igualmente a este valor un factor de seguridad de 3 según lo especificado en la norma E.050 de suelos y cimentaciones

$$q_{adm} = \frac{Q_u}{FS}$$

- FS: Factor de Seguridad
- $Q_u$ : Capacidad de carga última del suelo
- $q_{adm}$ : Capacidad admisible del suelo

### Caso de excentricidades en zapatas de borde y esquinera

Según el artículo 28 de la norma de suelos y cimentaciones tomaremos en cuenta los momentos y la carga vertical existente para calcular las dimensiones aproximadas de la cimentación que se tomara en los cálculos primeramente zapatas con la fórmula de Terzagui, estas consideraciones generaran tomaremos las siguiente formulas:

$$e_x = \frac{M_x}{Q} \text{ y } e_y = \frac{M_y}{Q}$$

- $e_x$  y  $e_y$ : Excentricidades generadas por la carga puntual
- $M_x$  y  $M_y$ : Momentos en los ejes de la columna
- $Q$ : Carga puntual de servicio en la columna

$$B' = B - 2e_x \text{ y } L' = L - 2e_y$$

- $B'$ : Ancho de zapata calculado por excentricidad
- $L'$ : Largo de zapata calculado por excentricidad

Consideraremos para nuestros cálculos la aproximación de estos valores para considerar la zapata cuadrada y que cumpla los requisitos de capacidad portante y chequeos pertinentes del concreto

### Carga puntual máxima

Al hallar la capacidad portante en el desplante considerado de nuestros casos, siendo primeramente 1.8 metros en los 7 subtipos tomaremos la siguiente fórmula para tomar las dimensiones en cuestión de la carga de nuestras columnas.

$$P_{max} = q_{adm} * B * L$$

- $P_{max}$ : Carga puntual máxima a la capacidad admisible del suelo
- $B$ : Base de zapata
- $L$ : Largo de zapata

**Resultados de capacidades admisibles de zapatas aisladas cuadradas**

**Tabla 34**

*Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-1*

<b>P</b>	<b>Df</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>TIPO</b>	<b>B'</b>	<b>L'</b>	<b>qadm</b>	<b>Wmáx</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>			<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(tn)</b>
<b>1.80</b>	1.80	1	Cohesivo	2.00	2.00	1.47	58.66
				2.20	2.20	1.47	70.98
				2.40	2.40	1.47	84.47
				2.60	2.60	1.47	99.14
				2.80	2.80	1.47	114.97
				3.00	3.00	1.47	131.99
				3.20	3.20	1.47	150.17
				3.40	3.40	1.47	169.53
				3.60	3.60	1.47	190.06
				3.80	3.80	1.47	211.76
				4.00	4.00	1.47	234.64

**Tabla 35**

*Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-2*

<b>P</b>	<b>Df</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>TIPO</b>	<b>B'</b>	<b>L'</b>	<b>qadm</b>	<b>Wmáx</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>			<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(tn)</b>
<b>1.80</b>	1.80	1	Friccionante	1.00	1.00	3.05	30.45
				1.20	1.20	3.14	45.24
				1.40	1.40	3.24	63.48
				1.60	1.60	3.34	85.40
				1.80	1.80	3.43	111.22
				2.00	2.00	3.53	141.19
				2.20	2.20	3.63	175.53
				2.40	2.40	3.72	214.48
				2.60	2.60	3.82	258.26
				2.80	2.80	3.92	307.12
				3.00	3.00	4.01	361.29

**Tabla 36**

*Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-3*

<b>P</b>	<b>Df</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>TIPO</b>	<b>B'</b>	<b>L'</b>	<b>qadm</b>	<b>Wmáx</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>			<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(tn)</b>
<b>1.80</b>	<b>1.80</b>	<b>1</b>	<b>Friccionante</b>	1.00	1.00	3.93	39.32
				1.20	1.20	4.07	58.58
				1.40	1.40	4.20	82.40
				1.60	1.60	4.34	111.11
				1.80	1.80	4.48	145.04
				2.00	2.00	4.61	184.51
				2.20	2.20	4.75	229.84
				2.40	2.40	4.88	281.37
				2.60	2.60	5.02	339.43
				2.80	2.80	5.16	404.33
				3.00	3.00	5.29	476.41

**Tabla 37**

*Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S2-4*

<b>P</b>	<b>Df</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>TIPO</b>	<b>B'</b>	<b>L'</b>	<b>qadm</b>	<b>Wmáx</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>			<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(tn)</b>
<b>1.80</b>	<b>1.80</b>	<b>1</b>	<b>Friccionante</b>	1.00	1.00	6.04	60.42
				1.20	1.20	6.29	90.56
				1.40	1.40	6.54	128.09
				1.60	1.60	6.78	173.61
				1.80	1.80	7.03	227.71
				2.00	2.00	7.27	290.99
				2.20	2.20	7.52	364.02
				2.40	2.40	7.77	447.41
				2.60	2.60	8.01	541.74
				2.80	2.80	8.26	647.61
				3.00	3.00	8.51	765.61

**Tabla 38**

*Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S3-1*

<b>P</b>	<b>Df</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>TIPO</b>	<b>B'</b>	<b>L'</b>	<b>qadm</b>	<b>Wmáx</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>			<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(tn)</b>
<b>1.80</b>	1.80	1	Cohesivo	2.00	2.00	0.96	38.42
				2.20	2.20	0.96	46.49
				2.40	2.40	0.96	55.32
				2.60	2.60	0.96	64.93
				2.80	2.80	0.96	75.30
				3.00	3.00	0.96	86.45
				3.20	3.20	0.96	98.36
				3.40	3.40	0.96	111.03
				3.60	3.60	0.96	124.48
				3.80	3.80	0.96	138.70
4.00	4.00	0.96	153.68				

**Tabla 39**

*Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S3-2*

<b>P</b>	<b>Df</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>TIPO</b>	<b>B'</b>	<b>L'</b>	<b>qadm</b>	<b>Wmáx</b>
<b>(m)</b>	<b>(m)</b>			<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(tn)</b>
<b>5.00</b>	1.80	1	Friccionante	1.00	1.00	1.88	18.85
				1.20	1.20	1.94	27.90
				1.40	1.40	1.99	39.00
				1.60	1.60	2.04	52.29
				1.80	1.80	2.10	67.88
				2.00	2.00	2.15	85.91
				2.20	2.20	2.20	106.49
				2.40	2.40	2.25	129.76
				2.60	2.60	2.31	155.85
				2.80	2.80	2.36	184.87
3.00	3.00	2.41	216.95				

**Tabla 40**

*Dimensionamiento de cimentaciones Suelo S3-3*

<b>P</b> <b>(m)</b>	<b>Df</b> <b>(m)</b>	<b>ESTRATO</b>	<b>TIPO</b>	<b>B'</b> <b>(m)</b>	<b>L'</b> <b>(m)</b>	<b>qadm</b> <b>(kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Wmáx</b> <b>(tn)</b>
<b>1.80</b>	<b>1.80</b>	<b>1</b>	<b>Friccionante</b>	2.00	2.00	1.16	46.43
				2.20	2.20	1.18	57.34
				2.40	2.40	1.21	69.62
				2.60	2.60	1.23	83.33
				2.80	2.80	1.26	98.53
				3.00	3.00	1.28	115.26
				3.20	3.20	1.30	133.60
				3.40	3.40	1.33	153.60
				3.60	3.60	1.35	175.31
				3.80	3.80	1.38	198.80
4.00	4.00	1.40	224.11				

A partir de todos estos resultados elegiremos las zapatas que cumplan con la carga que es transmita de nuestro edificio, tomaremos los casos más extremos de cada tipo de columna, siendo las consideraciones las cargas puntuales mayores de columnas centrales, de borde y esquineras. Estos 3 casos evaluaremos sus respectivas columnas colindantes para el dimensionamiento de vigas de cimentación.

#### **Reporte de cargas**

Mediante el modelo elaborado en el software ETABS extraemos el reporte de cargas de las columnas a evaluar para la elección de zapatas de nuestros distintos subtipos de tipos de suelos S2 y S3 clasificando primero las columnas centrales y luego las de borde y esquinera.

**Tabla 41**

*Reacciones en columnas de muestra y asignación de dimensionamientos columna central*

<b>Col</b>	<b>P</b> tonf	<b>M 2-2</b> tonf-m	<b>M 3-3</b> tonf-m	<b>V 2-2</b> tonf	<b>V 3-3</b> tonf	<b>S2-1</b> (m)	<b>S2-2</b> (m)	<b>S2-3</b> (m)	<b>S2-4</b> (m)	<b>S3-1</b> (m)	<b>S3-2</b> (m)	<b>S3-3</b> (m)	<b>Tipo</b>
<b>F2</b>	-97.503	0.4417	-0.0547	-0.065	0.481	3.2	2	1.8	1.6	3.8	2.6	3.2	VC
<b>F3</b>	-109.09	-0.0914	0.018	0.015	-0.074	3.2	2	1.8	1.6	3.8	2.6	3.2	VC
<b>F4</b>	-124.21	1.0722	0.0738	0.078	1.136	3.2	2	1.8	1.6	3.8	2.6	3.2	CENTR.
<b>E3</b>	-105.36	-0.0079	-0.0589	-0.065	0.01	3.2	2	1.8	1.6	3.8	2.6	3.2	VC
<b>G3</b>	-91.528	-0.9362	0.0179	0.015	-0.949	3.2	2	1.8	1.6	3.8	2.6	3.2	VC

**Tabla 42**

*Reacciones en columnas de muestra y asignación de dimensionamientos columna borde y esquinera*

Col	P	M 2-2	M 3-3	V 2-2	V 3-3	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4	S3-1	S3-2	S3-3	Tipo
	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf	tonf	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
<b>E4</b>	-124.19	-1.7467	0.1205	-0.079	1.123	3.2	2	1.8	1.6	3.8	2.6	3.2	VC
<b>E5</b>	-76.414	4.2574	0.0344	-0.026	-2.776	2.4	1.6	1.6	1.2	3	2	2.8	Borde
<b>I4</b>	-97.047	0.2704	0.0581	-0.038	-0.196	2.2	1.8	1.6	1.4	3.2	2.2	2.8	VC
<b>J4</b>	-42.191	1.4226	-0.1909	0.123	-0.947	2	1.4	1.2	1.2	2.2	1.6	2.2	Esq.
<b>J3</b>	-69.963	-0.1077	-0.1763	0.117	0.047	2.6	1.8	1.4	1.2	2.8	2	2.4	VC

Se predimensiona las vigas de cimentación para comprobar que el aumento de carga en las zapatas esté contemplado en el dimensionamiento y capacidad portante del suelo, las reacciones para comprobar el aumento se realizaron por el software SAP2000.

Para el dimensionamiento de las vigas de cimentación correspondiente se tomará una base de igual medida de las columnas dimensionadas de nuestro modelo siendo de 50cm, para el cálculo de nuestra altura tomaremos en cuenta la luz existente entre columna y columna con la siguiente formula

$$h = \frac{Luz}{8}$$

Este valor elegido se aproximará al valor construible y mayor a este.

Teniendo en cuenta el dimensionamiento y carga contribuida por la viga de cimentación calcularemos el aumento de fuerzas en las zapatas y tener en cuenta para la capacidad admisible.

**Tabla 43**

*Carga adicional de vigas de cimentación (SAP2000) Central*

Luz	h	P	b min	B	H elegido	Peso VC	SAP	Aumento
m	cm	tn	cm	cm	cm	tn	tn	tn
<b>5</b>	62.50	124.214	31.25	50	65	1.092	127.03	2.816
<b>5</b>	62.50	97.503	31.25	50	65	1.092	100.32	2.817
<b>4</b>	50.00	124.214	25	50	50	0.840	126.46	2.246
<b>4</b>	50.00	109.092	25	50	50	0.840	111.34	2.248
<b>5</b>	62.50	124.214	31.25	50	65	1.092	127.03	2.816
<b>5</b>	62.50	105.357	31.25	50	65	1.092	108.17	2.813
<b>4</b>	50.00	124.214	25	50	50	0.840	126.46	2.246
<b>4</b>	50.00	91.528	25	50	50	0.840	93.78	2.252

**Tabla 44**

*Carga adicional de vigas de cimentación (SAP2000) Borde y Esquinera*

<b>Luz</b>	<b>h</b>	<b>P</b>	<b>b min</b>	<b>B</b>	<b>H elegido</b>	<b>Peso VC</b>	<b>SAP</b>	<b>Aumento</b>
<b>m</b>	<b>cm</b>	<b>tn</b>	<b>cm</b>	<b>cm</b>	<b>cm</b>	<b>tn</b>	<b>tn</b>	<b>tn</b>
<b>6.63</b>	82.88	124.19	41.44	50	85	1.428	129.04	4.8468
<b>6.63</b>	82.88	76.4	41.44	50	85	1.428	81.26	4.846
<b>4.63</b>	57.88	97.04	28.94	50	60	1.008	99.46	2.4132
<b>4.63</b>	57.88	42.19	28.94	50	60	1.008	44.6	2.4095
<b>5</b>	62.50	69.96	31.25	50	65	1.092	72.78	2.8167
<b>5</b>	62.50	42.19	31.25	50	65	1.092	45	2.8095

**Placas y su cimentación**

Para el caso de placas tomaremos sus dimensiones cercanas a la de nuestras columnas centrales dimensionadas y comprobaremos mediante el software SAFE su capacidad portante de modo que si cumplen con la capacidad portante del suelo tendremos nuestras dimensiones de las cimentaciones aisladas de cada placa, se dividen las placas por la variación en estas dimensiones teniendo como se mostrara a continuación:

**Tabla 45**

*Tabla de dimensionamiento placas en suelo S2-1*

<b>S2-1</b>	<b>PLACAS (cm)</b>							
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>Base</b>	300	260	260	300	300	300	260	260
<b>Largo</b>	800	660	773	713	660	820	760	1233

**Tabla 46**

*Tabla de dimensionamiento placas en suelo S2-2*

<b>S2-2</b>	<b>PLACAS (cm)</b>							
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>
<b>Base</b>	200	200	200	200	200	200	200	200
<b>Largo</b>	700	600	713	613	600	700	700	1113

**Tabla 47**

*Tablas de dimensionamiento placas en suelo S2-3*

S2-3	PLACAS (cm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Base</b>	180	180	180	180	180	180	180	180
<b>Largo</b>	680	580	693	593	580	680	680	1093

**Tabla 48**

*Tablas de dimensionamiento placas en suelo S2-4*

S2-4	PLACAS (cm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Base</b>	160	160	160	160	160	160	160	160
<b>Largo</b>	660	560	673	573	560	660	660	1073

**Tabla 49**

*Tablas de dimensionamiento placas en suelo S3-1*

S3-1	PLACAS (cm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Base</b>	300	260	260	300	300	300	260	260
<b>Largo</b>	800	660	773	713	660	820	760	1233

**Tabla 50**

*Tablas de dimensionamiento placas en suelo S3-2*

S3-2	PLACAS (cm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Base</b>	260	260	260	260	260	260	260	260
<b>Largo</b>	800	660	773	713	660	820	760	1233

**Tabla 51**

*Tablas de dimensionamiento placas en suelo S3-3*

S3-3	PLACAS (cm)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Base</b>	300	260	260	300	300	300	260	260
<b>Largo</b>	800	660	773	713	660	820	760	1233

No existirá variación en el caso del desplante a tratar debido a las dimensiones propuestas y en evitar una mayor variabilidad de nuestros modelos.

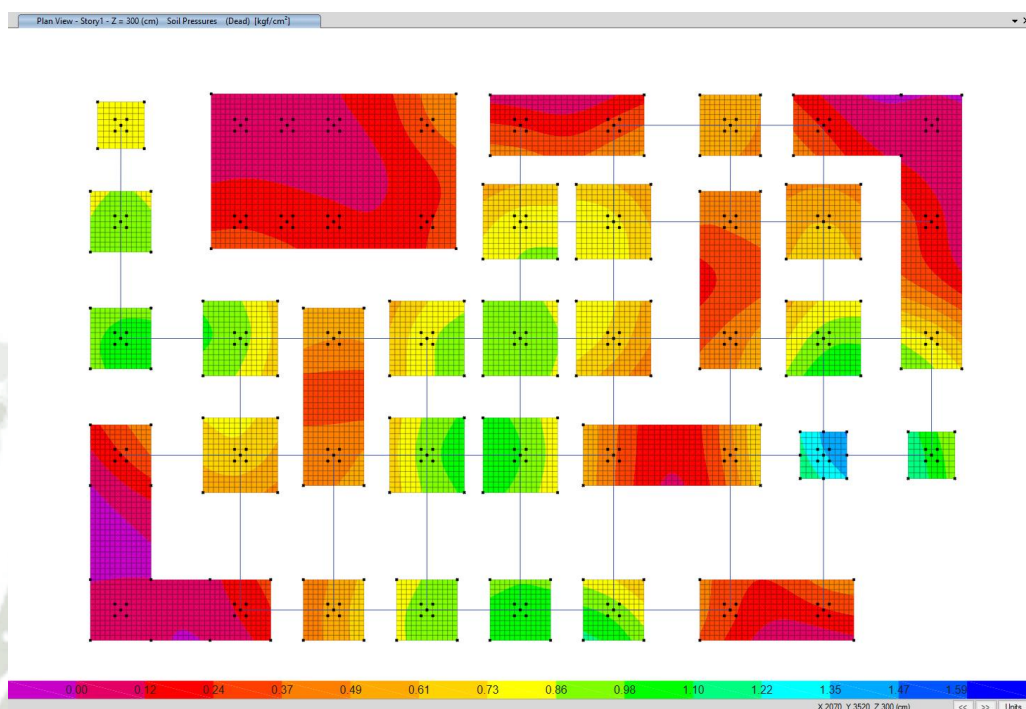
#### **Análisis de capacidad portante en SAFE**

Ahora analizaremos la capacidad admisible hallada mediante el software

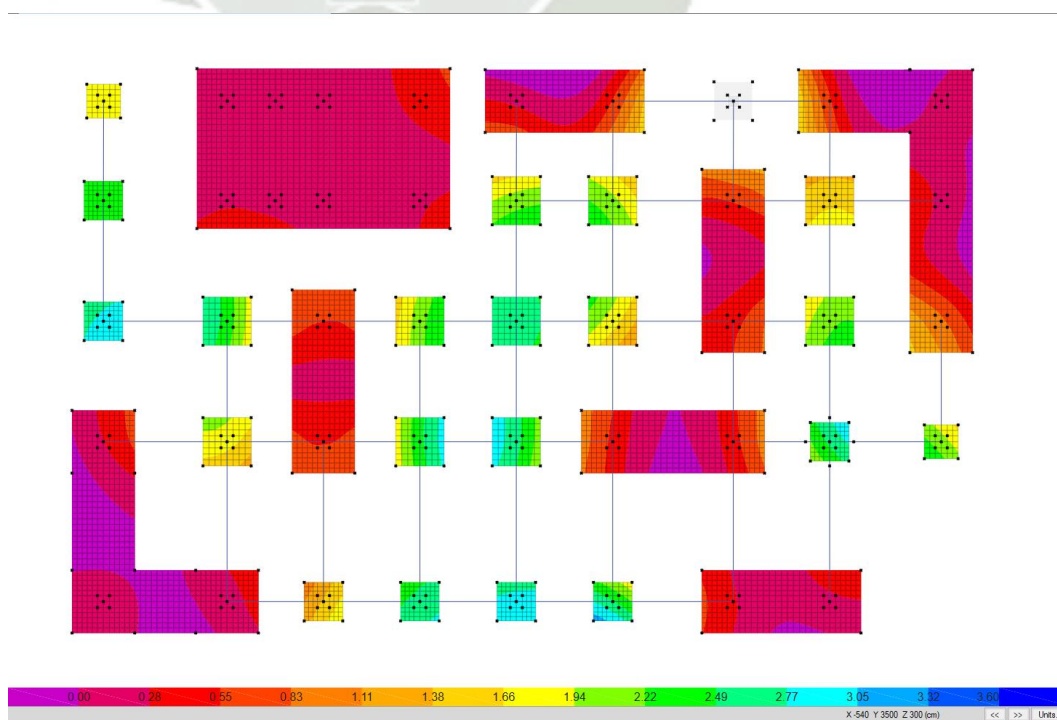
SAFE del cual comprobaremos si ciertamente los cálculos analizados reflejan

la capacidad del suelo que podrá soportar, primeramente, analizando toda la cimentación en general e implementando las zapatas corridas o combinadas correspondientes a la arquitectura de nuestro modelo.

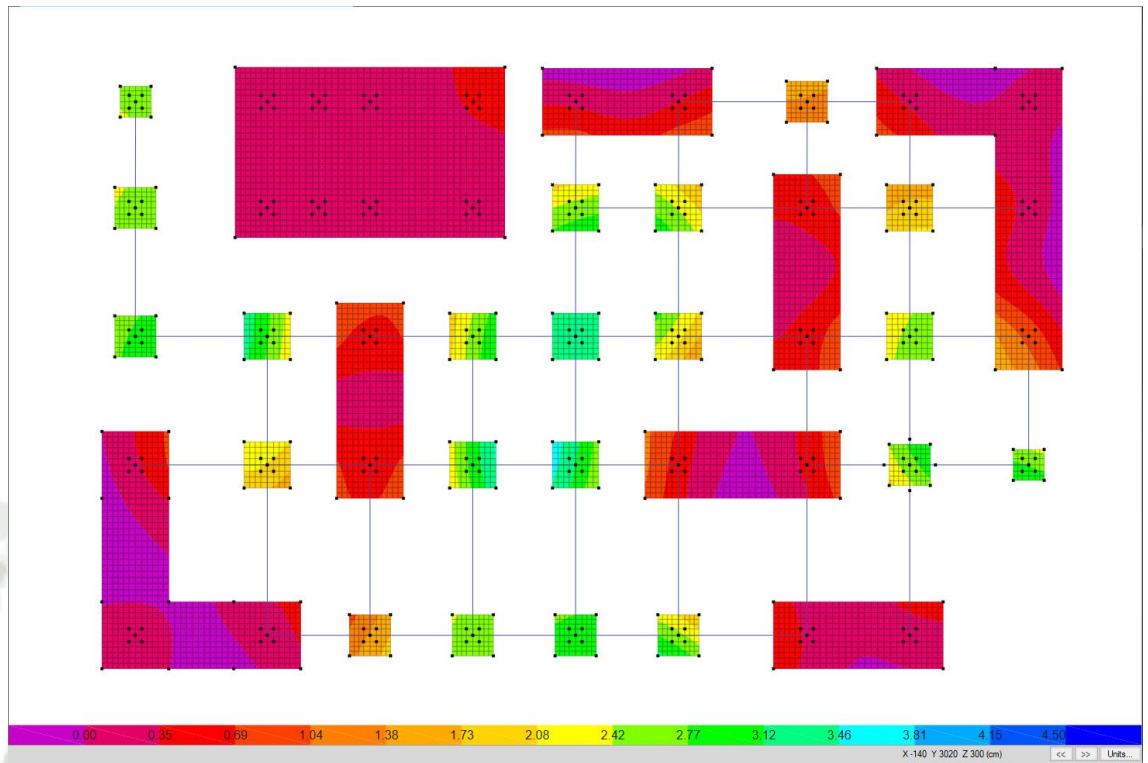
**Figura 44.**  
*Vista de planta en Safe suelo S2-1*



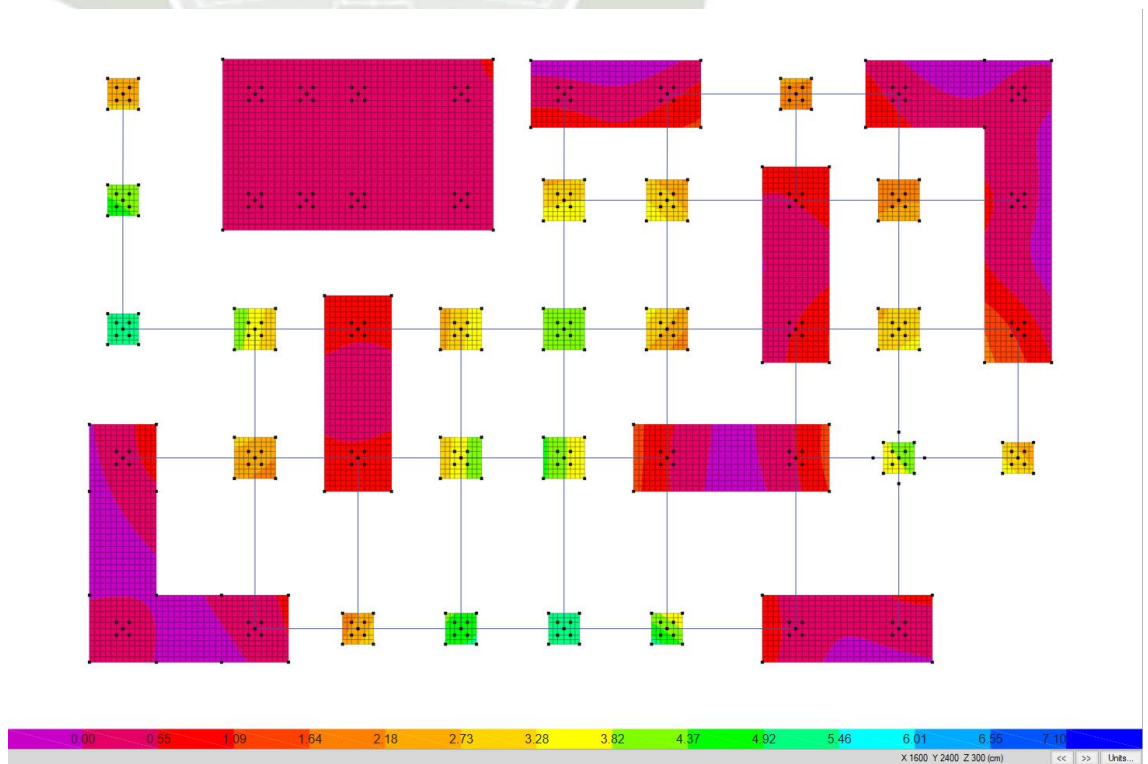
**Figura 45.**  
*Vista de planta en Safe suelo S2-2*



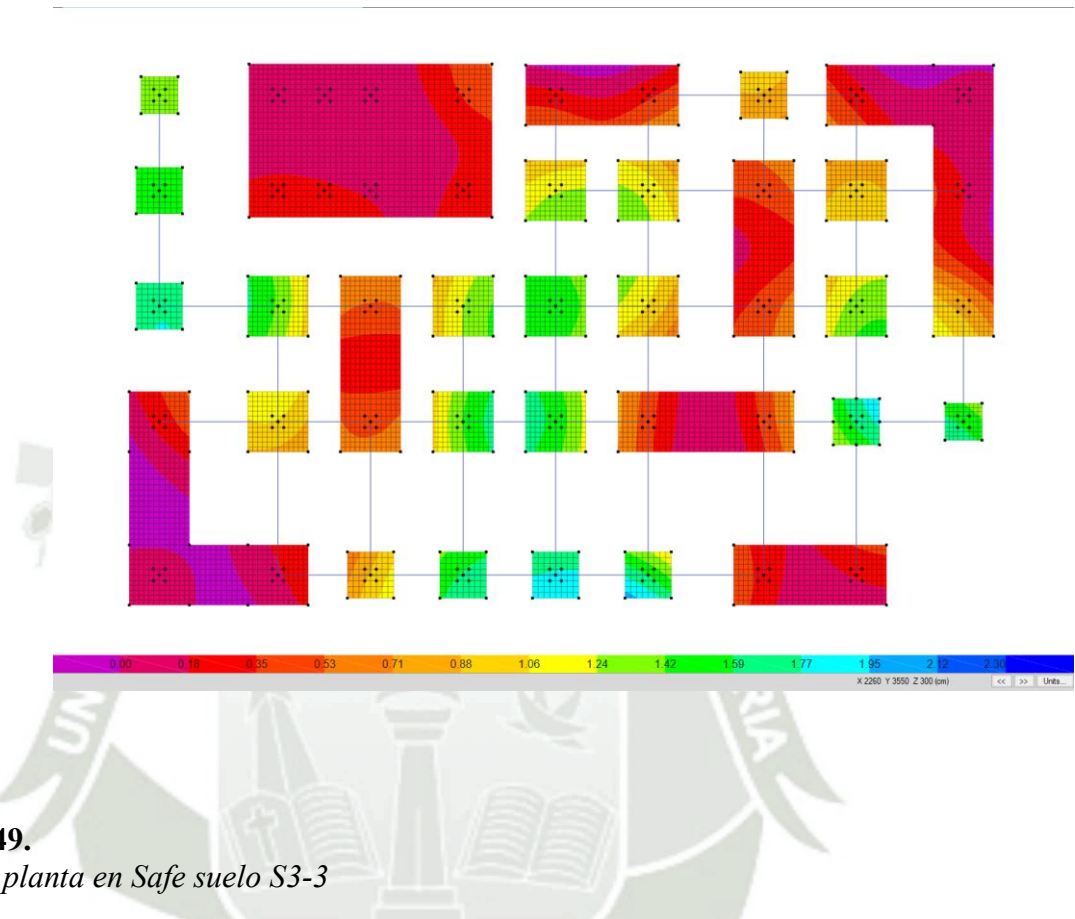
**Figura 46.**  
*Vista de planta en Safe suelo S2-3*



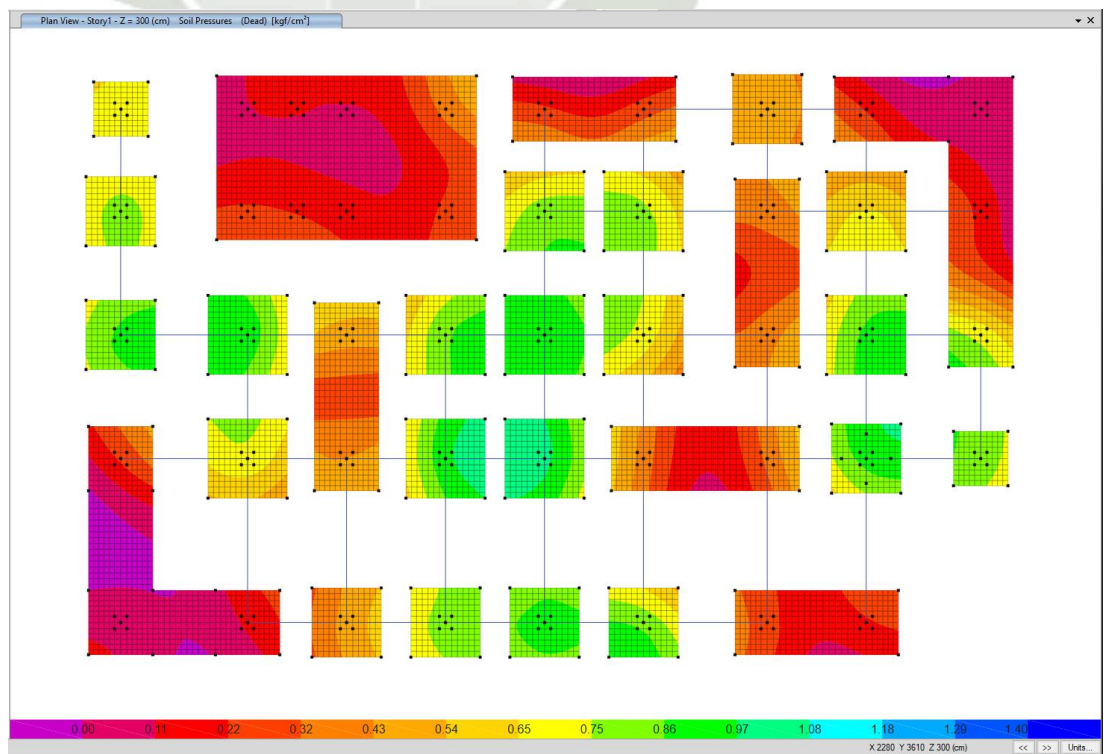
**Figura 47.**  
*Vista de planta en Safe suelo S3-1*



**Figura 48.**  
*Vista de planta en Safe suelo S3-2*



**Figura 49.**  
*Vista de planta en Safe suelo S3-3*



Observamos que si cumplirá todas las cimentaciones con la máxima capacidad admisible y al tener las reacciones de las vigas de cimentación observadas en nuestro suelo observando que nuestro planteo es correcto continuaremos también con las siguientes comprobaciones:

- Cc: Dimensiones de columna: 50 x 50 cm
- F'c: Resistencia a la compresión del concreto:  $210 \frac{kg}{cm^2}$
- r: Recubrimiento de zapata: 7.5 cm
- $d_{acero}$ : Diámetro idealizado de acero: 1.91 cm
- h: distancia entre aceros
- d: Peralte efectivo:

$$d = r + h + \frac{d_{acero}}{2}$$

El espesor de nuestra zapata será planteado con las comprobaciones necesarias tomando valores y siendo comprobados si cumplen con los chequeos correspondientes que constaran de la comprobación de corte directo, comprobación de punzonamiento y comprobación de aplastamiento de la zapata.

### Comprobación de corte directo

Hallaremos la longitud máxima del cortante

$$L_v = \frac{(B_z - Cc)}{2}$$

- $B_z$ : Base de zapata (m)
- Cc: Dimensión de columna (m)

Seguido de ello calcularemos el cortante admisible de la zapata:

$$V_u = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

- $f'c$ : Resistencia a la compresión del concreto  $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$
- $B_z$ : Base de zapata (m)
- d: Peralte efectivo (cm)

Calcularemos entonces el cortante aplicado por la columna en la zapata

$$V_{ua} = q_{adm} * (L_v - d) * B$$

- $q_{adm}$ : carga admisible del suelo (tn/m<sup>2</sup>)
- $L_v$ : longitud máxima del cortante (m)
- $d$ : Peralte efectivo (m)
- $B$ : base de zapata (m)

Compararemos y comprobaremos que cumple

$$V_u > V_{ua}$$

Tendremos los resultados correspondientes a cada zapata que será tratada en cada suelo y su espesor a tomar en cuenta si cumple con las comprobaciones, mostrando primeramente los resultados en la comprobación por corte directo:

#### Caso de zapatas centrales

**Tabla 52**

*Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-1*

S2-1	Dimen.	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	3.2	E4	45	97.50	1.35	71.885	1.48	47.639	CUMPLE
VC	3.2	E5	45	109.09	1.35	71.885	1.48	47.639	CUMPLE
CENTRAL	3.2	I4	45	124.21	1.35	71.885	1.48	47.639	CUMPLE
VC	3.2	J4	45	105.36	1.35	71.885	1.48	47.639	CUMPLE
VC	3.2	J3	45	91.53	1.35	71.885	1.48	47.639	CUMPLE

**Tabla 53**

*Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-2*

S2-2	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	2	E4	50	97.50	0.75	51.457	3.43	24.415	CUMPLE
VC	2	E5	50	109.09	0.75	51.457	3.53	25.127	CUMPLE
CENTRAL	2	I4	50	124.21	0.75	51.457	3.53	25.127	CUMPLE
VC	2	J4	50	105.36	0.75	51.457	3.43	24.415	CUMPLE
VC	2	J3	50	91.53	0.75	51.457	3.43	24.415	CUMPLE

**Tabla 54**

*Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-3*

S2-3	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm <sup>2</sup>	tn	
VC	1.8	E4	50	97.50	0.65	46.311	4.34	19.991	CUMPLE
VC	1.8	E5	50	109.09	0.65	46.311	4.48	20.636	CUMPLE
CENTRAL	1.8	I4	50	124.21	0.65	46.311	4.48	20.636	CUMPLE
VC	1.8	J4	50	105.36	0.65	46.311	4.34	19.991	CUMPLE
VC	1.8	J3	50	91.53	0.65	46.311	4.34	19.991	CUMPLE

**Tabla 55**

*Comprobación corte directo zapata central en suelo S2-4*

S2-4	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm <sup>2</sup>	tn	
VC	1.6	E4	50	97.50	0.55	41.165	7.02	17.511	CUMPLE
VC	1.6	E5	50	109.09	0.55	41.165	7.02	17.511	CUMPLE
CENTRAL	1.6	I4	50	124.21	0.55	41.165	7.02	17.511	CUMPLE
VC	1.6	J4	50	105.36	0.55	41.165	7.02	17.511	CUMPLE
VC	1.6	J3	50	91.53	0.55	41.165	6.77	16.887	CUMPLE

**Tabla 56**

*Comprobación corte directo zapata central en suelo S3-1*

S3-1	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm <sup>2</sup>	tn	
VC	3.8	E4	45	97.50	1.65	85.364	0.96	47.639	CUMPLE
VC	3.8	E5	45	109.09	1.65	85.364	0.96	47.639	CUMPLE
CENTRAL	3.8	I4	45	124.21	1.65	85.364	0.96	47.639	CUMPLE
VC	3.8	J4	45	105.36	1.65	85.364	0.96	47.639	CUMPLE
VC	3.8	J3	45	91.53	1.65	85.364	0.96	47.639	CUMPLE

**Tabla 57**

*Comprobación corte directo zapata central en suelo S3-2*

S3-2	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm <sup>2</sup>	tn	
VC	2.6	E4	50	97.50	1.05	66.894	2.20	37.517	CUMPLE
VC	2.6	E5	50	109.09	1.05	66.894	2.25	38.370	CUMPLE
CENTRAL	2.6	I4	50	124.21	1.05	66.894	2.25	38.370	CUMPLE
VC	2.6	J4	50	105.36	1.05	66.894	2.25	38.370	CUMPLE
VC	2.6	J3	50	91.53	1.05	66.894	2.20	37.517	CUMPLE

**Tabla 58**

*Comprobación corte directo zapata central en suelo S3-3*

S3-3	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	3.2	E4	50	97.50	1.35	82.331	1.28	39.154	CUMPLE
VC	3.2	E5	50	109.09	1.35	82.331	1.28	39.154	CUMPLE
CENTRAL	3.2	I4	50	124.21	1.35	82.331	1.30	39.765	CUMPLE
VC	3.2	J4	50	105.36	1.35	82.331	1.28	39.154	CUMPLE
VC	3.2	J3	50	91.53	1.35	82.331	1.28	39.154	CUMPLE

**Caso de zapata de borde y esquinera**

**Tabla 59**

*Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-1*

S2-1	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	3.2	E4	40	124.1932	1.35	61.440	1.47	49.670	CUMPLE
Borde	2.4	E5	40	76.414	0.95	46.080	1.47	23.140	CUMPLE
VC	2.2	I4	40	97.0468	0.85	42.240	1.47	17.978	CUMPLE
Esquinera	2	J4	40	42.1905	0.75	38.400	1.47	13.403	CUMPLE
VC	2.6	J3	40	69.9633	1.05	49.920	1.47	28.890	CUMPLE

**Tabla 60**

*Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-2*

S2-2	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	2	E4	45	124.1932	0.75	44.928	3.53	28.657	CUMPLE
Borde	1.6	E5	45	76.414	0.55	35.943	3.43	11.300	CUMPLE
VC	1.8	I4	45	97.0468	0.65	40.435	3.43	18.886	CUMPLE
Esquinera	1.4	J4	45	42.1905	0.45	31.450	3.24	4.804	CUMPLE
VC	1.8	J3	45	69.9633	0.65	40.435	3.34	18.391	CUMPLE

**Tabla 61**

*Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-3*

S2-3	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	1.8	E4	45	124.1932	0.65	40.435	4.48	24.668	CUMPLE
Borde	1.6	E5	45	76.414	0.55	35.943	4.34	14.298	CUMPLE

VC	1.6	I4	45	97.0468	0.55	35.943	4.34	14.298	CUMPLE
<b>Esquinera</b>	1.2	J4	45	42.1905	0.35	26.957	4.07	0.288	CUMPLE
VC	1.4	J3	45	69.9633	0.45	31.450	4.2	6.227	CUMPLE

**Tabla 62**

*Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S2-4*

S2-4	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	1.6	E4	45	124.1932	0.55	35.943	6.78	22.336	CUMPLE
<b>Borde</b>	1.2	E5	45	76.414	0.35	26.957	6.54	0.463	CUMPLE
VC	1.4	I4	45	97.0468	0.45	31.450	6.54	9.696	CUMPLE
<b>Esquinera</b>	1.2	J4	45	42.1905	0.35	26.957	6.29	0.445	CUMPLE
VC	1.2	J3	45	69.9633	0.35	26.957	6.29	0.445	CUMPLE

**Tabla 63**

*Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S3-1*

S3-1	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	3.8	E4	40	124.1932	1.65	72.960	0.96	49.463	CUMPLE
<b>Borde</b>	3	E5	40	76.414	1.25	57.600	0.96	27.530	CUMPLE
VC	3.2	I4	40	97.0468	1.35	61.440	0.96	32.437	CUMPLE
<b>Esquinera</b>	2.2	J4	40	42.1905	0.85	42.240	0.96	11.741	CUMPLE
VC	2.8	J3	40	69.9633	1.15	53.760	0.96	23.007	CUMPLE

**Tabla 64**

*Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S3-2*

S3-2	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	2.6	E4	45	124.1932	1.05	58.407	2.25	41.295	CUMPLE
<b>Borde</b>	2	E5	45	76.414	0.75	44.928	2.2	17.860	CUMPLE
VC	2.2	I4	45	97.0468	0.85	49.421	2.2	24.486	CUMPLE
<b>Esquinera</b>	1.6	J4	45	42.1905	0.55	35.943	2.1	6.918	CUMPLE
VC	2	J3	45	69.9633	0.75	44.928	2.15	17.454	CUMPLE

**Tabla 65**

*Comprobación corte directo zapata de borde y esquinera en suelo S3-3*

S3-3	Dimen	Nombre	Espesor	CM+CV	Lv	Vu	qadm	Vua	Vu>Vua
	m		cm	tn	m	tn	kg/cm2	tn	
VC	3.2	E4	45	124.1932	1.35	71.885	1.3	41.845	CUMPLE

<b>Borde</b>	2.8	E5	45	76.414	1.15	62.899	1.26	28.432	CUMPLE
<b>VC</b>	2.8	I4	45	97.0468	1.15	62.899	1.26	28.432	CUMPLE
<b>Esquinera</b>	2.2	J4	45	42.1905	0.85	49.421	1.18	13.133	CUMPLE
<b>VC</b>	2.4	J3	45	69.9633	0.95	53.914	1.23	17.886	CUMPLE

### Comprobación de Punzonamiento

Primeramente, para hallar la verificación a corte por punzonamiento necesitaremos hallar las áreas y perímetro crítico de nuestra zapata, para el cálculo se contará en obtener las dimensiones solo de un lado de la zapata siendo los factores “m” y “n” representativos de esto, y al ser cuadrada tendrán el mismo valor igualmente por la columna planteada es cuadrada en el mismo caso, por ello se entenderá que “m” y “n” serán iguales.

Para continuar hallaremos el perímetro crítico:

$$B_o = (m + n) * 2$$

- m: Lado del perímetro crítico (m)

$$m = n ; m = d + Cc$$

- d: peralte efectivo (m)
- Cc: Dimensión de la columna (m)

Continuamos calculando el área crítica de la zapata

$$A_{crit} = B_o * d$$

- d: peralte efectivo (m)
- $B_o$ : Perímetro Crítico ( $m^2$ )

Procederemos entonces a calcular la fuerza última de punzonamiento

$$F_{vu} = P - q_{adm} * m * n$$

- P: Carga de servicio de la zapata (tn)
- $q_{adm}$ : Capacidad admisible ( $tn/m^2$ )
- $m = n$ : Lado del perímetro crítico (m)

Finalmente, para calcular el esfuerzo de punzonamiento admisible constará de tres formulas la cual se tomará el menor valor obtenido de estas para asegurar un mayor factor de seguridad.

$$V_{c1} = \emptyset * 0.53 * \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) * \sqrt{f'c} * B_o * d$$

$$V_{c2} = \emptyset * 0.27 * \left(\frac{a_s * d}{B_o} + 2\right) * \sqrt{f'c} * B_o * d$$

$$V_{c3} == \emptyset * 1.06 * \sqrt{f'c} * B_o * d$$

$$V_{c\_seleccionado} = V_{c1}, V_{c2}, V_{c3} \text{ se elige el minimo}$$

- $\emptyset$ : Factor igual a 0.85
- $\beta$ : Relación entre lados de la columna (será igual a 1 “cuadrada”)
- $f'c$ : Relación a la compresión del concreto (kgf/cm<sup>2</sup>)
- $B_o$ : Perímetro Crítico (m)
- $d$ : Peralte efectivo
- $a_s$ : Factor dependiente de la columna
  - $a_s = 40$  Columnas interiores
  - $a_s = 30$  Columnas de borde
  - $a_s = 20$  Columnas de esquina

Entonces compararemos que el esfuerzo de punzonamiento no supere es esfuerzo admisible de punzonamiento

$$V_{c\_seleccionado} > F_{vu}$$

Tendremos los resultados correspondientes a cada zapata que será tratada en cada suelo y su espesor a tomar en cuenta si cumple con las comprobaciones, mostrando los siguientes resultados.

### Caso de zapata central

**Tabla 66**

*Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-1*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.376	1.162	86.958	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	98.547	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	113.669	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	94.812	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	80.983	151.696	CUMPLE

**Tabla 67**

*Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-2*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.576	1.409	70.083	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	80.873	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	95.995	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	77.937	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	64.108	184.029	CUMPLE

**Tabla 68**

*Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-3*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.576	1.409	62.808	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	73.278	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	88.400	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	70.662	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	56.833	184.029	CUMPLE

**Tabla 69**

*Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S2-4*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.576	1.409	41.384	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	52.973	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	68.095	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	49.238	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	37.408	184.029	CUMPLE

**Tabla 70**

*Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S3-1*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	

3.376	1.162	90.663	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	102.252	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	117.374	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	98.517	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	84.688	151.696	CUMPLE

**Tabla 71**

*Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S3-2*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.576	1.409	79.916	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	91.105	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	106.227	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	87.370	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	73.941	184.029	CUMPLE

**Tabla 72**

*Comprobación punzonamiento zapata central en suelo S3-3*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.576	1.409	87.270	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	98.859	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	113.822	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	95.124	184.029	CUMPLE
3.576	1.409	81.295	184.029	CUMPLE

**Caso de zapata central y de borde**

**Tabla 73**

*Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-1*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.176	0.934	114.923	121.973	CUMPLE
3.176	0.934	67.144	121.973	CUMPLE
3.176	0.934	87.777	121.973	CUMPLE
3.176	0.934	32.921	119.670	CUMPLE
3.176	0.934	60.694	121.973	CUMPLE

**Tabla 74**

*Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-2*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.376	1.162	99.042	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	51.975	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	72.608	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	19.105	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	46.166	151.696	CUMPLE

**Tabla 75**

*Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-3*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.376	1.162	92.273	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	45.491	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	66.124	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	13.192	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	40.038	151.696	CUMPLE

**Tabla 76**

*Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S2-4*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	
3.376	1.162	75.885	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	29.816	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	50.449	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	-2.626	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	25.147	151.696	CUMPLE

**Tabla 77**

*Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S3-1*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm2	tn	tn	

3.176	0.934	118.139	121.973	CUMPLE
3.176	0.934	70.360	121.973	CUMPLE
3.176	0.934	90.993	121.973	CUMPLE
3.176	0.934	36.137	121.973	CUMPLE
3.176	0.934	63.910	121.973	CUMPLE

**Tabla 78**

*Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S3-2*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm <sup>2</sup>	tn	tn	
3.376	1.162	108.162	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	60.739	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	81.372	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	27.228	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	54.644	151.696	CUMPLE

**Tabla 79**

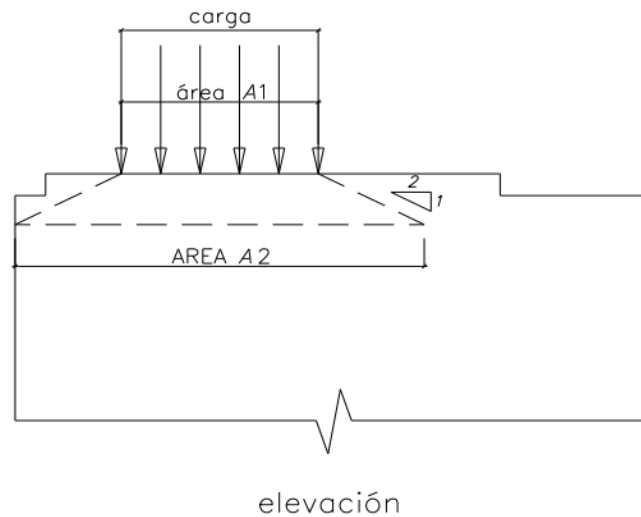
*Comprobación punzonamiento zapata borde y esquinera en suelo S3-3*

<b>bo</b>	<b>Ac</b>	<b>Fvu</b>	<b>Factor VC</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	cm <sup>2</sup>	tn	tn	
3.376	1.162	114.931	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	67.436	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	88.069	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	33.783	151.696	CUMPLE
3.376	1.162	61.199	151.696	CUMPLE

### **Comprobación de aplastamiento de la columna**

Se necesita para tener la comprobación por aplastamiento igualmente las siguientes áreas que constaran en:

**Figura 50.**  
*Aplastamiento en zapata*



Fuente: elaboración propia

Ilustración de las áreas a tomar en cuenta de la norma E060 Concreto Armado

$A1 = \text{Área de columna}$

$A2 = \text{Área referida del aplastamiento}$

Esta área se menciona que en caso el área de contacto "A2" sea caso de zapatas cuadradas y por evaluación de un mayor de factor de seguridad utilizaremos la formula:

$$\phi P_n = \phi * 0.85 * f'c * A1$$

- $P_n$ : Carga puntual transferida por la columna
- $f'c$ : Resistencia a la compresión del concreto
- $A1$ : Área de la columna
- $\phi P_n > P_u = \frac{P_u}{\phi}$

Tendremos los resultados correspondientes a cada zapata que será tratada en cada suelo y sus parámetros a tomar en cuenta si cumple con las comprobaciones, mostrando los siguientes resultados:

**Casos de zapata central**

**Tabla 80**

*Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S2*

<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A0</b>	<b>Pmax Z</b>	<b>Pmax Concr.</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	m2	m2	tn	tn	
0.25	5.29	2.00	139.290	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	155.846	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	177.449	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	150.510	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	130.754	312.375	CUMPLE

**Tabla 81**

*Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S3*

<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A0</b>	<b>Pmax Z</b>	<b>Pmax Concr.</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	m2	m2	tn	tn	
0.25	6.25	2.00	139.290	312.375	CUMPLE
0.25	6.25	2.00	155.846	312.375	CUMPLE
0.25	6.25	2.00	177.449	312.375	CUMPLE
0.25	6.25	2.00	150.510	312.375	CUMPLE
0.25	6.25	2.00	130.754	312.375	CUMPLE

Casos de borde y esquinera

**Tabla 82**

*Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S2*

<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A0</b>	<b>Pmax Z</b>	<b>Pmax Concr.</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	m2	m2	tn	tn	
0.25	4.41	2.00	177.419	312.375	CUMPLE
0.25	4.41	2.00	109.163	312.375	CUMPLE
0.25	4.41	2.00	138.638	312.375	CUMPLE
0.25	4.41	2.00	60.272	312.375	CUMPLE
0.25	4.41	2.00	99.948	312.375	CUMPLE

**Tabla 83***Comprobación aplastamiento por la columna en zapata central en suelo S3*

<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A0</b>	<b>Pmax Z</b>	<b>Pmax Concr.</b>	<b>FVC&gt;Fvu</b>
m	m2	m2	tn	tn	
0.25	5.29	2.00	177.419	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	109.163	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	138.638	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	60.272	312.375	CUMPLE
0.25	5.29	2.00	99.948	312.375	CUMPLE

Ambos casos presentan solo 2 tipos que se tendrá en cuenta las dimensiones y la variable que mayor influye es el espesor y al tener solo 2 espesores en nuestras zapatas de cada tipo podremos observar que los cálculos se encontraran dentro de los parámetros y solo englobando los 2 análisis por aplastamiento.

Observamos el total de las comprobaciones que cumplen por lo cual las dimensiones a tomar por lado de nuestra norma E060 cumplirán los parámetros requeridos a lo que concreto se refiere y con lo cual hemos dimensionado nuestras cimentaciones.

Igualmente, para los espesores de nuestras placas se tendrá el espesor elegido añadiendo el factor de la carga puntual transferida será correspondiente al área de concreto por lo que tomaremos los cálculos y obtendremos un espesor general para nuestras cimentaciones de placas siendo 0.6 m.

Debido a las dimensiones elaboradas y dimensionadas para nuestras cimentaciones tomaremos como caso de estudio los 3 casos de columnas, central, borde y esquinera, y en el caso de la placa, debido a la carga transmitida en ella y sus valores de respuesta mayores en la estructura tomaremos la placa G como nuestro caso de estudio de todas las placas, igualmente se hallara en el siguiente objetivo todas las rigideces necesarias para el estudio, pero en el último objetivo contrastaremos nuestros resultados únicamente de los 4 casos de estudio mencionados

#### 4.6 Descripción de usando (ISE)

Tomando en cuenta la formulación del modelo se usará como se dimensiono las cimentaciones para el cálculo necesario de las rigideces de las zapatas

aisladas, como también las cimentaciones de las placas para hallar sus rigideces de cada caso aplicado por la forma de la idealización de nuestro modelo NIST, tomaremos las fórmulas de Gazetas (1991) y Mylonakis et al. (2006).

Se procederá a mostrar cálculos de cada caso por los parámetros por un caso de nuestro tipo de suelo siendo S2-1 y S3-1 los casos a mostrar, mientras que los demás serán mostrados en nuestra tabla de resultados.

Para hallar nuestros valores, primeramente, tomaremos el caso de la rigidez sin amortiguamiento teniendo la formula:

$$k_j = K_j * a_j * \eta_j$$

Esta fórmula comprende la rigidez estática de la cimentación afectada por los 2 factores de la cimentación:

- Factores de corrección de empotramiento para la rigidez ( $a_j$ )
- Factores de rigidez dinámica para la rigidez

Estos factores serán dependientes de nuestros parámetros a iterar siendo variables en el caso de:

- $\alpha_j = f\left(G, \frac{B}{L}, v\right)$
- $\alpha_j = f\left(\frac{B}{L}, a_0\right)$
- $\eta_j = f\left(\frac{B}{L}, \frac{D}{B}, \frac{d_w}{B}, \frac{A_w}{BL}\right)$

La velocidad de corte será un dato fundamental siendo variable por el tipo de suelo mas no por el subtipo, por lo que tendremos las siguientes variables de nuestro módulo de corte y también hallaremos la frecuencia radial de nuestra edificación tomando las especificaciones del mismo modelo NIST:

(Datos) S2-1

- $\gamma$  = Peso Específico:  $1.8 \frac{tn}{m^3}$
- $V_s$  = Velocidad de corte: 500 m/s
- Frecuencia predominante: 4.024 Hz
  - Se hallará el módulo de corte (Reducido)

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\gamma g}}$$

$$500 \frac{m}{s} = \sqrt{\frac{G}{\frac{1.8 \frac{tn}{m^3}}{9.81 \frac{m}{s^2}}}}$$

$$G_0 = 45872 \frac{tn}{m^2}$$

Observando la tabla para el factor de reducción por las características de nuestro suelo se tomará el valor: 0.90

$$G = 0.90 * 45872 \frac{tn}{m^2}$$

$$G = 41284 \frac{tn}{m^2}$$

Igualmente hallaremos la frecuencia radial de la edificación

$$\omega = 4.024 * 2 * \pi$$

$$\omega = 25.284$$

Con lo cual mencionado tomaremos los parámetros que tomamos en cuenta comenzado por el caso S2-1:

- (G) = Modulo de Corte (Reducido):  $41204 \frac{tn}{m^3}$
- (v) = Coeficiente de Poisson (Variable por subtipo de suelo): 0.35
- (B y L) = Dimensiones de la zapata (Variables): Caso de  $2B = 3.2 \text{ m}$  y  $2L = 3.2 \text{ m}$
- (D) = Altura de desplante (Variable): Caso de 1.8 m
- (Dw) = Peralte de Zapata: 0.5 m
- (Aw) = Área Extrema

Hallaremos las rigideces traslacionales, torsión y balanceo.

Traslación eje Z, Y y X

$$K_z = \frac{2GL}{1 - v} \left[ 0.73 + 1.54 * \left( \frac{B}{L} \right)^{0.75} \right]$$

$$K_z = \frac{2 \left( 41284 \frac{tn}{m^2} \right) * 1.6 \text{ m}}{1 - 0.35} \left[ 0.73 + 1.54 * \left( \frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} \right)^{0.75} \right]$$

$$K_z = 461369.09 \frac{tn}{m}$$

$$K_y = \frac{2GL}{2 - \nu} \left[ 2 + 2.5 * \left( \frac{B}{L} \right)^{0.85} \right]$$

$$K_y = \frac{2 \left( 41284 \frac{tn}{m^2} \right) * 1.6 m}{2 - 0.35} \left[ 2 + 2.5 * \left( \frac{1.6 m}{1.6 m} \right)^{0.85} \right]$$

$$K_y = 360300.25 \frac{tn}{m}$$

$$K_z = K_y - \frac{0.2}{0.75 - \nu} * GL \left( 1 - \frac{B}{L} \right)$$

$$K_z = K_y - \frac{0.2}{0.75 - 0.35} * 41284 \frac{tn}{m^2} * 1.6 m \left( 1 - \frac{1.6 m}{1.6 m} \right)$$

$$K_z = 360300.25 \frac{tn}{m}$$

$$K_y = K_z ; \left( \frac{L}{B} = 1 \right)$$

Torsión en el eje Z

$$K_{zz} = GJ^{0.75} \left[ 4 + 11 \left( 1 - \frac{B}{L} \right)^{10} \right]$$

$$K_{zz} = \left( 41284 \frac{tn}{m^2} \right) (0.5461 m^4 + 0.5461 m^4)^{0.75} \left[ 4 + 11 \left( 1 - \frac{1.6 m}{1.6 m} \right)^{10} \right]$$

$$K_{zz} = 176438.16 \frac{tn * m}{rad}$$

Balanceo en el eje X y Y

$$K_{yy} = \frac{G}{1 - \nu} (I_y)^{0.75} \left[ 3 \left( \frac{L}{B} \right)^{0.15} \right]$$

$$K_{yy} = \frac{41284 \frac{tn}{m^2}}{1 - 0.35} (0.5461 m^4)^{0.75} \left[ 3 * \left( \frac{1.6 m}{1.6 m} \right)^{0.15} \right]$$

$$K_{yy} = 121050.873 \frac{tn * m}{rad}$$

$$K_{xx} = \frac{G}{1 - \nu} (I_x)^{0.75} * \left( \frac{L}{B} \right)^{0.25} * \left[ 2.4 + 0.5 * \left( \frac{B}{L} \right) \right]$$

$$K_{xx} = \frac{G41284 \frac{tn}{m^2}}{1 - 0.35} (0.5461 m^4)^{0.75} * \left( \frac{1.6 m}{1.6 m} \right)^{0.25} * \left[ 2.4 + 0.5 * \left( \frac{1.6 m}{1.6 m} \right) \right]$$

$$K_{XX} = 117015.844 \frac{tn * m}{rad}$$

Seguido de ello hallaremos los factores de rigidez dinámica para la rigidez

Traslación eje Z, Y y X, además se hallará el  $A_w$

$$A_w = 2 * (2 * B + 2 * L) * d_w$$

$$A_w = 6.4 m^2$$

$$\eta_z = \left[ 1 + \frac{D}{21 * B} \left( 1 + 1.3 * \frac{B}{L} \right) \right] \left[ 1 + 0.2 \left( \frac{A_w}{4BL} \right)^{2/3} \right]$$

$$\eta_z = \left[ 1 + \frac{1.8 m}{21 * 1.6 m} \left( 1 + 1.3 * \frac{1.6 m}{1.6 m} \right) \right] \left[ 1 + 0.2 \left( \frac{6.4 m^2}{4 * 1.6 m * 1.6 m} \right)^{2/3} \right]$$

$$\eta_z = 1.1525$$

$$\eta_y = \left( 1 + 0.15 \sqrt{\frac{D}{B}} \right) \left[ 1 + 0.25 * \left( \frac{Z_w * A_w}{BL^2} \right)^{0.4} \right]$$

$$\eta_y = \left( 1 + 0.15 \sqrt{\frac{1.8 m}{1.6 m}} \right) \left[ 1 + 0.25 * \left( \frac{(1.8 m + \frac{0.5 m}{2}) * 6.4 m^2}{1.8 m * (1.6 m)^2} \right)^{0.4} \right]$$

$$\eta_y = 2.0177$$

$$\eta_x = \eta_y$$

Torsión en el eje Z

$$\eta_{zz} = 1 + 1.4 \left( 1 + \frac{B}{L} \right) \left( \frac{d_w}{B} \right)^{0.9}$$

$$\eta_{zz} = 1 + 1.4 \left( 1 + \frac{1.6 m}{1.6 m} \right) \left( \frac{0.5 m}{1.6 m} \right)^{0.9}$$

$$\eta_{zz} = 1.9829$$

Balaneo en el eje X y Y

$$\eta_{yy} = 1 + 0.92 \left( \frac{d_w}{B} \right)^{0.6} \left[ 1.5 + \left( \frac{d_w}{D} \right)^{1.9} \left( \frac{B}{L} \right)^{-0.6} \right]$$

$$\eta_{yy} = 1 + 0.92 \left( \frac{0.5 m}{1.6 m} \right)^{0.6} \left[ 1.5 + \left( \frac{0.5 m}{1.8 m} \right)^{1.9} \left( \frac{1.6 m}{1.6 m} \right)^{-0.6} \right]$$

$$\eta_{yy} = 1.7269$$

$$\eta_{xx} = 1 + 1.26 \left( \frac{d_w}{B} \right) \left[ 1 + \left( \frac{d_w}{B} \right) \left( \frac{d_w}{D} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{B}{L}} \right]$$

$$\eta_{xx} = 1 + 1.26 \left( \frac{0.5 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} \right) \left[ 1 + \left( \frac{0.5 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} \right) \left( \frac{0.5 \text{ m}}{1.8 \text{ m}} \right)^{-0.2} \sqrt{\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}} \right]$$

$$\eta_{xx} = 1.5527$$

Continuando hallaremos los factores de corrección de empotramiento para la rigidez

Traslación eje Z, Y y X, además se hallará el  $A_o$

$$A_o = \frac{B\omega}{V_c}$$

$$A_o = \frac{1.6 \text{ m} * 25.284 \text{ Hz} * \text{rad}}{500 \text{ m/s}}$$

$$A_o = 0.0809$$

$$\alpha_z = 1 - \frac{\left( 0.4 + \frac{0.2}{\frac{L}{B}} \right) * a_0^2}{\left( \frac{10}{1 + 3 \left( \frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + a_0^2}$$

$$\alpha_z = 1 - \frac{\left( 0.4 + \frac{0.2}{\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}} \right) * 0.0809}{\left( \frac{10}{1 + 3 \left( \frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} - 1 \right)} \right) + 0.0809}$$

$$\alpha_z = 0.9996$$

$$\alpha_y = 1$$

$$\alpha_x = \alpha_y = 1$$

Torsión en el eje Z

$$\alpha_{zz} = 1 - \left[ \frac{\left( 0.33 - 0.03 \sqrt{\frac{L}{B} - 1} \right) a_0^2}{\left( \frac{0.8}{1 + 0.33 \left( \frac{L}{B} - 1 \right)} \right) + a_0^2} \right]$$

$$\alpha_{zz} = 1 - \left[ \frac{\left( 0.33 - 0.03 \sqrt{\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} - 1} \right) 0.0809}{\left( \frac{0.8}{1 + 0.33 \left( \frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} - 1 \right)} \right) + 0.0809} \right]$$

$$\alpha_{zz} = 0.9991$$

Balaceo en el eje X y Y

$$\alpha_{yy} = 1 - \left[ \frac{0.55 * a_0^2}{\left( 0.6 + \frac{1.4}{\left( \frac{L}{B} \right)^3} \right) + a_0^2} \right]$$

$$\alpha_{yy} = 1 - \left[ \frac{0.55 * 0.0809}{\left( 0.6 + \frac{1.4}{\left( \frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} \right)^3} \right) + 0.0809} \right]$$

$$\alpha_{yy} = 0.9982$$

$$\alpha_{xx} = 1 - \left[ \frac{\left( 0.55 + 0.01 \sqrt{\frac{L}{B} - 1} \right) a_0^2}{\left( 2.4 - \frac{0.4}{\left( \frac{L}{B} \right)^3} \right) + a_0^2} \right]$$

$$\alpha_{xx} = - \left[ \frac{\left( 0.55 + 0.01 \sqrt{\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} - 1} \right) 0.0809}{\left( 2.4 - \frac{0.4}{\left( \frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} \right)^3} \right) + 0.0809} \right]$$

$$\alpha_{xx} = 0.9982$$

Entonces hallaremos la rigidez corregida

$$k_z = K_z * a_z * \eta_z$$

$$k_z = 461369.09 * 0.9996 * 1.1525 = 531502.9 \text{ tn/m}$$

$$k_y = K_y * a_y * \eta_y$$

$$k_y = 360300.25 * 1 * 2.0177 = 726972.96 \text{ tn/m}$$

$$k_x = K_x * a_x * \eta_x$$

$$k_x = 360300.250 * 1 * 2.0177 = 726972.96 \text{ tn/m}$$

$$k_{zz} = K_{zz} * a_{zz} * \eta_{zz}$$

$$k_{zz} = 176438.16 * 0.9991 * 1.9829 = 349553.8 \frac{\text{tn} * \text{m}}{\text{rad}}$$

$$k_{yy} = K_{yy} * a_{yy} * \eta_{yy}$$

$$k_{yy} = 121050.87 * 0.9982 * 1.7269 = 208666.3 \frac{\text{tn} * \text{m}}{\text{rad}}$$

$$k_{xx} = K_{xx} * a_{xx} * \eta_{xx}$$

$$k_{xx} = 117015.84 * 0.9982 * 1.5527 = 181367.5 \frac{\text{tn} * \text{m}}{\text{rad}}$$

También calcularemos la rigidez, pero tomando en cuenta el amortiguamiento por lo que calcularemos la rigidez adicional más el amortiguamiento:

Primero hallaremos el término “ $\Psi$ ”

$$\Psi = \sqrt{\frac{2 * (1 - \nu)}{1 - 2 * \nu}}$$

$$\Psi = \sqrt{\frac{2 * (1 - 0.35)}{1 - 2 * 0.35}}$$

$$\Psi = 2.082$$

Hallaremos el factor de amortiguamiento “ $\beta$ ”

Traslación en el eje Z, Y y X.

$$\beta_z = \left[ \frac{4\Psi \left(\frac{L}{B}\right)}{\frac{K_z}{GB}} \right] \left[ \frac{a_o}{2a_z} \right]$$

$$\beta_z = \left[ \frac{4(2.082) \left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}\right)}{\frac{461369.09 \text{ tn/m}}{41284 * 1.6 \text{ m}}} \right] \left[ \frac{0.0809}{0.9996} \right]$$

$$\beta_z = 0.04825$$

$$\beta_y = \left[ \frac{4\Psi \left(\frac{L}{B}\right)}{\frac{K_y}{GB}} \right] \left[ \frac{a_o}{2a_y} \right]$$

$$\beta_y = \left[ \frac{4(2.082) \left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}\right)}{\frac{360300.25 \text{ tn/m}}{41284 * 1.6 \text{ m}}} \right] \left[ \frac{0.0809}{1} \right]$$

$$\beta_y = 0.02966$$

$$\beta_x = \left[ \frac{4\Psi \left(\frac{L}{B}\right)}{\frac{K_x}{GB}} \right] \left[ \frac{a_o}{2a_x} \right]$$

$$\beta_x = \left[ \frac{4(2.082) \left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}\right)}{\frac{360300.25 \text{ tn/m}}{41284 * 1.6 \text{ m}}} \right] \left[ \frac{0.0809}{1} \right]$$

$$\beta_x = 0.02966$$

Torsión en el eje Z

$$\beta_{zz} = \left[ \frac{\left(\frac{4}{3}\right) \left[\left(\frac{L}{B}\right)^3 + \left(\frac{L}{B}\right)\right] * a_o^2}{\left(\frac{K_{zz}}{GB^3}\right) * \left[\left(\frac{1.4}{1 + 3\left(\frac{L}{B} - 1\right)^{0.7}}\right)\right]} \right] \left[ \frac{a_o}{2a_{zz}} \right]$$

$$\beta_{zz} = \left[ \frac{\left(\frac{4}{3}\right) \left[\left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}\right)^3 + \left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}\right)\right] * 0.0809^2}{\left(\frac{176438.16 \frac{\text{tn}}{\text{m}}}{41284 \frac{\text{tn}}{\text{m}} * B^3}\right) * \left[\left(\frac{1.4}{1 + 3\left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} - 1\right)^{0.7}}\right)\right]} \right] \left[ \frac{0.0809}{2 * 0.9991} \right]$$

$$\beta_{zz} = 0.000482$$

Balaceo en los ejes Y y X

$$\beta_{yy} = \left[ \frac{\left(\frac{4\Psi}{3}\right) \left[\left(\frac{L}{B}\right)^3\right] * a_o^2}{\left(\frac{K_{yy}}{GB^3}\right) * \left[\left(\frac{1.8}{1 + 1.75\left(\frac{L}{B} - 1\right)}\right) + a_o^2\right]} \right] \left[ \frac{a_o}{2a_{yy}} \right]$$

$$\beta_{yy} = \left[ \frac{\left(\frac{4 * 2.082}{3}\right) \left[\left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}}\right)^3\right] * 0.0809^2}{\left(\frac{121050.873 \frac{\text{tn}}{\text{m}}}{41284 \frac{\text{tn}}{\text{m}} * (1.6 \text{ m})^3}\right) * \left[\left(\frac{1.8}{1 + 1.75\left(\frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} - 1\right)}\right) + 0.0809^2\right]} \right] \left[ \frac{0.0809}{2 * 0.9982} \right]$$

$$\beta_{yy} = 0.00057$$

$$\beta_{xx} = \frac{\left( \frac{4\Psi}{3} \right) \left( \frac{L}{B} \right) * a_o^2}{\left( \frac{K_{xx}}{GB^3} \right) * \left[ \left( 2.2 - \frac{0.4}{\left( \frac{L}{B} \right)^3} \right) + a_o^2 \right]} \left[ \frac{a_o}{2a_{xx}} \right]$$

$$\beta_{xx} = \frac{\left( \frac{4 * 2.082}{3} \right) \left( \frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} \right) * 0.0809^2}{\left( \frac{117015.84 \frac{\text{tn}}{\text{m}}}{41284 \frac{\text{tn}}{\text{m}} * (1.6 \text{ m})^3} \right) * \left[ \left( 2.2 - \frac{0.4}{\left( \frac{1.6 \text{ m}}{1.6 \text{ m}} \right)^3} \right) + 0.0809^2 \right]} \left[ \frac{0.0809}{2 * 0.9982} \right]$$

$$\beta_{xx} = 0.000589$$

Calcularemos la rigidez con amortiguamiento y corregidos por el confinamiento con la siguiente formula:

$$K_{z-a} = \frac{2 * K_z(0.05 + \beta_z)}{\omega}$$

$$K_{z-a} = \frac{2 * 461369.09 \frac{\text{tn}}{\text{m}} (0.05 + 0.04825)}{25.284 \text{ Hz.rad}} = 3585.53 \frac{\text{tn}}{\text{m}}$$

$$K_{y-a} = \frac{2 * K_y(0.05 + \beta_{yy})}{\omega}$$

$$K_{y-a} = \frac{2 * 360300.25 \frac{\text{tn}}{\text{m}} (0.05 + 0.02966)}{25.284 \text{ Hz.rad}} = 2270.544 \frac{\text{tn}}{\text{m}}$$

$$K_{x-a} = \frac{2 * K_x(0.05 + \beta_x)}{\omega}$$

$$K_{x-a} = \frac{2 * 360300.25 \frac{\text{tn}}{\text{m}} (0.05 + 0.02966)}{25.284 \text{ Hz.rad}} = 2270.5435 \frac{\text{tn}}{\text{m}}$$

$$K_{zz-a} = \frac{2 * K_{zz}(0.05 + \beta_{zz})}{\omega}$$

$$K_{zz-a} = \frac{2 * 176438.16 \frac{\text{tn}}{\text{m}} (0.05 + 0.00048)}{25.284 \text{ Hz.rad}} = 704.561 \frac{\text{tn} * \text{m}}{\text{rad}}$$

$$K_{yy-a} = \frac{2 * K_{yy}(0.05 + \beta_{yy})}{\omega}$$

$$K_{yy-a} = \frac{2 * 121050.873 \frac{tn}{m} (0.05 + 0.00057)}{25.284 \text{ Hz. rad}} = 484.225 \frac{tn * m}{rad}$$

$$K_{xx-a} = \frac{2 * K_{xx}(0.05 + \beta_{xx})}{\omega}$$

$$K_{xx-a} = \frac{2 * 117015.844 \frac{tn}{m} (0.05 + 0.00059)}{25.284 \text{ Hz. rad}} = 468.266 \frac{tn * m}{rad}$$

Al observar los resultados de las rigideces de nuestras zapatas también dimensionadas se observa que el caso de suelo S2-4, poseemos tanto dimensiones como rigideces cercanas de suelo entre S2-3 y S2-4 por lo que se descartara el caso de este subtipo de suelo debido a las condiciones que se observan en las rigideces halladas, también se tomara en los cálculos posteriores únicamente los casos S2-1, S2-2 y S2-3.

Continuando con los cálculos, se llegara a tomar todas las variables que iteraremos siendo las dimensiones de la zapata, B y L variables dependiente al dimensionamiento por la capacidad portante necesaria que también será variable este desplante D, todo esto fue detallado en el objetivo anterior, siendo variable desde 1.8m hasta los 3.4m teniendo intervalos de 0.2m para observar la variabilidad en nuestros resultados, además de características del suelo siendo la velocidad de corte (Vs) y el coeficiente de Poisson (v) factores importantes observados en la variabilidad como también los iterativos por el tipo y subtipo de suelo respectivamente.

### **Placas y su cimentación**

En el caso de las placas se tendrá una cimentación centrada y rectangular, por lo que un dato a analizar será la repartición de su área por los puntos existentes de contacto en el modelo etabs, se tendrá un total de 6 puntos por lo que tomaremos por la naturaleza de la carga y repartición simétrica de la placa 2 casos de borde como también 4 casos centrales, debido a la normalidad de las cargas en una columna y sus dimensiones no es necesario tomar estas medidas pero en el caso de placas menciona que ademas de tener simetría en el caso de

cargas dentro de nuestro elemento vertical se puede tomar lo que llevaría una repartición similar en el caso de un diafragma repartido en toda la cimentación, siendo cercano a tener una losa de cimentación, en la investigación (Villareal 2021) se observa como su repartición en función del área y naturaleza de la carga se puede generar estos sectores de cargas, tomando el nombre de intensidad de área o área tributaria, por las naturalezas de las columnas diviendolas en centrales, de borde y esquineras, por lo que tomaremos esta metodología como guía para la división de nuestras placas, con ello usaremos la siguiente formula:

$$K_{borde} = \frac{K_{total}}{A_{total}} * \text{Area tributaria de borde}$$

$$K_{centrales} = \frac{K_{total}}{A_{total}} * \text{Area tributaria central}$$

Estas áreas tributarias corresponderán al cálculo de área existente delimitada como de borde y área central

$$\text{Area tributaria de borde} = 12 \text{ m}^2$$

$$\text{Area tributaria por punto borde} = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{Area tributaria central} = 12 \text{ m}^2$$

$$\text{Area tributaria por punto central} = 3 \text{ m}^2$$

Con ello podremos hallar la rigidez para cada punto de nuestro modelo, los cálculos serán totalmente iguales para hallar tanto la rigidez como también en el caso de amortiguamiento, por lo que lo único a usar luego de hallar la rigidez total del elemento constara de aplicar la primera formula mencionada:

$$K_{borde-z} = \frac{808058.5 \frac{tn}{m}}{24 \text{ m}^2} * 6 \text{ m}^2$$

$$K_{borde-z} = 202014.6 \frac{tn}{m}$$

$$K_{centrales-z} = \frac{808058.5 \frac{tn}{m}}{24 \text{ m}^2} * 3 \text{ m}^2$$

$$K_{centrales-z} = 101007.3 \frac{tn}{m}$$

Se repetirá para los casos de  $K_y, K_x, K_{zz}, K_{yy}$  y  $K_{zz}$  por lo que pasaremos a explicar el caso de la rigidez considerando amortiguamiento, observando que al dimensionar las mismas dimensiones sin variabilidad por el desplante se tomará un único valor por la variación de desplante.

$$K_{borde-z-a} = \frac{7082.042 \frac{tn}{m}}{24 m^2} * 6 m^2$$

$$K_{borde-z-a} = 1770.511 \frac{tn}{m}$$

$$K_{centrales-z-a} = \frac{7082.042 \frac{tn}{m}}{24 m^2} * 3m^2$$

$$K_{centrales-z-a} = 885.255 \frac{tn}{m}$$

Se repetirá para los casos de  $K_y, K_x, K_{zz}, K_{yy}$  y  $K_{zz}$  en cada desplante, solo variando por el caso de centrales o borde.

$$\frac{tn * m}{rad}$$

#### 4.6.2 Resultados de Rigidez corregida:

##### CENTRALES

##### Caso de Suelos S2:

**Tabla 84**

*Rigidez corregida (central) Suelo S2-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.6	1.6	1.8	531502.87	726972.97	726972.97	349553.79	208666.26	181367.52
1.6	1.6	2.0	531502.87	747872.47	747872.47	349553.79	207786.03	181762.96
1.5	1.5	2.2	498307.62	740411.03	740411.03	296593.76	173513.39	154823.24
1.5	1.5	2.4	498307.62	759157.35	759157.35	296593.76	173080.80	155141.43
1.5	1.5	2.6	498307.62	777125.95	777125.95	296593.76	172741.32	155439.06
1.5	1.5	2.8	498307.62	794416.52	794416.52	296593.76	172469.86	155718.91
1.5	1.5	3.0	498307.62	811109.26	811109.26	296593.76	172249.28	155983.19
1.5	1.5	3.2	498307.62	827269.79	827269.79	296593.76	172067.55	156233.74
1.5	1.5	3.4	498307.62	842952.65	842952.65	296593.76	171915.98	156472.05

**Tabla 85**

*Rigidez corregida (central) Suelo S2-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1	1	1.8	360855.23	576123.12	576123.12	113654.47	56842.53	56998.36
1	1	2.0	360855.23	596351.04	596351.04	113654.47	56562.96	57240.88
1	1	2.2	360855.23	615574.36	615574.36	113654.47	56354.02	57464.71
0.9	0.9	2.4	324779.17	604327.20	604327.20	87805.23	42267.01	45540.14
0.9	0.9	2.6	324779.17	621808.85	621808.85	87805.23	42169.26	45715.35
0.9	0.9	2.8	324779.17	638666.39	638666.39	87805.23	42091.10	45880.09
0.8	0.8	3.0	288700.13	624533.58	624533.58	65965.92	30597.01	35708.35
0.8	0.8	3.2	288700.13	640228.42	640228.42	65965.92	30557.56	35839.47
0.8	0.8	3.4	288700.13	655493.34	655493.34	65965.92	30524.66	35964.20

**Tabla 86**

*Rigidez corregida (central) Suelo S2-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.9	0.9	1.8	326248.98	540726.97	540726.97	87805.23	41582.90	43684.92
0.9	0.9	2.0	326248.98	560506.49	560506.49	87805.23	41371.80	43897.15
0.9	0.9	2.2	326248.98	579314.41	579314.41	87805.23	41214.03	44093.02
0.8	0.8	2.4	290006.65	567649.58	567649.58	65965.92	29922.57	34288.16
0.8	0.8	2.6	290006.65	584769.00	584769.00	65965.92	29850.93	34439.60
0.8	0.8	2.8	290006.65	601285.98	601285.98	65965.92	29793.64	34581.99
0.8	0.8	3.0	290006.65	617271.56	617271.56	65965.92	29747.09	34716.46
0.7	0.7	3.2	253761.66	602158.54	602158.54	47846.62	20759.50	26434.00
0.7	0.7	3.4	253761.66	617141.07	617141.07	47846.62	20736.28	26540.11

**Caso de Suelos S3:**

**Tabla 87**

*Rigidez corregida (central) Suelo S3-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.6	1.6	1.8	64461.17	88399.91	88399.91	42257.01	25075.05	21794.61
1.6	1.6	2.0	64461.17	90941.29	90941.29	42257.01	24969.27	21842.13
1.6	1.6	2.2	64461.17	93350.88	93350.88	42257.01	24890.22	21885.98
1.6	1.6	2.4	64461.17	95648.95	95648.95	42257.01	24829.54	21926.76
1.6	1.6	2.6	64461.17	97851.12	97851.12	42257.01	24781.92	21964.90
1.6	1.6	2.8	64461.17	99969.67	99969.67	42257.01	24743.84	22000.77
1.6	1.6	3.0	64461.17	102014.50	102014.50	42257.01	24712.90	22034.63
1.6	1.6	3.2	64461.17	103993.71	103993.71	42257.01	24687.41	22066.74
1.6	1.6	3.4	64461.17	105914.01	105914.01	42257.01	24666.15	22097.28

**Tabla 88**

*Rigidez corregida (central) Suelo S3-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	1.3	1.8	55308.84	81926.69	81926.69	26595.49	14488.90	13253.93
1.2	1.2	2.0	51069.36	80992.24	80992.24	21779.76	11610.36	10972.07
1.2	1.2	2.2	51069.36	83419.80	83419.80	21779.76	11569.87	11005.67
1.1	1.1	2.4	46826.28	82146.58	82146.58	17552.05	9116.94	8999.81
1.1	1.1	2.6	46826.28	84351.32	84351.32	17552.05	9097.12	9026.64
1.1	1.1	2.8	46826.28	86475.50	86475.50	17552.05	9081.28	9051.86
1	1	3.0	42579.90	84846.59	84846.59	13879.07	7008.65	7301.85
1	1	3.2	42579.90	86821.02	86821.02	13879.07	7000.20	7322.40
1	1	3.4	42579.90	88739.78	88739.78	13879.07	6993.15	7341.95

**Tabla 89**

*Rigidez corregida (central) Suelo S3-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.6	1.6	1.8	60432.34	82874.92	82874.92	39615.94	23507.86	20432.44
1.6	1.6	2.0	60432.34	85257.46	85257.46	39615.94	23408.69	20476.99
1.5	1.5	2.2	56675.98	84406.86	84406.86	33637.32	19575.17	17466.61
1.5	1.5	2.4	56675.98	86543.94	86543.94	33637.32	19526.37	17502.51
1.4	1.4	2.6	52915.64	85427.74	85427.74	28263.67	16152.77	14799.32
1.4	1.4	2.8	52915.64	87383.56	87383.56	28263.67	16126.78	14828.83
1.4	1.4	3.0	52915.64	89272.24	89272.24	28263.67	16105.66	14856.70
1.3	1.3	3.2	49151.58	87869.11	87869.11	23466.61	13152.57	12442.64

**BORDE**

**Caso de Suelos S2:**

**Tabla 90**

*Rigidez corregida (Borde) Suelo S2-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.2	1.2	1.8	421432.57	618123.08	618123.08	169136.16	95086.77	89145.07
1.2	1.2	2.0	421432.57	638272.61	638272.61	169136.16	94645.11	89441.88
1.2	1.2	2.2	421432.57	657403.40	657403.40	169136.16	94315.03	89715.83
1.2	1.2	2.4	421432.57	675672.22	675672.22	169136.16	94061.67	89970.52
1.2	1.2	2.6	421432.57	693199.59	693199.59	169136.16	93862.83	90208.77
1.2	1.2	2.8	421432.57	710080.49	710080.49	169136.16	93703.84	90432.77
1.2	1.2	3.0	421432.57	726391.31	726391.31	169136.16	93574.66	90644.32

1.2	1.2	3.2	421432.57	742194.60	742194.60	169136.16	93468.22	90844.87
1.2	1.2	3.4	421432.57	757542.29	757542.29	169136.16	93379.45	91035.63

**Tabla 91**

*Rigidez corregida (Borde) Suelo S2-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.8	0.8	1.8	311153.22	517684.29	517684.29	65965.92	31157.42	34728.13
0.8	0.8	2.0	311153.22	537476.09	537476.09	65965.92	30993.73	34922.20
0.8	0.8	2.2	311153.22	556308.09	556308.09	65965.92	30871.40	35101.30
0.7	0.7	2.4	272265.33	543891.24	543891.24	47846.62	21512.28	26689.01
0.7	0.7	2.6	272265.33	561052.90	561052.90	47846.62	21458.79	26825.32
0.7	0.7	2.8	272265.33	577620.85	577620.85	47846.62	21416.02	26953.48
0.7	0.7	3.0	272265.33	593665.05	593665.05	47846.62	21381.26	27074.52
0.7	0.7	3.2	272265.33	609242.76	609242.76	47846.62	21352.63	27189.26
0.6	0.6	3.4	233374.94	592842.35	592842.35	33155.04	14128.25	20159.02

**Tabla 92**

*Rigidez corregida (Borde) Suelo S2-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.8	0.8	1.8	302510.08	511664.70	511664.70	65965.92	30291.93	33763.46
0.7	0.7	2.0	264702.41	501515.41	501515.41	47846.62	21067.31	25653.60
0.7	0.7	2.2	264702.41	519932.07	519932.07	47846.62	20980.98	25805.98
0.7	0.7	2.4	264702.41	537566.92	537566.92	47846.62	20914.71	25947.65
0.7	0.7	2.6	264702.41	554529.03	554529.03	47846.62	20862.71	26080.17
0.6	0.6	2.8	226892.30	540032.31	540032.31	33155.04	13794.41	19311.58
0.6	0.6	3.0	226892.30	555770.34	555770.34	33155.04	13771.07	19412.46
0.6	0.6	3.2	226892.30	571060.65	571060.65	33155.04	13751.84	19508.08
0.6	0.6	3.4	226892.30	585948.83	585948.83	33155.04	13735.80	19599.04

**Caso de Suelos S3:**

**Tabla 93**

*Rigidez corregida (Borde) Suelo S3-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.5	1.5	1.8	61109.44	85125.02	85125.02	35879.81	21038.75	18545.25
1.5	1.5	2.0	61109.44	87644.48	87644.48	35879.81	20948.00	18589.87
1.5	1.5	2.2	61109.44	90033.98	90033.98	35879.81	20880.18	18631.05
1.5	1.5	2.4	61109.44	92313.53	92313.53	35879.81	20828.13	18669.34

1.4	1.4	2.6	57054.95	91122.92	91122.92	30147.91	17229.62	15785.94
1.4	1.4	2.8	57054.95	93209.13	93209.13	30147.91	17201.90	15817.42
1.4	1.4	3.0	57054.95	95223.72	95223.72	30147.91	17179.37	15847.15
1.4	1.4	3.2	57054.95	97174.55	97174.55	30147.91	17160.81	15875.33
1.4	1.4	3.4	57054.95	99068.14	99068.14	30147.91	17145.33	15902.14

**Tabla 94**

*Rigidez corregida (Borde) Suelo S3-2*

<b>B</b>	<b>L</b>	<b>Df</b>	<b>Kz (tn/m)</b>	<b>Ky</b>	<b>Kx</b>	<b>Kzz (tn*m/rad)</b>	<b>Kyy</b>	<b>Kxx</b>
1	1	1.8	45421.01	71356.96	71356.96	13879.07	7128.68	7148.23
1	1	2.0	45421.01	73862.34	73862.34	13879.07	7093.62	7178.64
1	1	2.2	45421.01	76243.28	76243.28	13879.07	7067.42	7206.71
0.9	0.9	2.4	40888.08	74850.24	74850.24	10727.15	5305.44	5716.29
0.9	0.9	2.6	40888.08	77015.47	77015.47	10727.15	5293.17	5738.28
0.9	0.9	2.8	40888.08	79103.39	79103.39	10727.15	5283.36	5758.96
0.9	0.9	3.0	40888.08	81123.14	81123.14	10727.15	5275.39	5778.49
0.8	0.8	3.2	36352.26	79296.86	79296.86	8062.22	3838.69	4502.22
0.8	0.8	3.4	36352.26	81187.53	81187.53	8062.22	3834.56	4517.88

**Tabla 95**

*Rigidez corregida (Borde) Suelo S3-3*

<b>B</b>	<b>L</b>	<b>Df</b>	<b>Kz (tn/m)</b>	<b>Ky</b>	<b>Kx</b>	<b>Kzz (tn*m/rad)</b>	<b>Kyy</b>	<b>Kxx</b>
1.4	1.4	1.8	54162.46	76714.64	76714.64	28263.67	16352.86	14659.18
1.3	1.3	2.0	50309.71	75921.85	75921.85	23466.61	13313.84	12270.76
1.3	1.3	2.2	50309.71	78122.98	78122.98	23466.61	13268.61	12304.32
1.2	1.2	2.4	46453.42	77026.63	77026.63	19217.43	10651.19	10187.92
1.2	1.2	2.6	46453.42	79024.75	79024.75	19217.43	10628.67	10214.90
1.1	1.1	2.8	42593.86	77689.22	77689.22	15487.10	8382.72	8355.56
1.1	1.1	3.0	42593.86	79533.76	79533.76	15487.10	8370.83	8377.55
1.1	1.1	3.2	42593.86	81321.48	81321.48	15487.10	8361.04	8398.39
1.1	1.1	3.4	42593.86	83058.20	83058.20	15487.10	8352.87	8418.21

## ESQUINERA

### Caso de Suelos S2:

**Tabla 96**

*Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S2-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1	1	1.8	368160.00	562340.28	562340.28	107672.65	57993.18	58152.18
1	1	2.0	368160.00	582084.26	582084.26	107672.65	57707.96	58399.60
1	1	2.2	368160.00	600847.70	600847.70	107672.65	57494.79	58627.96
0.9	0.9	2.4	331353.65	589869.61	589869.61	83183.90	43122.62	46462.00
0.9	0.9	2.6	331353.65	606933.04	606933.04	83183.90	43022.89	46640.76
0.9	0.9	2.8	331353.65	623387.29	623387.29	83183.90	42943.14	46808.84
0.9	0.9	3.0	331353.65	639304.25	639304.25	83183.90	42878.35	46967.57
0.9	0.9	3.2	331353.65	654742.77	654742.77	83183.90	42824.96	47118.05
0.9	0.9	3.4	331353.65	669751.72	669751.72	83183.90	42780.43	47261.18

**Tabla 97**

*Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S2-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.7	0.7	1.8	288040.14	487847.70	487847.70	47846.62	21788.05	26216.74
0.6	0.6	2.0	246896.48	476840.93	476840.93	33155.04	14363.47	19377.36
0.6	0.6	2.2	246896.48	495277.23	495277.23	33155.04	14302.13	19511.72
0.6	0.6	2.4	246896.48	512945.90	512945.90	33155.04	14255.04	19636.63
0.6	0.6	2.6	246896.48	529953.94	529953.94	33155.04	14218.09	19753.48
0.6	0.6	2.8	246896.48	546385.63	546385.63	33155.04	14188.54	19863.34
0.6	0.6	3.0	246896.48	562308.82	562308.82	33155.04	14164.53	19967.10
0.6	0.6	3.2	246896.48	577779.01	577779.01	33155.04	14144.75	20065.46
0.6	0.6	3.4	246896.48	592842.35	592842.35	33155.04	14128.25	20159.02

**Tabla 98**

*Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S2-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.8	0.8	1.8	302510.08	511664.70	511664.70	65965.92	30291.93	33763.46
0.7	0.7	2.0	264702.41	501515.41	501515.41	47846.62	21067.31	25653.60
0.7	0.7	2.2	264702.41	519932.07	519932.07	47846.62	20980.98	25805.98
0.7	0.7	2.4	264702.41	537566.92	537566.92	47846.62	20914.71	25947.65
0.7	0.7	2.6	264702.41	554529.03	554529.03	47846.62	20862.71	26080.17
0.6	0.6	2.8	226892.30	540032.31	540032.31	33155.04	13794.41	19311.58

0.6	0.6	3.0	226892.30	555770.34	555770.34	33155.04	13771.07	19412.46
0.6	0.6	3.2	226892.30	571060.65	571060.65	33155.04	13751.84	19508.08
0.6	0.6	3.4	226892.30	585948.83	585948.83	33155.04	13735.80	19599.04

**Caso de Suelos S3:**

**Tabla 99**

*Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S3-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.1	1.1	1.8	47920.46	71788.78	71788.78	16519.57	9077.29	8769.85
1.1	1.1	2.0	47920.46	74214.62	74214.62	16519.57	9033.94	8802.75
1.1	1.1	2.2	47920.46	76518.84	76518.84	16519.57	9001.55	8833.12
1.1	1.1	2.4	47920.46	78720.14	78720.14	16519.57	8976.68	8861.35
1.1	1.1	2.6	47920.46	80832.92	80832.92	16519.57	8957.17	8887.76
1.1	1.1	2.8	47920.46	82868.50	82868.50	16519.57	8941.56	8912.60
1.1	1.1	3.0	47920.46	84836.01	84836.01	16519.57	8928.89	8936.05
1.1	1.1	3.2	47920.46	86742.92	86742.92	16519.57	8918.44	8958.28
1.1	1.1	3.4	47920.46	88595.41	88595.41	16519.57	8909.73	8979.43

**Tabla 100**

*Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S3-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.8	0.8	1.8	39179.49	64118.90	64118.90	8062.22	3914.05	4362.61
0.8	0.8	2.0	39179.49	66570.25	66570.25	8062.22	3893.49	4386.99
0.8	0.8	2.2	39179.49	68902.73	68902.73	8062.22	3878.12	4409.49
0.7	0.7	2.4	34288.13	67364.82	67364.82	5849.75	2704.31	3355.07
0.7	0.7	2.6	34288.13	69490.41	69490.41	5849.75	2697.58	3372.21
0.7	0.7	2.8	34288.13	71542.47	71542.47	5849.75	2692.21	3388.32
0.7	0.7	3.0	34288.13	73529.66	73529.66	5849.75	2687.84	3403.54
0.7	0.7	3.2	34288.13	75459.07	75459.07	5849.75	2684.24	3417.96
0.6	0.6	3.4	29394.34	73427.76	73427.76	4054.77	1777.14	2535.73

**Tabla 101**

*Rigidez corregida (Esquinera) Suelo S3-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.1	1.1	1.8	44925.43	67301.98	67301.98	15487.10	8509.96	8221.73
1	1	2.0	40851.43	66357.61	66357.61	12246.24	6547.96	6626.44
1	1	2.2	40851.43	68496.64	68496.64	12246.24	6523.77	6652.35

0.9	0.9	2.4	36774.53	67245.14	67245.14	9465.14	4897.33	5276.58
0.9	0.9	2.6	36774.53	69190.37	69190.37	9465.14	4886.01	5296.88
0.9	0.9	2.8	36774.53	71066.15	71066.15	9465.14	4876.95	5315.97
0.9	0.9	3.0	36774.53	72880.68	72880.68	9465.14	4869.59	5333.99
0.8	0.8	3.2	32695.04	71239.96	71239.96	7113.72	3543.41	4155.89
0.8	0.8	3.4	32695.04	72938.53	72938.53	7113.72	3539.59	4170.35

## PLACA G

### Caso de Suelos S2:

**Tabla 102**

*Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S2-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8	181962.23	241255.71	219464.71	325967.79	80640.58	341787.83
1.3	3.8	2.0	181962.23	247460.34	225108.92	325967.79	79643.89	342588.82
1.3	3.8	2.2	181962.23	253341.82	230459.16	325967.79	78898.99	343328.08
1.3	3.8	2.4	181962.23	258950.49	235561.24	325967.79	78327.23	344015.40
1.3	3.8	2.6	181962.23	264324.91	240450.22	325967.79	77878.52	344658.31
1.3	3.8	2.8	181962.23	269495.34	245153.65	325967.79	77519.73	345262.81
1.3	3.8	3.0	181962.23	274486.10	249693.63	325967.79	77228.19	345833.69
1.3	3.8	3.2	181962.23	279317.04	254088.22	325967.79	76987.99	346374.89
1.3	3.8	3.4	181962.23	284004.61	258352.39	325967.79	76787.66	346889.67

**Tabla 103**

*Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S2-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8	101090.13	134030.95	121924.84	181093.22	44800.32	189882.13
1.3	3.8	2.0	101090.13	137477.97	125060.51	181093.22	44246.60	190327.12
1.3	3.8	2.2	101090.13	140745.45	128032.87	181093.22	43832.77	190737.82
1.3	3.8	2.4	101090.13	143861.38	130867.36	181093.22	43515.13	191119.67
1.3	3.8	2.6	101090.13	146847.17	133583.46	181093.22	43265.85	191476.84
1.3	3.8	2.8	101090.13	149719.64	136196.47	181093.22	43066.52	191812.67
1.3	3.8	3.0	101090.13	152492.28	138718.68	181093.22	42904.55	192129.83
1.3	3.8	3.2	101090.13	155176.13	141160.12	181093.22	42771.11	192430.49
1.3	3.8	3.4	101090.13	157780.34	143529.11	181093.22	42659.81	192716.49

**Tabla 104**

*Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S2-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1	3.5	1.8	144357.98	209061.77	189350.21	240636.84	41955.53	248004.43
1	3.5	2.0	144357.98	214938.59	194672.93	240636.84	41337.70	248779.54
1	3.5	2.2	144357.98	220516.33	199724.77	240636.84	40875.95	249494.91
1	3.5	2.4	144357.98	225841.49	204547.85	240636.84	40521.52	250160.02
1	3.5	2.6	144357.98	230949.71	209174.43	240636.84	40243.37	250782.16
1	3.5	2.8	144357.98	235868.96	213629.87	240636.84	40020.96	251367.12
1	3.5	3.0	144357.98	240621.71	217934.49	240636.84	39840.24	251919.55
1	3.5	3.2	144357.98	245226.30	222104.94	240636.84	39691.35	252443.27
1	3.5	3.4	144357.98	249697.96	226154.99	240636.84	39567.17	252941.42

**Tabla 105**

*Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S2-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1	3.5	1.8	96238.65	139374.51	126233.48	160424.56	27970.35	165336.29
1	3.5	2.0	96238.65	143292.39	129781.95	160424.56	27558.47	165853.02
1	3.5	2.2	96238.65	147010.88	133149.84	160424.56	27250.63	166329.94
1	3.5	2.4	96238.65	150561.00	136365.23	160424.56	27014.35	166773.35
1	3.5	2.6	96238.65	153966.47	139449.62	160424.56	26828.92	167188.11
1	3.5	2.8	96238.65	157245.97	142419.91	160424.56	26680.64	167578.08
1	3.5	3.0	96238.65	160414.47	145289.66	160424.56	26560.16	167946.37
1	3.5	3.2	96238.65	163484.20	148069.96	160424.56	26460.90	168295.51
1	3.5	3.4	96238.65	166465.31	150769.99	160424.56	26378.11	168627.61

**Tabla 106**

*Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S2-3*

B	L	Df	Kz (tn/m <sup>2</sup> )	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.9	3.4	1.8	129863.65	194308.34	175686.56	213222.51	31826.26	217523.67
0.9	3.4	2.0	129863.65	199961.56	180797.99	213222.51	31323.49	218279.78
0.9	3.4	2.2	129863.65	205329.91	185651.86	213222.51	30947.73	218977.62
0.9	3.4	2.4	129863.65	210457.65	190288.18	213222.51	30659.31	219626.42
0.9	3.4	2.6	129863.65	215378.69	194737.61	213222.51	30432.96	220233.31
0.9	3.4	2.8	129863.65	220119.66	199024.22	213222.51	30251.97	220803.94
0.9	3.4	3.0	129863.65	224701.95	203167.36	213222.51	30104.91	221342.83
0.9	3.4	3.2	129863.65	229143.04	207182.83	213222.51	29983.74	221853.71
0.9	3.4	3.4	129863.65	233457.40	211083.72	213222.51	29882.69	222339.65

**Tabla 107**

*Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S2-3*

<b>B</b>	<b>L</b>	<b>Df</b>	<b>Kz (tn/m)</b>	<b>Ky</b>	<b>Kx</b>	<b>Kzz (tn*m/rad)</b>	<b>Kyy</b>	<b>Kxx</b>
0.9	3.4	1.8	92759.75	138791.67	125490.40	152301.80	22733.04	155374.05
0.9	3.4	2.0	92759.75	142829.68	129141.42	152301.80	22373.92	155914.13
0.9	3.4	2.2	92759.75	146664.22	132608.47	152301.80	22105.52	156412.59
0.9	3.4	2.4	92759.75	150326.89	135920.13	152301.80	21899.51	156876.02
0.9	3.4	2.6	92759.75	153841.92	139098.29	152301.80	21737.83	157309.51
0.9	3.4	2.8	92759.75	157228.33	142160.16	152301.80	21608.55	157717.10
0.9	3.4	3.0	92759.75	160501.40	145119.55	152301.80	21503.51	158102.02
0.9	3.4	3.2	92759.75	163673.60	147987.73	152301.80	21416.96	158466.93
0.9	3.4	3.4	92759.75	166755.29	150774.09	152301.80	21344.78	158814.03

Caso de Suelos S3:

**Tabla 108**

*Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S3-1*

<b>B</b>	<b>L</b>	<b>Df</b>	<b>Kz (tn/m)</b>	<b>Ky</b>	<b>Kx</b>	<b>Kzz (tn*m/rad)</b>	<b>Kyy</b>	<b>Kxx</b>
1.3	3.8	1.8	21927.79	29336.69	26686.91	39254.53	9579.52	41280.26
1.3	3.8	2.0	21927.79	30091.18	27373.24	39254.53	9461.12	41377.00
1.3	3.8	2.2	21927.79	30806.37	28023.83	39254.53	9372.63	41466.29
1.3	3.8	2.4	21927.79	31488.38	28644.25	39254.53	9304.71	41549.30
1.3	3.8	2.6	21927.79	32141.91	29238.75	39254.53	9251.41	41626.95
1.3	3.8	2.8	21927.79	32770.63	29810.68	39254.53	9208.78	41699.96
1.3	3.8	3.0	21927.79	33377.51	30362.75	39254.53	9174.15	41768.91
1.3	3.8	3.2	21927.79	33964.95	30897.13	39254.53	9145.62	41834.27
1.3	3.8	3.4	21927.79	34534.96	31415.65	39254.53	9121.82	41896.45

**Tabla 109**

*Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S3-1*

<b>B</b>	<b>L</b>	<b>Df</b>	<b>Kz (tn/m)</b>	<b>Ky</b>	<b>Kx</b>	<b>Kzz (tn*m/rad)</b>	<b>Kyy</b>	<b>Kxx</b>
1.3	3.8	1.8	12182.10	16298.16	14826.06	21808.07	5321.95	22933.48
1.3	3.8	2.0	12182.10	16717.32	15207.36	21808.07	5256.18	22987.22
1.3	3.8	2.2	12182.10	17114.65	15568.80	21808.07	5207.02	23036.83
1.3	3.8	2.4	12182.10	17493.54	15913.47	21808.07	5169.28	23082.94
1.3	3.8	2.6	12182.10	17856.62	16243.75	21808.07	5139.67	23126.08
1.3	3.8	2.8	12182.10	18205.91	16561.49	21808.07	5115.99	23166.64

1.3	3.8	3.0	12182.10	18543.06	16868.19	21808.07	5096.75	23204.95
1.3	3.8	3.2	12182.10	18869.42	17165.07	21808.07	5080.90	23241.26
1.3	3.8	3.4	12182.10	19186.09	17453.14	21808.07	5067.68	23275.80

**Tabla 110**

*Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S3-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8	22270.41	30613.63	27994.65	41707.94	9729.20	41925.26
1.3	3.8	2.0	22270.41	31400.95	28714.62	41707.94	9608.95	42023.52
1.3	3.8	2.2	22270.41	32147.27	29397.09	41707.94	9519.08	42114.20
1.3	3.8	2.4	22270.41	32858.97	30047.91	41707.94	9450.09	42198.51
1.3	3.8	2.6	22270.41	33540.94	30671.54	41707.94	9395.96	42277.37
1.3	3.8	2.8	22270.41	34197.03	31271.50	41707.94	9352.67	42351.52
1.3	3.8	3.0	22270.41	34830.33	31850.62	41707.94	9317.50	42421.55
1.3	3.8	3.2	22270.41	35443.34	32411.18	41707.94	9288.52	42487.93
1.3	3.8	3.4	22270.41	36038.16	32955.12	41707.94	9264.35	42551.08

**Tabla 111**

*Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S3-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8	12372.45	17007.57	15552.58	23171.08	5405.11	23291.81
1.3	3.8	2.0	12372.45	17444.97	15952.57	23171.08	5338.30	23346.40
1.3	3.8	2.2	12372.45	17859.59	16331.72	23171.08	5288.38	23396.78
1.3	3.8	2.4	12372.45	18254.98	16693.28	23171.08	5250.05	23443.61
1.3	3.8	2.6	12372.45	18633.86	17039.74	23171.08	5219.98	23487.43
1.3	3.8	2.8	12372.45	18998.35	17373.06	23171.08	5195.93	23528.62
1.3	3.8	3.0	12372.45	19350.18	17694.79	23171.08	5176.39	23567.53
1.3	3.8	3.2	12372.45	19690.74	18006.21	23171.08	5160.29	23604.41
1.3	3.8	3.4	12372.45	20021.20	18308.40	23171.08	5146.86	23639.49

**Tabla 112**

*Rigidez corregida (Placa G - Borde) Suelo S3-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8	20557.30	27503.15	25018.98	36801.12	8980.80	38700.24
1.3	3.8	2.0	20557.30	28210.48	25662.42	36801.12	8869.80	38790.94
1.3	3.8	2.2	20557.30	28880.97	26272.34	36801.12	8786.84	38874.64
1.3	3.8	2.4	20557.30	29520.36	26853.98	36801.12	8723.16	38952.47
1.3	3.8	2.6	20557.30	30133.04	27411.33	36801.12	8673.19	39025.26

1.3	3.8	2.8	20557.30	30722.47	27947.52	36801.12	8633.23	39093.71
1.3	3.8	3.0	20557.30	31291.42	28465.07	36801.12	8600.77	39158.35
1.3	3.8	3.2	20557.30	31842.14	28966.06	36801.12	8574.02	39219.63
1.3	3.8	3.4	20557.30	32376.53	29452.17	36801.12	8551.71	39277.92

**Tabla 113**

*Rigidez corregida (Placa G - Central) Suelo S3-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8	11420.72	15279.53	13899.43	20445.07	4989.33	21500.13
1.3	3.8	2.0	11420.72	15672.49	14256.90	20445.07	4927.67	21550.52
1.3	3.8	2.2	11420.72	16044.98	14595.75	20445.07	4881.58	21597.02
1.3	3.8	2.4	11420.72	16400.20	14918.88	20445.07	4846.20	21640.26
1.3	3.8	2.6	11420.72	16740.58	15228.51	20445.07	4818.44	21680.70
1.3	3.8	2.8	11420.72	17068.04	15526.40	20445.07	4796.24	21718.73
1.3	3.8	3.0	11420.72	17384.12	15813.93	20445.07	4778.20	21754.64
1.3	3.8	3.2	11420.72	17690.08	16092.25	20445.07	4763.34	21788.68
1.3	3.8	3.4	11420.72	17986.96	16362.32	20445.07	4750.95	21821.07

#### 4.6.3 Resultados de factor de rigidez corregida con amortiguamiento:

##### CENTRALES

##### Caso de Suelos S2:

**Tabla 114**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S2-1*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8 - 2	3585.53	2270.54	2270.54	704.56	484.23	468.27
2.2 - 3.4	3258.19	2079.09	2079.09	579.57	398.20	385.05

**Tabla 115**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S2-2*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8 - 2.2	1770.17	1261.10	1261.10	180.26	114.88	111.06
2.4 - 2.8	1534.43	1103.62	1103.62	131.33	83.68	80.90
3 - 3.4	1311.75	953.10	953.10	92.19	58.74	56.78

**Tabla 116**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S2-3*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8 – 2.2</b>	1489.04	1094.07	1094.07	131.33	81.36	78.65
<b>2.4 - 3</b>	1273.12	944.61	944.61	92.19	57.11	55.21
<b>3.2 – 3.4</b>	1069.82	802.13	802.13	61.73	38.24	36.97

**Caso de Suelos S3:**

**Tabla 117**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S3-1*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8 – 3.4</b>	818.20	458.88	458.88	101.97	72.26	70.32

**Tabla 118**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S3-2*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8</b>	573.23	347.24	347.24	53.64	35.74	34.68
<b>2 – 2.2</b>	501.34	306.31	306.31	41.31	27.44	26.61
<b>2.4 – 2.8</b>	434.10	267.74	267.74	31.25	20.70	20.05
<b>3 – 3.4</b>	371.51	231.55	231.55	23.11	15.27	14.79

**Tabla 119**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Central) Suelo S3-3*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8 - 2</b>	767.06	430.20	430.20	95.60	67.74	65.92
<b>2.2 – 2.4</b>	686.19	387.62	387.62	76.48	53.92	52.42
<b>2.6 - 3</b>	609.73	347.14	347.14	60.54	42.49	41.27
<b>3.2</b>	537.69	308.75	308.75	47.33	33.08	32.10

**BORDE**

**Caso de Suelos S2:**

**Tabla 120**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S2-1*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8 – 3.4</b>	2358.84	1544.38	1544.38	295.60	202.95	196.22

**Tabla 121**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S2-2*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8 – 2.2</b>	1311.75	953.10	953.10	92.19	58.74	56.78
<b>2.4 – 3.2</b>	1102.11	809.56	809.56	61.73	39.33	38.02
<b>3.4</b>	905.53	672.99	672.99	38.86	24.76	23.94

**Tabla 122**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S2-3*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8</b>	1273.12	944.61	944.61	92.19	57.11	55.21
<b>2 – 2.6</b>	1069.82	802.13	802.13	61.73	38.24	36.97
<b>2.8 – 3.4</b>	879.14	666.63	666.63	38.86	24.07	23.27

**Caso de Suelos S3:**

**Tabla 123**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S3-1*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
<b>1.8 - 2.4</b>	731.93	413.46	413.46	81.58	57.52	55.92
<b>2.6 – 3.4</b>	650.38	370.28	370.28	64.58	45.32	44.02

**Tabla 124**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S3-2*

<b>Df</b>	<b>Kzamor</b> (tn/m)	<b>Kyamor</b>	<b>Kxamor</b>	<b>Kzzamor</b> (tn*m/rad)	<b>Kyyamor</b>	<b>Kxxamor</b>
-----------	-------------------------	---------------	---------------	------------------------------	----------------	----------------

1.8 - 2.2	371.51	231.55	231.55	23.11	15.27	14.79
2.4 - 3	313.56	197.73	197.73	16.63	10.97	10.62
3.2 - 3.4	260.24	166.27	166.27	11.56	7.61	7.36

**Tabla 125**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Borde) Suelo S3-3*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8	609.73	347.14	347.14	60.54	42.49	41.27
2 - 2.2	537.69	308.75	308.75	47.33	33.08	32.10
2.4 - 2.6	470.06	272.45	272.45	36.45	25.38	24.61
2.8 - 3.4	406.83	238.24	238.24	27.57	19.14	18.54

## ESQUINERA

### Caso de Suelos S2:

**Tabla 126**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S2-1*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8 - 2.2	1828.12	1220.92	1220.92	170.77	117.21	113.32
2.4 - 3.4	1583.40	1069.11	1069.11	124.41	85.38	82.54

**Tabla 127**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S2-2*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8	1102.11	809.56	809.56	61.73	39.33	38.02
2 - 3.4	905.53	672.99	672.99	38.86	24.76	23.94

**Tabla 128**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S2-3*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8 - 3.4	879.14	666.63	666.63	38.86	24.07	23.27

**Caso de Suelos S3:**

**Tabla 129**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S3-1*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8 – 3.4	433.95	254.12	254.12	29.41	20.41	19.78

**Tabla 130**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S3-2*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8 – 2.2	260.24	166.27	166.27	11.56	7.61	7.36
2.4 - 3.2	211.55	137.19	137.19	7.68	5.05	4.89
3.4	167.48	110.48	110.48	4.81	3.16	3.05

**Tabla 131**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Esquinera) Suelo S3-3*

Df	Kzamor (tn/m)	Kyamor	Kxamor	Kzzamor (tn*m/rad)	Kyyamor	Kxxamor
1.8	406.83	238.24	238.24	27.57	19.14	18.54
2 - 2.2	347.99	206.12	206.12	20.39	14.12	13.67
2.4 - 3	293.53	176.10	176.10	14.68	10.13	9.81
3.2 - 3.4	243.46	148.16	148.16	10.20	7.03	6.80

**PLACA G**

**Caso de Suelos S2:**

**Tabla 132**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S2-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	1447.08	921.62	873.28	703.41	200.01	769.12

**Tabla 133**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S2-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	803.94	512.01	485.16	390.78	111.11	427.29

**Tabla 134**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S2-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1	3.5	1.8-3.4	981.54	696.71	655.68	460.04	90.98	479.23

**Tabla 135**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S2-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1	3.5	1.8-3.4	654.36	464.48	437.12	306.69	60.65	319.49

**Tabla 136**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S2-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.9	3.4	1.8-3.4	832.80	613.54	575.79	388.20	65.57	392.89

**Tabla 137**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S2-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
0.9	3.4	1.8-3.4	594.85	438.24	411.28	277.29	46.84	280.64

**Caso de Suelos S3:**

**Tabla 138**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S3-1*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	352.56	195.61	189.73	176.45	119.94	112.42

**Tabla 139**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S3-1*

B	L	Df	Kz (tn/m <sup>2</sup> )	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	195.87	108.67	105.40	98.03	66.63	62.45

**Tabla 140**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S3-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	351.60	206.60	200.79	187.47	119.45	113.70

**Tabla 141**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S3-2*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	195.33	114.78	111.55	104.15	66.36	63.17

**Tabla 142**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Borde) Suelo S3-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	330.53	183.38	177.87	165.42	112.44	105.39

**Tabla 143**

*Rigidez corregida con amortiguamiento (Placa G - Central) Suelo S3-3*

B	L	Df	Kz (tn/m)	Ky	Kx	Kzz (tn*m/rad)	Kyy	Kxx
1.3	3.8	1.8-3.4	183.63	101.88	98.82	91.90	62.47	58.55

## 4.7 Simulación de según tipo de suelo

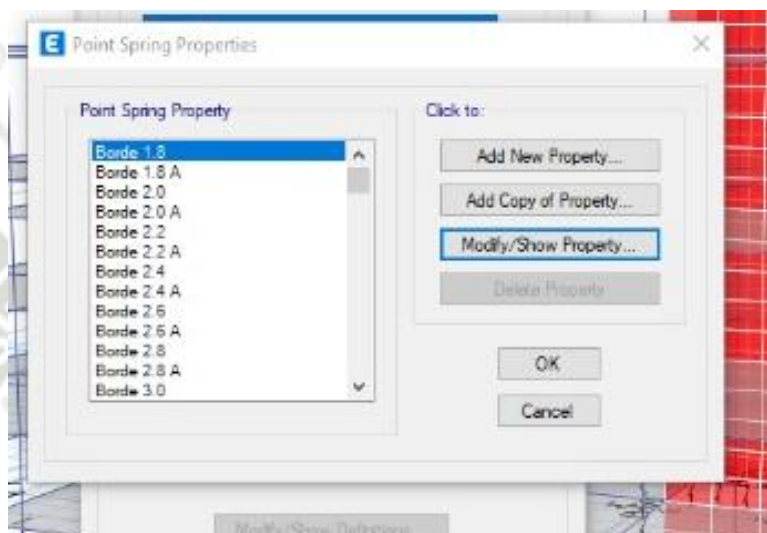
### 4.7.1 Asignación de rigideces no amortiguadas al programa etabs

La rigidez no amortiguada introducida en ETABS representa el comportamiento elástico lineal del suelo, en el cual las deformaciones generadas por las cargas aplicadas se asumen sin pérdidas de energía. En este tipo de modelación, el suelo se considera como un medio puramente elástico que transmite las cargas mediante resortes equivalentes en las direcciones vertical, horizontal y rotacional. Estos valores de rigidez ( $K_v$ ,  $K_h$ ,  $K_\theta$ ) se calcularon anteriormente para cada tipo de suelo y para cada tipo de zapata de nuestra estructura, así como también el módulo de elasticidad, el módulo de corte y la relación de Poisson, siguiendo formulaciones recomendadas por la

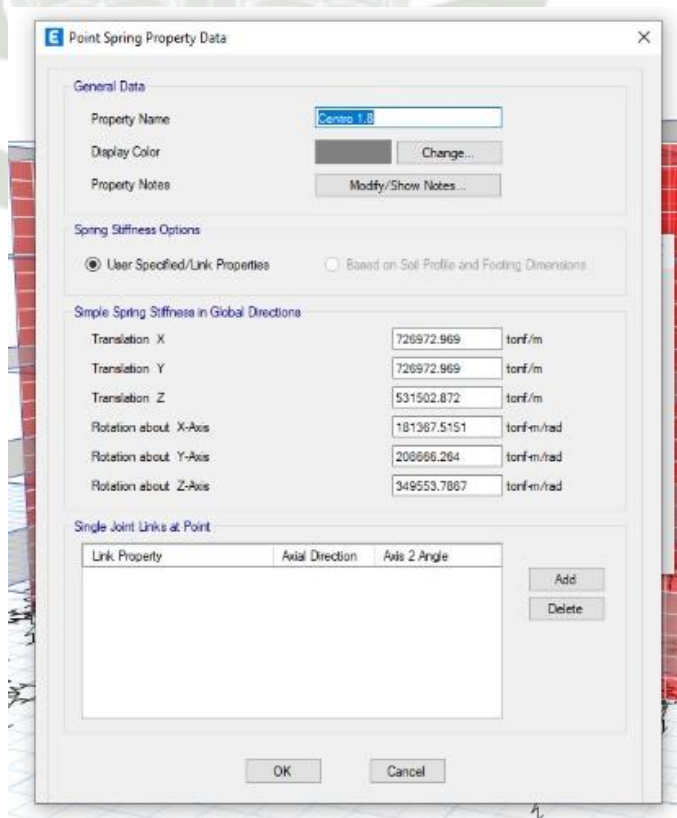
norma NIST GCR 12-917-21 (2012).

En el modelo estructural, estas rigideces se asignan mediante links o área springs en la base de las columnas o zapatas, permitiendo evaluar la respuesta estructural considerando un comportamiento idealmente elástico del suelo, sin incluir efectos de disipación de energía.

**Figura 51.**  
*Lista de rigideces no amortiguadas en etabs*

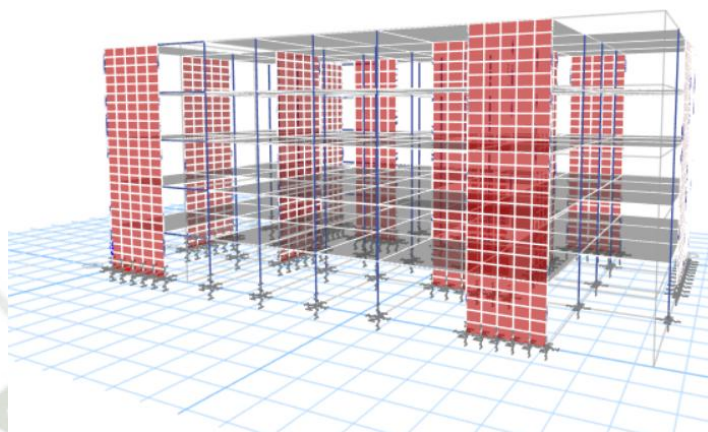


**Figura 52.**  
*Rigideces no amortiguadas en etabs*



**Figura 53.**

*Vista 3D de asignación de rigideces no amortiguadas en etabs*

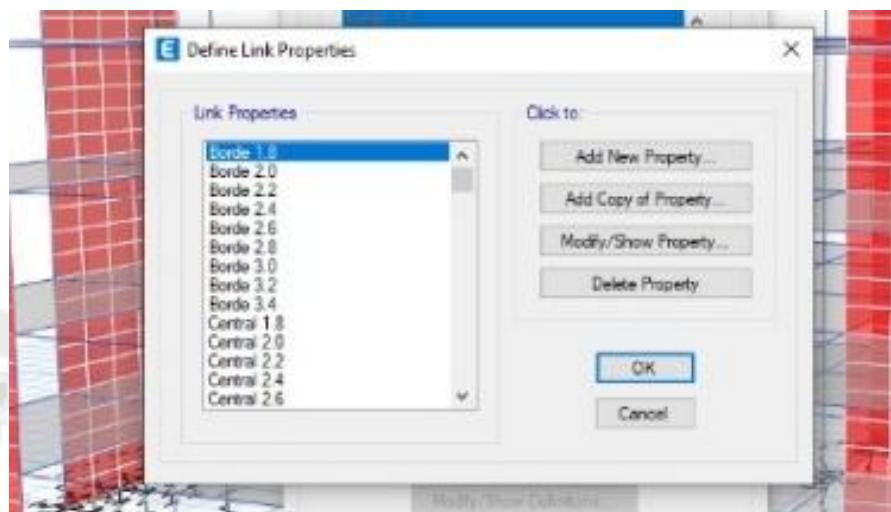


#### **4.7.2 Asignación de rigideces amortiguadas al programa Etabs**

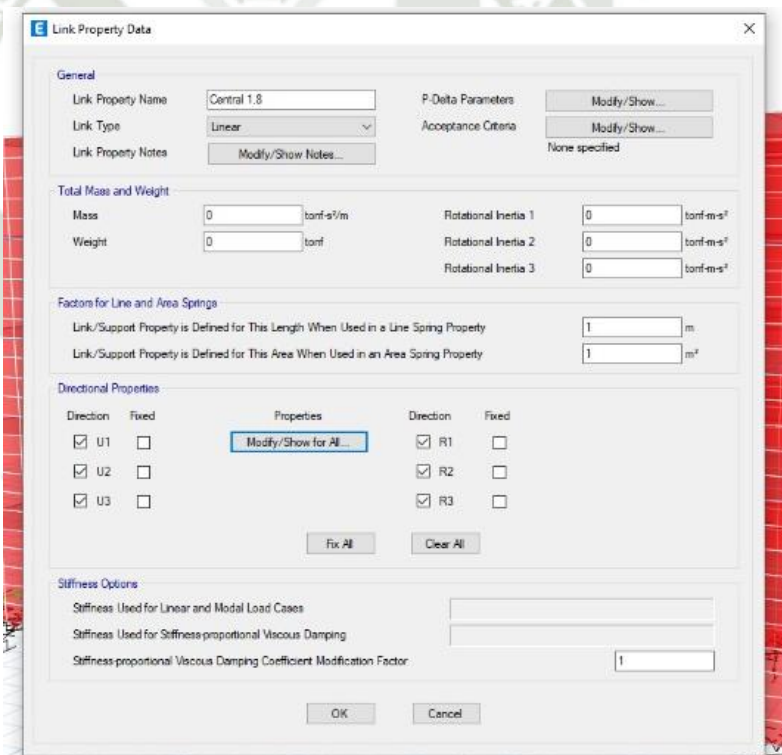
La rigidez amortiguada asignada en ETABS incorpora tanto la deformabilidad del suelo como la disipación de energía que ocurre durante la transmisión de esfuerzos entre la cimentación y el terreno. Este comportamiento se modela mediante un sistema viscoelástico equivalente, compuesto por resortes y amortiguadores que actúan en paralelo, representando tanto la rigidez efectiva ( $K$ ) como el coeficiente de amortiguamiento ( $C$ ).

El uso de rigideces amortiguadas permite simular el efecto dinámico real de todos los tipos de suelo y tipos de zapata de nuestra estructura durante excitaciones sísmicas, donde parte de la energía se pierde por fricción interna y radiación de ondas al medio circundante. En ETABS, este comportamiento se implementa asignando valores de amortiguamiento proporcional al suelo y a la cimentación, con base en los coeficientes propuestos por el NIST GCR 12-917-21 y estudios de Gazetas (1991).

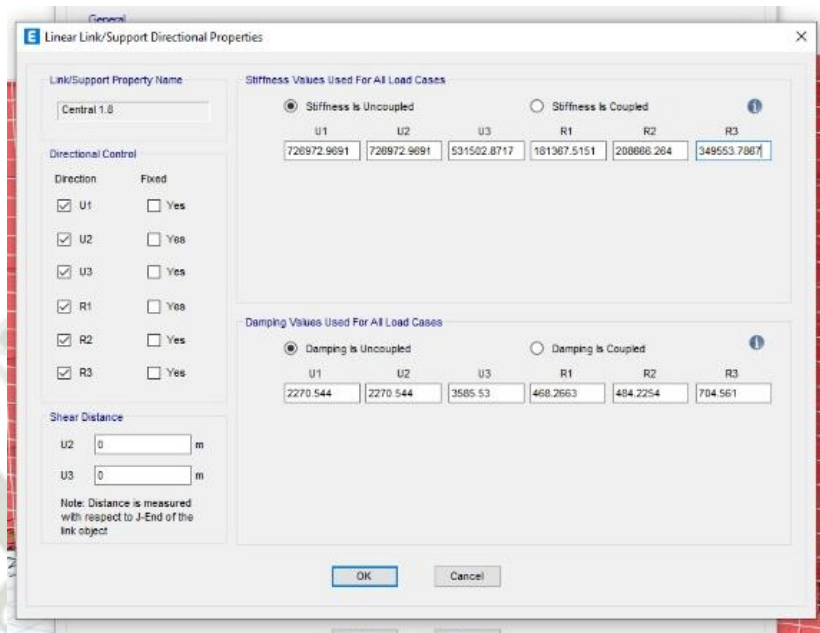
**Figura 54.**  
*Lista de rigideces amortiguadas en etabs*



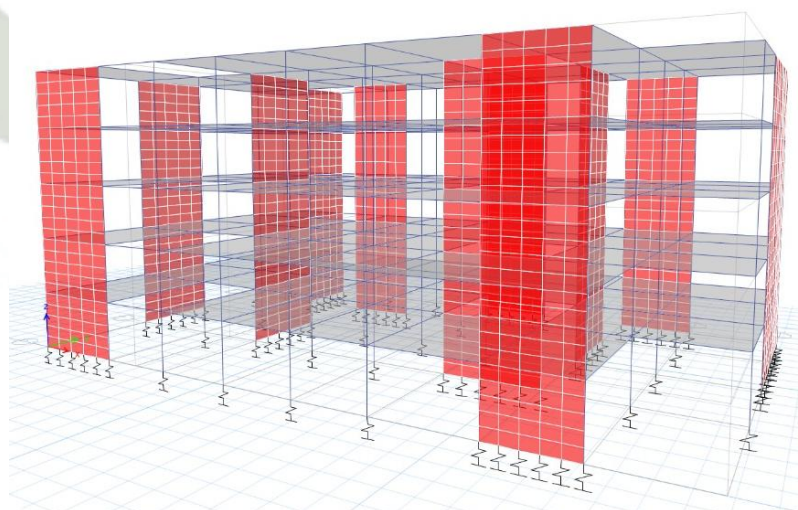
**Figura 55.**  
*Interfaz de las direcciones de rigideces en etabs*



**Figura 56.**  
*Asignación de Rigideces amortiguadas en etabs*



**Figura 57.**  
*Vista 3D de asignación de rigideces amortiguadas en etabs*



Comparar los resultados estructurales obtenidos de ambos modelos en términos de esfuerzos internos (momentos y cortantes), desplazamientos laterales, derivas y periodos naturales de vibración

#### 4.8 Desplazamiento

##### 4.8.1 Desplazamientos en suelos S2

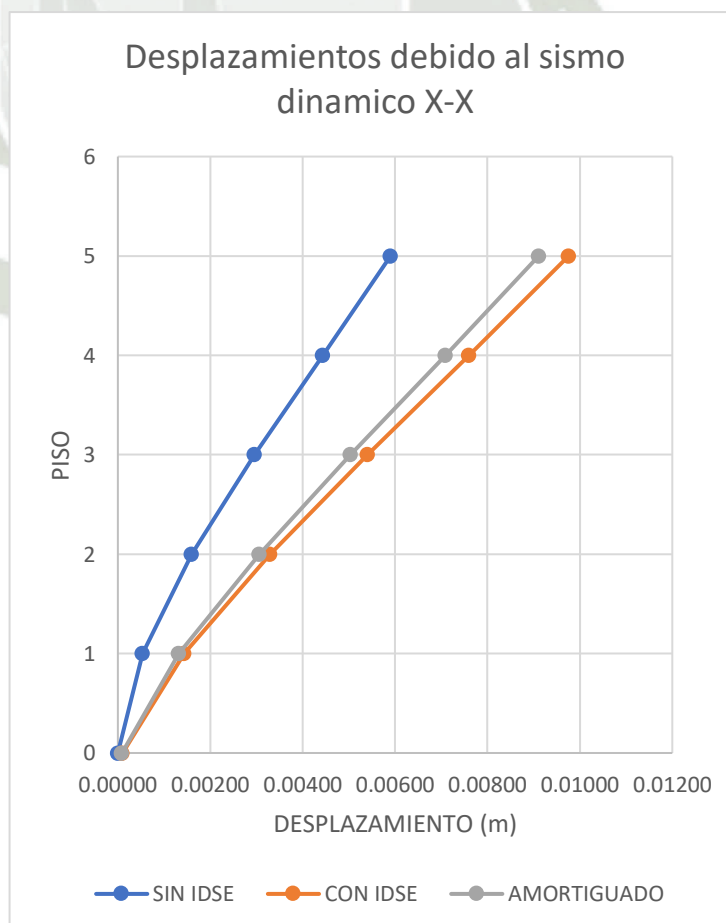
Tabla 144

*Desplazamientos en suelo S2-1 eje X-X*

Piso	Desplazamientos X-X (m)		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00590	0.00976	0.00911
4	0.00444	0.00761	0.00710
3	0.00296	0.00541	0.00504
2	0.00160	0.00330	0.00306
1	0.00054	0.00144	0.00132
0	0	0.000103	0.00009

Figura 58.

*Desplazamientos debido al SD-X Suelo S2-1*



Fuente: elaboración propia

En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 98% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

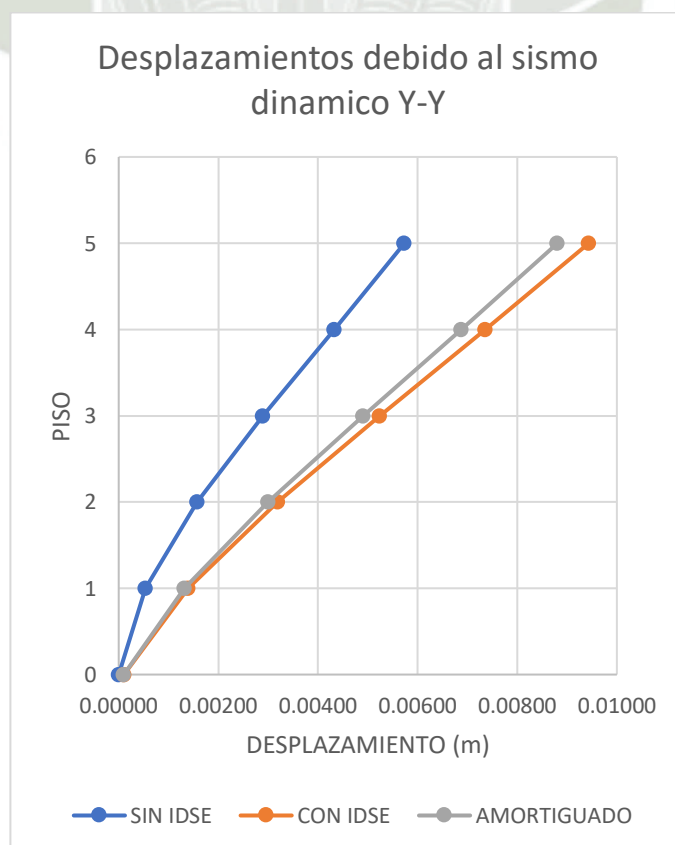
**Tabla 145**

*Desplazamientos en suelo S2-1 eje Y-Y*

Piso	Desplazamientos Y-Y (m)		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00574	0.00944	0.00881
4	0.00433	0.00736	0.00688
3	0.00289	0.00524	0.00490
2	0.00158	0.00320	0.00300
1	0.00054	0.00140	0.00132
0	0	0.000106	0.00010

**Figura 59.**

*Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S2-1*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 95% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -6% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

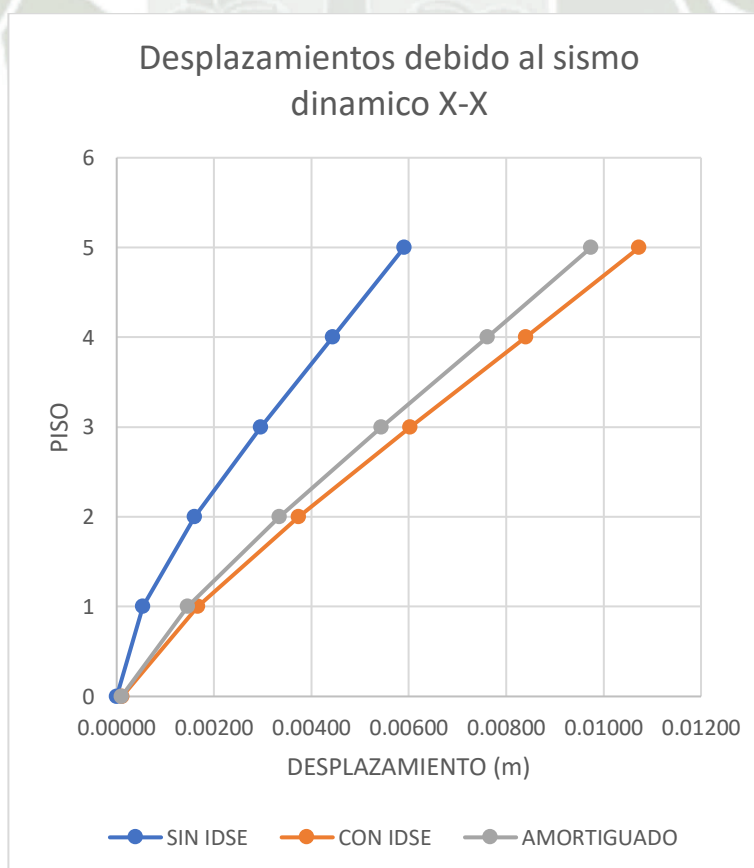
**Tabla 146**

*Desplazamientos en suelo S2-2 eje X-X*

Piso	Desplazamientos X-X (m)		
	S2-2		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00590	0.01073	0.00974
4	0.00444	0.00841	0.00761
3	0.00296	0.00603	0.00544
2	0.00160	0.00373	0.00334
1	0.00054	0.00167	0.00146
0	0	0.000112	0.000099

**Figura 60.**

*Desplazamientos debido al SD-X Suelo S2-2*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 123% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -10% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

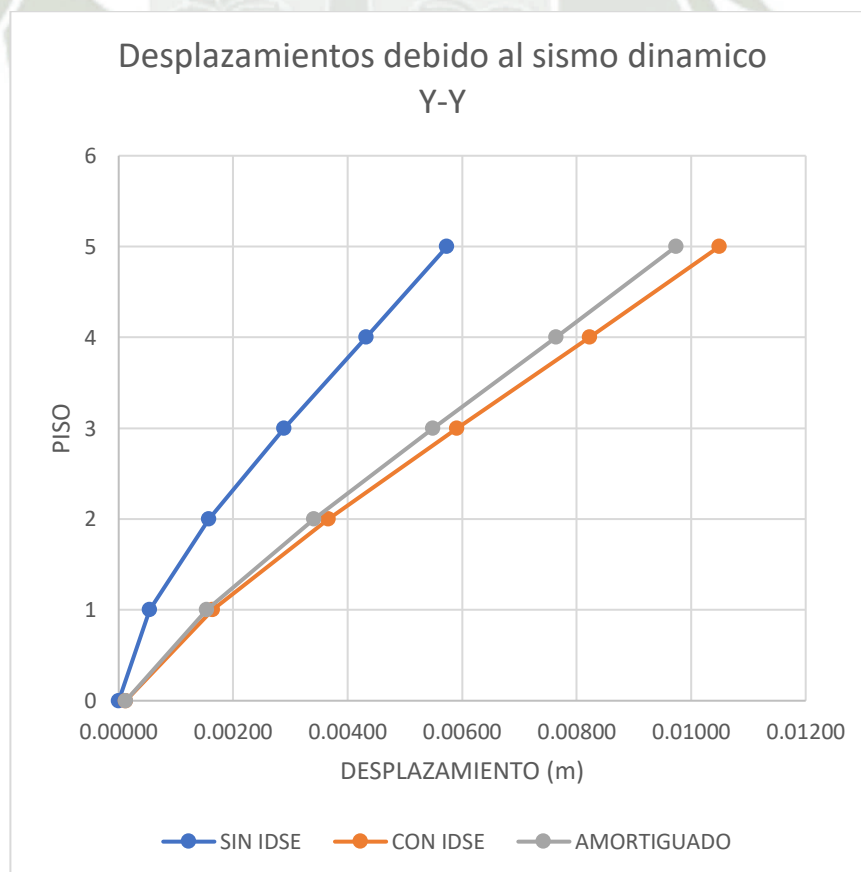
**Tabla 147**

*Desplazamientos en suelo S2-2 eje Y-Y*

Piso	Desplazamientos Y-Y (m)		
	S2-2		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00574	0.01049	0.00974
4	0.00433	0.00823	0.00764
3	0.00289	0.00591	0.00549
2	0.00158	0.00366	0.00341
1	0.00054	0.00164	0.00154
0	0	0.000124	0.000123

**Figura 61.**

*Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S2-2*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 123% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

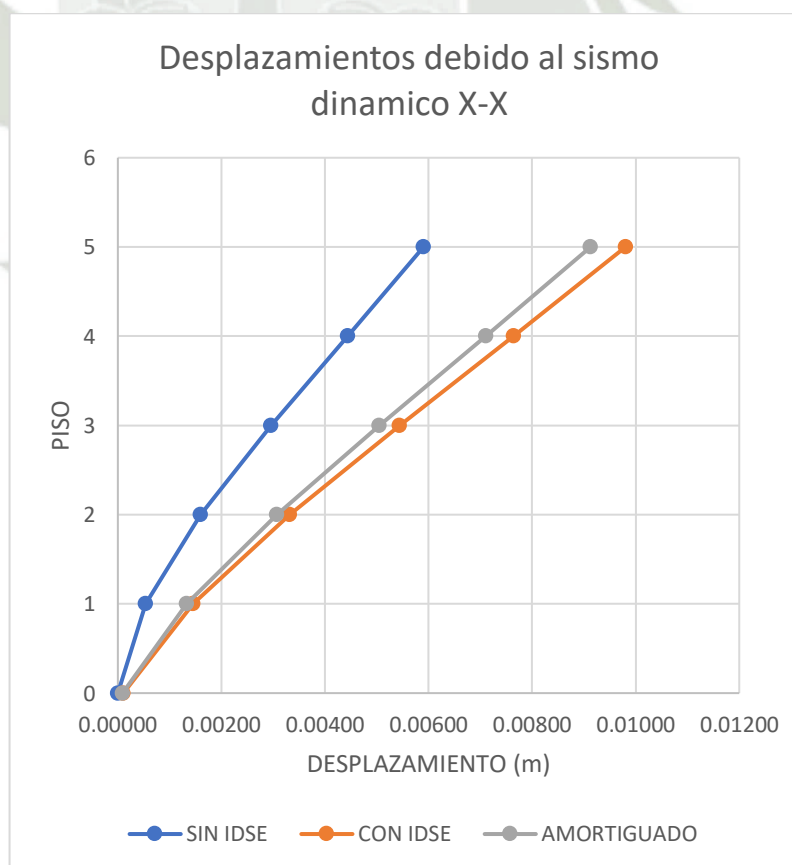
**Tabla 148**

*Desplazamientos en suelo S2-3 eje X-X*

Piso	Desplazamientos X-X (m)		
	S2-3		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00590	0.00980	0.00913
4	0.00444	0.00765	0.00711
3	0.00296	0.00544	0.00505
2	0.00160	0.00332	0.00308
1	0.00054	0.00145	0.00133
0	0	0.000107	0.00009

**Figura 62.**

*Desplazamientos debido al SD-X Suelo S2-3*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 100% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

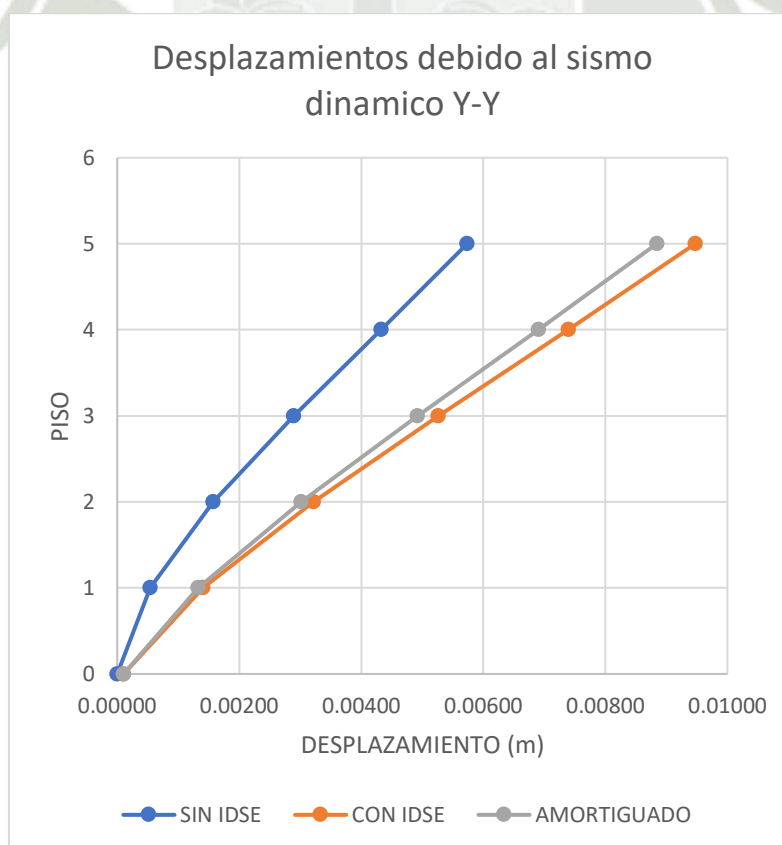
**Tabla 149**

*Desplazamientos en suelo S2-3 eje Y-Y*

Piso	Desplazamientos Y-Y (m)		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00574	0.00947	0.00884
4	0.00433	0.00739	0.00691
3	0.00289	0.00526	0.00493
2	0.00158	0.00322	0.00302
1	0.00054	0.00141	0.00133
0	0	0.000108	0.000104

**Figura 63.**

*Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S2-3*



En el siguiente gráfico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 100% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -6% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

Los resultados muestran que los desplazamientos laterales aumentan de forma significativa cuando se considera la interacción suelo-estructura (ISE) y Amortiguado en comparación con el modelo idealizado con base empotrada. En el caso de suelos tipo S2, el subtipo de suelo S2-2 es el que mantiene un mayor desplazamiento promedio tanto en el eje X-X y Y-Y, con un promedio de 123% en ambos sentidos (con ISE). Este aumento se debe a la flexibilidad introducida por el suelo, que permite pequeñas rotaciones y deformaciones en la base de las columnas, reduciendo la rigidez global del sistema estructural. Cuando se incorporó el amortiguamiento del suelo, los desplazamientos se redujeron levemente un -10% en el eje X-X y -7% en el eje Y-Y, respecto al modelo con ISE no amortiguado, evidenciando la capacidad disipadora de energía que aporta el suelo durante la vibración sísmica.

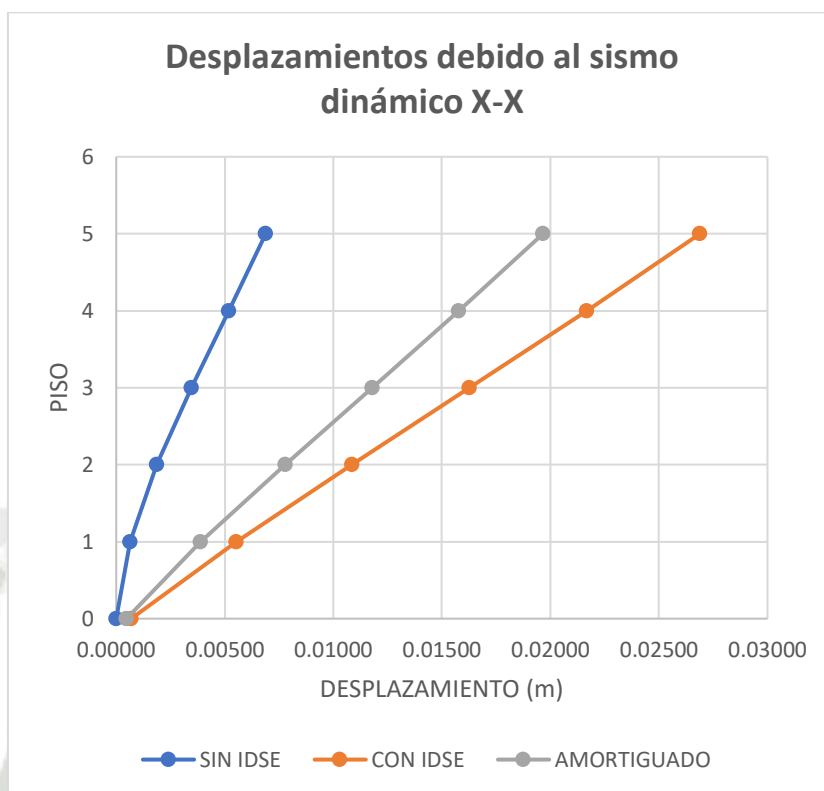
#### 4.8.2 Desplazamientos en suelos S3

**Tabla 150**

*Desplazamientos en suelo S3-1 eje X-X*

Piso	Desplazamientos X-X (m)		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00689	0.02689	0.01966
4	0.00518	0.02166	0.01579
3	0.00346	0.01628	0.01180
2	0.00187	0.01086	0.00780
1	0.00063	0.00552	0.00388
0	0	0.00069	0.00047

**Figura 64.**  
*Desplazamientos debido al SD-X Suelo S3-1*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 447% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -28% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 151**  
*Desplazamientos en suelo S3-1 eje Y-Y*

Piso	Desplazamientos Y-Y (m)		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00669	0.02577	0.02028
4	0.00505	0.02075	0.01636
3	0.00338	0.01558	0.01232
2	0.00184	0.01039	0.00826
1	0.00063	0.00529	0.00425
0	0	0.00076	0.00056

**Figura 65.**  
*Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S3-1*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 432% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -21% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 152**  
*Desplazamientos en suelo S3-2 eje X-X*

Piso	Desplazamientos X-X (m)		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00689	0.02768	0.01978
4	0.00518	0.02232	0.01589
3	0.00346	0.01681	0.01189
2	0.00187	0.01125	0.00788
1	0.00063	0.00577	0.00394
0	0	0.00075	0.0005

**Figura 66.**  
*Desplazamientos debido al SD-X Suelo S3-2*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 467% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -30% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 153**  
*Desplazamientos en suelo S3-2 eje Y-Y*

Piso	Desplazamientos Y-Y (m)		
	S3-2		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
<b>5</b>	0.00669	0.02650	0.02102
<b>4</b>	0.00505	0.02135	0.01698
<b>3</b>	0.00338	0.01606	0.01282
<b>2</b>	0.00184	0.01074	0.00863
<b>1</b>	0.00063	0.00551	0.00449
<b>0</b>	0	0.00081	0.00064

**Figura 67.**  
*Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S3-2*

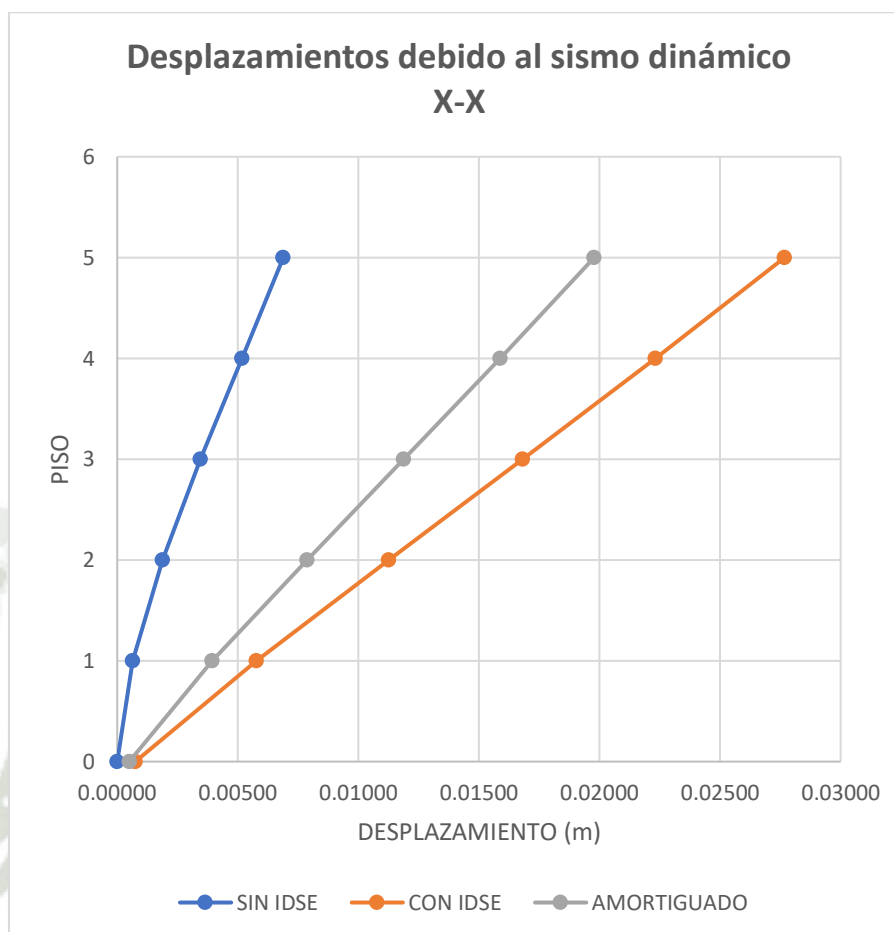


En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 450% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -20% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 154**  
*Desplazamientos en suelo S3-3 eje X-X*

Piso	Desplazamientos X-X (m)		
	S3-3 SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00689	0.02785	0.01873
4	0.00518	0.02246	0.01502
3	0.00346	0.01691	0.01120
2	0.00187	0.01132	0.00738
1	0.00063	0.00579	0.00365
0	0	0.00076	0.00042

**Figura 68.**  
*Desplazamientos debido al SD-X Suelo S3-3*

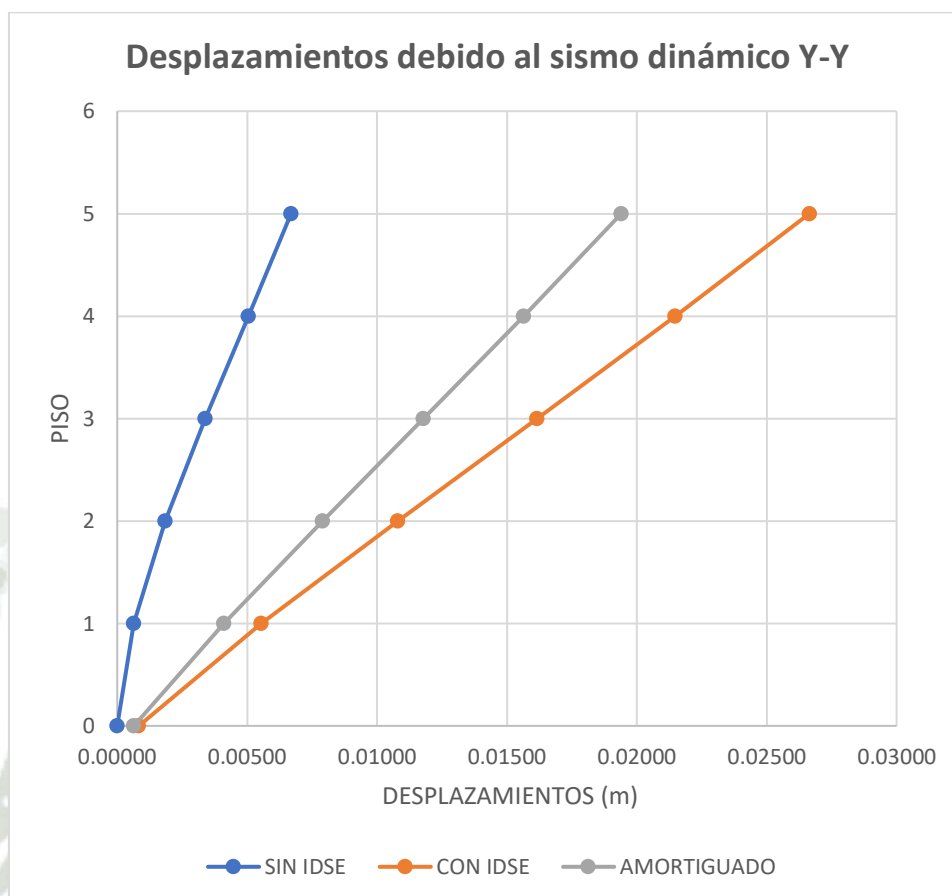


En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 470% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -34% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 155**  
*Desplazamientos en suelo S3-3 eje Y-Y*

Piso	Desplazamientos Y-Y (m)		
	S3-3		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00669	0.02664	0.01940
4	0.00505	0.02147	0.01565
3	0.00338	0.01615	0.01179
2	0.00184	0.01081	0.00791
1	0.00063	0.00554	0.00411
0	0	0.00083	0.00064

**Figura 69.**  
*Desplazamientos debido al SD-Y Suelo S3-3*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 454% en desplazamiento de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo los desplazamientos disminuyen en un promedio -27% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

En suelos tipo S3 (blandos), los desplazamientos fueron considerablemente mayores. Por ejemplo, en el en el subtipo de suelo S3-3 en el eje X-X y Y-Y se obtuvo una variación de desplazamiento promedio de 467% y 450% con ISE. Este comportamiento confirma que la flexibilidad del terreno es un factor determinante en la respuesta lateral, ya que el sistema suelo–cimentación–estructura se comporta como un conjunto acoplado con rigidez reducida. Los modelos con amortiguamiento en suelo S3 mostraron reducciones moderadas (del orden del 20 % al 25 %), lo cual indica que, aunque el

amortiguamiento mejora el desempeño dinámico, no logra compensar completamente la pérdida de rigidez asociada al terreno blando.

En general, los desplazamientos obtenidos se incrementan con la altura de la edificación, alcanzando los valores máximos en el quinto nivel, tal como predicen los modos principales de vibración. Esta tendencia es coherente con la respuesta dinámica esperada para estructuras con muros estructurales bajo cargas sísmicas.

## 4.9 Derivas

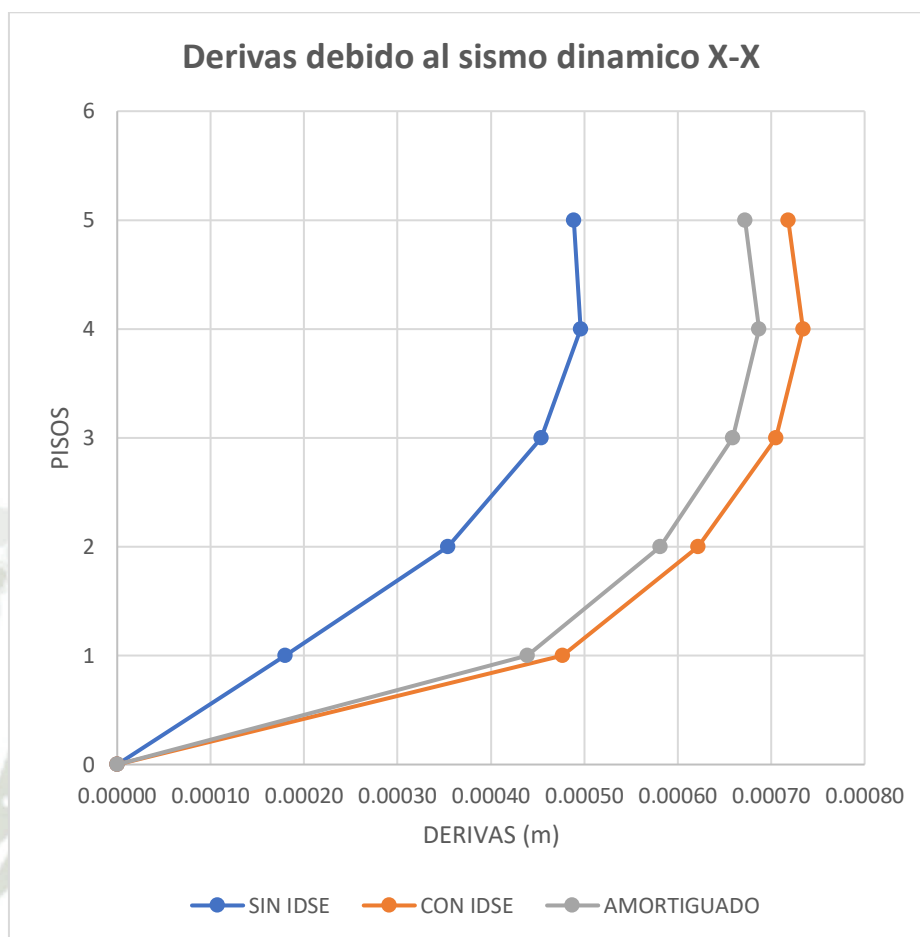
### 4.9.1 Derivas en suelos S2

**Tabla 156**

*Derivas en suelo S2-1 eje X-X*

Piso	Derivas X-X		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00049	0.00072	0.00067
4	0.00050	0.00073	0.00069
3	0.00045	0.00071	0.00066
2	0.00035	0.00062	0.00058
1	0.00018	0.00048	0.00044
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 70.**  
*Derivas debido al SD-X Suelo S2-1*



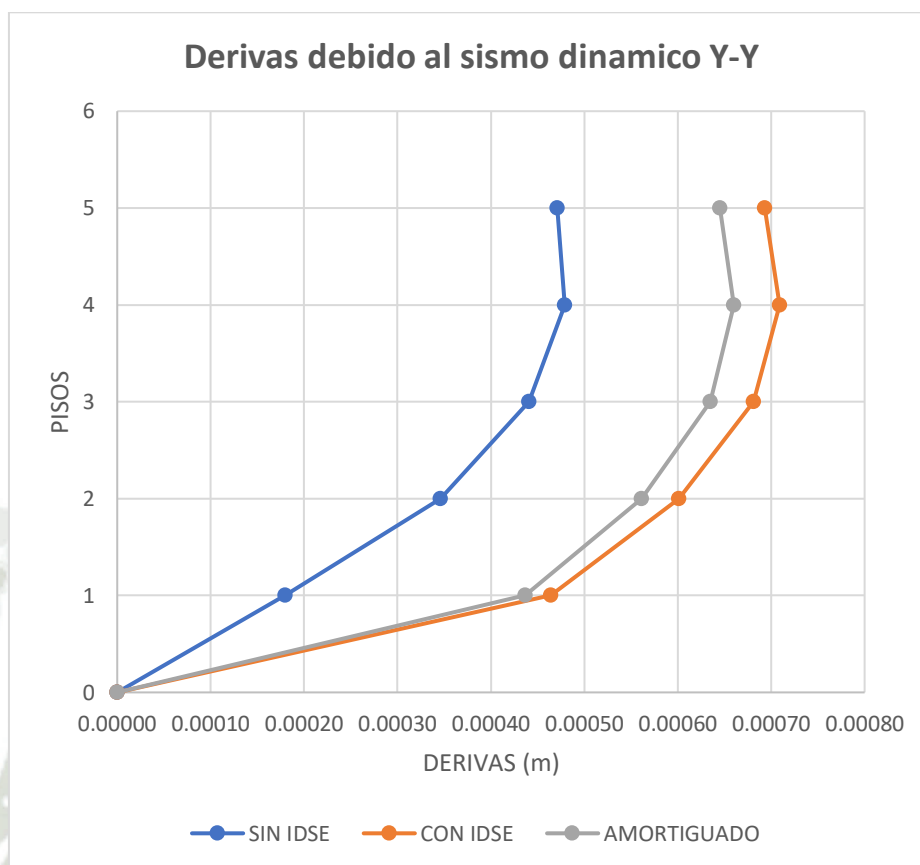
En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 78% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 157**

*Derivas en suelo S2-1 eje Y-Y*

Piso	Derivas Y-Y		
	S2-1		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00047	0.00069	0.00065
4	0.00048	0.00071	0.00066
3	0.00044	0.00068	0.00064
2	0.00035	0.00060	0.00056
1	0.00018	0.00046	0.00044
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 71.**  
*Derivas debido al SD-Y Suelo S2-1*



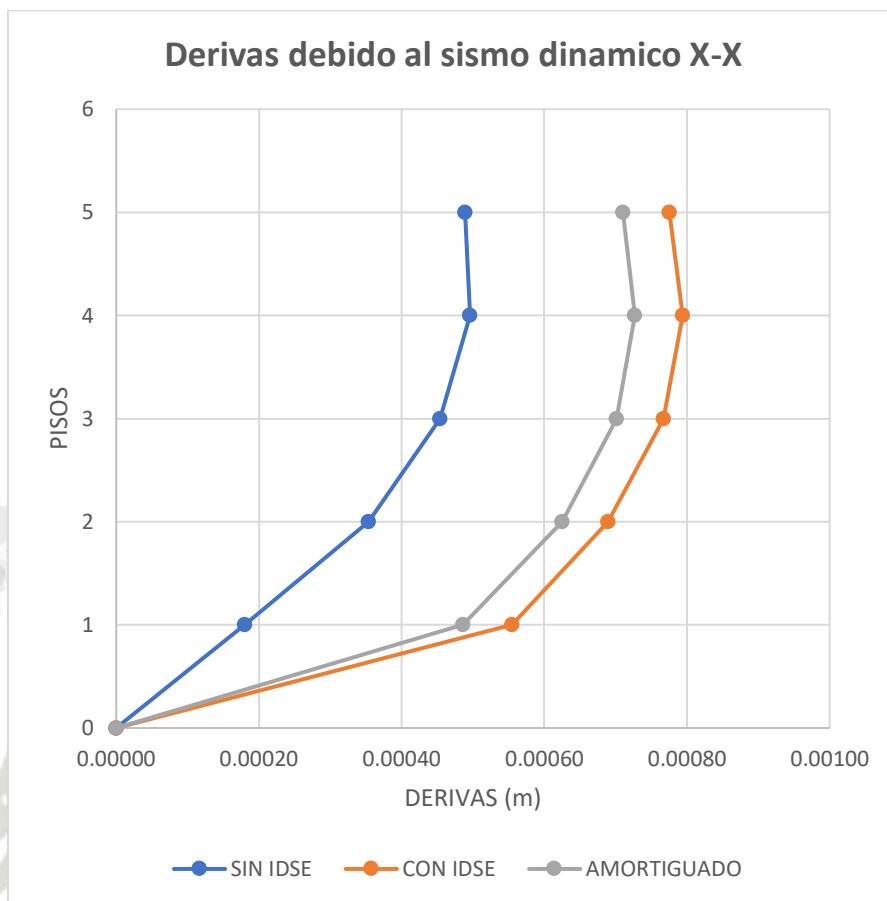
En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 76% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 158**

*Derivas en suelo S2-2 eje X-X*

Piso	Derivas X-X		
	S2-2		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00049	0.00078	0.00071
4	0.00050	0.00079	0.00073
3	0.00045	0.00077	0.00070
2	0.00035	0.00069	0.00063
1	0.00018	0.00056	0.00049
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 72.**  
*Derivas debido al SD-X Suelo S2-2*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 98% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -9% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 159**

*Derivas en suelo S2-2 eje Y-Y*

Piso	Derivas Y-Y		
	S2-2		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00047	0.00076	0.00070
4	0.00048	0.00077	0.00072
3	0.00044	0.00075	0.00069
2	0.00035	0.00067	0.00062
1	0.00018	0.00055	0.00051
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 73.**  
*Derivas debido al SD-Y Suelo S2-2*

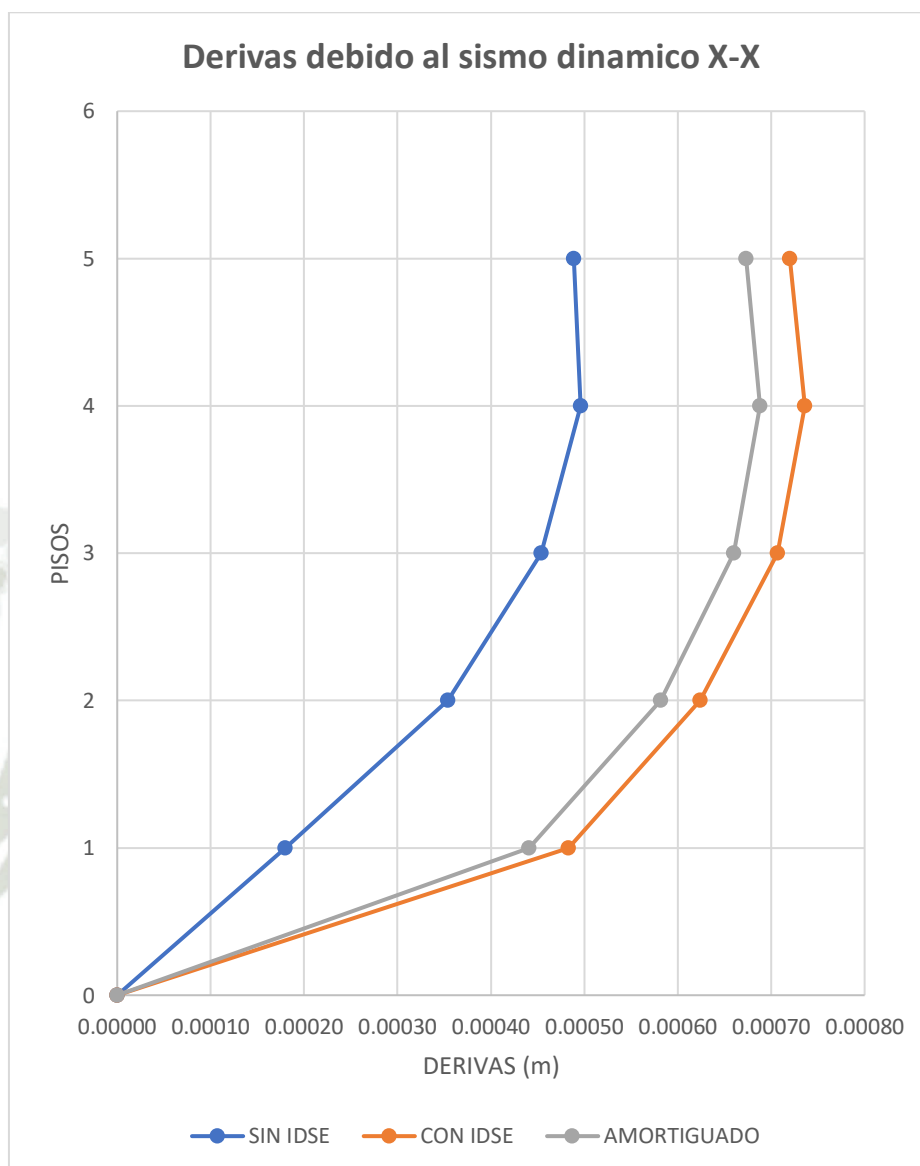


En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 98% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 160**  
*Derivas en suelo S2-3 eje X-X*

Piso	Derivas X-X		
	S2-3		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
<b>5</b>	0.00049	0.00072	0.00067
<b>4</b>	0.00050	0.00074	0.00069
<b>3</b>	0.00045	0.00071	0.00066
<b>2</b>	0.00035	0.00062	0.00058
<b>1</b>	0.00018	0.00048	0.00044
<b>Base</b>	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 74.**  
*Derivas debido al SD-X Suelo S2-3*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 79% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

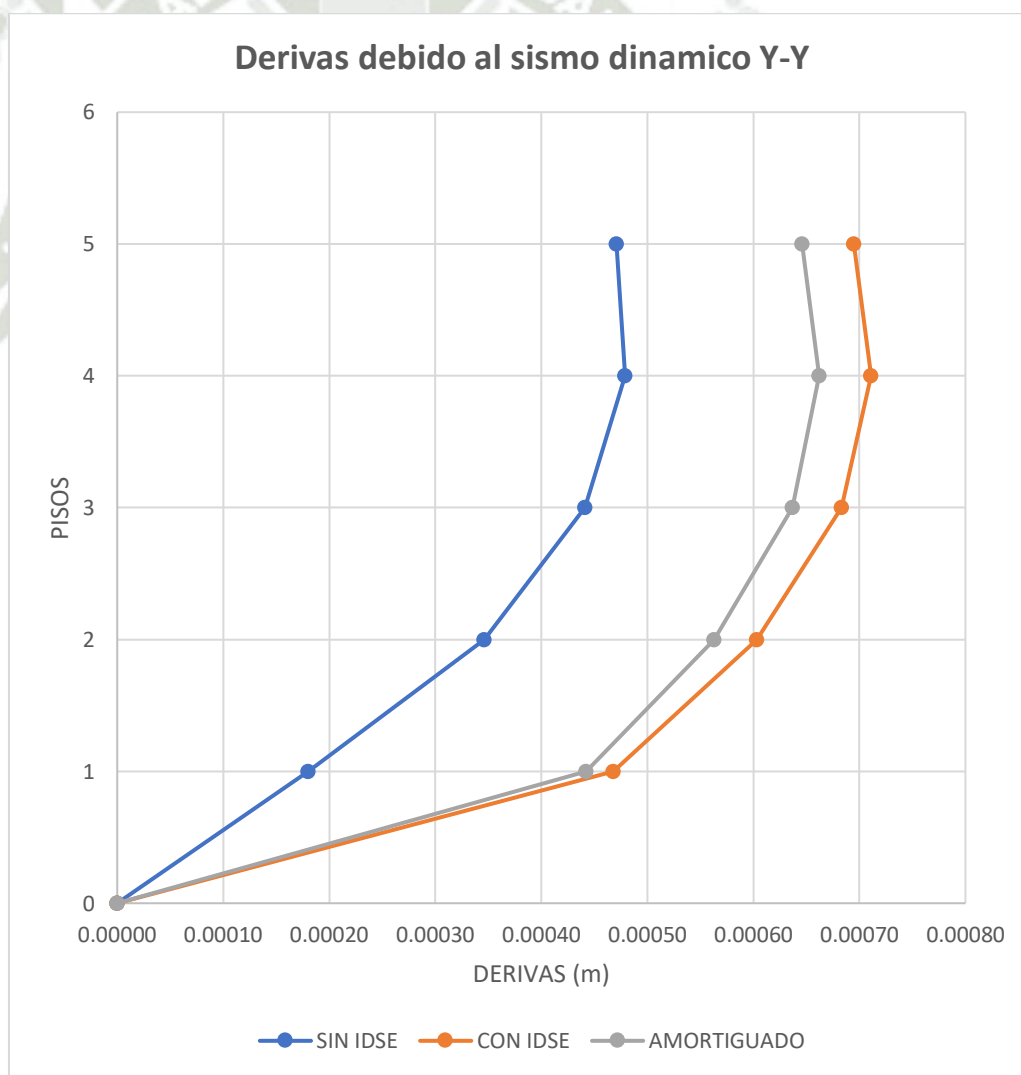
**Tabla 161**

*Derivas en suelo S2-3 eje Y-Y*

Piso	Derivas Y-Y		
	S2-3		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00047	0.00070	0.00065
4	0.00048	0.00071	0.00066
3	0.00044	0.00068	0.00064
2	0.00035	0.00060	0.00056
1	0.00018	0.00047	0.00044
Base	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 75.**

*Derivas debido al SD-Y Suelo S2-3*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 77% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo

empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -7% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

El análisis de las derivas evidencia que las diferencias entre los modelos con y sin ISE también son notorias, aunque en magnitud más controlada que los desplazamientos absolutos.

En los suelos tipo S2, las derivas máximas aumentaron de 0.00049 m (sin ISE) a 0.00078 m (con ISE) en el eje X, lo que representa un incremento del 60 %. Este comportamiento demuestra que la flexibilidad de la base afecta directamente las rotaciones relativas entre pisos, lo cual es relevante para la evaluación del daño estructural y de elementos no estructurales.

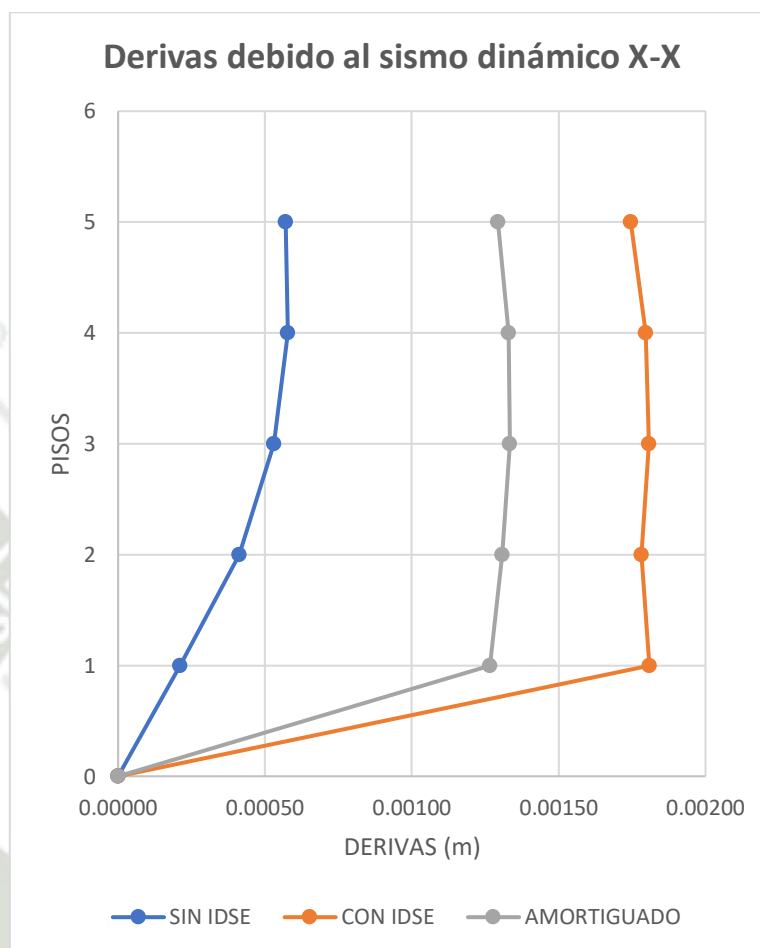
#### 4.9.2 Derivas en suelos S3

**Tabla 162**

*Derivas en suelo S3-1 eje X-X*

Piso	Derivas X-X (m)		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00057	0.00175	0.00129
4	0.00058	0.00180	0.00133
3	0.00053	0.00181	0.00133
2	0.00041	0.00178	0.00131
1	0.00021	0.00181	0.00127
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 76.**  
*Derivas debido al SD-X Suelo S3-1*



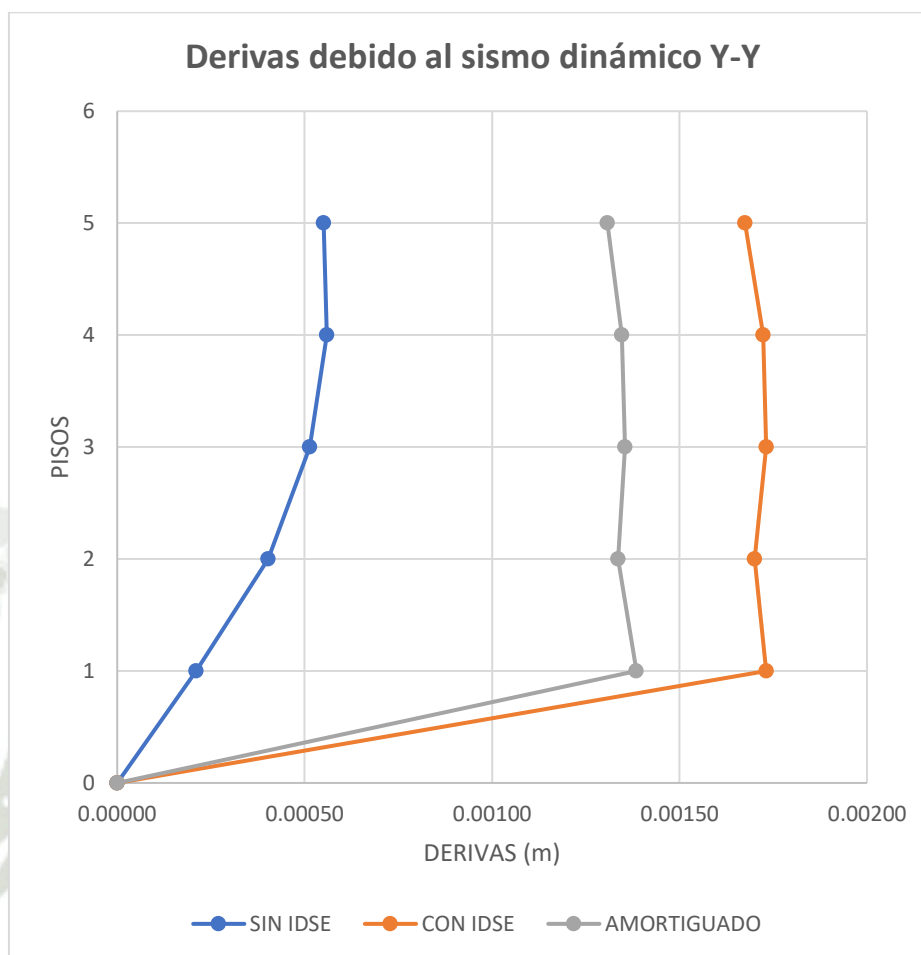
En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 349% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -27% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 163**

*Derivas en suelo S3-1 eje Y-Y*

Piso	Derivas Y-Y (m)		
	S3-1		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00055	0.00168	0.00131
4	0.00056	0.00172	0.00135
3	0.00051	0.00173	0.00136
2	0.00040	0.00170	0.00134
1	0.00021	0.00173	0.00139
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 77.**  
*Derivas debido al SD-Y Suelo S3-1*



En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 339% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -21% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 164**

*Derivas en suelo S3-2 eje X-X*

Piso	Derivas X-X (m)		
	S3-2		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00057	0.00179	0.00130
4	0.00058	0.00184	0.00133
3	0.00053	0.00185	0.00134
2	0.00041	0.00183	0.00131
1	0.00021	0.00190	0.00129
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 78.**  
*Derivas debido al SD-X Suelo S3-2*

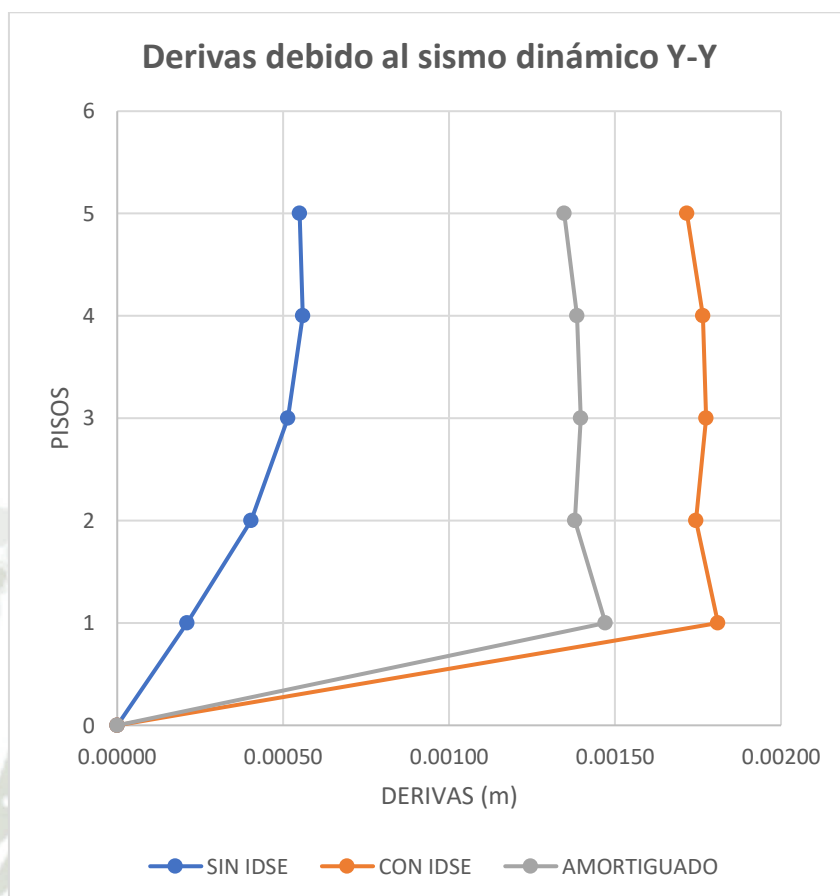


En el siguiente gráfico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 365% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -29% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 165**  
*Derivas en suelo S3-2 eje Y-Y*

Piso	Derivas Y-Y (m)		
	S3-2		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00055	0.00172	0.00135
4	0.00056	0.00177	0.00139
3	0.00051	0.00178	0.00140
2	0.00040	0.00174	0.00138
1	0.00021	0.00181	0.00147
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 79.**  
*Derivas debido al SD-Y Suelo S3-2*



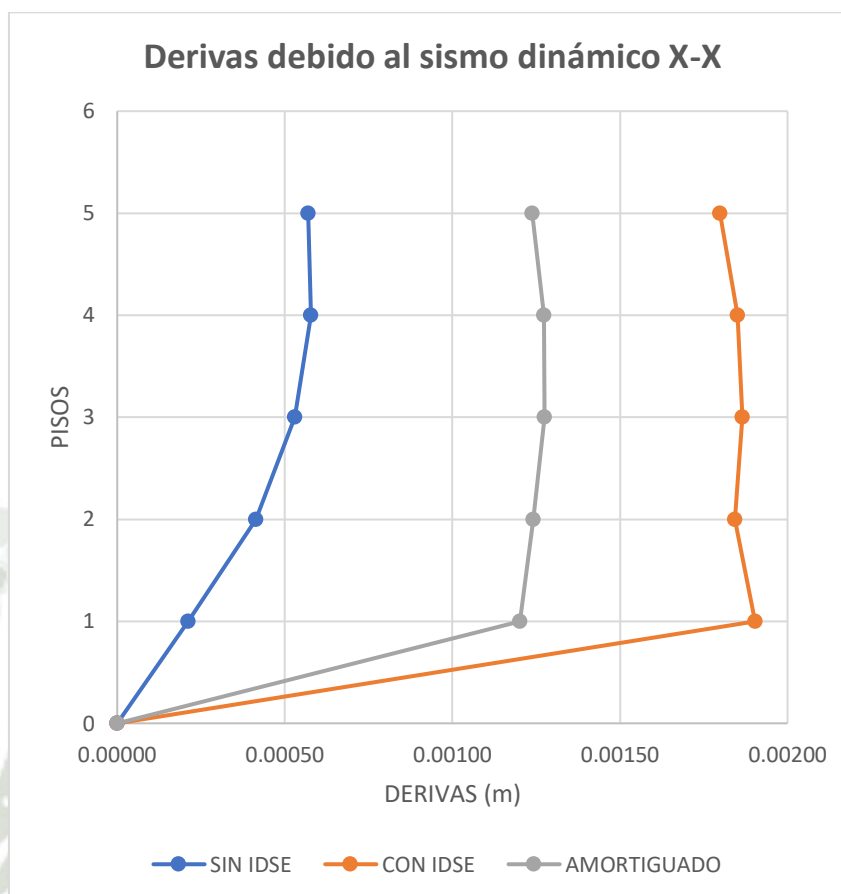
En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 354% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -21% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 166**

*Derivas en suelo S3-3 eje X-X*

Piso	Derivas X-X (m)		
	S3-3		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00057	0.00180	0.00124
4	0.00058	0.00185	0.00127
3	0.00053	0.00187	0.00128
2	0.00041	0.00184	0.00124
1	0.00021	0.00190	0.00120
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 80.**  
*Derivas debido al SD-X Suelo S3-3*



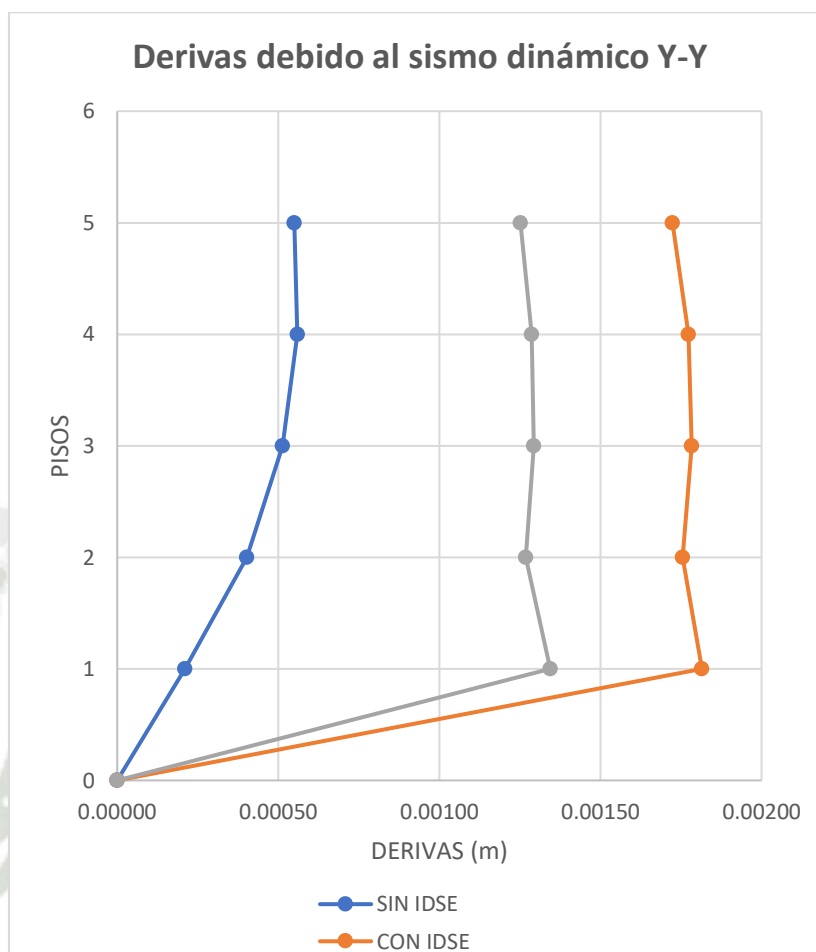
En el siguiente grafico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 367% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -27% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

**Tabla 167**

*Derivas en suelo S3-3 eje Y-Y*

Piso	Derivas Y-Y (m)		
	S3-3		
	SIN ISE	CON ISE	AMORTIGUADO
5	0.00055	0.00172	0.00125
4	0.00056	0.00177	0.00129
3	0.00051	0.00178	0.00129
2	0.00040	0.00176	0.00127
1	0.00021	0.00182	0.00134
0	0.00000	0.00000	0.00000

**Figura 81.**  
*Derivas debido al SD-Y Suelo S3-3*



En el siguiente gráfico se puede apreciar que hay una variación porcentual promedio de 356% en las derivas entre piso de la estructura, respecto al modelo empotrado y con ISE, así como también al considerar el amortiguamiento del suelo las derivas entre piso disminuyen en un promedio -27% respecto modelo ISE sin amortiguamiento.

En suelos S3, los valores de deriva alcanzaron hasta 0.00185 m con ISE, triplicando los obtenidos en el modelo empotrado (0.00057 m). Si bien estos valores se mantienen dentro de los límites normativos establecidos por la Norma E.030 (1/200 o 0.005), el incremento porcentual refleja una mayor demanda de deformación inter-piso y, por tanto, mayor potencial de daño en zonas críticas del pórtico.

La inclusión del amortiguamiento condujo a reducciones promedio del 10 % al 15 % en las derivas, lo cual confirma su efecto favorable en la disipación de

energía. Sin embargo, los resultados muestran que los modelos con ISE amortiguado presentan todavía valores superiores a los modelos empotrados, reafirmando la importancia de considerar esta condición en el diseño estructural realista.

#### 4.10 Cortante en los casos de estudio

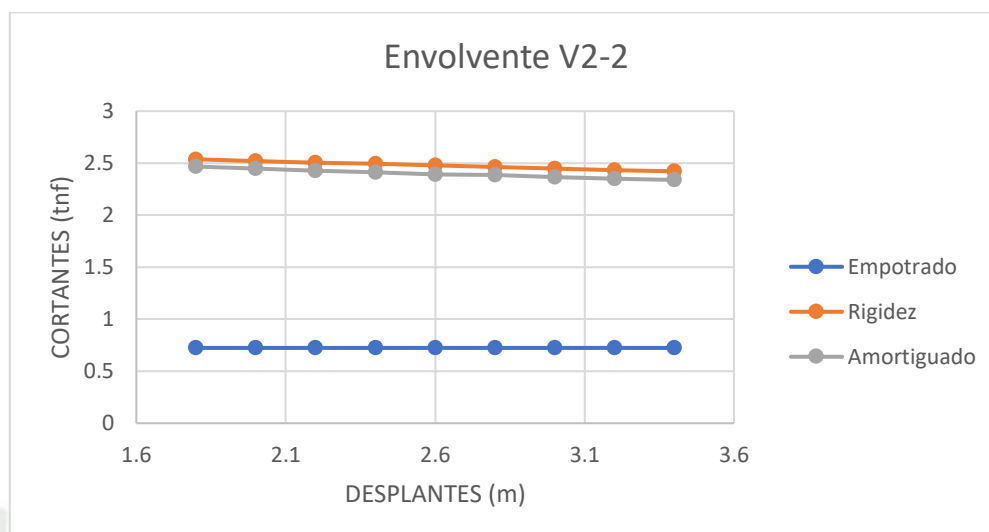
##### 4.10.1 Cortantes en suelos S2-1

**Tabla 168**

*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde)*

<b>CORTANTE V 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	0.724	2.538	2.468
<b>2</b>	0.724	2.522	2.448
<b>2.2</b>	0.724	2.507	2.429
<b>2.4</b>	0.724	2.492	2.413
<b>2.6</b>	0.724	2.477	2.391
<b>2.8</b>	0.724	2.463	2.389
<b>3</b>	0.724	2.449	2.366
<b>3.2</b>	0.724	2.435	2.352
<b>3.4</b>	0.724	2.422	2.339

**Figura 82.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde)*

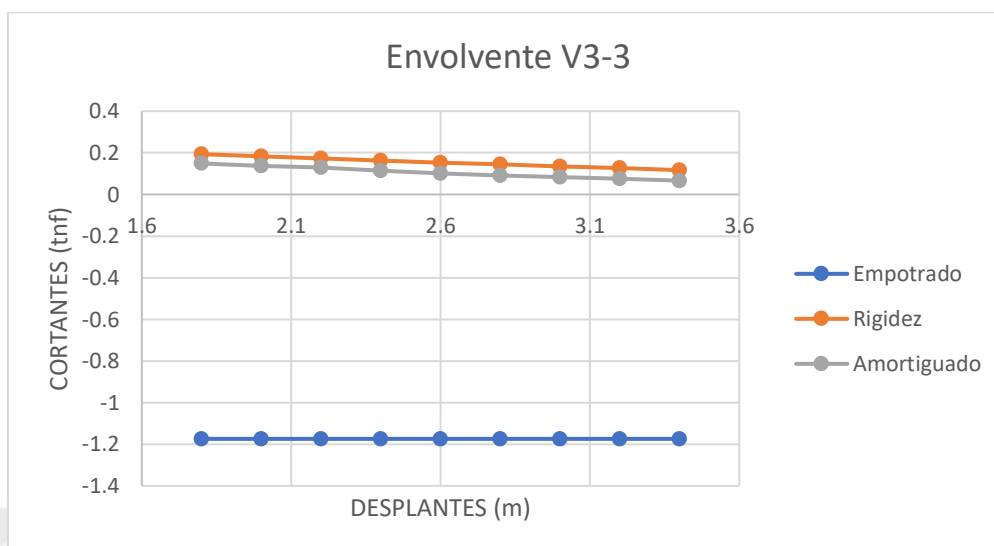


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (242.1) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (231.26) %

**Tabla 169**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	-1.174	0.194	0.149
2	-1.174	0.183	0.137
2.2	-1.174	0.172	0.129
2.4	-1.174	0.163	0.114
2.6	-1.174	0.153	0.102
2.8	-1.174	0.144	0.091
3	-1.174	0.135	0.084
3.2	-1.174	0.126	0.075
3.4	-1.174	0.117	0.066

**Figura 83.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde)*



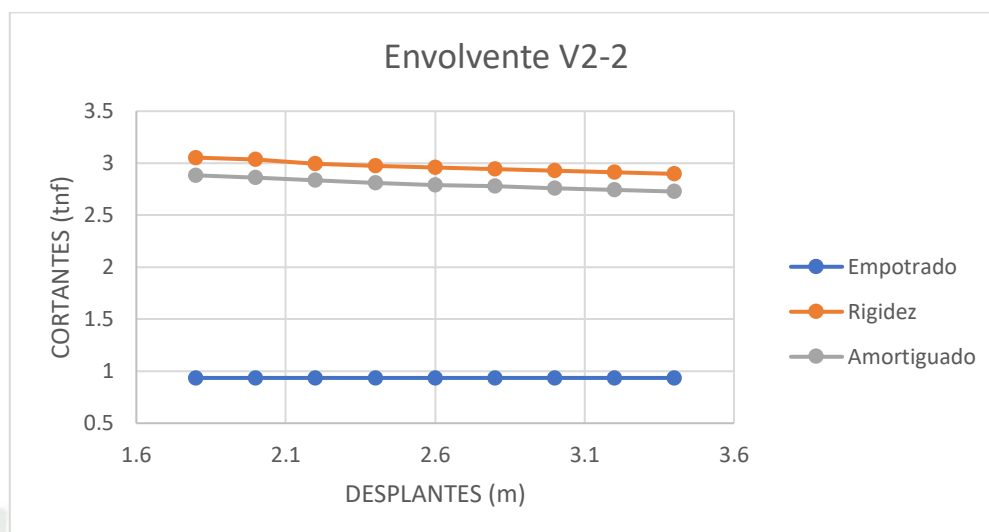
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (113.11) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (108.95) %

**Tabla 170**

*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Central)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.936	3.054	2.883
2	0.936	3.036	2.861
2.2	0.936	2.993	2.837
2.4	0.936	2.976	2.808
2.6	0.936	2.960	2.788
2.8	0.936	2.944	2.779
3	0.936	2.928	2.758
3.2	0.936	2.912	2.742
3.4	0.936	2.897	2.728

**Figura 84.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Central)*



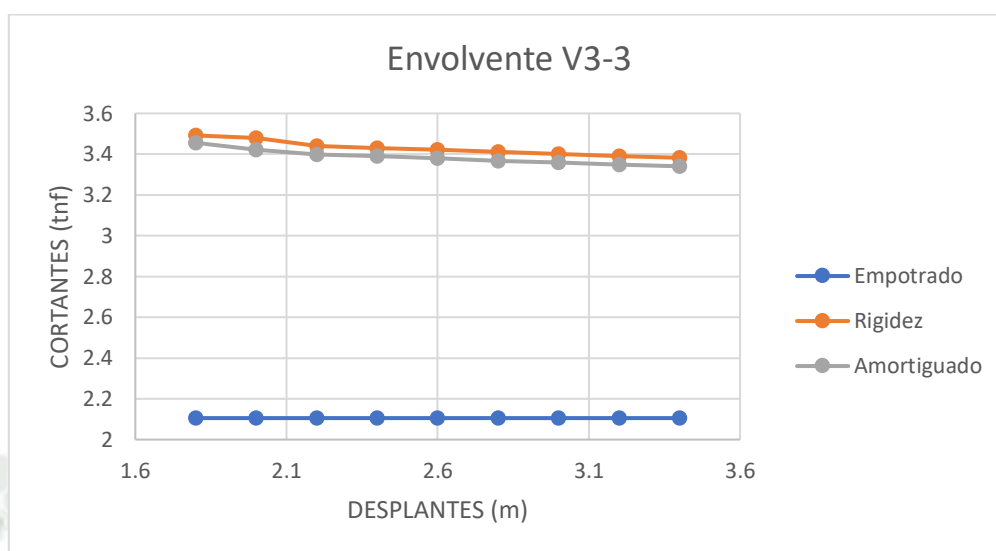
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (217.04) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (199.04) %

**Tabla 171**

*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Central)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	2.105	3.492	3.456
2	2.105	3.481	3.422
2.2	2.105	3.441	3.399
2.4	2.105	3.431	3.391
2.6	2.105	3.421	3.380
2.8	2.105	3.411	3.368
3	2.105	3.401	3.359
3.2	2.105	3.392	3.350
3.4	2.105	3.382	3.341

**Figura 85.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Central)*

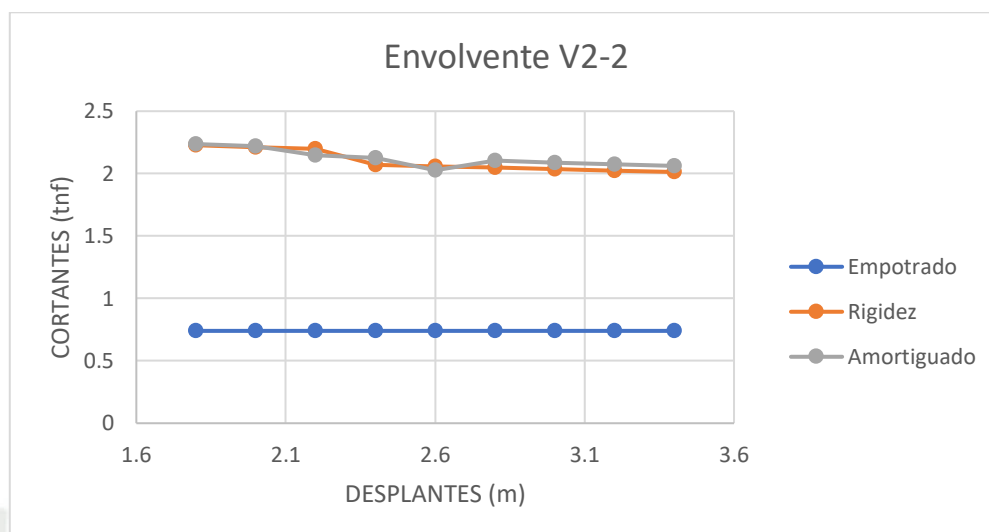


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (62.82) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (60.79) %

**Tabla 172**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.740	2.227	2.237
2	0.740	2.213	2.219
2.2	0.740	2.200	2.149
2.4	0.740	2.071	2.126
2.6	0.740	2.059	2.027
2.8	0.740	2.047	2.102
3	0.740	2.035	2.087
3.2	0.740	2.024	2.075
3.4	0.740	2.013	2.064

**Figura 86.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*

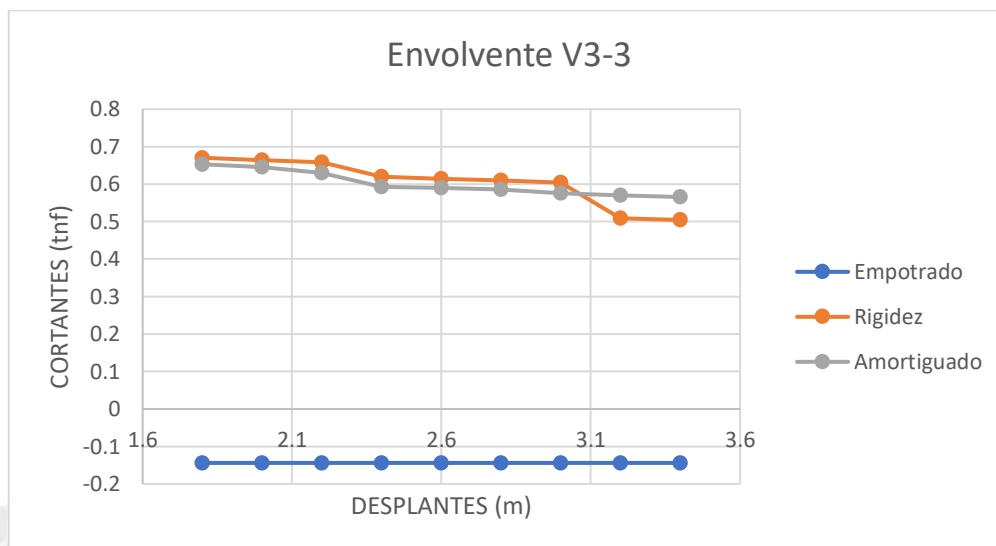


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (183.63) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (186.56) %

**Tabla 173**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*

<b>CORTANTE V 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	-0.144	0.670	0.653
<b>2</b>	-0.144	0.664	0.646
<b>2.2</b>	-0.144	0.658	0.629
<b>2.4</b>	-0.144	0.620	0.593
<b>2.6</b>	-0.144	0.615	0.590
<b>2.8</b>	-0.144	0.609	0.585
<b>3</b>	-0.144	0.604	0.576
<b>3.2</b>	-0.144	0.509	0.571
<b>3.4</b>	-0.144	0.504	0.566

**Figura 87.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*



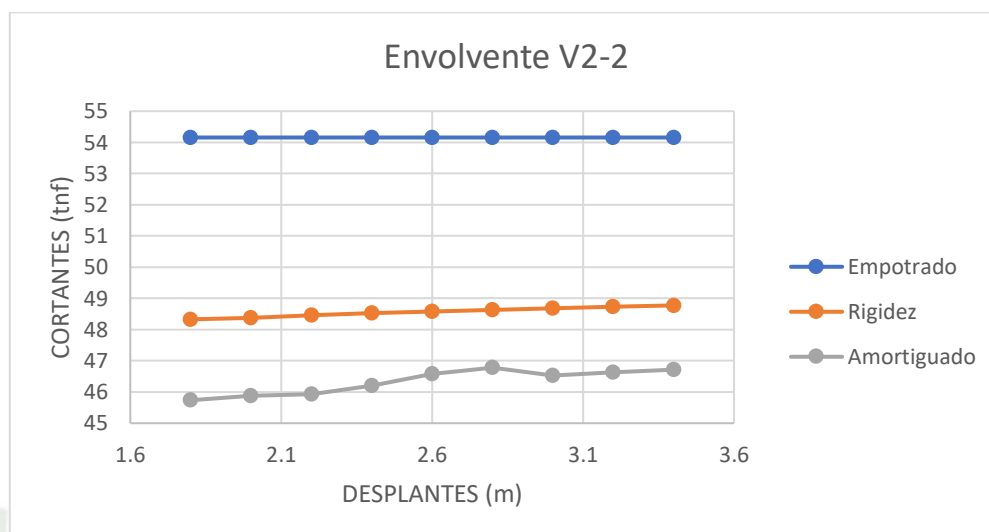
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (520.87) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (517.31) %

**Tabla 174**

*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Placa G)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	54.158	48.330	45.737
2	54.158	48.378	45.885
2.2	54.158	48.462	45.936
2.4	54.158	48.525	46.196
2.6	54.158	48.575	46.574
2.8	54.158	48.625	46.781
3	54.158	48.676	46.527
3.2	54.158	48.726	46.624
3.4	54.158	48.777	46.717

**Figura 88.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-1 (Placa G)*

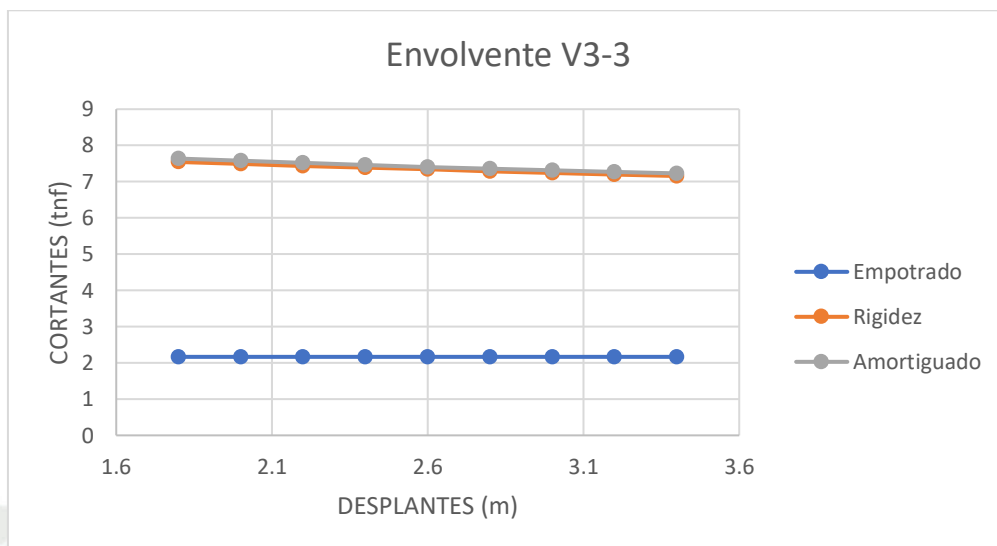


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (10.33) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (14.45) %

**Tabla 175**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Placa G)*

<b>CORTANTE V 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.167	7.544	7.638
<b>2</b>	2.167	7.486	7.574
<b>2.2</b>	2.167	7.435	7.517
<b>2.4</b>	2.167	7.386	7.463
<b>2.6</b>	2.167	7.337	7.405
<b>2.8</b>	2.167	7.289	7.357
<b>3</b>	2.167	7.244	7.316
<b>3.2</b>	2.167	7.199	7.271
<b>3.4</b>	2.167	7.156	7.229

**Figura 89.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-1 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (238.88) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (242.44) %

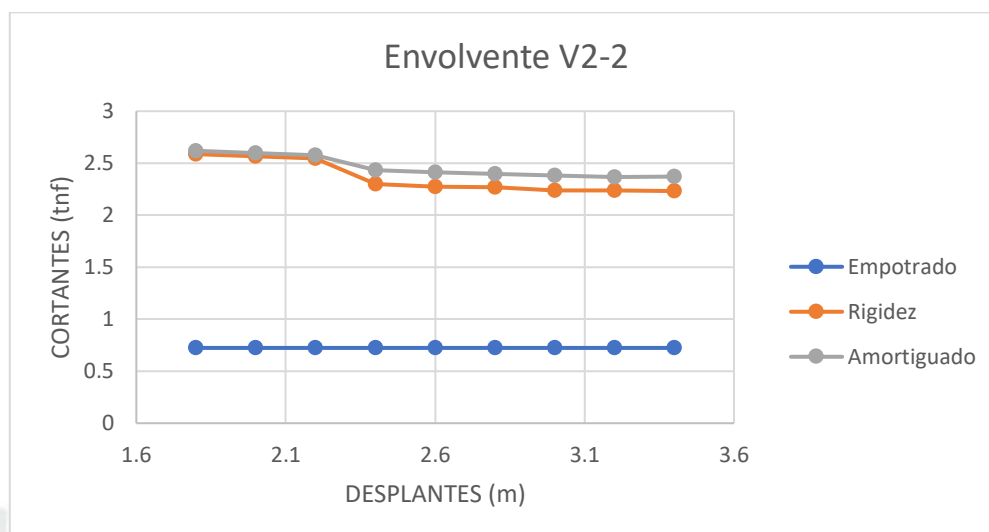
#### 4.10.2 Cortantes en suelos S2-2

**Tabla 176**

*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Borde)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.724	2.587	2.620
2	0.724	2.567	2.597
2.2	0.724	2.547	2.575
2.4	0.724	2.298	2.431
2.6	0.724	2.276	2.413
2.8	0.724	2.268	2.396
3	0.724	2.240	2.382
3.2	0.724	2.237	2.367
3.4	0.724	2.232	2.370

**Figura 90.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna de borde)*

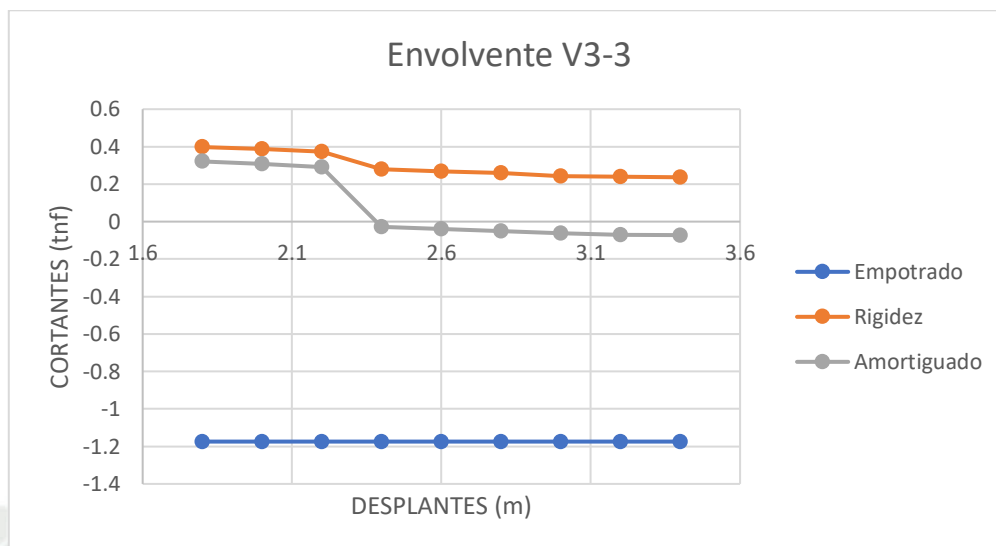


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (226.03) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (239.78) %

**Tabla 177**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Borde)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	-1.174	0.398	0.321
2	-1.174	0.387	0.307
2.2	-1.174	0.374	0.292
2.4	-1.174	0.280	-0.028
2.6	-1.174	0.270	-0.040
2.8	-1.174	0.260	-0.051
3	-1.174	0.242	-0.061
3.2	-1.174	0.240	-0.071
3.4	-1.174	0.237	-0.072

**Figura 91.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna de borde)*

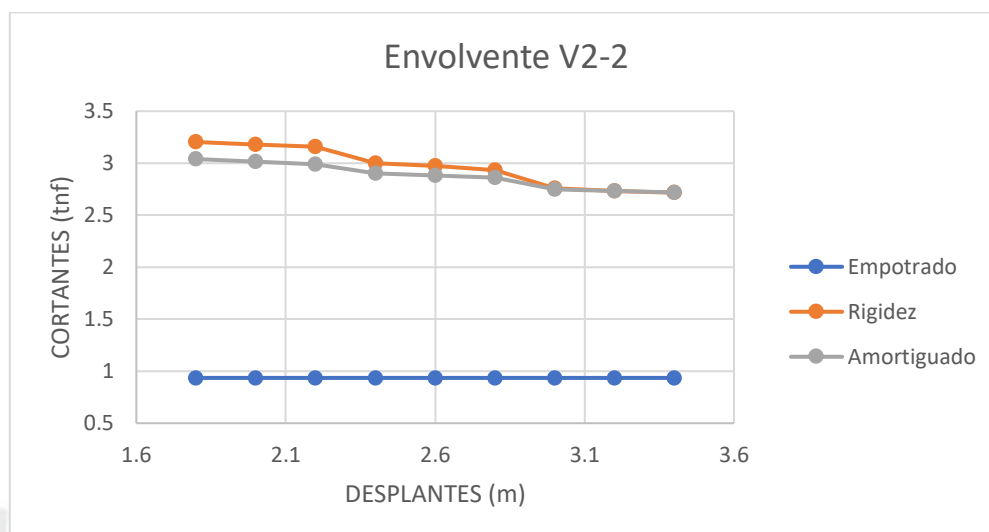


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (125.43) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (105.65) %

**Tabla 178**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Central)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.936	3.204	3.040
2	0.936	3.181	3.014
2.2	0.936	3.157	2.989
2.4	0.936	3.000	2.901
2.6	0.936	2.976	2.880
2.8	0.936	2.932	2.860
3	0.936	2.756	2.749
3.2	0.936	2.733	2.731
3.4	0.936	2.717	2.719

**Figura 92.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna central)*

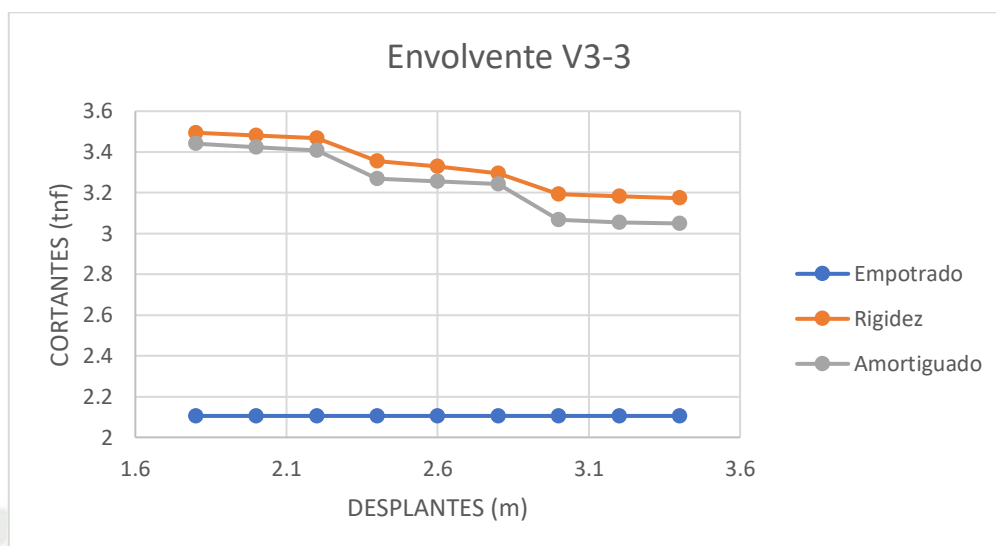


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (216.52) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (207.35) %

**Tabla 179**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Central)*

<b>CORTANTE V 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.105	3.494	3.441
<b>2</b>	2.105	3.482	3.424
<b>2.2</b>	2.105	3.469	3.408
<b>2.4</b>	2.105	3.354	3.270
<b>2.6</b>	2.105	3.329	3.256
<b>2.8</b>	2.105	3.296	3.242
<b>3</b>	2.105	3.194	3.066
<b>3.2</b>	2.105	3.182	3.055
<b>3.4</b>	2.105	3.173	3.049

**Figura 93.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna central)*

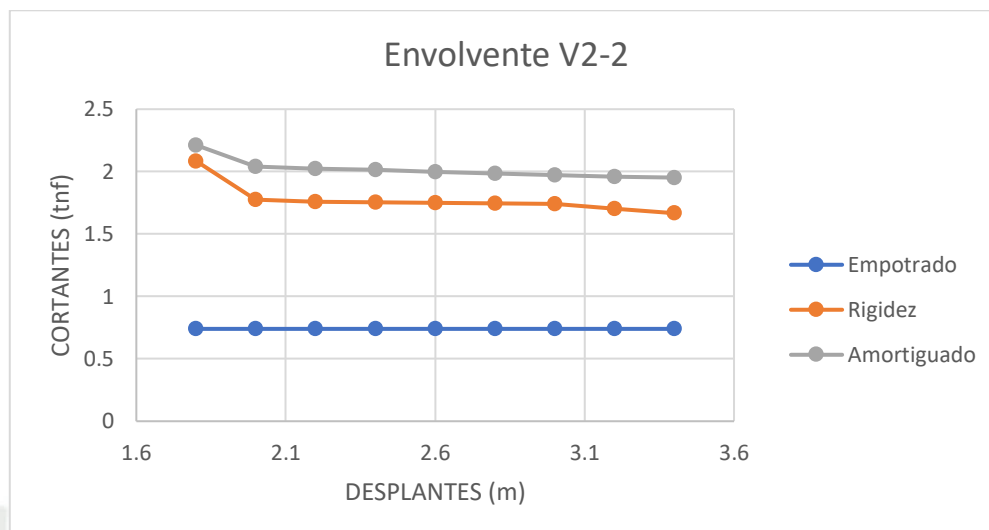


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (58.19) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (54.17) %

**Tabla 180**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.740	2.085	2.212
2	0.740	1.773	2.039
2.2	0.740	1.758	2.022
2.4	0.740	1.754	2.013
2.6	0.740	1.750	1.998
2.8	0.740	1.746	1.983
3	0.740	1.743	1.972
3.2	0.740	1.705	1.959
3.4	0.740	1.667	1.952

**Figura 94.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*

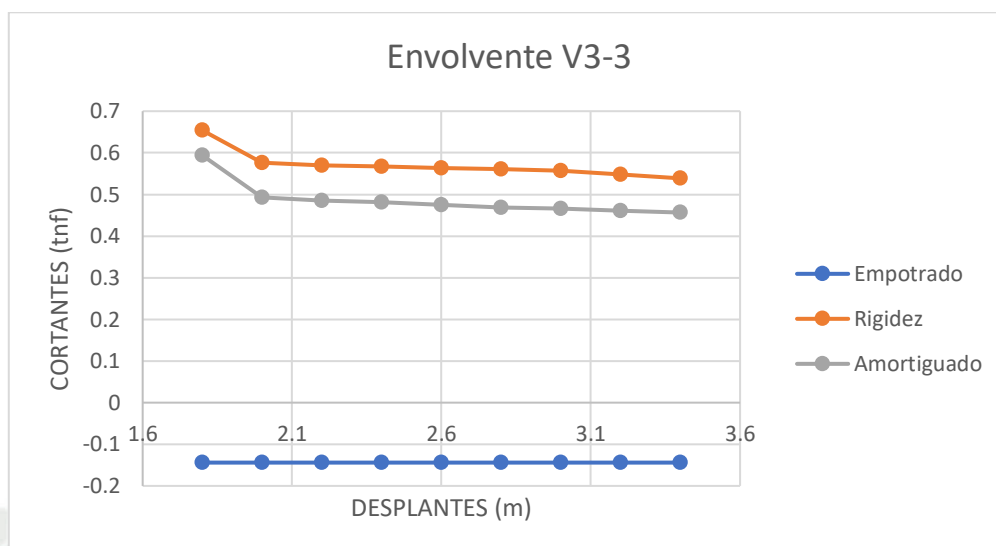


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (139.95) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (172.53) %

**Tabla 181**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	-0.144	0.654	0.594
2	-0.144	0.577	0.493
2.2	-0.144	0.571	0.485
2.4	-0.144	0.567	0.482
2.6	-0.144	0.564	0.475
2.8	-0.144	0.560	0.469
3	-0.144	0.557	0.466
3.2	-0.144	0.548	0.460
3.4	-0.144	0.539	0.457

**Figura 95.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*



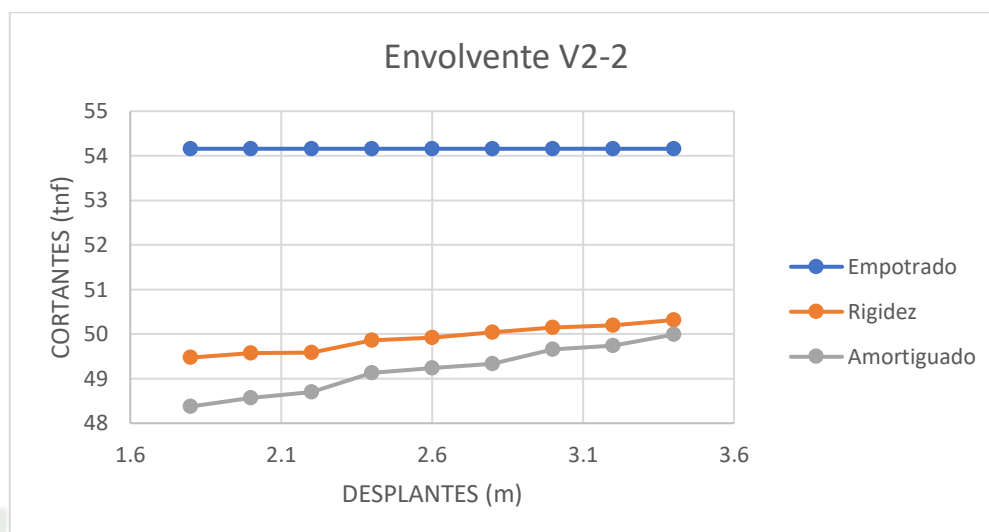
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (496.25) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (438.00) %

**Tabla 182**

*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Placa G)*

<b>CORTANTE V 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	54.158	49.472	48.376
<b>2</b>	54.158	49.571	48.566
<b>2.2</b>	54.158	49.585	48.699
<b>2.4</b>	54.158	49.860	49.127
<b>2.6</b>	54.158	49.916	49.237
<b>2.8</b>	54.158	50.034	49.338
<b>3</b>	54.158	50.152	49.653
<b>3.2</b>	54.158	50.199	49.740
<b>3.4</b>	54.158	50.317	49.989

**Figura 96.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-2 (Placa G)*

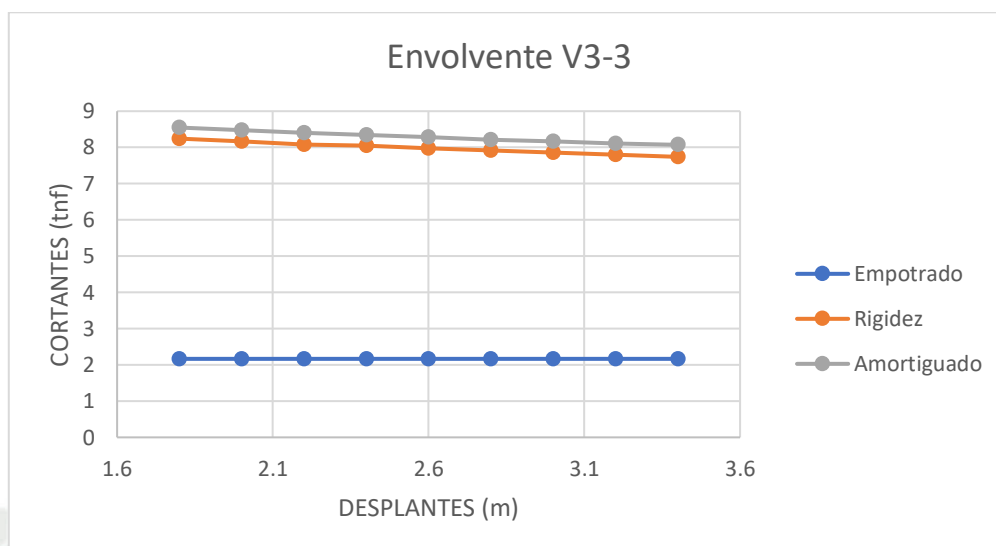


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (7.89) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (9.17) %

**Tabla 183**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Placa G)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	2.167	8.243	8.549
2	2.167	8.164	8.471
2.2	2.167	8.085	8.396
2.4	2.167	8.046	8.345
2.6	2.167	7.980	8.279
2.8	2.167	7.921	8.217
3	2.167	7.861	8.168
3.2	2.167	7.799	8.111
3.4	2.167	7.740	8.072

**Figura 97.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-2 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (268.43) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (282.63) %

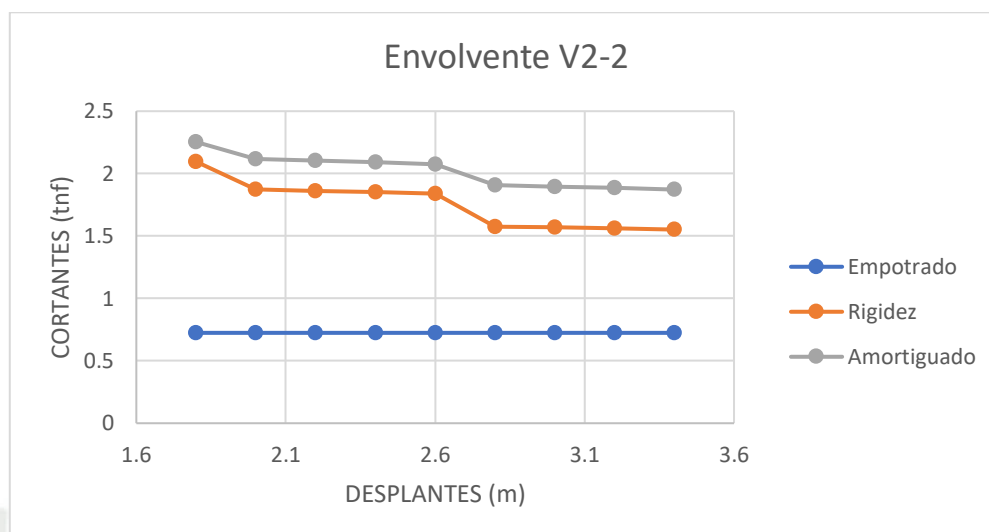
#### 4.10.3 Cortantes en suelos S2-3

**Tabla 184**

*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.724	2.096	2.253
2	0.724	1.875	2.119
2.2	0.724	1.861	2.103
2.4	0.724	1.853	2.091
2.6	0.724	1.841	2.076
2.8	0.724	1.576	1.907
3	0.724	1.569	1.895
3.2	0.724	1.561	1.887
3.4	0.724	1.552	1.872

**Figura 98.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde)*

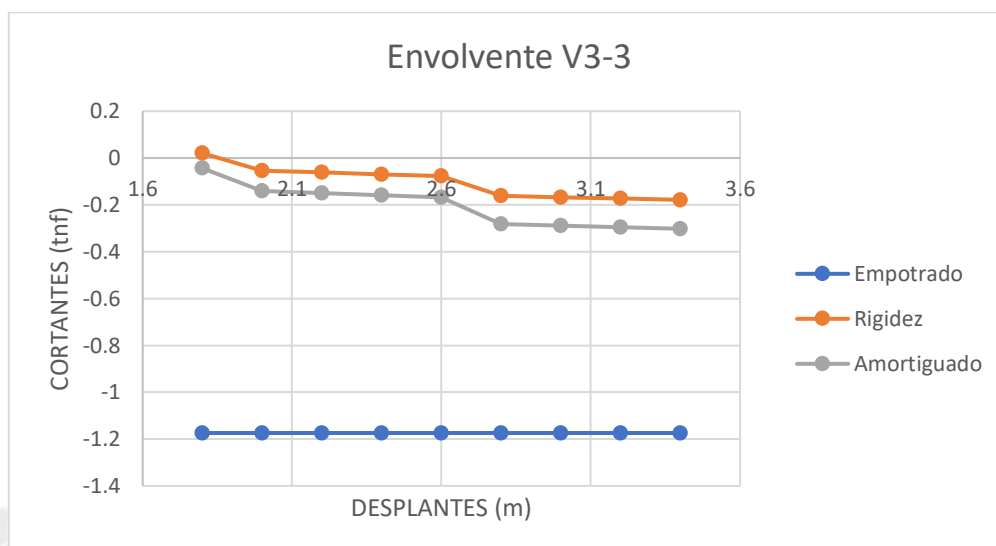


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (142.12) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (179.24) %

**Tabla 185**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	-1.174	0.021	-0.044
2	-1.174	-0.054	-0.141
2.2	-1.174	-0.061	-0.151
2.4	-1.174	-0.070	-0.160
2.6	-1.174	-0.076	-0.168
2.8	-1.174	-0.160	-0.283
3	-1.174	-0.169	-0.289
3.2	-1.174	-0.173	-0.296
3.4	-1.174	-0.178	-0.302

**Figura 99.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde)*

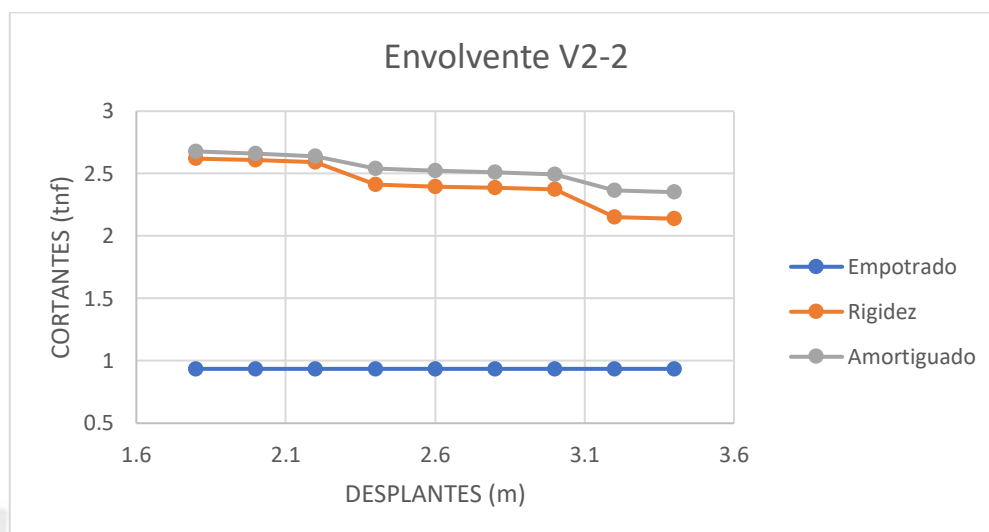


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (91.29) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (82.65) %

**Tabla 186**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Central)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.936	2.620	2.678
2	0.936	2.608	2.660
2.2	0.936	2.590	2.640
2.4	0.936	2.412	2.538
2.6	0.936	2.396	2.521
2.8	0.936	2.388	2.510
3	0.936	2.373	2.495
3.2	0.936	2.152	2.366
3.4	0.936	2.139	2.351

**Figura 100.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Central)*

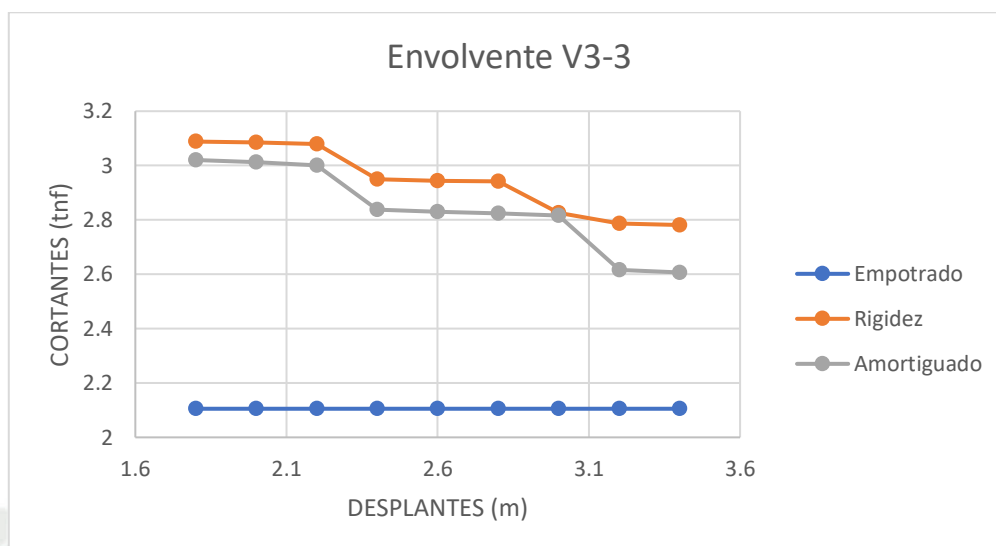


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (157.41) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (170.27) %

**Tabla 187**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Central)*

<b>CORTANTE V 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.105	3.088	3.020
<b>2</b>	2.105	3.086	3.012
<b>2.2</b>	2.105	3.078	3.001
<b>2.4</b>	2.105	2.950	2.839
<b>2.6</b>	2.105	2.943	2.829
<b>2.8</b>	2.105	2.943	2.825
<b>3</b>	2.105	2.825	2.816
<b>3.2</b>	2.105	2.786	2.617
<b>3.4</b>	2.105	2.781	2.607

**Figura 101.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Central)*

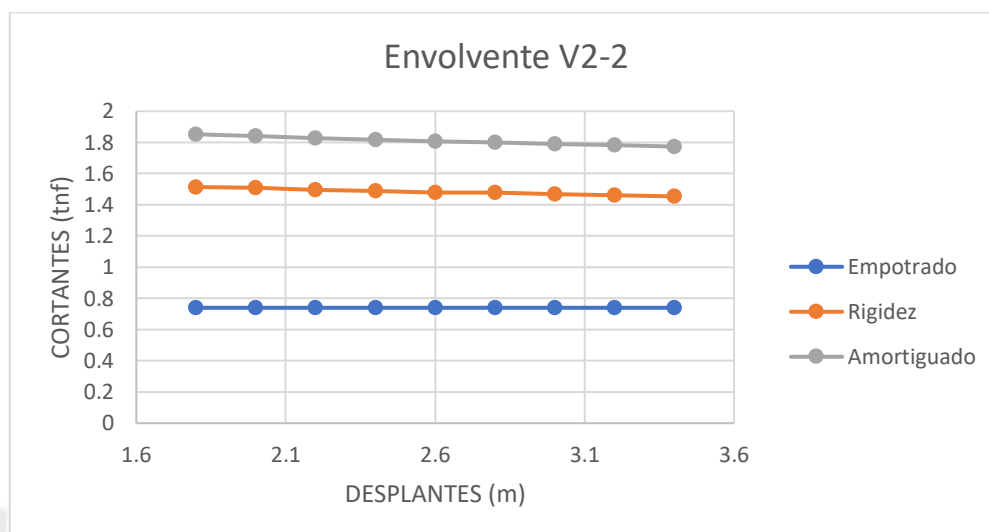


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (39.76) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (34.93) %

**Tabla 188**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	0.740	1.514	1.852
2	0.740	1.509	1.842
2.2	0.740	1.497	1.828
2.4	0.740	1.490	1.818
2.6	0.740	1.479	1.806
2.8	0.740	1.477	1.799
3	0.740	1.468	1.788
3.2	0.740	1.463	1.781
3.4	0.740	1.454	1.773

**Figura 102.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

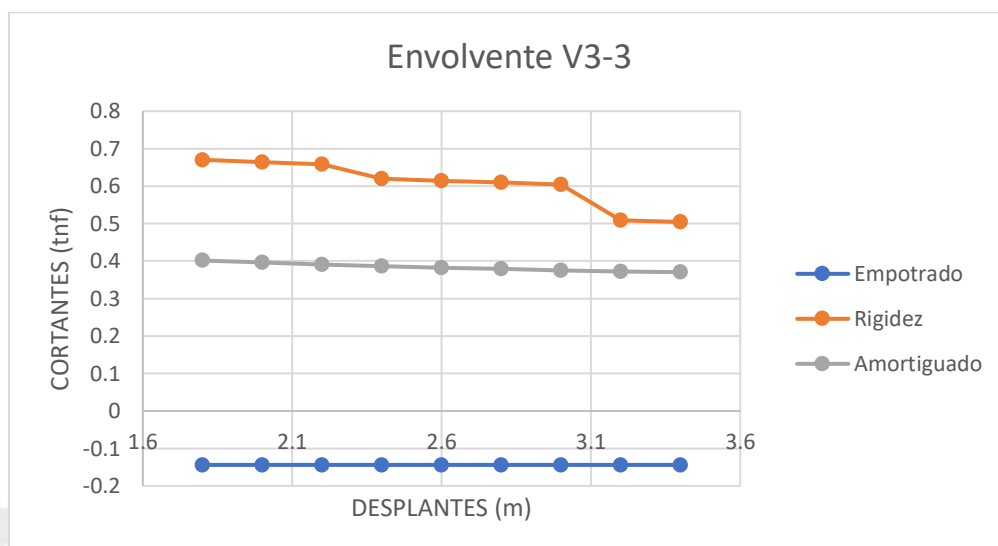


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (100.46) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (144.56) %

**Tabla 189**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	-0.144	0.479	0.402
2	-0.144	0.476	0.396
2.2	-0.144	0.472	0.391
2.4	-0.144	0.469	0.387
2.6	-0.144	0.465	0.382
2.8	-0.144	0.462	0.379
3	-0.144	0.458	0.374
3.2	-0.144	0.456	0.373
3.4	-0.144	0.452	0.370

**Figura 103.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

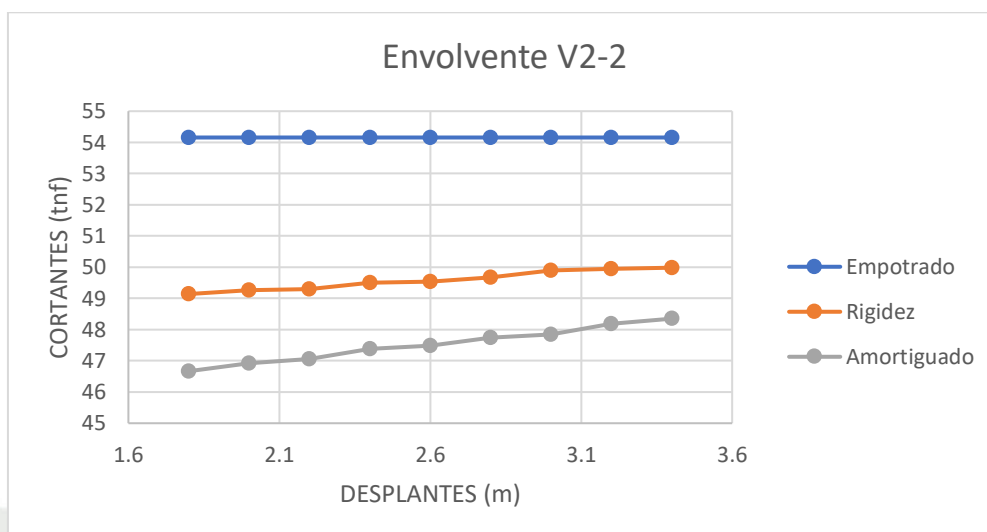


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (423.19) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (366.49) %

**Tabla 190**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Placa G)*

CORTANTE V 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	54.158	49.140	46.668
2	54.158	49.261	46.929
2.2	54.158	49.302	47.062
2.4	54.158	49.497	47.381
2.6	54.158	49.539	47.495
2.8	54.158	49.675	47.743
3	54.158	49.901	47.842
3.2	54.158	49.943	48.185
3.4	54.158	49.984	48.351

**Figura 104.**  
*Cortante V2-2 en suelo S2-3 (Placa G)*

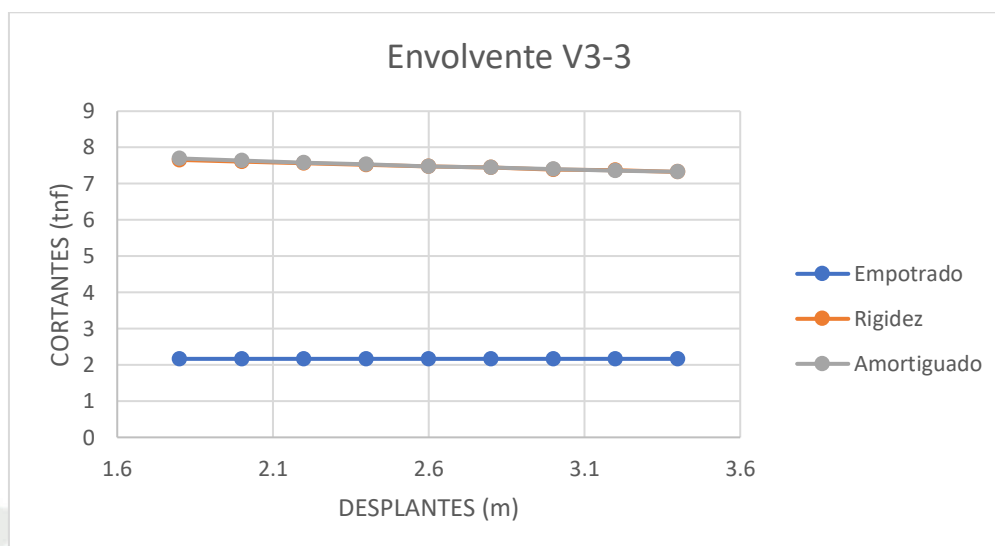


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (8.45) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (12.26) %

**Tabla 191**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Placa G)*

CORTANTE V 3-3 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	2.167	7.656	7.697
2	2.167	7.614	7.642
2.2	2.167	7.558	7.581
2.4	2.167	7.522	7.534
2.6	2.167	7.471	7.481
2.8	2.167	7.442	7.444
3	2.167	7.384	7.396
3.2	2.167	7.369	7.363
3.4	2.167	7.324	7.329

**Figura 105.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (245.35) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (246.01) %

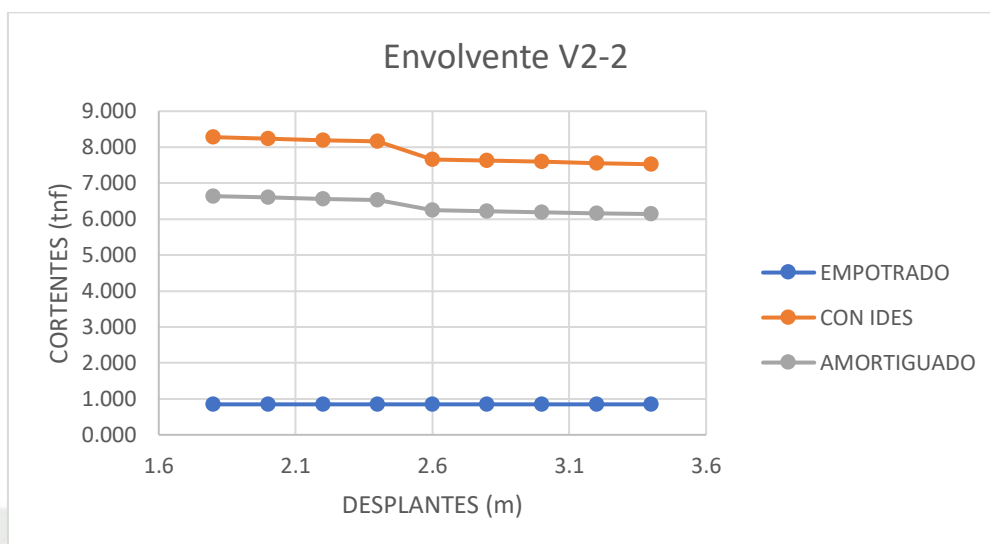
#### 4.10.4 Cortantes en suelos S3-1

**Tabla 192**

*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON RIDES	AMORTIGUADO
1.8	0.848	8.278	6.638
2	0.848	8.237	6.600
2.2	0.848	8.197	6.565
2.4	0.848	8.158	6.534
2.6	0.848	7.658	6.248
2.8	0.848	7.626	6.219
3	0.848	7.594	6.192
3.2	0.848	7.558	6.165
3.4	0.848	7.525	6.140

**Figura 106.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

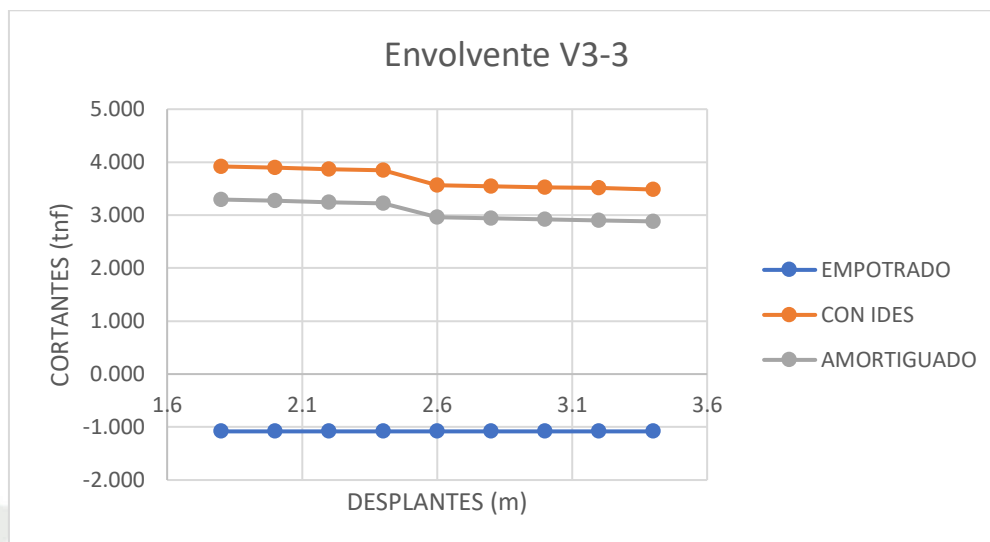


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (828.17) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (650.90) %

**Tabla 193**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	-1.082	3.919	3.295
2	-1.082	3.894	3.268
2.2	-1.082	3.870	3.243
2.4	-1.082	3.847	3.220
2.6	-1.082	3.563	2.961
2.8	-1.082	3.542	2.940
3	-1.082	3.522	2.920
3.2	-1.082	3.517	2.901
3.4	-1.082	3.484	2.882

**Figura 107.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

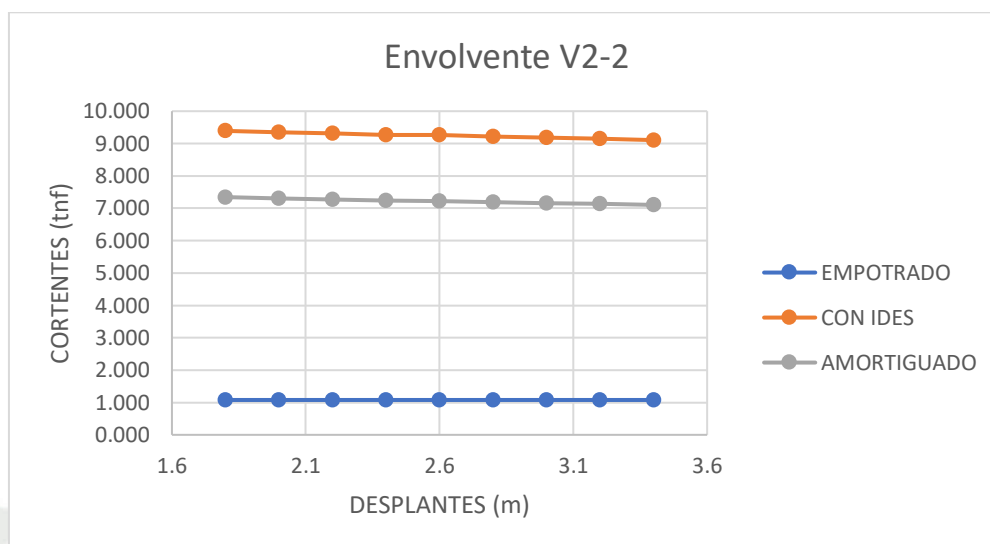


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (440.67) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (383.86) %

**Tabla 194**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	1.077	9.392	7.346
2	1.077	9.349	7.307
2.2	1.077	9.307	7.270
2.4	1.077	9.266	7.239
2.6	1.077	9.257	7.222
2.8	1.077	9.221	7.191
3	1.077	9.186	7.161
3.2	1.077	9.144	7.132
3.4	1.077	9.107	7.104

**Figura 108.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

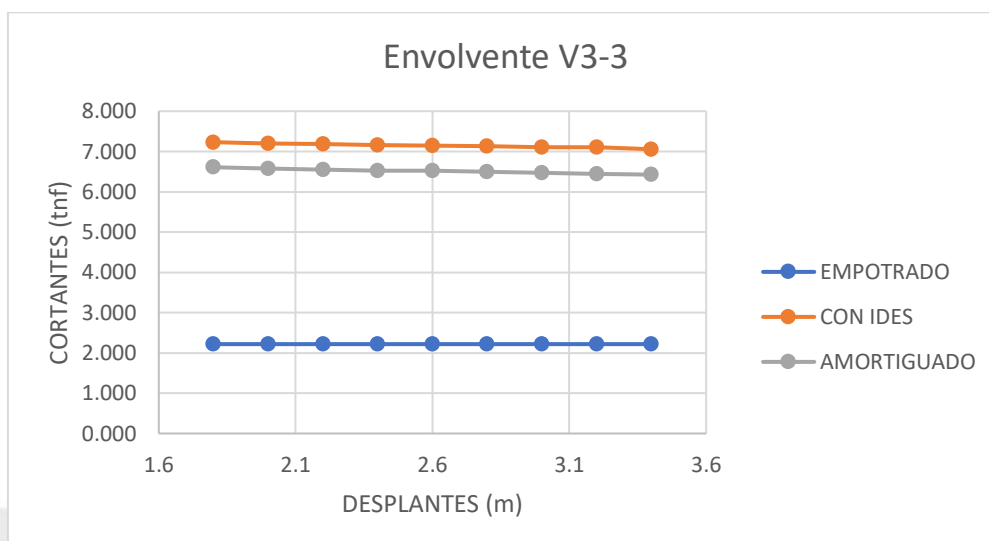


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (758.41) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (570.09) %

**Tabla 195**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Central)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	2.219	7.231	6.609
2	2.219	7.205	6.580
2.2	2.219	7.179	6.552
2.4	2.219	7.154	6.525
2.6	2.219	7.150	6.518
2.8	2.219	7.126	6.494
3	2.219	7.102	6.470
3.2	2.219	7.105	6.448
3.4	2.219	7.057	6.426

**Figura 109.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Central)*

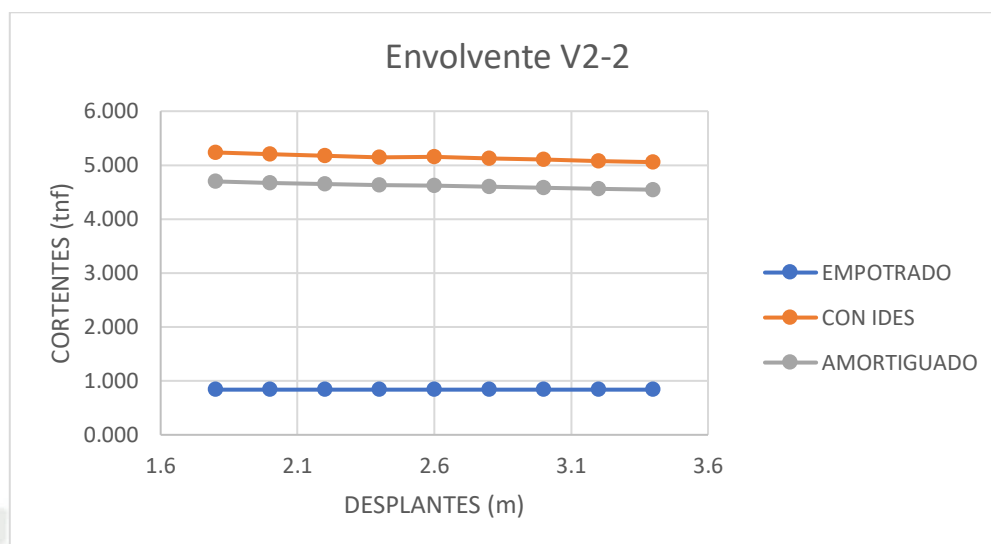


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (222.05) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (193.57) %

**Tabla 196**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	0.838	5.235	4.698
2	0.838	5.204	4.672
2.2	0.838	5.175	4.648
2.4	0.838	5.148	4.627
2.6	0.838	5.150	4.624
2.8	0.838	5.127	4.603
3	0.838	5.104	4.583
3.2	0.838	5.079	4.564
3.4	0.838	5.056	4.545

**Figura 110.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

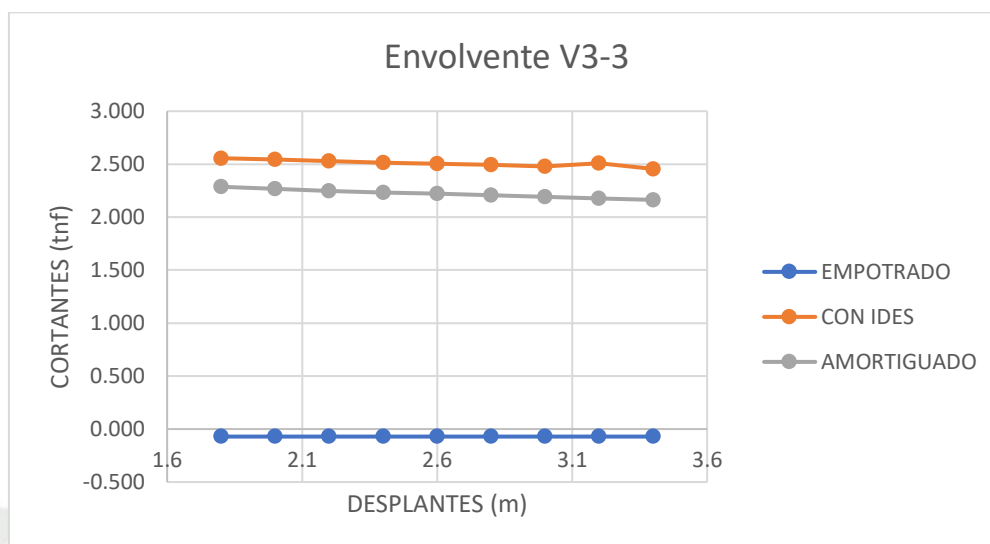


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (513.75) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (451.23) %

**Tabla 197**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	-0.071	2.557	2.287
2	-0.071	2.542	2.267
2.2	-0.071	2.528	2.249
2.4	-0.071	2.514	2.232
2.6	-0.071	2.506	2.221
2.8	-0.071	2.493	2.206
3	-0.071	2.480	2.191
3.2	-0.071	2.510	2.177
3.4	-0.071	2.455	2.163

**Figura 111.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

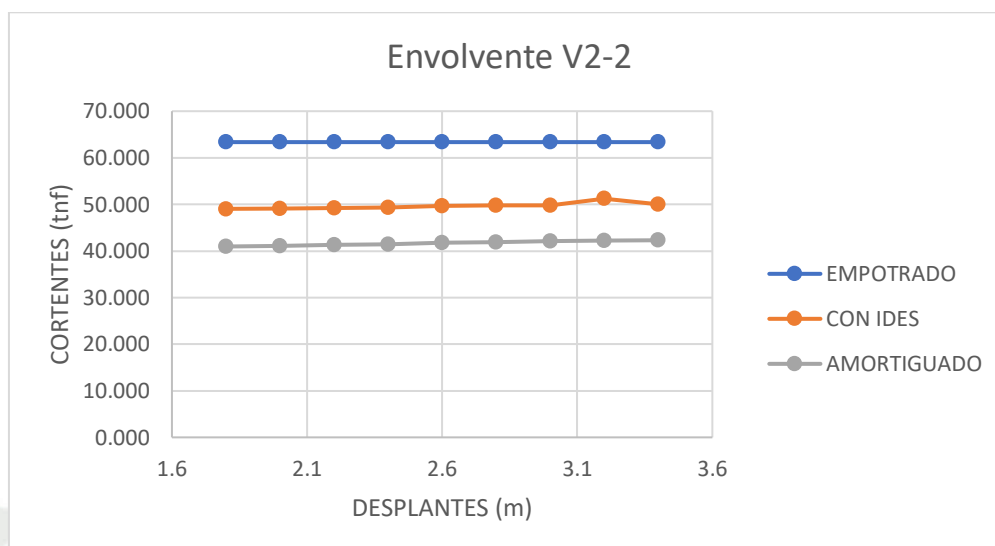


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (3639.2) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (3232.96) %

**Tabla 198**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Placa G)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	63.363	49.046	40.964
2	63.363	49.136	41.142
2.2	63.363	49.234	41.303
2.4	63.363	49.327	41.448
2.6	63.363	49.643	41.800
2.8	63.363	49.734	41.936
3	63.363	49.825	42.064
3.2	63.363	51.221	42.186
3.4	63.363	50.000	42.302

**Figura 112.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-1 (Placa G)*

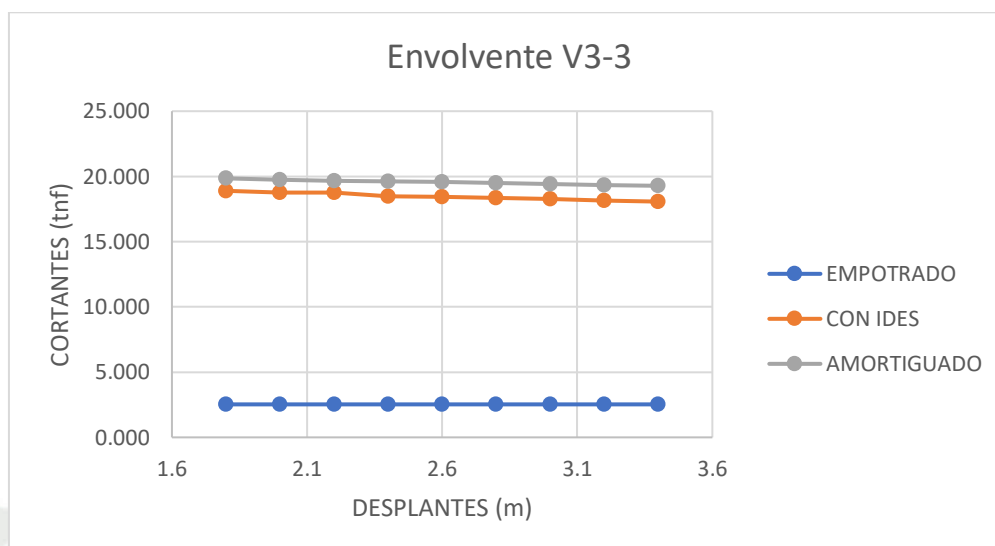


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (21.59) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (34.22) %

**Tabla 199**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Placa G)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	2.530	18.899	19.853
2	2.530	18.743	19.762
2.2	2.530	18.743	19.676
2.4	2.530	18.487	19.607
2.6	2.530	18.440	19.564
2.8	2.530	18.342	19.489
3	2.530	18.256	19.418
3.2	2.530	18.158	19.349
3.4	2.530	18.071	19.283

**Figura 113.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-1 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (629.69) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (673.01) %

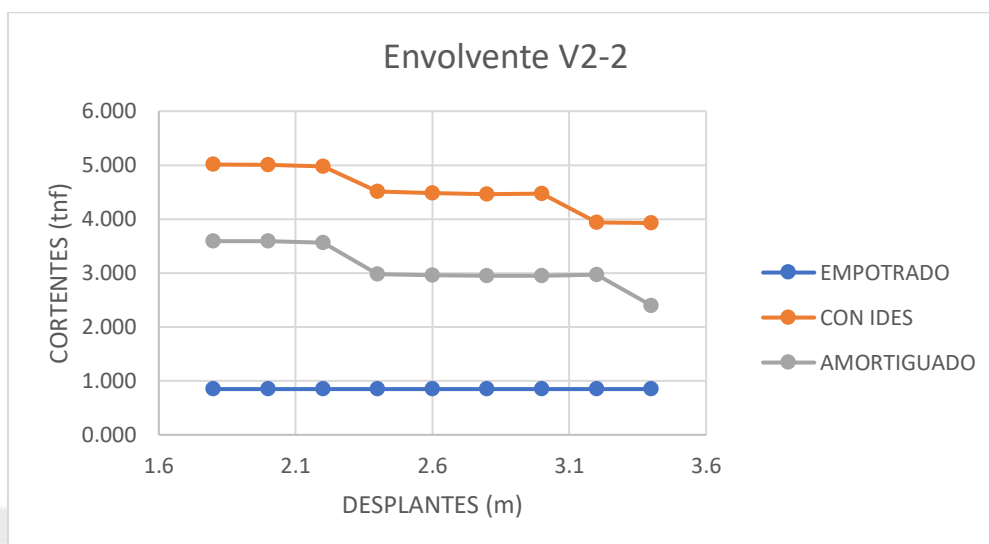
#### 4.10.5 Cortantes en suelos S3-2

**Tabla 200**

*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	0.848	5.011	3.591
2	0.848	5.006	3.591
2.2	0.848	4.978	3.566
2.4	0.848	4.509	2.982
2.6	0.848	4.486	2.963
2.8	0.848	4.464	2.945
3	0.848	4.468	2.953
3.2	0.848	3.941	2.971
3.4	0.848	3.927	2.397

**Figura 114.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

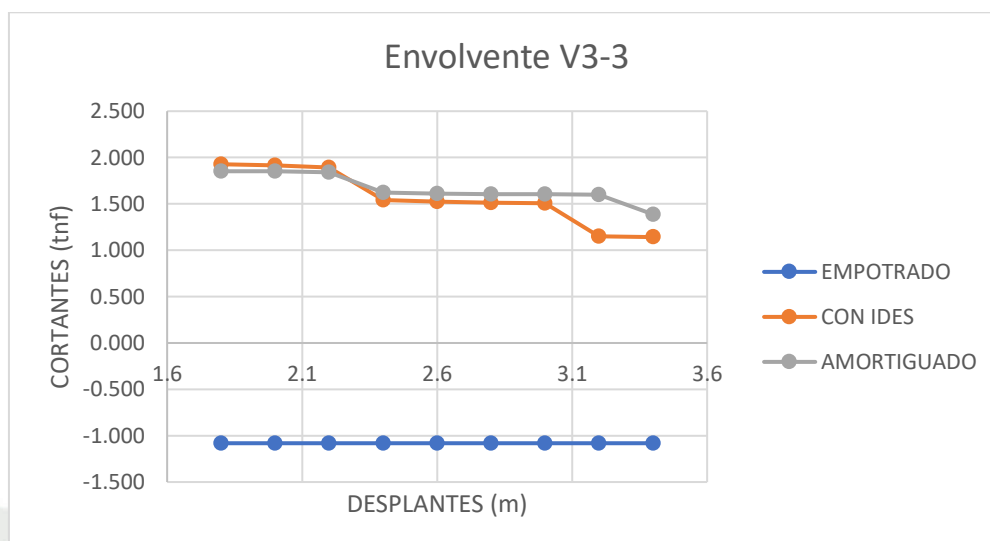


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (434.53) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (266.37) %

**Tabla 201**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	-1.082	1.928	1.852
2	-1.082	1.915	1.852
2.2	-1.082	1.895	1.842
2.4	-1.082	1.542	1.621
2.6	-1.082	1.526	1.612
2.8	-1.082	1.511	1.604
3	-1.082	1.505	1.605
3.2	-1.082	1.151	1.602
3.4	-1.082	1.142	1.387

**Figura 115.**  
*Cortante V3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde)*



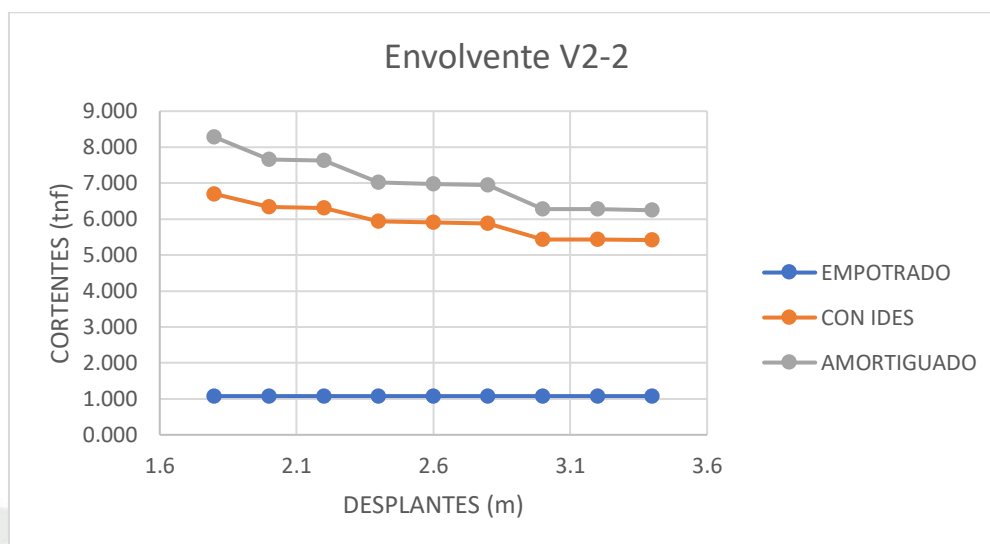
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (245.03) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (253.86) %

**Tabla 202**

*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Central)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	1.077	6.699	8.281
2	1.077	6.337	7.662
2.2	1.077	6.303	7.621
2.4	1.077	5.933	7.018
2.6	1.077	5.904	6.980
2.8	1.077	5.876	6.944
3	1.077	5.431	6.271
3.2	1.077	5.434	6.272
3.4	1.077	5.416	6.245

**Figura 116.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Central)*

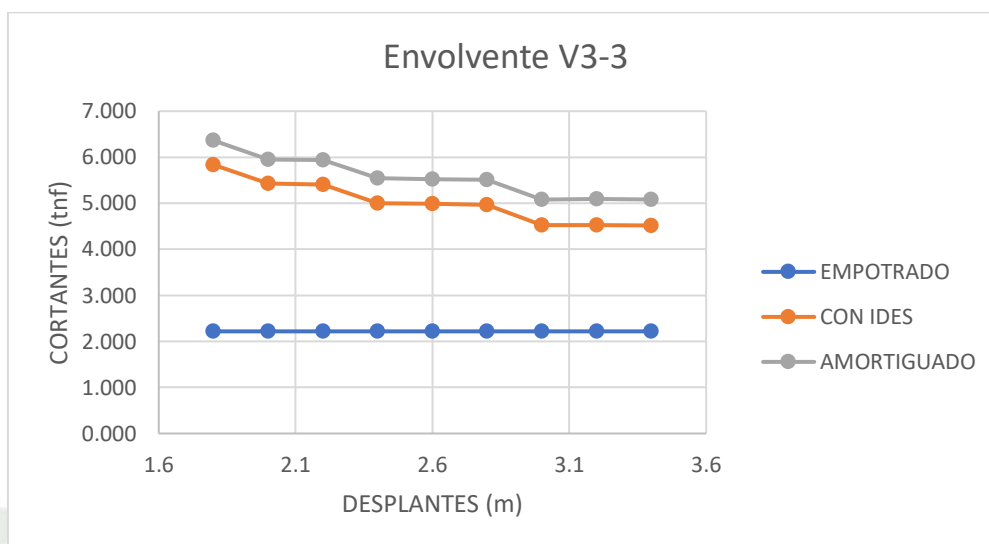


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (450.08) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (552.80) %

**Tabla 203**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Central)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	2.219	5.836	6.364
2	2.219	5.429	5.954
2.2	2.219	5.404	5.935
2.4	2.219	5.005	5.542
2.6	2.219	4.984	5.526
2.8	2.219	4.964	5.510
3	2.219	4.526	5.080
3.2	2.219	4.531	5.092
3.4	2.219	4.518	5.081

**Figura 117.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Central)*

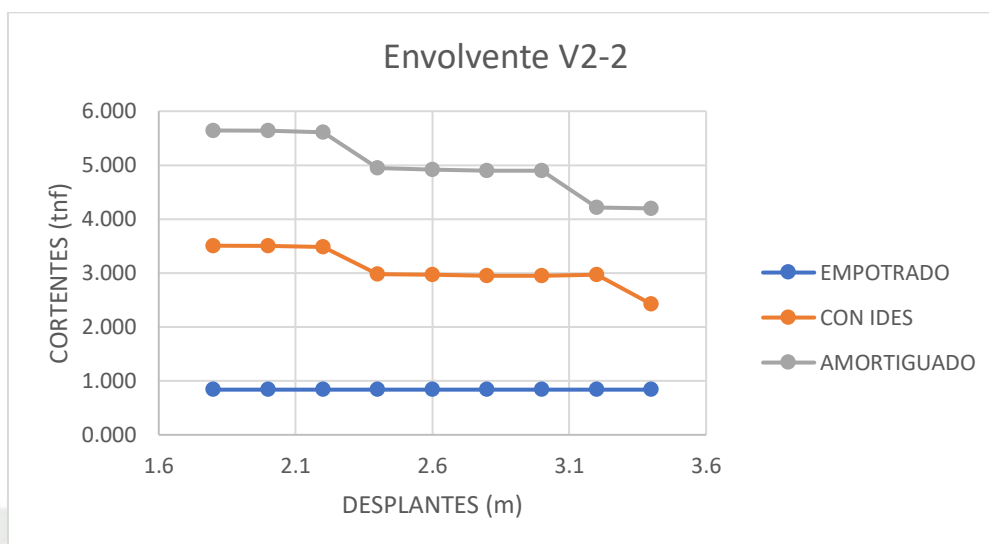


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (126.34) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (150.82) %

**Tabla 204**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	0.838	3.507	5.642
2	0.838	3.504	5.642
2.2	0.838	3.483	5.609
2.4	0.838	2.981	4.947
2.6	0.838	2.964	4.919
2.8	0.838	2.949	4.892
3	0.838	2.952	4.901
3.2	0.838	2.965	4.216
3.4	0.838	2.422	4.198

**Figura 118.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera)*

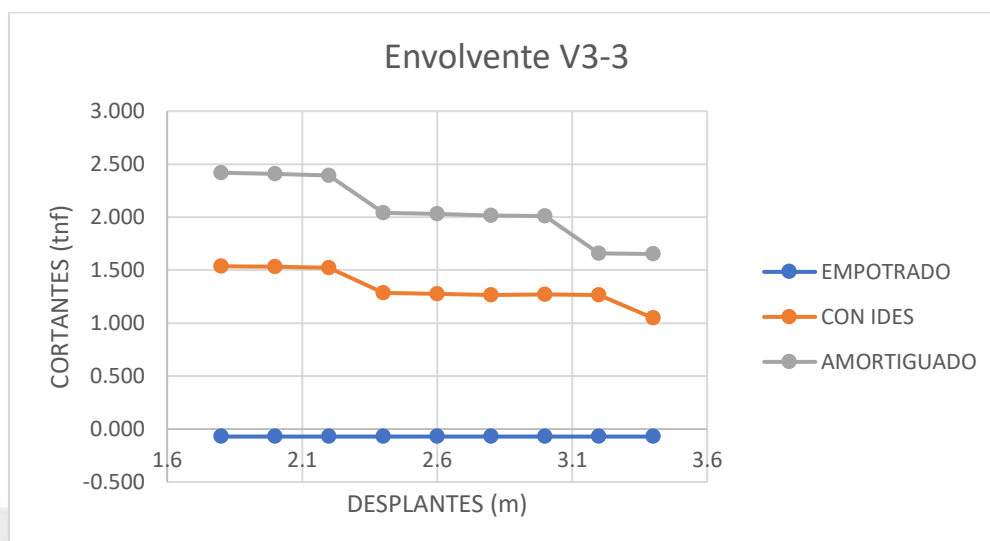


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (267.70) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (496.34) %

**Tabla 205**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Esquinera)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	-0.071	1.536	2.419
2	-0.071	1.534	2.410
2.2	-0.071	1.521	2.395
2.4	-0.071	1.288	2.043
2.6	-0.071	1.277	2.030
2.8	-0.071	1.267	2.018
3	-0.071	1.269	2.011
3.2	-0.071	1.265	1.660
3.4	-0.071	1.047	1.652

**Figura 119.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Columna Esquinera)*

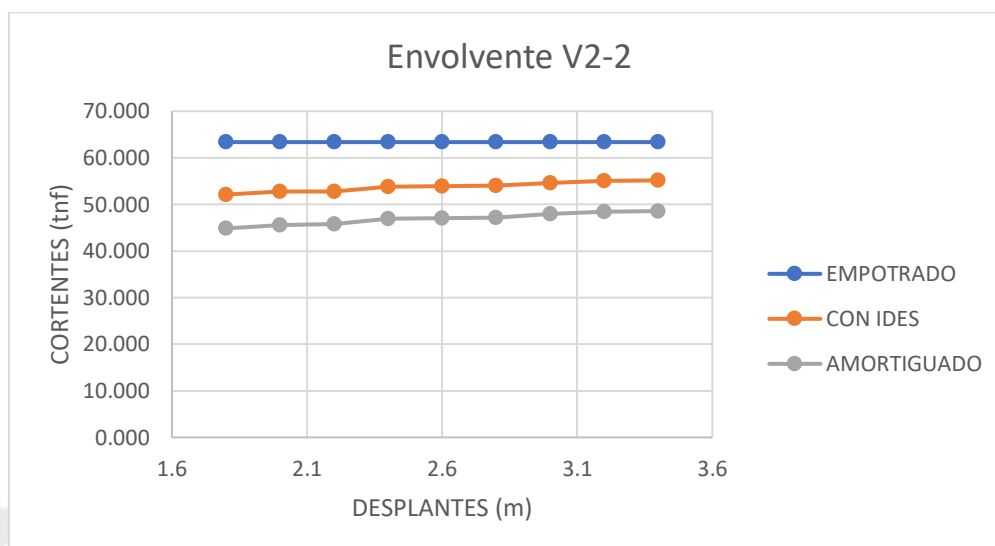


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (1981.4) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (3020.87) %

**Tabla 206**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Placa G)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	63.363	52.109	44.845
2	63.363	52.740	45.607
2.2	63.363	52.820	45.772
2.4	63.363	53.838	46.953
2.6	63.363	53.911	47.086
2.8	63.363	53.987	47.209
3	63.363	54.646	47.972
3.2	63.363	55.006	48.408
3.4	63.363	55.138	48.578

**Figura 120.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-2 (Placa G)*

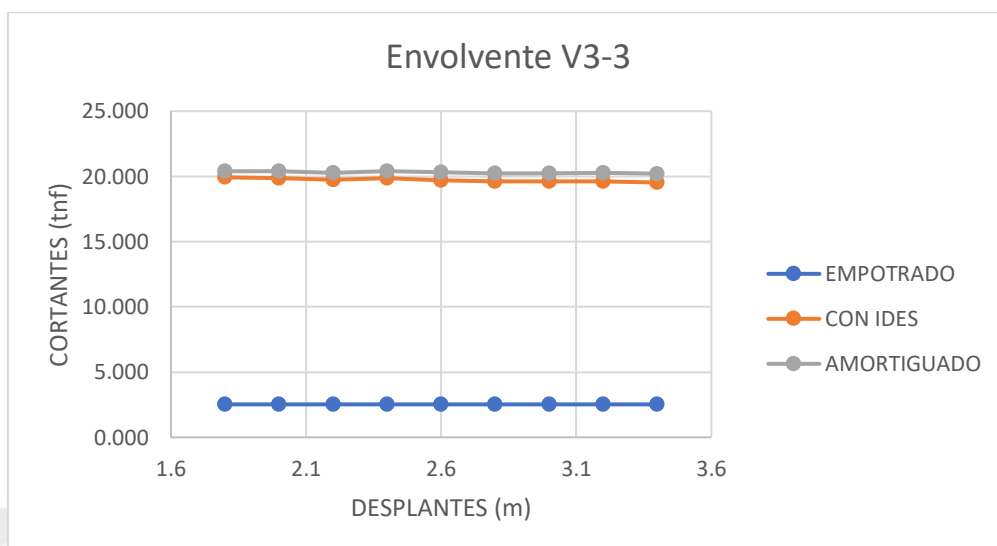


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (15.09) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (25.92) %

**Tabla 207**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Placa G)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	2.530	19.929	20.391
2	2.530	19.881	20.387
2.2	2.530	19.730	20.290
2.4	2.530	19.847	20.404
2.6	2.530	19.720	20.315
2.8	2.530	19.602	20.229
3	2.530	19.625	20.255
3.2	2.530	19.615	20.266
3.4	2.530	19.532	20.212

**Figura 121.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-2 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (679.32) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (702.64) %

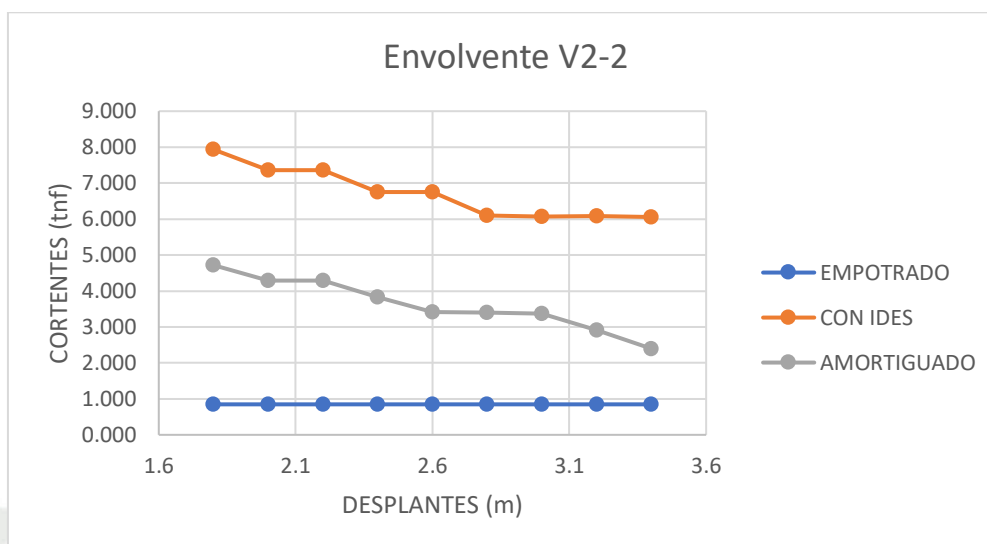
#### 4.10.6 Cortantes en suelos S3-3

**Tabla 208**

*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	0.848	7.934	4.718
2	0.848	7.363	4.290
2.2	0.848	7.360	4.287
2.4	0.848	6.750	3.824
2.6	0.848	6.752	3.420
2.8	0.848	6.102	3.398
3	0.848	6.073	3.370
3.2	0.848	6.085	2.915
3.4	0.848	6.057	2.397

**Figura 122.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

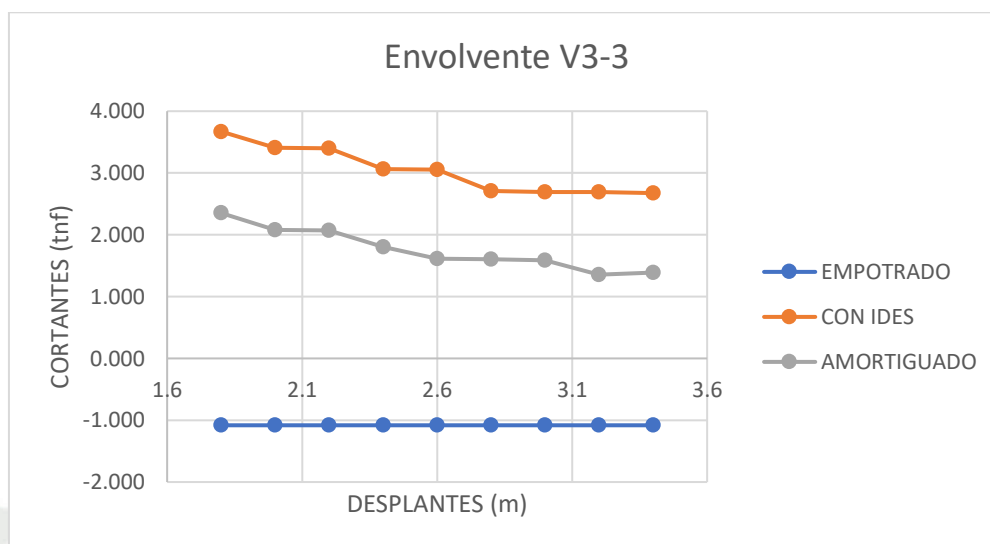


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (692.48) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (327.44) %

**Tabla 209**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	-1.082	3.671	2.352
2	-1.082	3.407	2.077
2.2	-1.082	3.396	2.072
2.4	-1.082	3.063	1.799
2.6	-1.082	3.055	1.611
2.8	-1.082	2.706	1.602
3	-1.082	2.691	1.585
3.2	-1.082	2.689	1.355
3.4	-1.082	2.675	1.387

**Figura 123.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

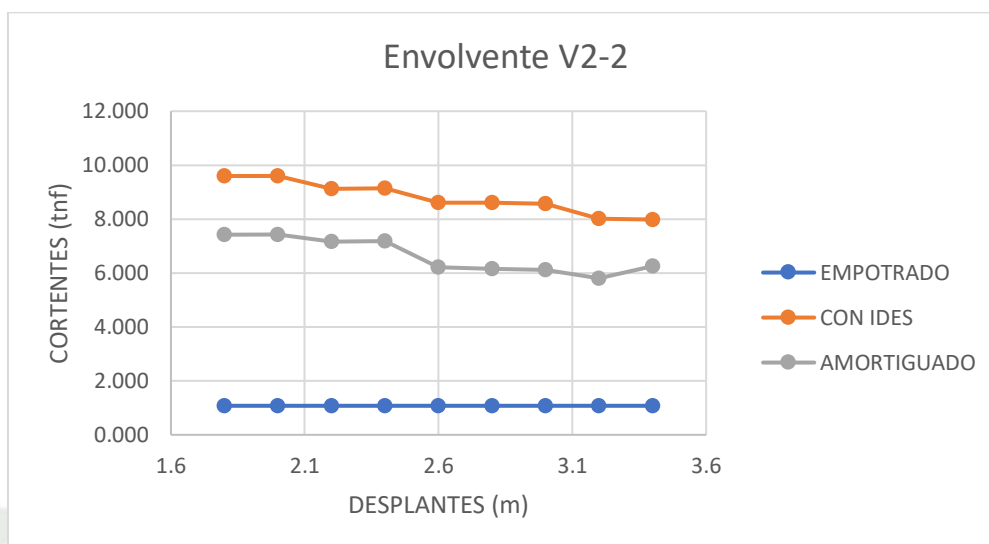


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (381.03) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (262.74) %

**Tabla 210**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Central)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	1.077	9.594	7.428
2	1.077	9.599	7.428
2.2	1.077	9.123	7.171
2.4	1.077	9.134	7.176
2.6	1.077	8.610	6.212
2.8	1.077	8.615	6.164
3	1.077	8.577	6.117
3.2	1.077	8.017	5.805
3.4	1.077	7.982	6.245

**Figura 124.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Central)*

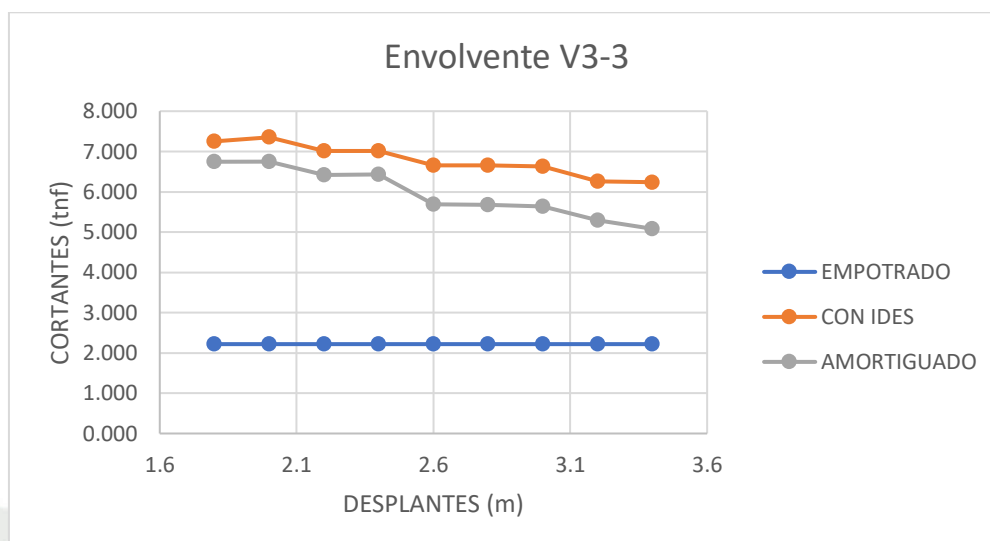


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (717.39) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (516.20) %

**Tabla 211**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Central)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	2.219	7.245	6.746
2	2.219	7.352	6.744
2.2	2.219	7.008	6.423
2.4	2.219	7.015	6.425
2.6	2.219	6.650	5.685
2.8	2.219	6.655	5.671
3	2.219	6.634	5.639
3.2	2.219	6.256	5.296
3.4	2.219	6.238	5.081

**Figura 125.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Central)*

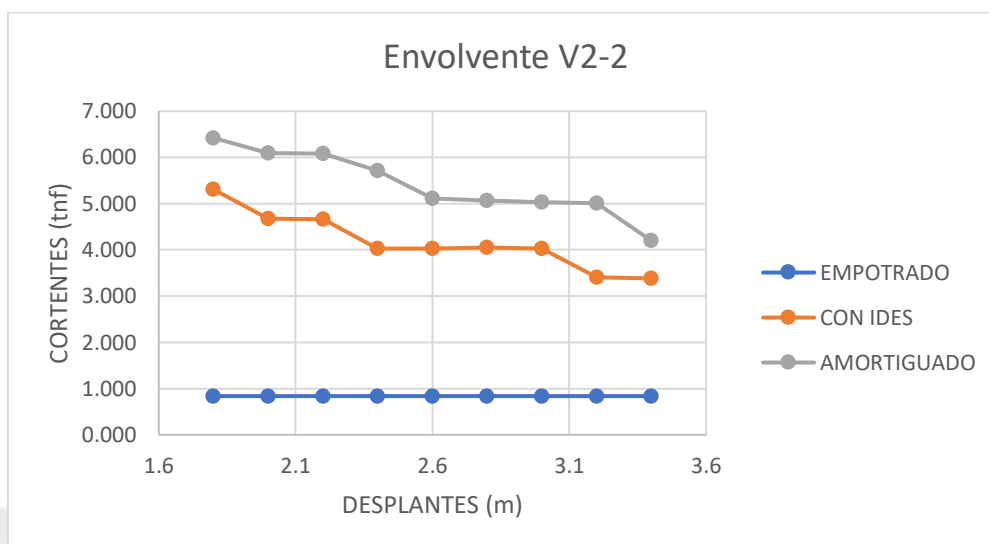


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (205.75) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (168.98) %

**Tabla 212**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	0.838	5.307	6.422
2	0.838	4.671	6.091
2.2	0.838	4.668	6.086
2.4	0.838	4.032	5.717
2.6	0.838	4.034	5.117
2.8	0.838	4.048	5.068
3	0.838	4.027	5.027
3.2	0.838	3.402	5.009
3.4	0.838	3.385	4.198

**Figura 126.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*

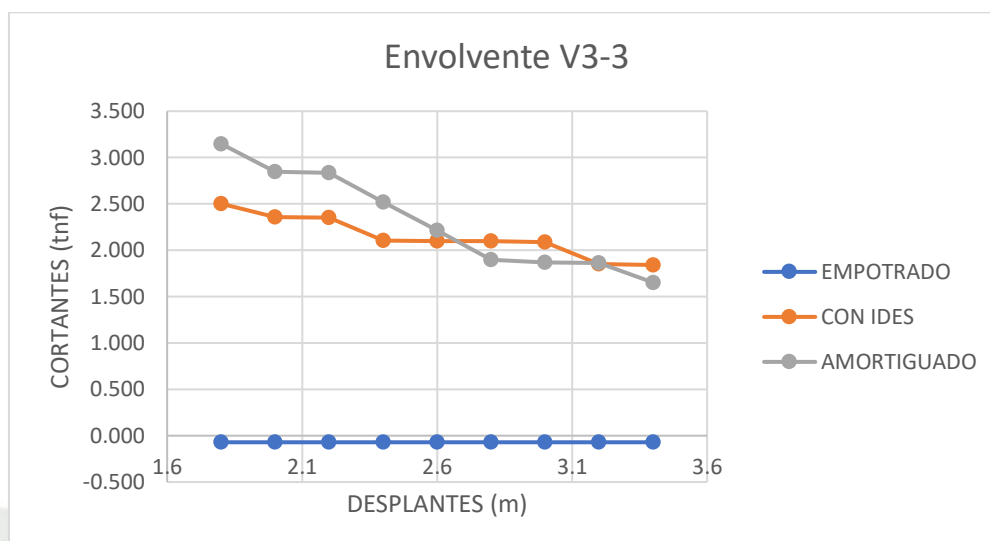


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (398.30) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (546.32) %

**Tabla 213**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	-0.071	2.502	3.148
2	-0.071	2.356	2.849
2.2	-0.071	2.353	2.836
2.4	-0.071	2.102	2.517
2.6	-0.071	2.101	2.213
2.8	-0.071	2.097	1.895
3	-0.071	2.086	1.871
3.2	-0.071	1.850	1.863
3.4	-0.071	1.841	1.652

**Figura 127.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*

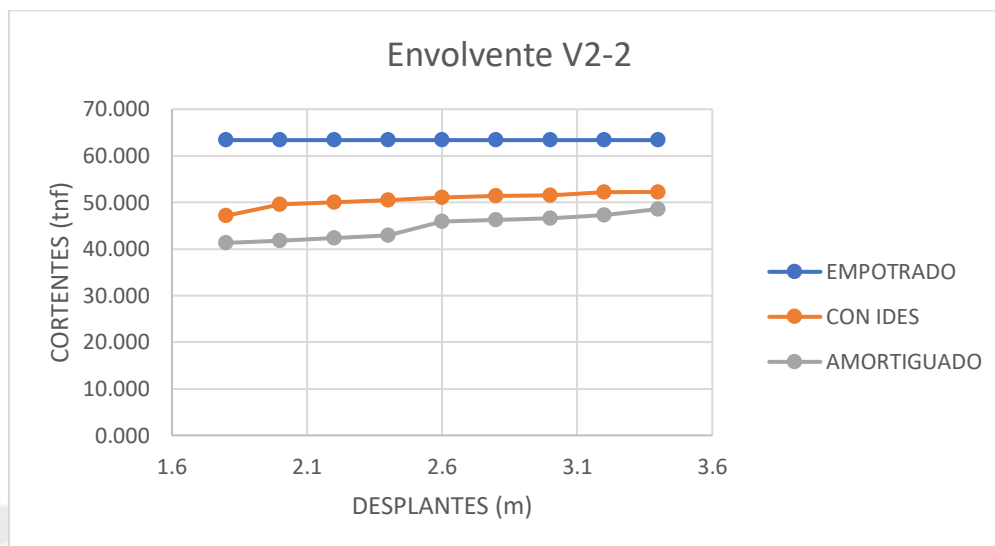


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (3122.90) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (3366.57) %

**Tabla 214**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Placa G)*

DESPLANTE	CORTANTE V 2-2 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	63.363	47.116	41.303
2	63.363	49.527	41.800
2.2	63.363	50.055	42.389
2.4	63.363	50.483	42.890
2.6	63.363	51.051	45.850
2.8	63.363	51.412	46.202
3	63.363	51.496	46.532
3.2	63.363	52.160	47.261
3.4	63.363	52.238	48.578

**Figura 128.**  
*Cortante V2-2 en suelo S3-3 (Placa G)*

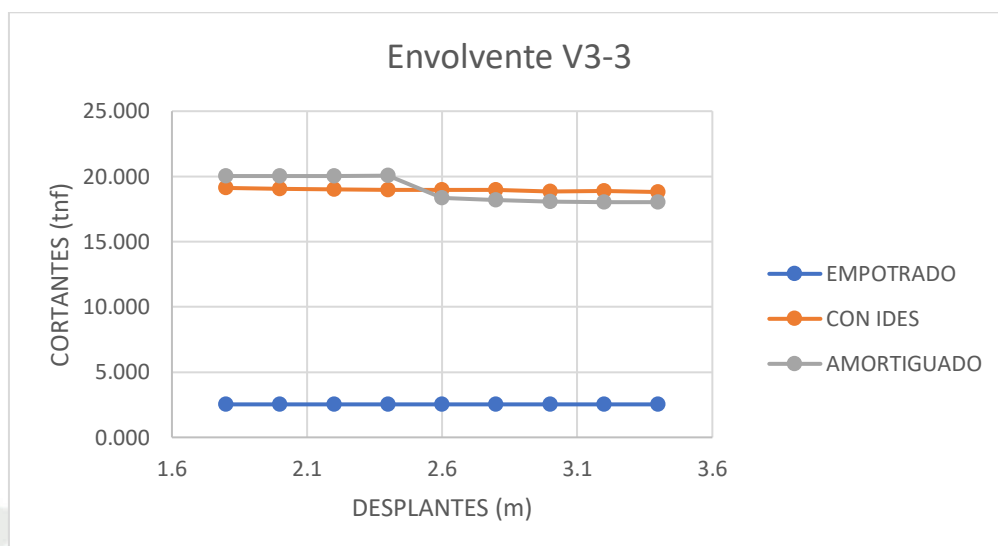


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (20.12) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (29.37) %

**Tabla 215**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Placa G)*

DESPLANTE	CORTANTE V 3-3 (tnf)		
	EMPOTRADO	CON IDES	AMORTIGUADO
1.8	2.530	19.119	20.022
2	2.530	19.047	20.034
2.2	2.530	19.001	20.036
2.4	2.530	18.987	20.059
2.6	2.530	18.974	18.343
2.8	2.530	18.959	18.202
3	2.530	18.859	18.087
3.2	2.530	18.895	18.047
3.4	2.530	18.803	18.030

**Figura 129.**  
*Cortante V3-3 en suelo S3-3 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (649.48) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (650.43) %

#### 4.11 Momentos en los casos de estudio

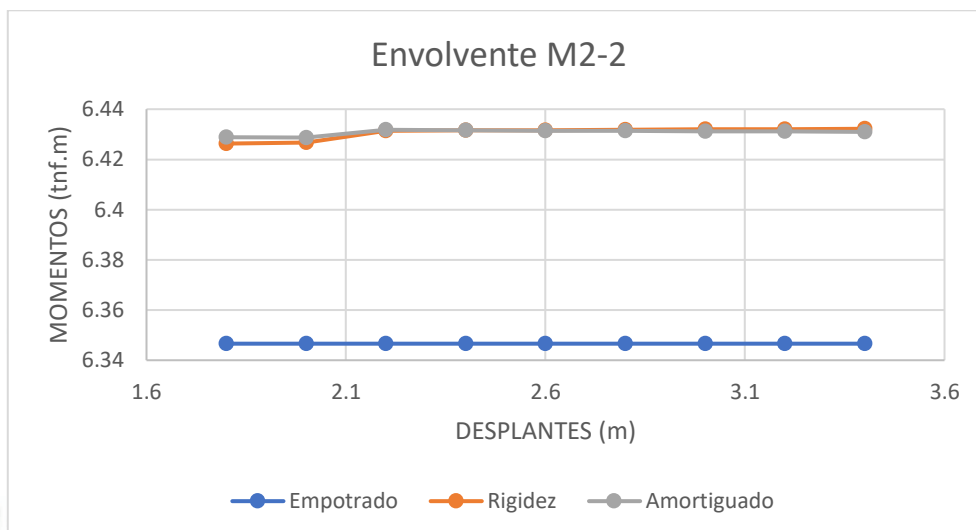
##### 4.11.1 Momentos en suelos S2-1

**Tabla 216**

*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	6.347	6.426	6.429
<b>2</b>	6.347	6.427	6.429
<b>2.2</b>	6.347	6.431	6.432
<b>2.4</b>	6.347	6.432	6.432
<b>2.6</b>	6.347	6.432	6.431
<b>2.8</b>	6.347	6.432	6.431
<b>3</b>	6.347	6.432	6.431
<b>3.2</b>	6.347	6.432	6.431
<b>3.4</b>	6.347	6.432	6.431

**Figura 130.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Borde)*

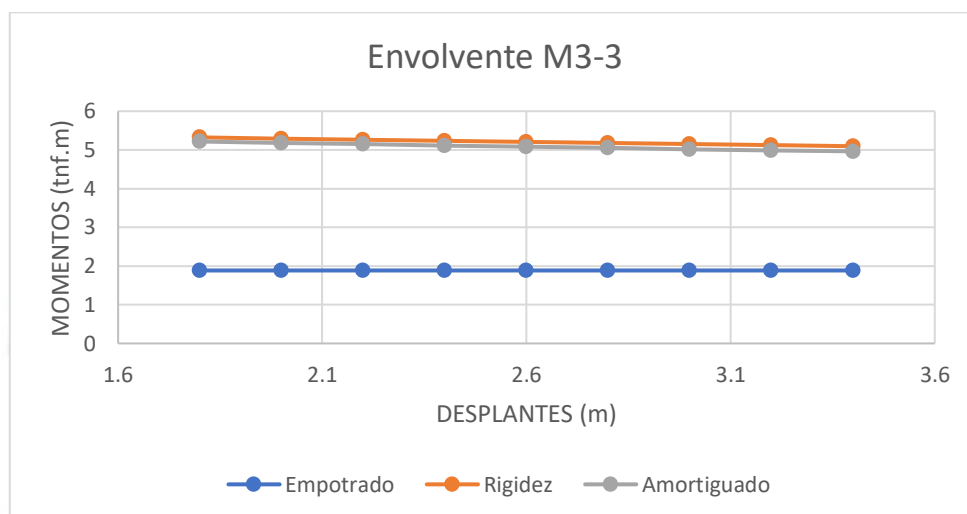


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (1.32) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (1.33) %

**Tabla 217**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	1.885	5.324	5.217
<b>2</b>	1.885	5.292	5.178
<b>2.2</b>	1.885	5.263	5.149
<b>2.4</b>	1.885	5.234	5.108
<b>2.6</b>	1.885	5.205	5.085
<b>2.8</b>	1.885	5.176	5.061
<b>3</b>	1.885	5.149	5.017
<b>3.2</b>	1.885	5.122	4.989
<b>3.4</b>	1.885	5.096	4.963

**Figura 131.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Borde)*

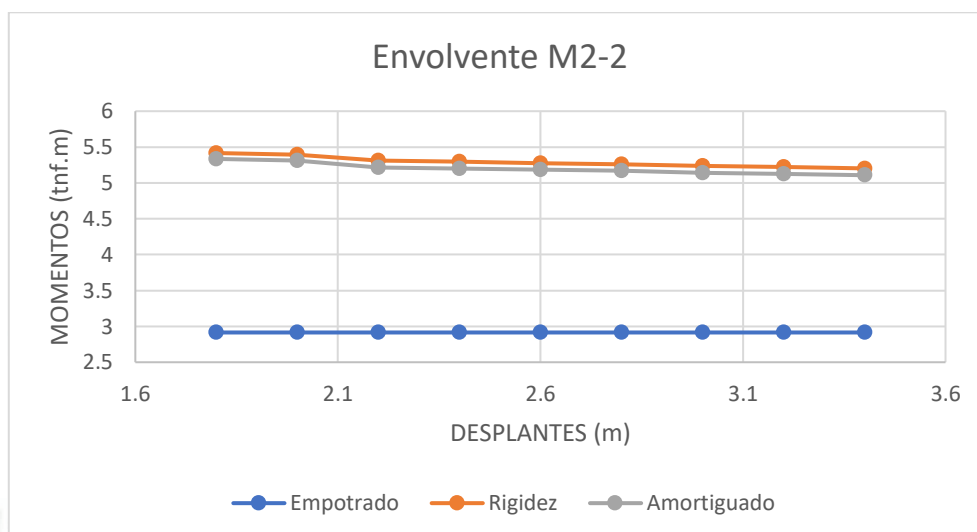


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (176.23) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (169.79) %

**Tabla 218**  
*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Central)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.915	5.417	5.335
<b>2</b>	2.915	5.396	5.309
<b>2.2</b>	2.915	5.312	5.218
<b>2.4</b>	2.915	5.293	5.203
<b>2.6</b>	2.915	5.275	5.183
<b>2.8</b>	2.915	5.256	5.168
<b>3</b>	2.915	5.238	5.143
<b>3.2</b>	2.915	5.220	5.125
<b>3.4</b>	2.915	5.203	5.108

**Figura 132.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Central)*

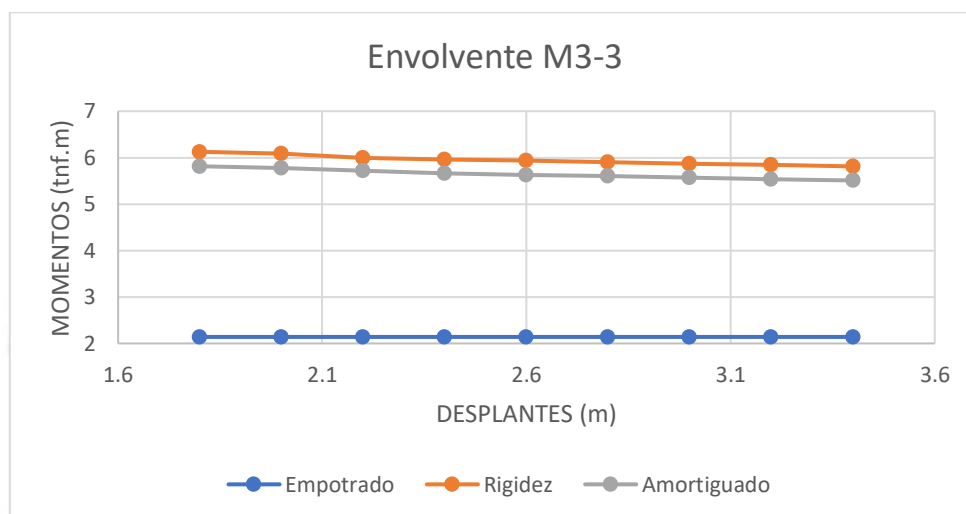


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (81.47) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (78.35) %

**Tabla 219**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Central)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.140	6.126	5.815
<b>2</b>	2.140	6.091	5.772
<b>2.2</b>	2.140	5.995	5.719
<b>2.4</b>	2.140	5.963	5.663
<b>2.6</b>	2.140	5.932	5.632
<b>2.8</b>	2.140	5.901	5.606
<b>3</b>	2.140	5.870	5.565
<b>3.2</b>	2.140	5.841	5.536
<b>3.4</b>	2.140	5.812	5.508

**Figura 133.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Central)*

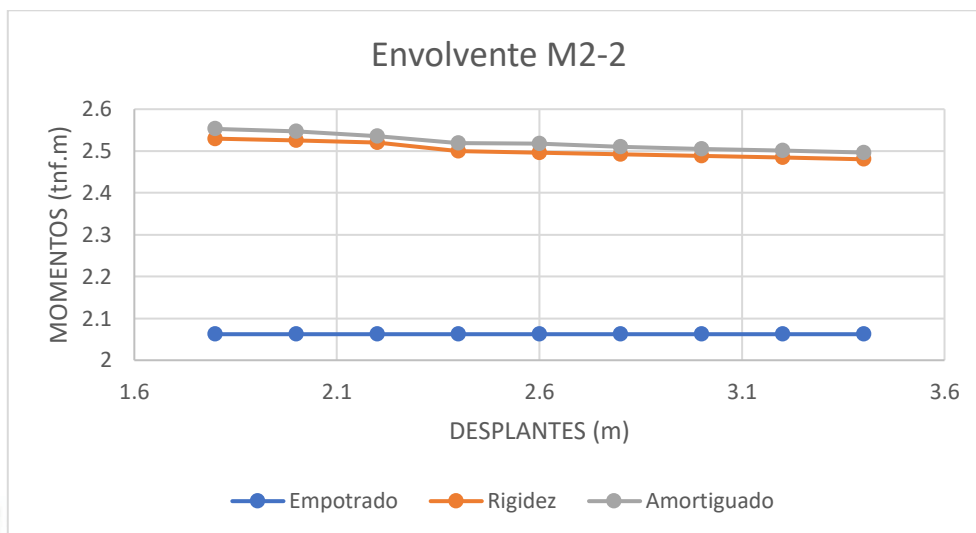


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (177.93) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (163.84) %

**Tabla 220**  
*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.062	2.530	2.553
<b>2</b>	2.062	2.525	2.547
<b>2.2</b>	2.062	2.521	2.536
<b>2.4</b>	2.062	2.500	2.519
<b>2.6</b>	2.062	2.496	2.518
<b>2.8</b>	2.062	2.492	2.511
<b>3</b>	2.062	2.488	2.505
<b>3.2</b>	2.062	2.484	2.501
<b>3.4</b>	2.062	2.480	2.497

**Figura 134.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*

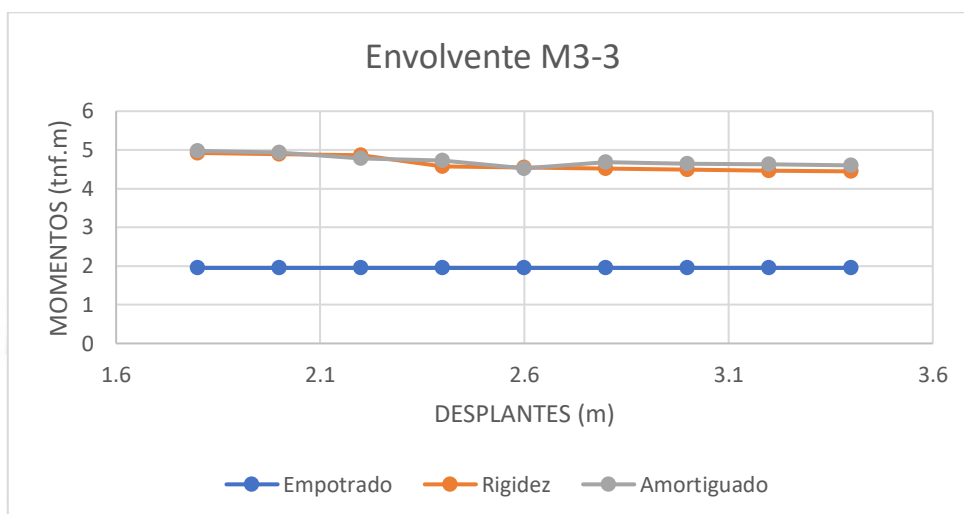


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (21.31) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (22.23) %

**Tabla 221**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	1.950	4.921	4.974
<b>2</b>	1.950	4.891	4.937
<b>2.2</b>	1.950	4.863	4.780
<b>2.4</b>	1.950	4.567	4.727
<b>2.6</b>	1.950	4.541	4.524
<b>2.8</b>	1.950	4.516	4.679
<b>3</b>	1.950	4.492	4.646
<b>3.2</b>	1.950	4.468	4.621
<b>3.4</b>	1.950	4.446	4.598

**Figura 135.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Columna Esquinera)*

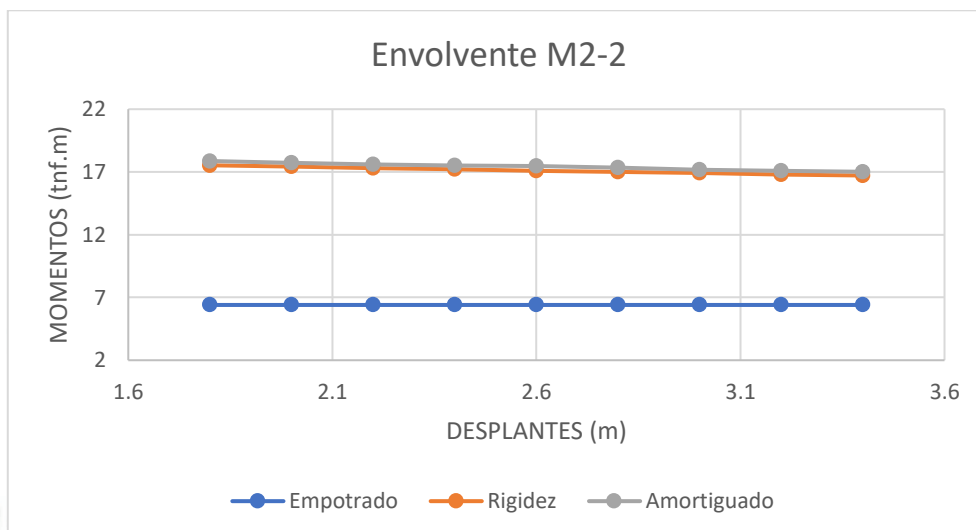


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (137.66) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (142.13) %

**Tabla 222**  
*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Placa G)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
1.8	6.404	17.532	17.871
2	6.404	17.410	17.738
2.2	6.404	17.302	17.615
2.4	6.404	17.197	17.504
2.6	6.404	17.094	17.462
2.8	6.404	16.995	17.347
3	6.404	16.899	17.196
3.2	6.404	16.807	17.103
3.4	6.404	16.717	17.015

**Figura 136.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-1 (Placa G)*

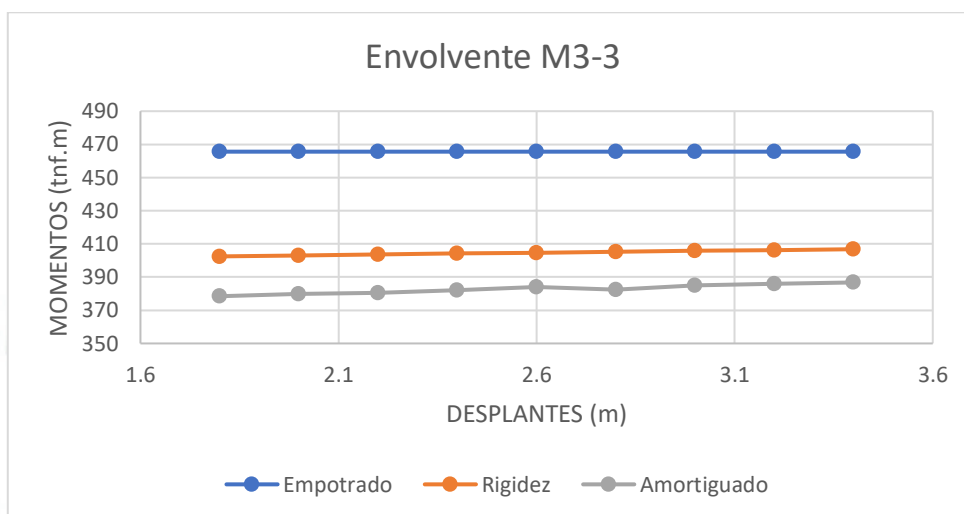


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (167.10) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (172.13) %

**Tabla 223**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Placa G)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	465.603	402.482	378.461
<b>2</b>	465.603	403.027	379.739
<b>2.2</b>	465.603	403.624	380.521
<b>2.4</b>	465.603	404.184	382.110
<b>2.6</b>	465.603	404.716	384.000
<b>2.8</b>	465.603	405.244	382.385
<b>3</b>	465.603	405.766	385.055
<b>3.2</b>	465.603	406.282	385.936
<b>3.4</b>	465.603	406.792	386.775

**Figura 137.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-1 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (13.08) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (17.79) %

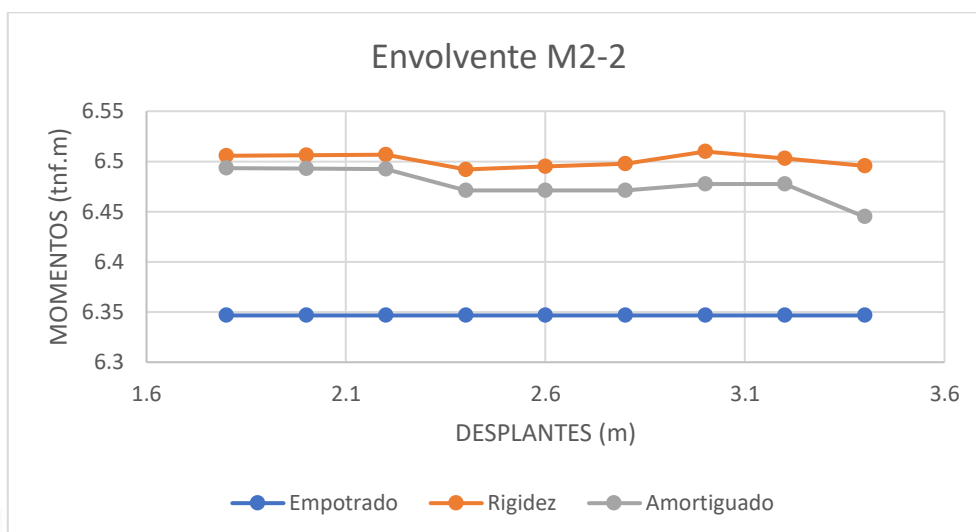
#### 4.11.2 Momentos en suelos S2-2

**Tabla 224**

*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Borde)*

MOMENTO M 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	6.347	6.506	6.493
2	6.347	6.506	6.493
2.2	6.347	6.507	6.492
2.4	6.347	6.492	6.471
2.6	6.347	6.495	6.471
2.8	6.347	6.497	6.471
3	6.347	6.510	6.477
3.2	6.347	6.503	6.477
3.4	6.347	6.496	6.445

**Figura 138.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Borde)*

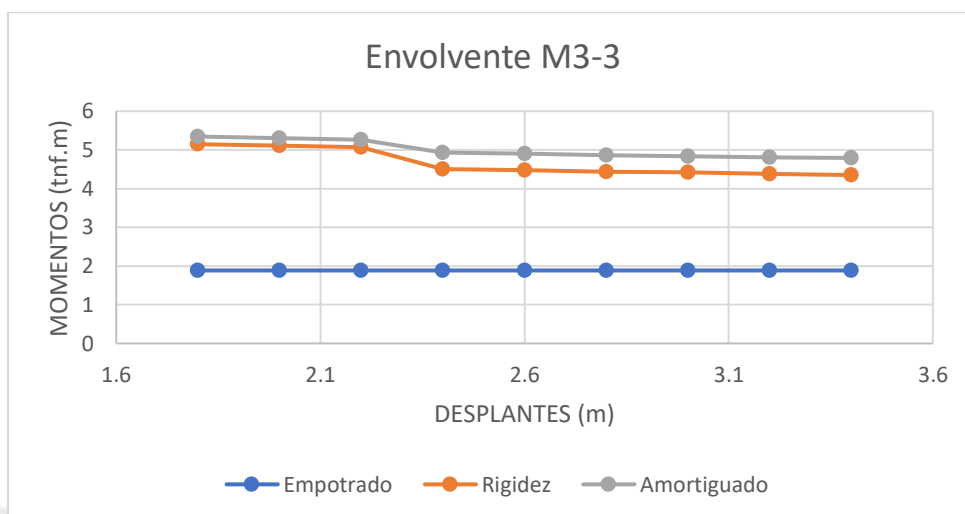


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (2.44) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (2.05) %

**Tabla 225**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Borde)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	1.885	5.147	5.346
<b>2</b>	1.885	5.108	5.302
<b>2.2</b>	1.885	5.068	5.260
<b>2.4</b>	1.885	4.499	4.934
<b>2.6</b>	1.885	4.471	4.899
<b>2.8</b>	1.885	4.441	4.866
<b>3</b>	1.885	4.417	4.840
<b>3.2</b>	1.885	4.383	4.810
<b>3.4</b>	1.885	4.350	4.792

**Figura 139.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Borde)*

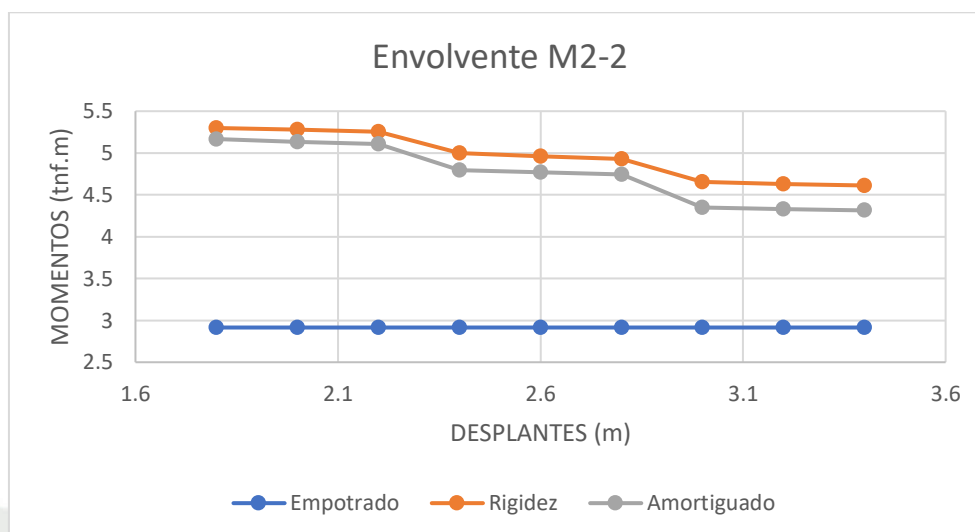


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (146.90) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (165.56) %

**Tabla 226**  
*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Central)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.915	5.299	5.167
<b>2</b>	2.915	5.277	5.136
<b>2.2</b>	2.915	5.253	5.105
<b>2.4</b>	2.915	4.997	4.793
<b>2.6</b>	2.915	4.962	4.767
<b>2.8</b>	2.915	4.926	4.743
<b>3</b>	2.915	4.652	4.348
<b>3.2</b>	2.915	4.630	4.327
<b>3.4</b>	2.915	4.612	4.315

**Figura 140.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Central)*

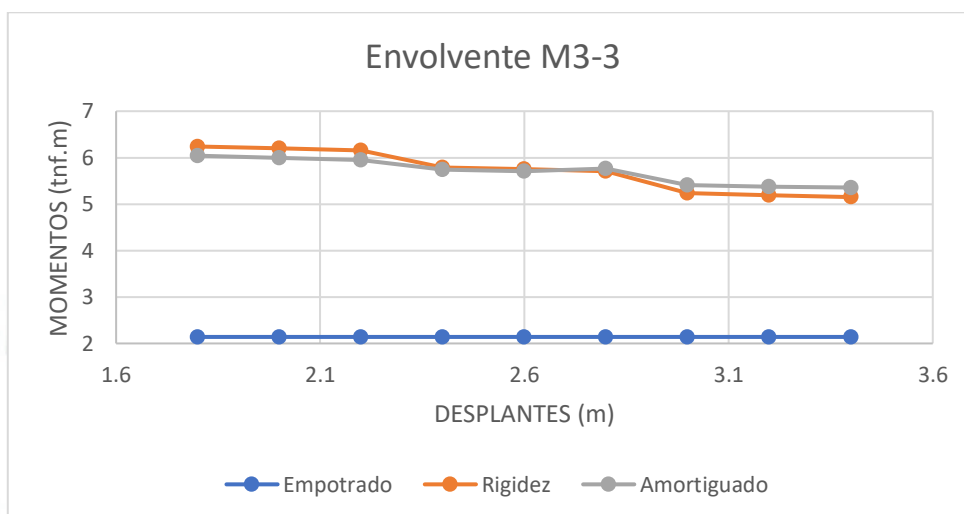


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (70.03) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (62.76) %

**Tabla 227**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Central)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.140	6.240	6.042
<b>2</b>	2.140	6.196	5.993
<b>2.2</b>	2.140	6.151	5.945
<b>2.4</b>	2.140	5.783	5.745
<b>2.6</b>	2.140	5.748	5.704
<b>2.8</b>	2.140	5.712	5.763
<b>3</b>	2.140	5.238	5.413
<b>3.2</b>	2.140	5.194	5.380
<b>3.4</b>	2.140	5.151	5.356

**Figura 141.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Central)*

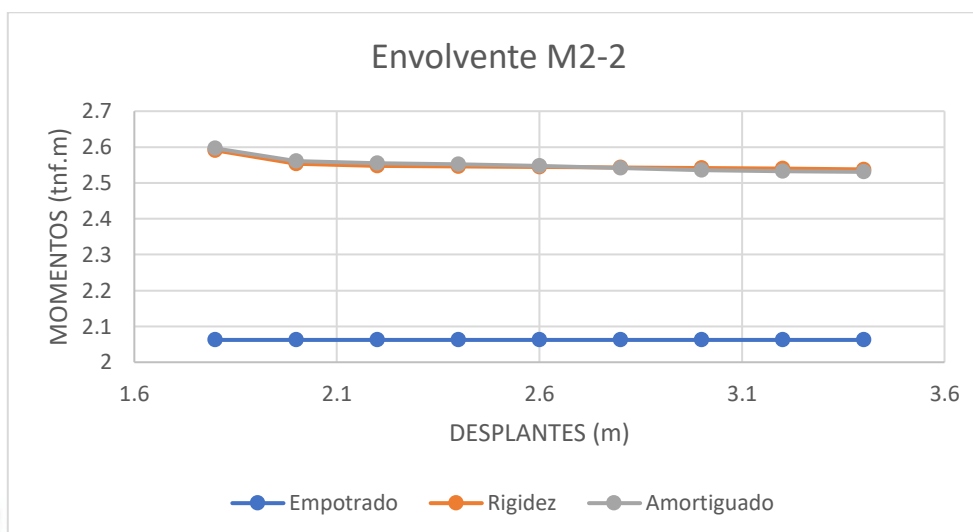


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (166.95) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (166.57) %

**Tabla 228**  
*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*

MOMENTO M 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	2.062	2.591	2.596
2	2.062	2.553	2.561
2.2	2.062	2.548	2.554
2.4	2.062	2.546	2.553
2.6	2.062	2.545	2.547
2.8	2.062	2.543	2.541
3	2.062	2.541	2.536
3.2	2.062	2.539	2.533
3.4	2.062	2.538	2.531

**Figura 142.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*

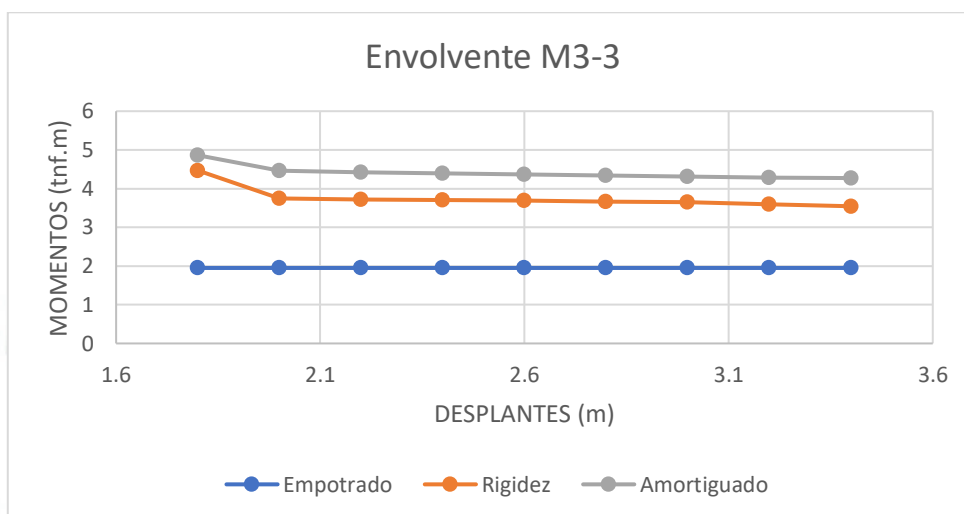


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (23.62) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (23.66) %

**Tabla 229**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	1.950	4.469	4.862
<b>2</b>	1.950	3.745	4.456
<b>2.2</b>	1.950	3.713	4.421
<b>2.4</b>	1.950	3.699	4.399
<b>2.6</b>	1.950	3.684	4.368
<b>2.8</b>	1.950	3.670	4.339
<b>3</b>	1.950	3.656	4.316
<b>3.2</b>	1.950	3.600	4.290
<b>3.4</b>	1.950	3.545	4.273

**Figura 143.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Columna Esquinera)*

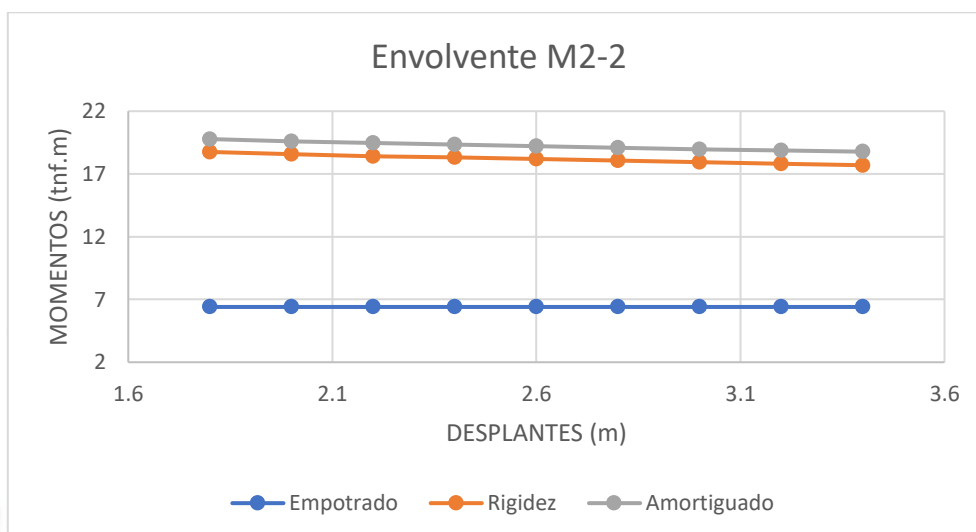


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (92.51) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (126.39) %

**Tabla 230**  
*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Placa G)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
1.8	6.404	18.754	19.778
2	6.404	18.583	19.616
2.2	6.404	18.417	19.458
2.4	6.404	18.326	19.348
2.6	6.404	18.184	19.210
2.8	6.404	18.055	19.080
3	6.404	17.926	18.976
3.2	6.404	17.811	18.858
3.4	6.404	17.696	18.774

**Figura 144.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-2 (Placa G)*

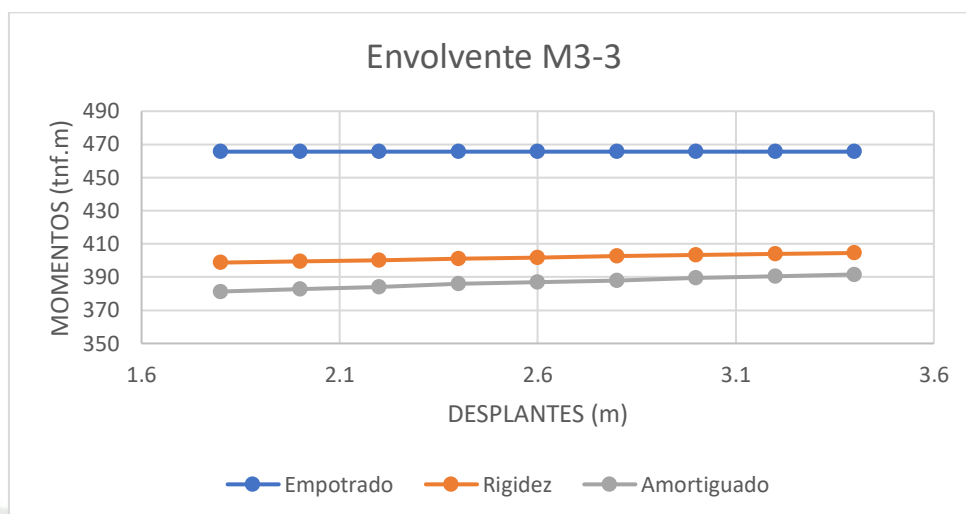


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (184.11) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (200.32) %

**Tabla 231**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Placa G)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	465.603	398.726	381.292
<b>2</b>	465.603	399.481	382.754
<b>2.2</b>	465.603	400.083	384.039
<b>2.4</b>	465.603	401.163	385.820
<b>2.6</b>	465.603	401.841	386.939
<b>2.8</b>	465.603	402.632	387.991
<b>3</b>	465.603	403.423	389.424
<b>3.2</b>	465.603	403.973	390.366
<b>3.4</b>	465.603	404.523	391.584

**Figura 145.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-2 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (13.71) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (16.95) %

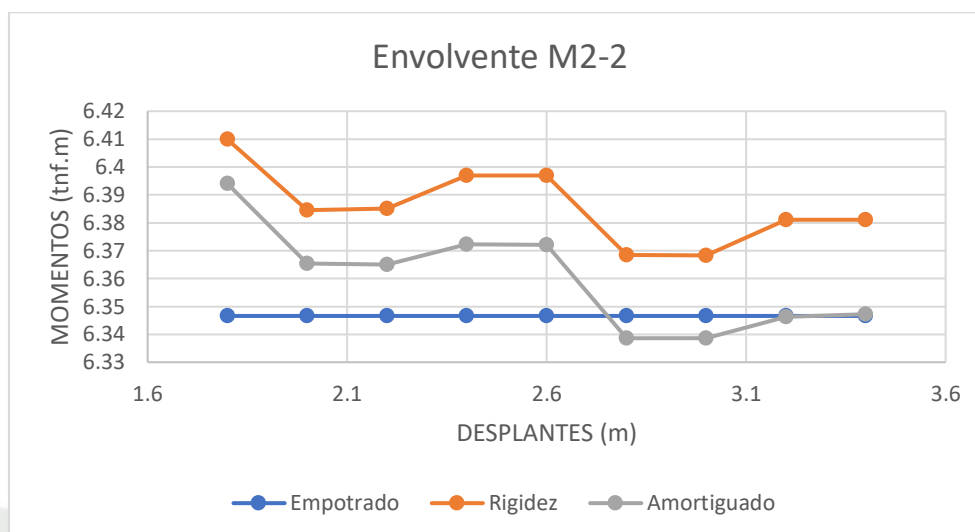
#### 4.11.3 Momentos en suelos S2-3

**Tabla 232**

*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde)*

MOMENTO M 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	6.347	6.410	6.394
2	6.347	6.385	6.365
2.2	6.347	6.385	6.365
2.4	6.347	6.397	6.372
2.6	6.347	6.397	6.372
2.8	6.347	6.369	6.339
3	6.347	6.368	6.339
3.2	6.347	6.381	6.346
3.4	6.347	6.381	6.347

**Figura 146.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Borde)*

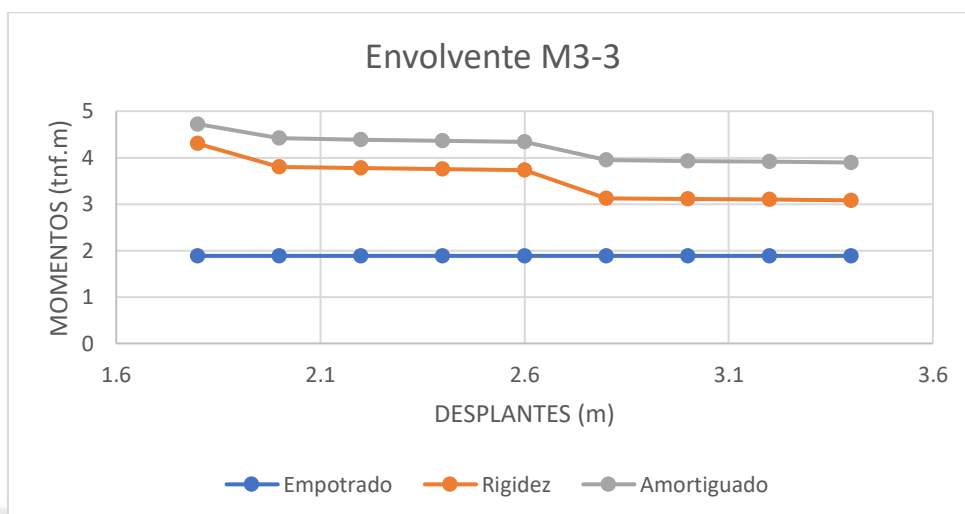


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (142.12) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (179.24) %

**Tabla 233**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	1.885	4.300	4.723
<b>2</b>	1.885	3.798	4.421
<b>2.2</b>	1.885	3.772	4.390
<b>2.4</b>	1.885	3.755	4.366
<b>2.6</b>	1.885	3.731	4.338
<b>2.8</b>	1.885	3.126	3.953
<b>3</b>	1.885	3.115	3.931
<b>3.2</b>	1.885	3.097	3.916
<b>3.4</b>	1.885	3.080	3.895

**Figura 147.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Borde)*



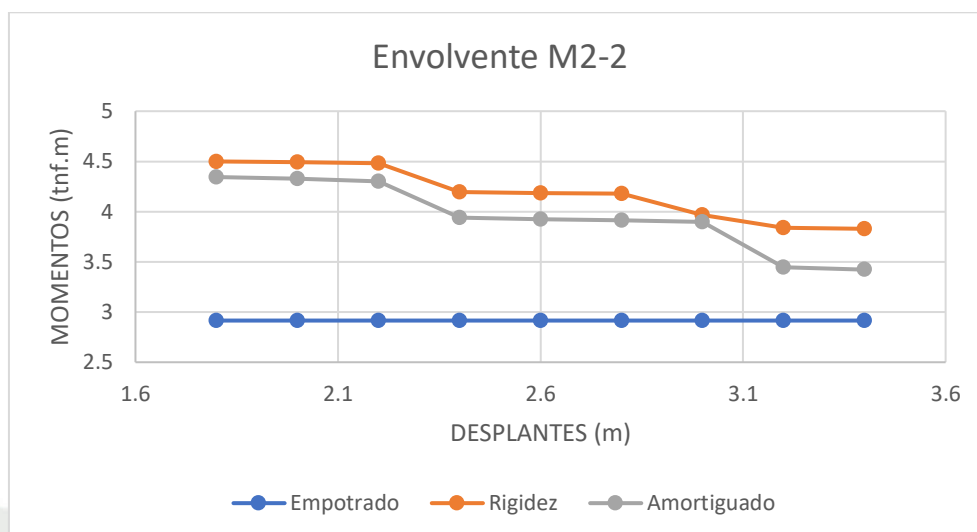
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (91.29) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (82.65) %

**Tabla 234**

*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Central)*

MOMENTO M 2-2 (Envolv)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	RIGIDEZ	AMORTIGUADO
1.8	2.915	4.500	4.344
2	2.915	4.493	4.325
2.2	2.915	4.480	4.303
2.4	2.915	4.195	3.940
2.6	2.915	4.185	3.922
2.8	2.915	4.181	3.912
3	2.915	3.969	3.896
3.2	2.915	3.837	3.446
3.4	2.915	3.829	3.422

**Figura 148.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Central)*

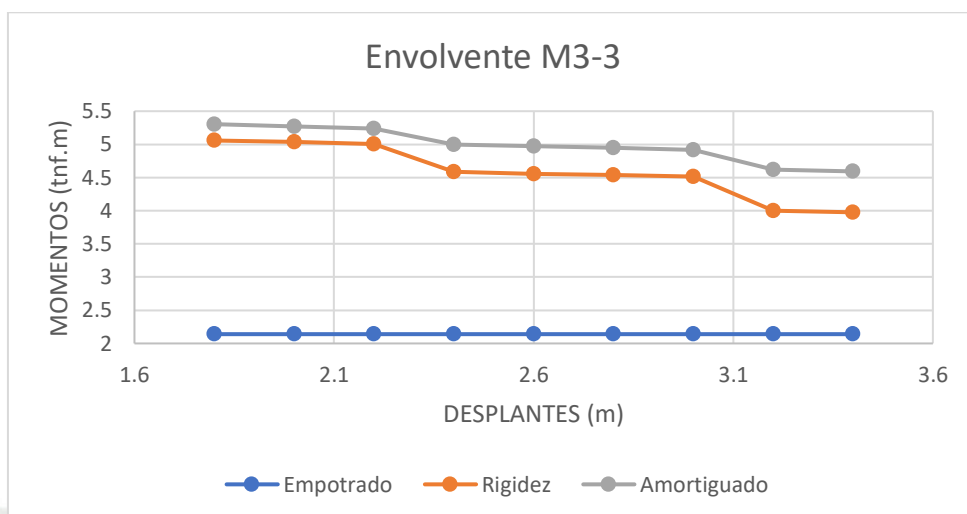


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (157.41) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (170.27) %

**Tabla 235**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Central)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.140	5.058	5.305
<b>2</b>	2.140	5.034	5.271
<b>2.2</b>	2.140	5.002	5.234
<b>2.4</b>	2.140	4.586	5.000
<b>2.6</b>	2.140	4.558	4.969
<b>2.8</b>	2.140	4.542	4.947
<b>3</b>	2.140	4.516	4.920
<b>3.2</b>	2.140	3.998	4.623
<b>3.4</b>	2.140	3.976	4.593

**Figura 149.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Central)*

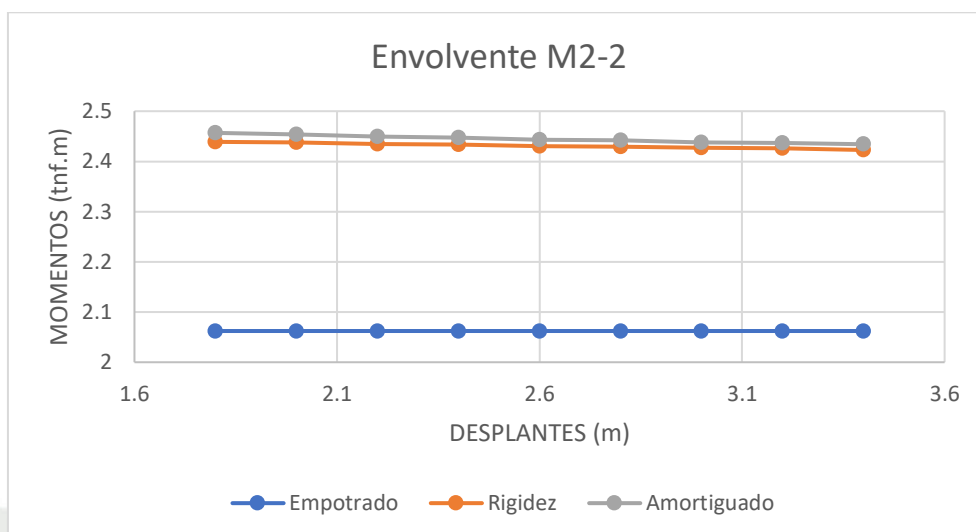


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (39.76) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (34.93) %

**Tabla 236**  
*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.062	2.439	2.457
<b>2</b>	2.062	2.437	2.454
<b>2.2</b>	2.062	2.435	2.450
<b>2.4</b>	2.062	2.433	2.448
<b>2.6</b>	2.062	2.431	2.443
<b>2.8</b>	2.062	2.429	2.442
<b>3</b>	2.062	2.428	2.438
<b>3.2</b>	2.062	2.426	2.437
<b>3.4</b>	2.062	2.423	2.434

**Figura 150.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

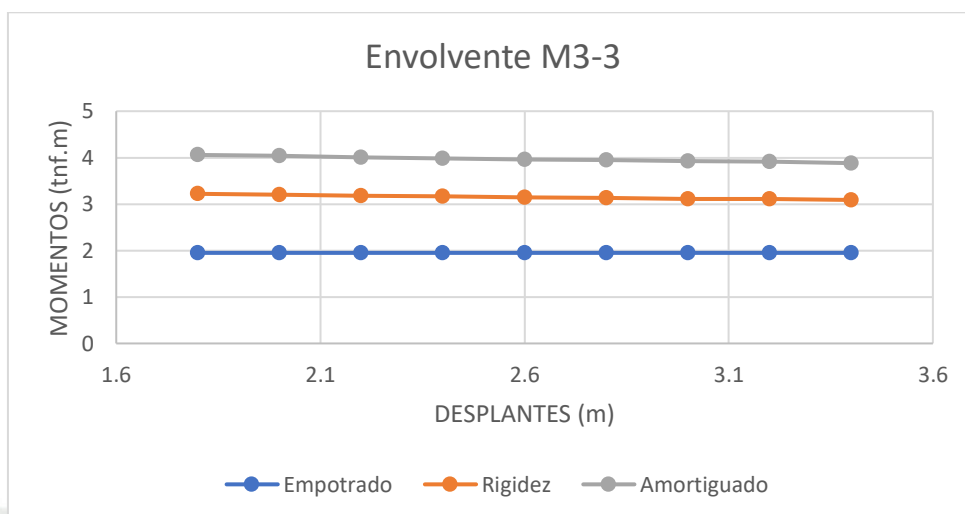


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (100.46) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (144.56) %

**Tabla 237**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	1.950	3.221	4.058
<b>2</b>	1.950	3.204	4.035
<b>2.2</b>	1.950	3.181	4.007
<b>2.4</b>	1.950	3.165	3.985
<b>2.6</b>	1.950	3.145	3.961
<b>2.8</b>	1.950	3.135	3.945
<b>3</b>	1.950	3.116	3.923
<b>3.2</b>	1.950	3.106	3.909
<b>3.4</b>	1.950	3.089	3.882

**Figura 151.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Columna Esquinera)*

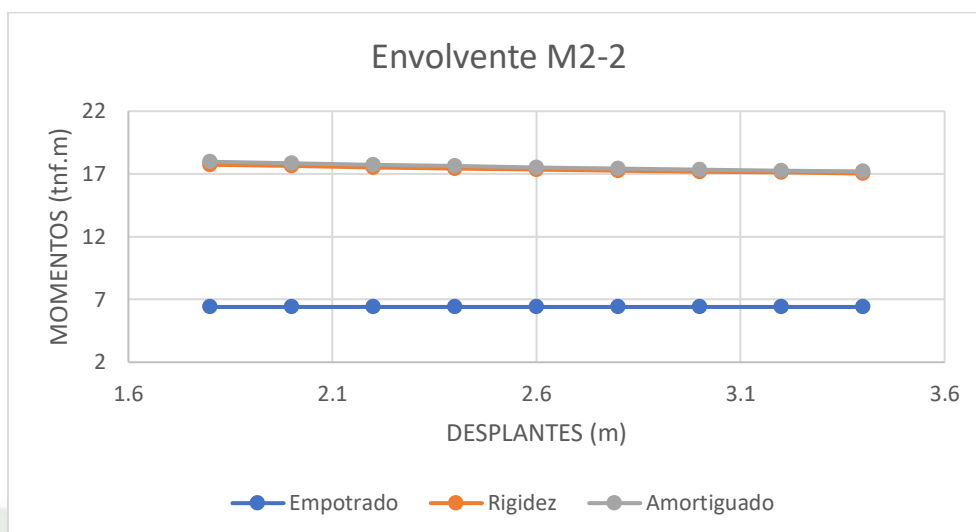


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (423.19) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (366.49) %

**Tabla 238**  
*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Placa G)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
1.8	6.404	17.732	17.974
2	6.404	17.639	17.857
2.2	6.404	17.522	17.731
2.4	6.404	17.444	17.632
2.6	6.404	17.339	17.522
2.8	6.404	17.275	17.442
3	6.404	17.160	17.343
3.2	6.404	17.121	17.274
3.4	6.404	17.028	17.205

**Figura 152.**  
*Momento M2-2 en suelo S2-3 (Placa G)*

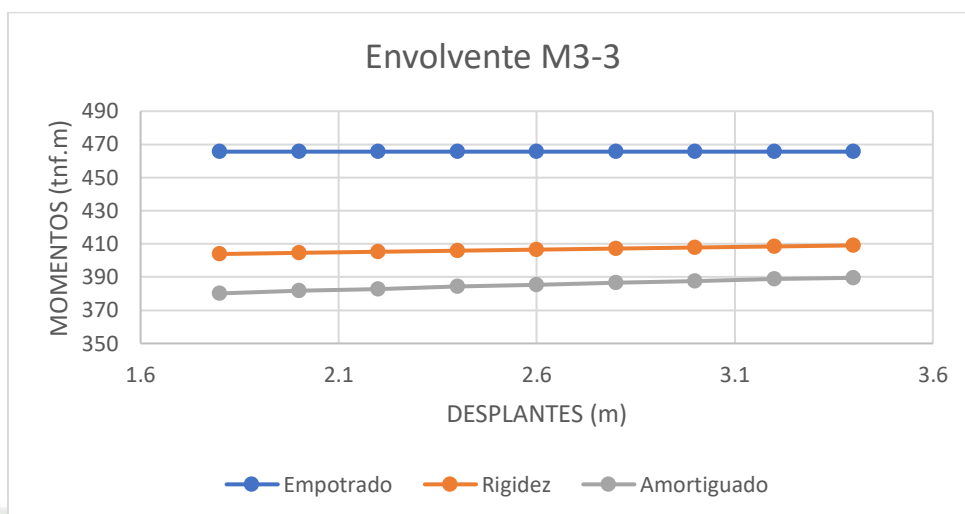


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (8.45) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (12.26) %

**Tabla 239**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Placa G)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Envolv)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>RIGIDEZ</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	465.603	403.896	380.137
<b>2</b>	465.603	404.594	381.643
<b>2.2</b>	465.603	405.131	382.838
<b>2.4</b>	465.603	405.952	384.337
<b>2.6</b>	465.603	406.481	385.383
<b>2.8</b>	465.603	407.189	386.641
<b>3</b>	465.603	407.854	387.572
<b>3.2</b>	465.603	408.574	388.961
<b>3.4</b>	465.603	409.081	389.541

**Figura 153.**  
*Momento M3-3 en suelo S2-3 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (245.35) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (246.01) %

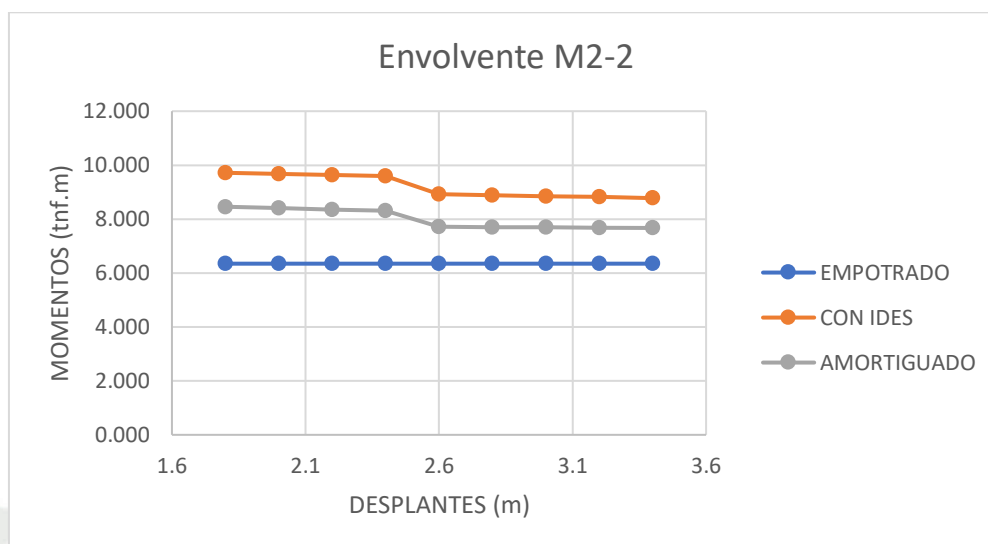
#### 4.11.4 Momentos en suelos S3-1

**Tabla 240**

*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	6.347	9.716	8.457
2	6.347	9.673	8.401
2.2	6.347	9.631	8.350
2.4	6.347	9.590	8.301
2.6	6.347	8.914	7.718
2.8	6.347	8.879	7.706
3	6.347	8.844	7.694
3.2	6.347	8.831	7.682
3.4	6.347	8.776	7.671

**Figura 154.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

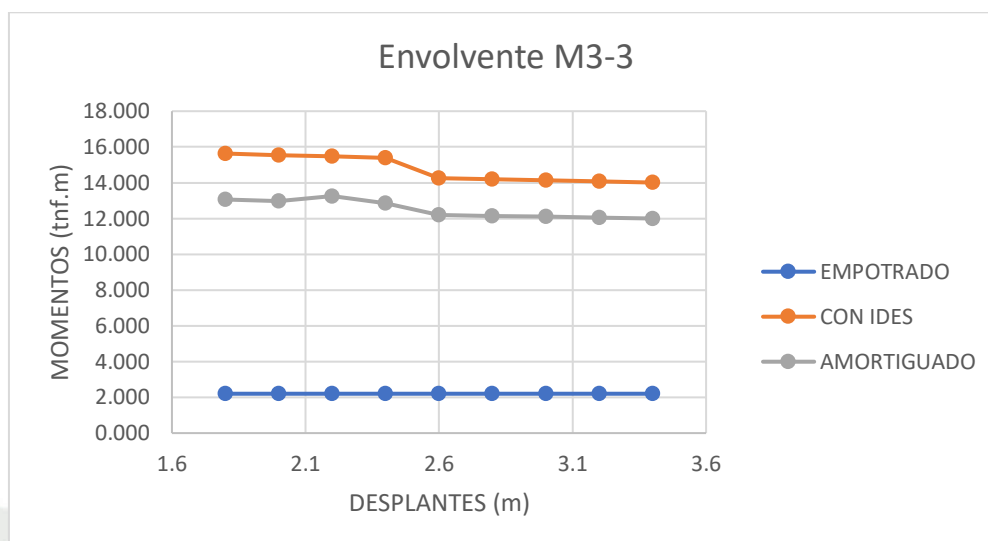


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (45.06) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (26.02) %

**Tabla 241**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
<b>1.8</b>	2.202	15.633	13.053
<b>2</b>	2.202	15.553	12.981
<b>2.2</b>	2.202	15.476	13.255
<b>2.4</b>	2.202	15.403	12.855
<b>2.6</b>	2.202	14.254	12.204
<b>2.8</b>	2.202	14.194	12.149
<b>3</b>	2.202	14.135	12.097
<b>3.2</b>	2.202	14.070	12.047
<b>3.4</b>	2.202	14.009	11.999

**Figura 155.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Borde)*

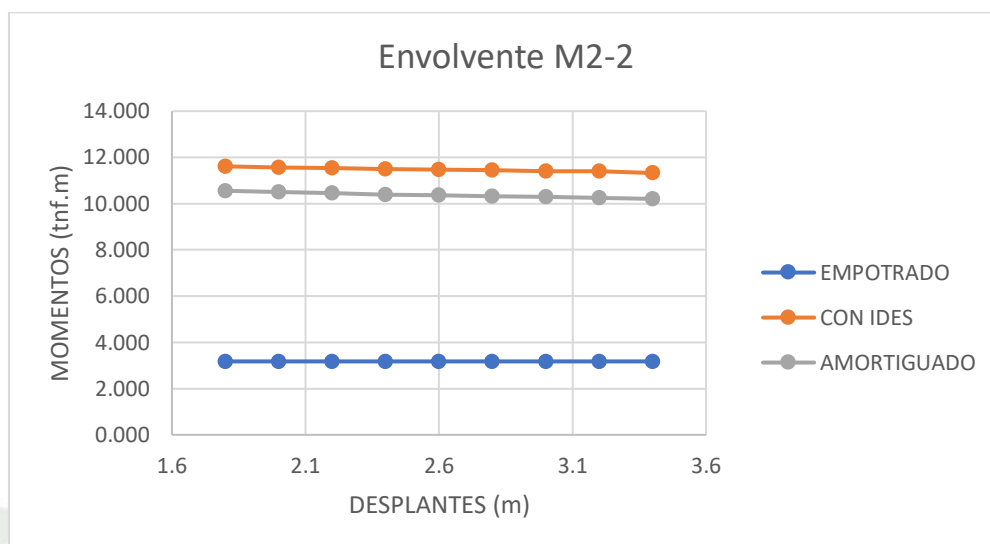


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (569.64) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (468.30) %

**Tabla 242**  
*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Central)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	3.176	11.615	10.557
2	3.176	11.572	10.499
2.2	3.176	11.531	10.446
2.4	3.176	11.490	10.396
2.6	3.176	11.477	10.374
2.8	3.176	11.438	10.330
3	3.176	11.399	10.287
3.2	3.176	11.400	10.246
3.4	3.176	11.324	10.206

**Figura 156.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Central)*

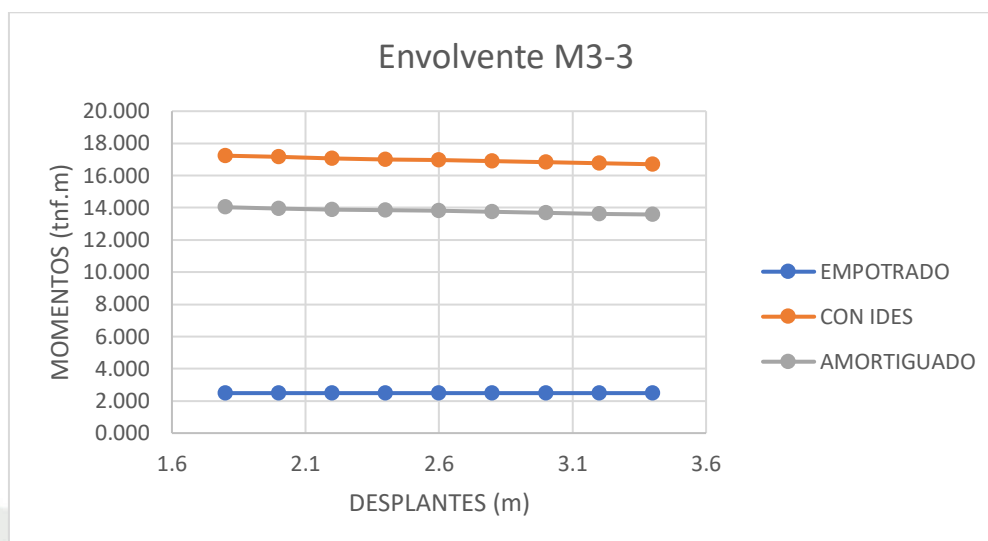


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (261.18) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (226.52) %

**Tabla 243**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Central)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.484	17.236	14.035
2	2.484	17.154	13.963
2.2	2.484	17.076	13.894
2.4	2.484	17.000	13.836
2.6	2.484	16.978	13.801
2.8	2.484	16.911	13.743
3	2.484	16.847	13.687
3.2	2.484	16.772	13.633
3.4	2.484	16.704	13.581

**Figura 157.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Central)*

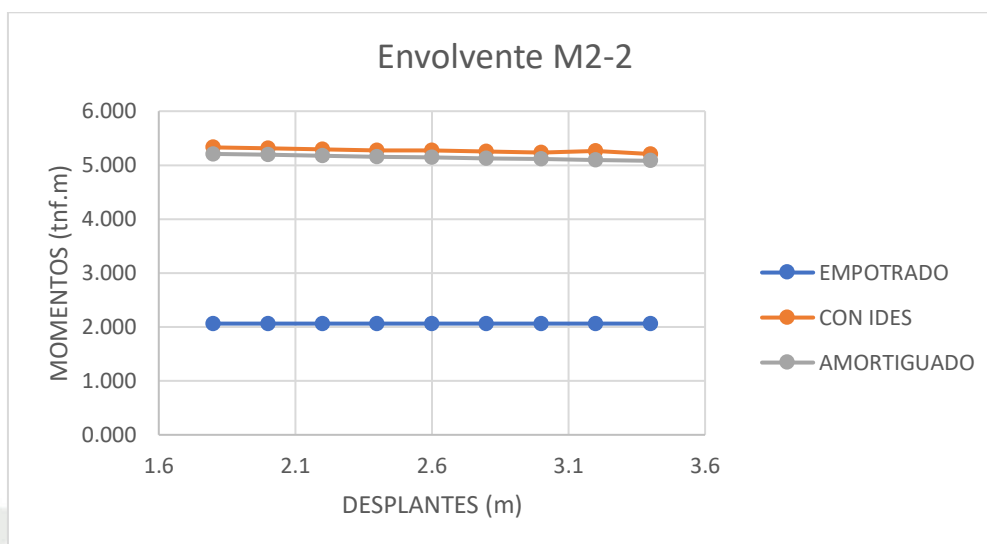


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (583.02) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (455.50) %

**Tabla 244**  
*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.062	5.329	5.208
2	2.062	5.311	5.190
2.2	2.062	5.294	5.172
2.4	2.062	5.277	5.154
2.6	2.062	5.268	5.145
2.8	2.062	5.252	5.129
3	2.062	5.236	5.112
3.2	2.062	5.266	5.096
3.4	2.062	5.206	5.080

**Figura 158.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

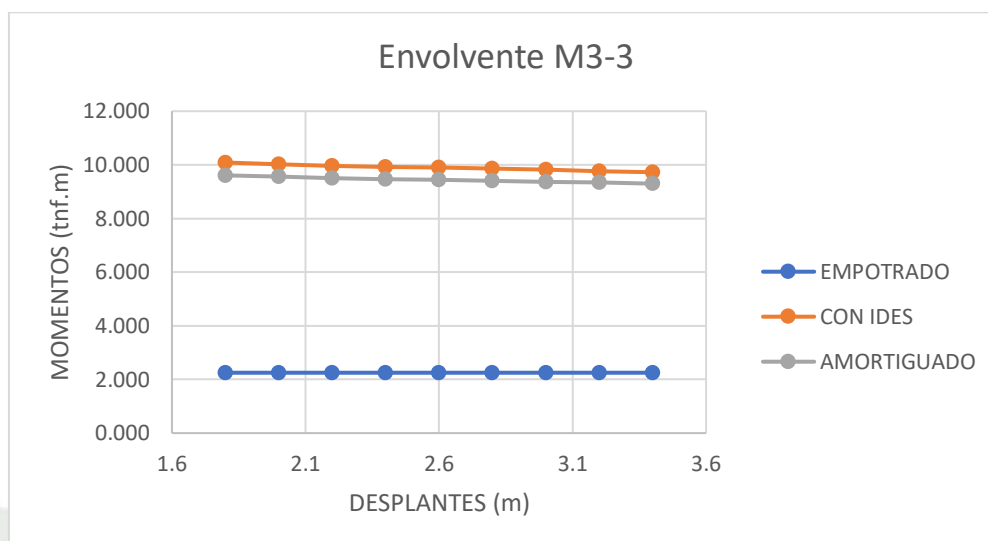


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (155.61) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (149.38) %

**Tabla 245**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.251	10.088	9.608
2	2.251	10.026	9.558
2.2	2.251	9.969	9.511
2.4	2.251	9.917	9.471
2.6	2.251	9.902	9.452
2.8	2.251	9.857	9.411
3	2.251	9.815	9.372
3.2	2.251	9.768	9.335
3.4	2.251	9.725	9.299

**Figura 159.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Columna Esquinera)*

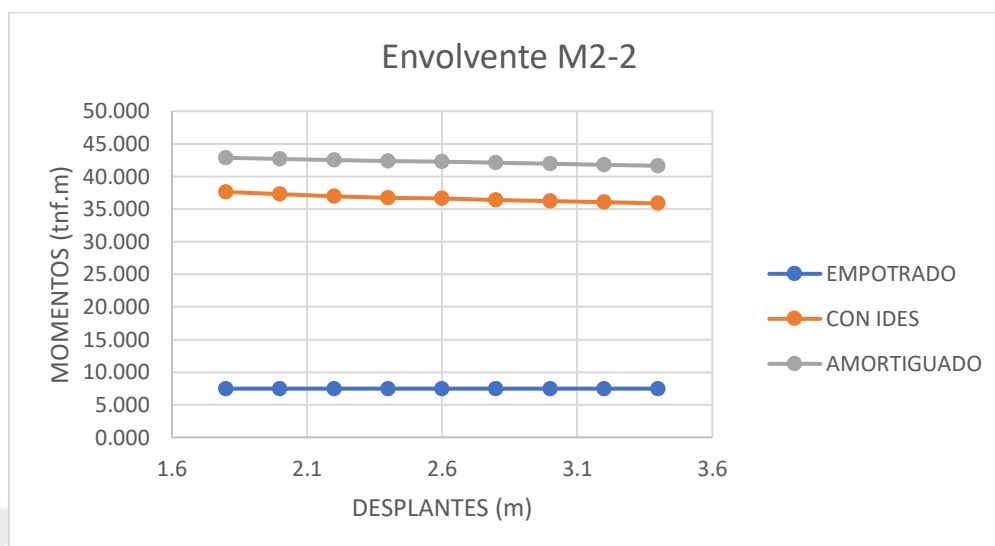


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (339.64) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (319.64) %

**Tabla 246**  
*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Placa G)*

<b>MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>CON CON ISE</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	7.472	37.629	42.863
<b>2</b>	7.472	37.286	42.668
<b>2.2</b>	7.472	36.965	42.484
<b>2.4</b>	7.472	36.739	42.336
<b>2.6</b>	7.472	36.608	42.228
<b>2.8</b>	7.472	36.406	42.070
<b>3</b>	7.472	36.228	41.918
<b>3.2</b>	7.472	36.031	41.772
<b>3.4</b>	7.472	35.858	41.631

**Figura 160.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-1 (Placa G)*

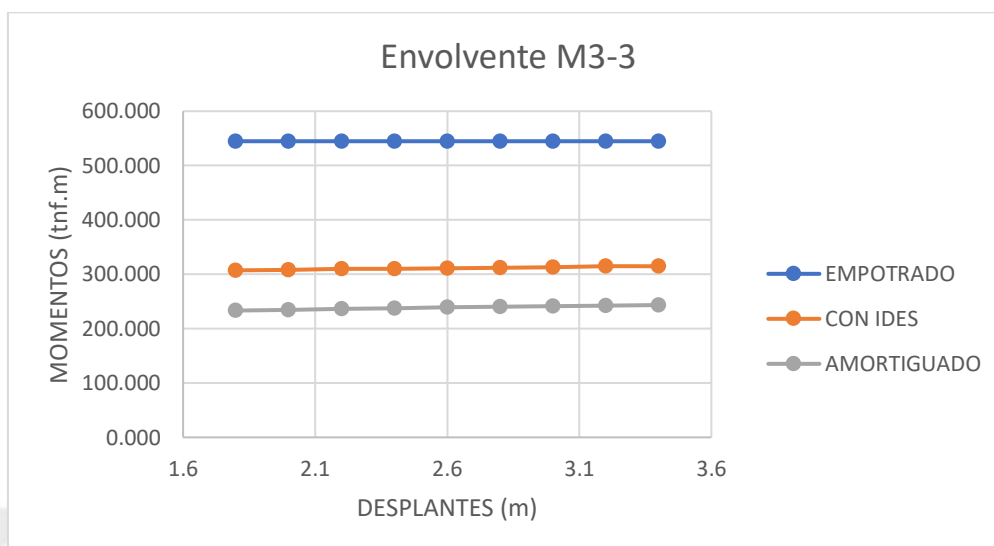


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (390.35) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (465.03) %

**Tabla 247**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Placa G)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	544.728	307.206	233.305
2	544.728	308.140	234.751
2.2	544.728	310.000	236.131
2.4	544.728	310.000	237.434
2.6	544.728	311.168	238.892
2.8	544.728	312.072	240.090
3	544.728	312.980	241.240
3.2	544.728	314.687	242.344
3.4	544.728	314.792	243.409

**Figura 161.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-1 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (42.87) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (56.19) %

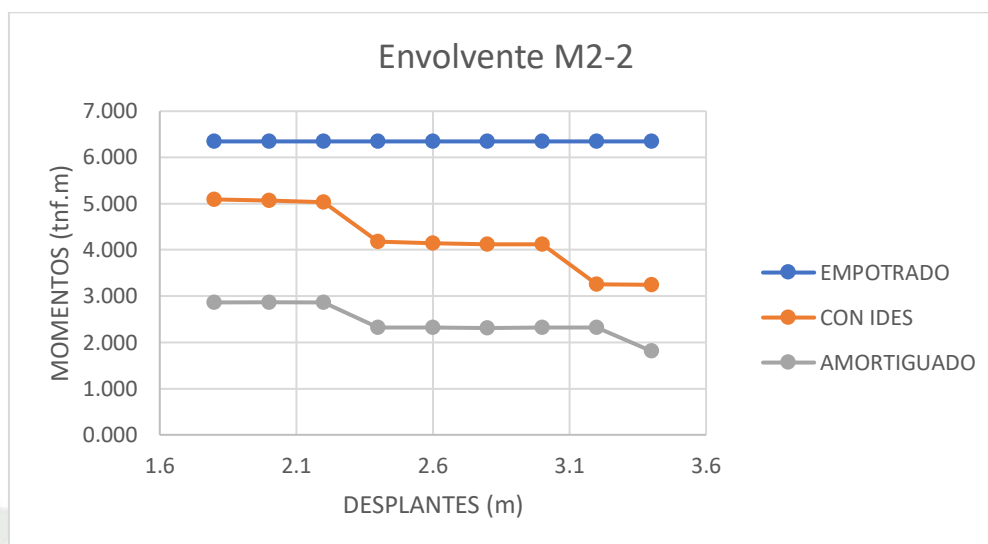
#### 4.11.5 Momentos en suelos S3-2

**Tabla 248**

*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

DESPLANTE	MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)		
	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
<b>1.8</b>	6.347	5.092	2.863
<b>2</b>	6.347	5.071	2.867
<b>2.2</b>	6.347	5.032	2.861
<b>2.4</b>	6.347	4.176	2.322
<b>2.6</b>	6.347	4.148	2.318
<b>2.8</b>	6.347	4.121	2.313
<b>3</b>	6.347	4.116	2.318
<b>3.2</b>	6.347	3.260	2.317
<b>3.4</b>	6.347	3.245	1.811

**Figura 162.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

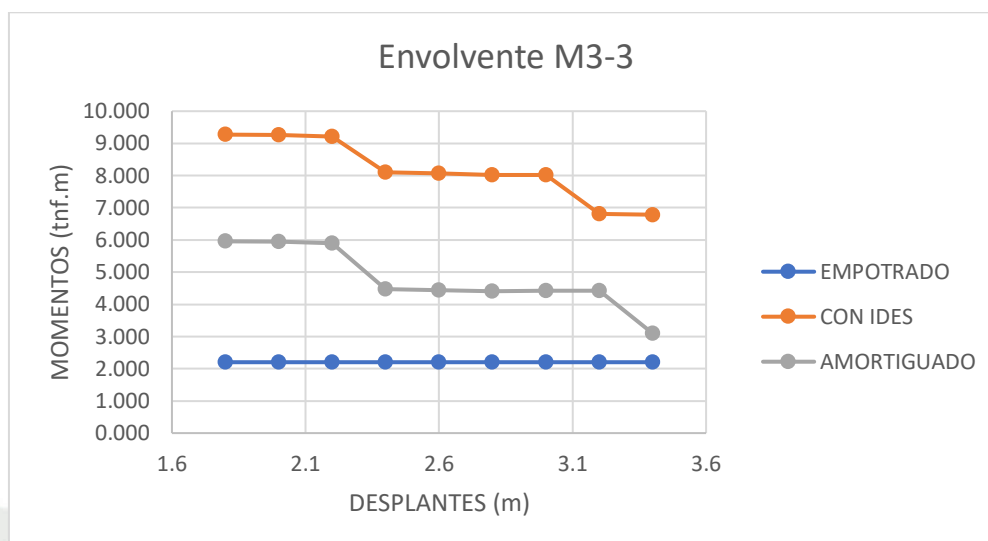


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (33.02) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (61.50) %

**Tabla 249**  
*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

<b>MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)</b>			
<b>DESPLANTE</b>	<b>EMPOTRADO</b>	<b>CON ISE</b>	<b>AMORTIGUADO</b>
<b>1.8</b>	2.202	9.273	5.957
<b>2</b>	2.202	9.258	5.943
<b>2.2</b>	2.202	9.208	5.902
<b>2.4</b>	2.202	8.105	4.468
<b>2.6</b>	2.202	8.065	4.440
<b>2.8</b>	2.202	8.027	4.414
<b>3</b>	2.202	8.027	4.416
<b>3.2</b>	2.202	6.809	4.416
<b>3.4</b>	2.202	6.785	3.097

**Figura 163.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

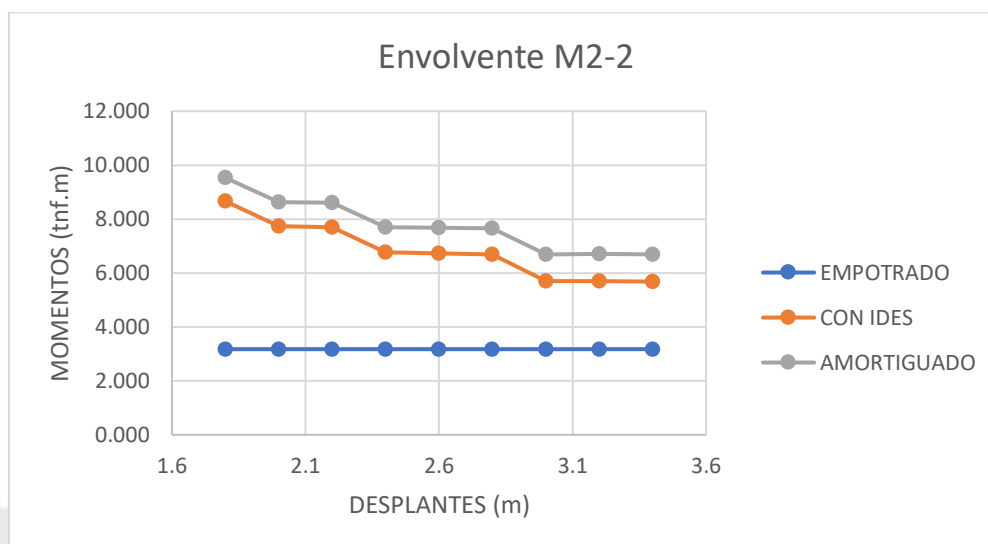


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (271.11) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (117.21) %

**Tabla 250**  
*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Central)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	3.176	8.661	9.533
2	3.176	7.744	8.624
2.2	3.176	7.698	8.599
2.4	3.176	6.767	7.691
2.6	3.176	6.732	7.671
2.8	3.176	6.698	7.652
3	3.176	5.707	6.695
3.2	3.176	5.701	6.702
3.4	3.176	5.681	6.692

**Figura 164.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Central)*

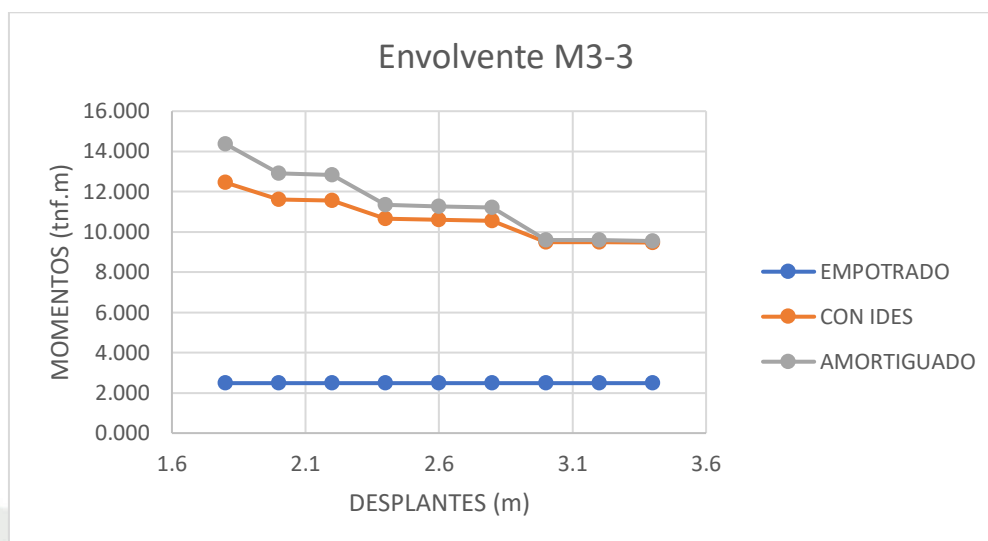


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (114.76) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (144.38) %

**Tabla 251**  
*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Central)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.484	12.455	14.376
2	2.484	11.606	12.906
2.2	2.484	11.546	12.833
2.4	2.484	10.649	11.335
2.6	2.484	10.599	11.274
2.8	2.484	10.551	11.216
3	2.484	9.500	9.588
3.2	2.484	9.502	9.585
3.4	2.484	9.471	9.545

**Figura 165.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Central)*



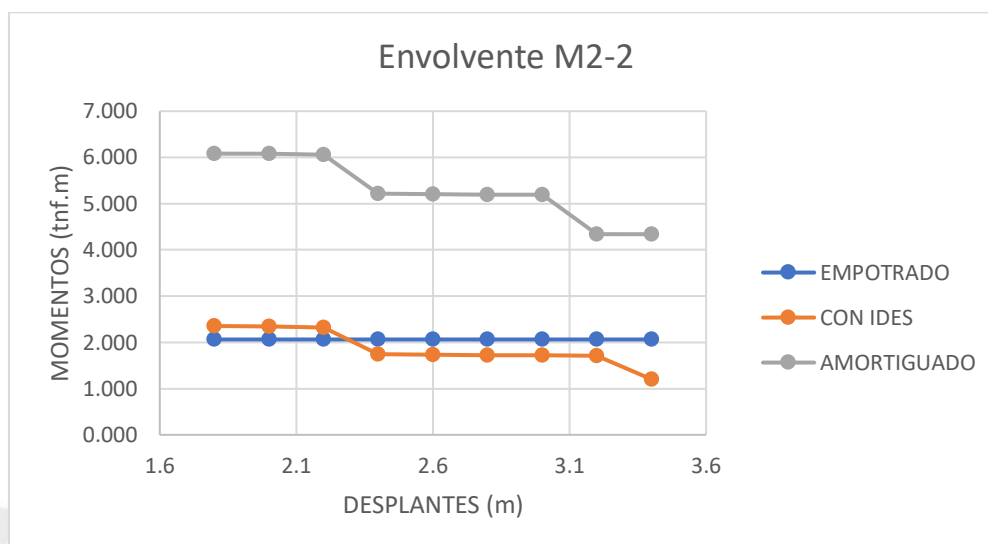
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (328.93) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (359.25) %

**Tabla 252**

*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.062	2.354	6.079
2	2.062	2.343	6.080
2.2	2.062	2.322	6.061
2.4	2.062	1.750	5.218
2.6	2.062	1.736	5.203
2.8	2.062	1.724	5.189
3	2.062	1.722	5.192
3.2	2.062	1.715	4.345
3.4	2.062	1.202	4.339

**Figura 166.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Columna Esquinera)*



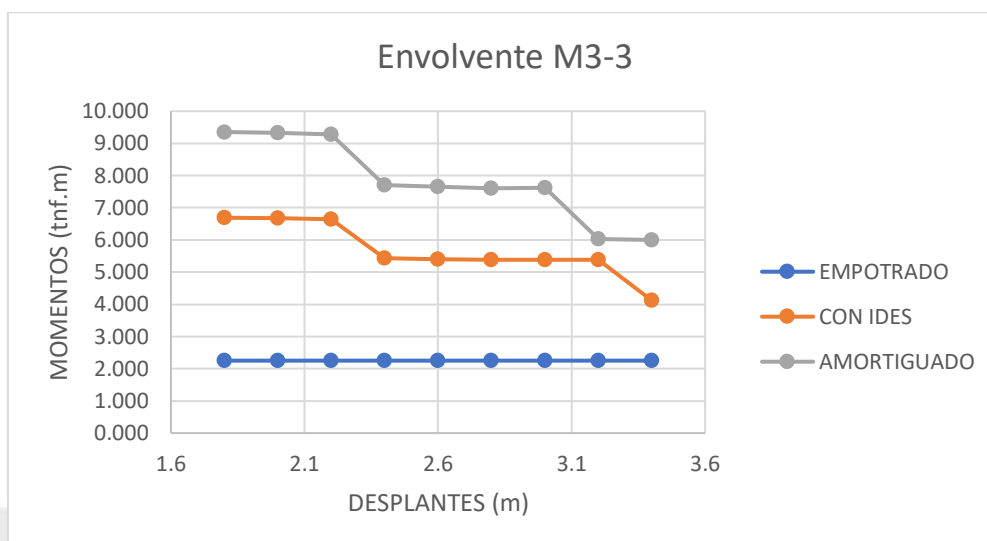
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (9.12) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (157.04) %

**Tabla 253**

*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Esquinera)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.251	6.690	9.352
2	2.251	6.681	9.336
2.2	2.251	6.646	9.276
2.4	2.251	5.430	7.700
2.6	2.251	5.403	7.655
2.8	2.251	5.378	7.612
3	2.251	5.380	7.615
3.2	2.251	5.385	6.027
3.4	2.251	4.123	6.000

**Figura 167.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Columna Borde)*

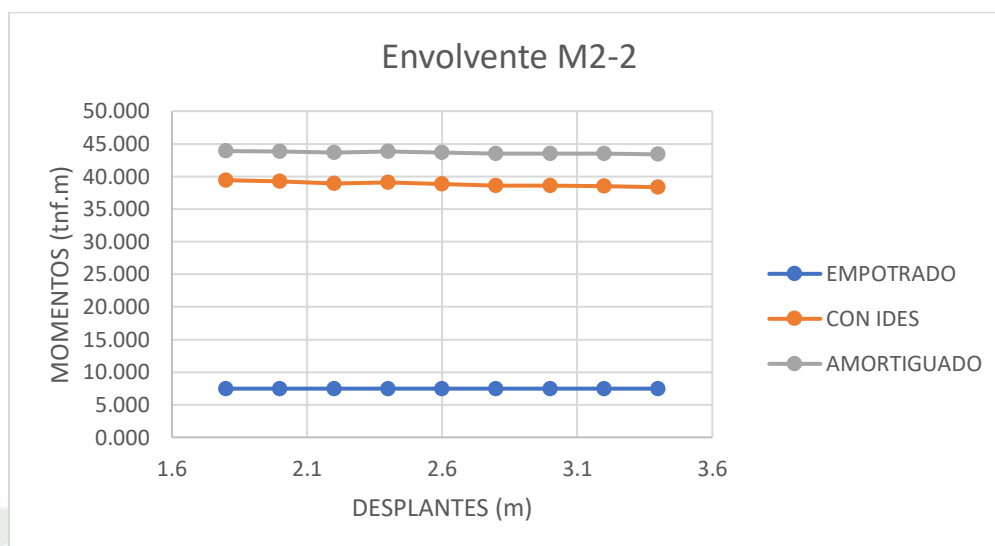


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (152.31) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (248.35) %

**Tabla 254**  
*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Placa G)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
<b>1.8</b>	7.472	39.422	43.887
<b>2</b>	7.472	39.254	43.855
<b>2.2</b>	7.472	38.936	43.652
<b>2.4</b>	7.472	39.063	43.837
<b>2.6</b>	7.472	38.806	43.651
<b>2.8</b>	7.472	38.570	43.473
<b>3</b>	7.472	38.569	43.503
<b>3.2</b>	7.472	38.516	43.503
<b>3.4</b>	7.472	38.347	43.384

**Figura 168.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-2 (Placa G)*

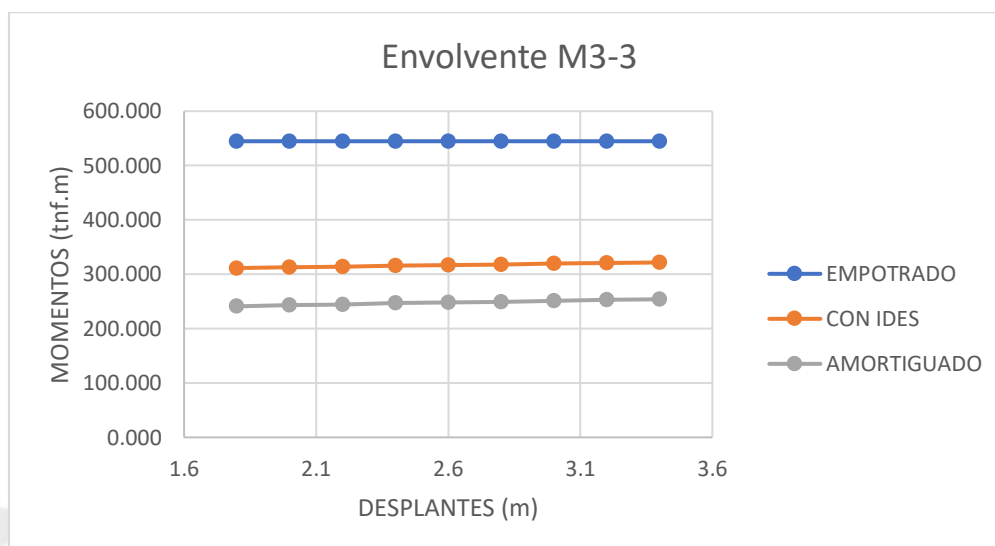


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (419.70) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (484.03) %

**Tabla 255**  
*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Placa G)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	544.728	311.478	241.014
2	544.728	313.066	243.110
2.2	544.728	314.018	244.551
2.4	544.728	315.998	246.924
2.6	544.728	316.946	248.234
2.8	544.728	317.896	249.484
3	544.728	319.502	251.361
3.2	544.728	320.735	252.813
3.4	544.728	321.728	253.991

**Figura 169.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-2 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (41.84) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (54.48) %

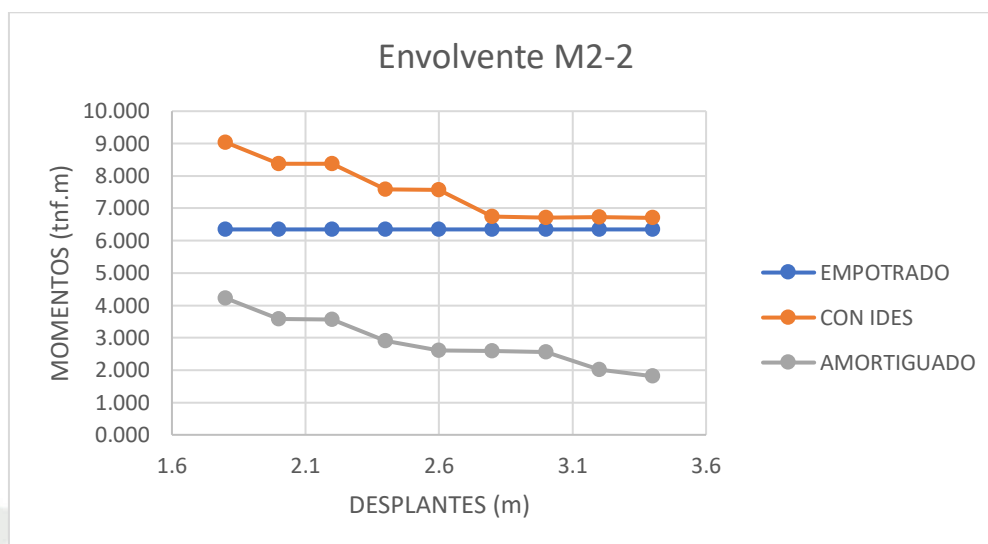
#### 4.11.6 Momentos en suelos S3-3

**Tabla 257**

*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

DESPLANTE	MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)		
	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	6.347	9.043	4.227
2	6.347	8.383	3.574
2.2	6.347	8.375	3.559
2.4	6.347	7.577	2.912
2.6	6.347	7.574	2.606
2.8	6.347	6.740	2.589
3	6.347	6.718	2.563
3.2	6.347	6.725	2.016
3.4	6.347	6.703	1.811

**Figura 170.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

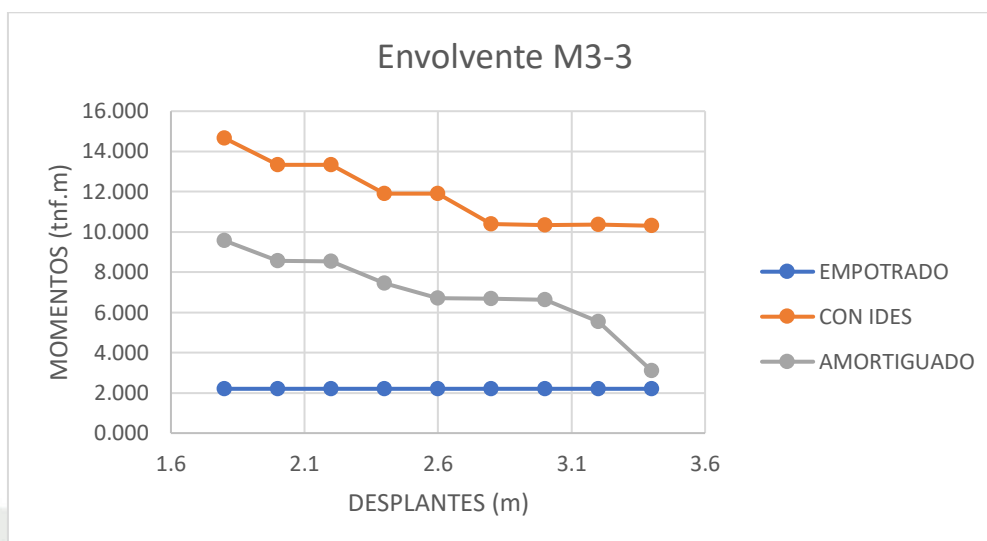


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (18.76) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (-54.73) %

**Tabla 258**  
*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.202	14.664	9.571
2	2.202	13.341	8.554
2.2	2.202	13.324	8.548
2.4	2.202	11.907	7.445
2.6	2.202	11.901	6.717
2.8	2.202	10.393	6.668
3	2.202	10.343	6.618
3.2	2.202	10.352	5.549
3.4	2.202	10.305	3.097

**Figura 171.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Borde)*

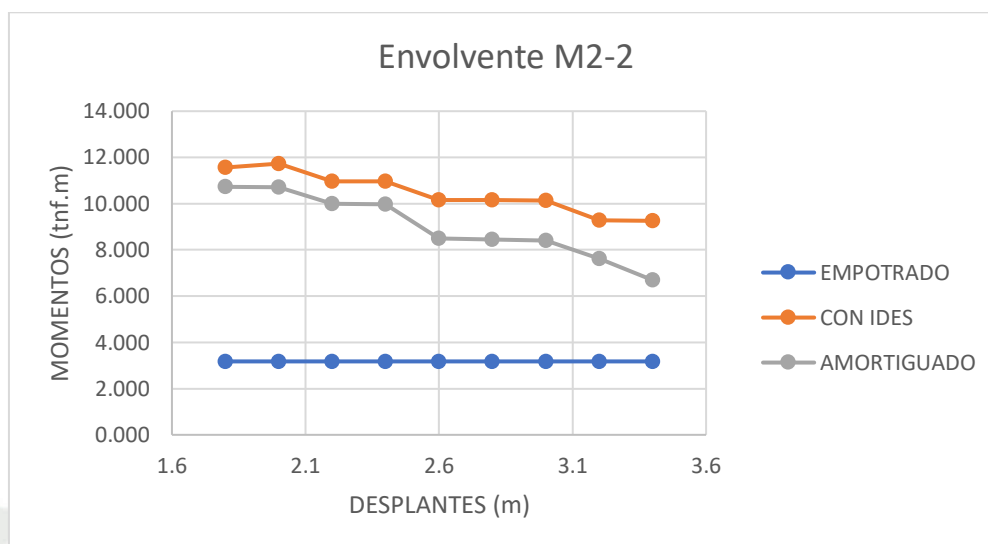


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (437.47) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (216.68) %

**Tabla 259**  
*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Central)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	3.176	11.558	10.728
2	3.176	11.733	10.710
2.2	3.176	10.971	9.991
2.4	3.176	10.974	9.982
2.6	3.176	10.163	8.491
2.8	3.176	10.161	8.460
3	3.176	10.130	8.402
3.2	3.176	9.284	7.625
3.4	3.176	9.257	6.692

**Figura 172.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Central)*

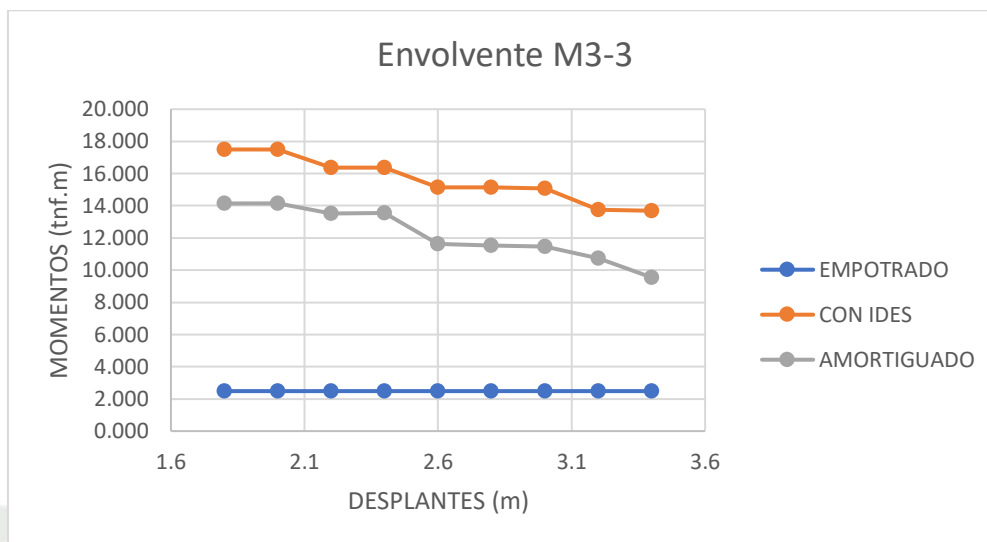


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (229.64) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (183.63) %

**Tabla 260**  
*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Central)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.484	17.499	14.142
2	2.484	17.496	14.138
2.2	2.484	16.373	13.535
2.4	2.484	16.382	13.539
2.6	2.484	15.146	11.632
2.8	2.484	15.146	11.544
3	2.484	15.080	11.459
3.2	2.484	13.749	10.738
3.4	2.484	13.691	9.545

**Figura 173.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Central)*

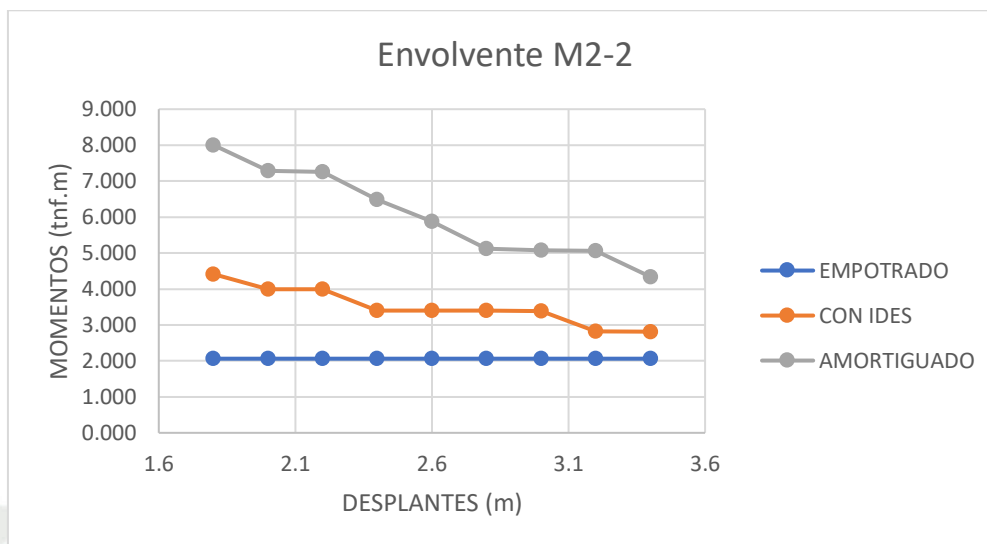


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (528.82) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (393.31) %

**Tabla 261**  
*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.062	4.415	8.004
2	2.062	3.993	7.282
2.2	2.062	3.992	7.259
2.4	2.062	3.399	6.489
2.6	2.062	3.400	5.875
2.8	2.062	3.395	5.115
3	2.062	3.385	5.071
3.2	2.062	2.821	5.057
3.4	2.062	2.813	4.339

**Figura 174.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*



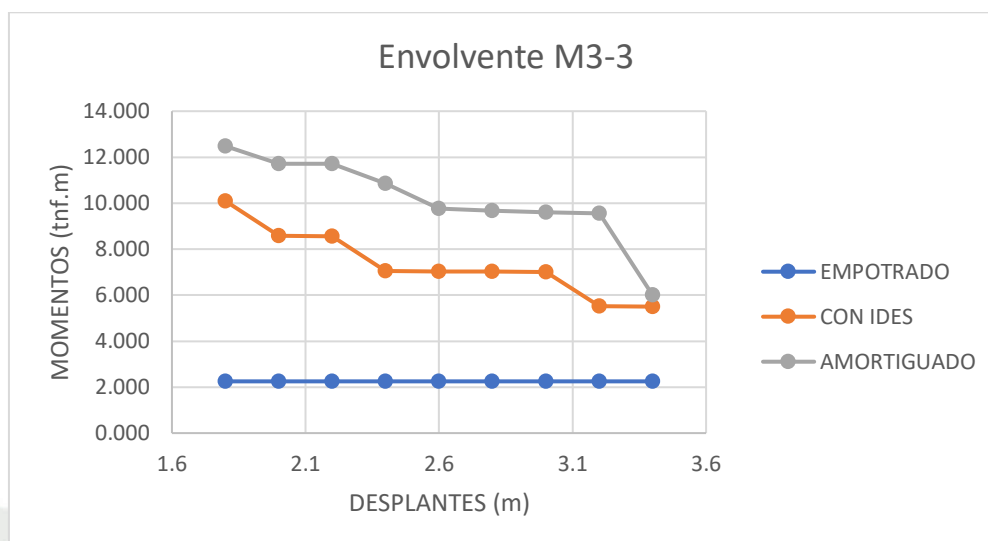
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (70.32) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (193.59) %

**Tabla 262**

*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	2.251	10.096	12.483
2	2.251	8.581	11.722
2.2	2.251	8.566	11.709
2.4	2.251	7.044	10.858
2.6	2.251	7.038	9.758
2.8	2.251	7.037	9.671
3	2.251	7.002	9.597
3.2	2.251	5.526	9.560
3.4	2.251	5.500	6.000

**Figura 175.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Columna Esquinera)*



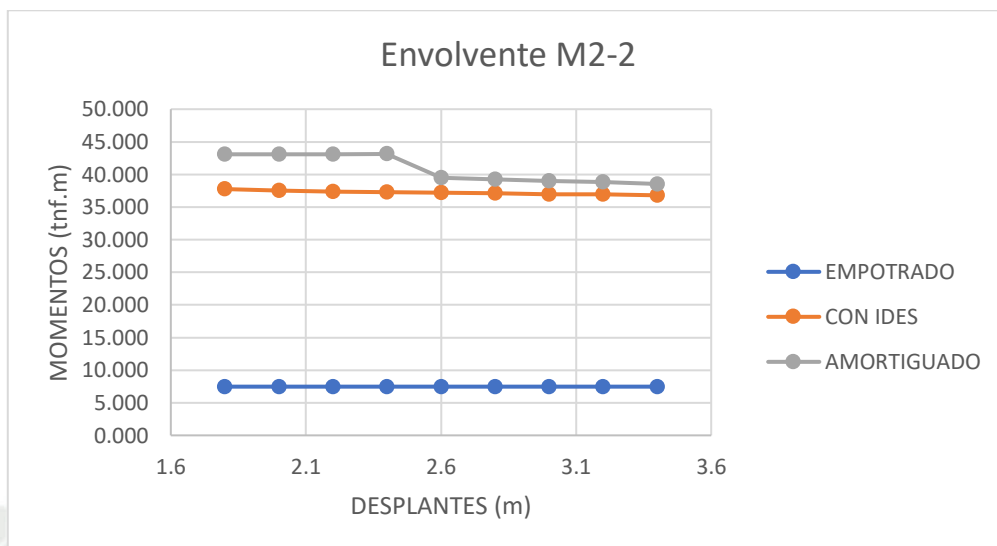
Se observará una variabilidad porcentual promedio de (227.70) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (350.94) %

**Tabla 263**

*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Placa G)*

MOMENTO M 2-2 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	7.472	37.755	43.125
2	7.472	37.536	43.125
2.2	7.472	37.389	43.113
2.4	7.472	37.300	43.133
2.6	7.472	37.229	39.499
2.8	7.472	37.157	39.211
3	7.472	36.956	38.964
3.2	7.472	36.978	38.863
3.4	7.472	36.799	38.540

**Figura 176.**  
*Momento M2-2 en suelo S3-3 (Placa G)*

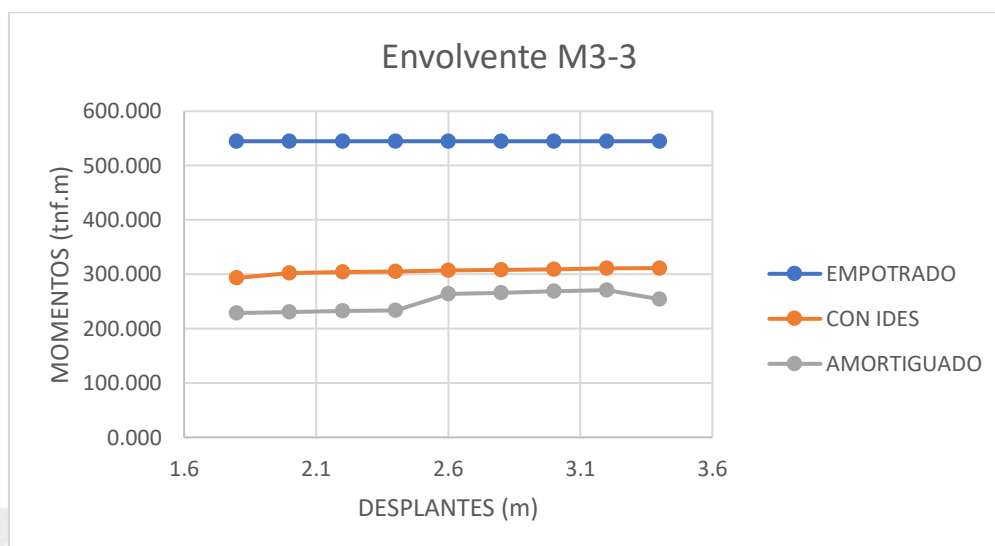


Se observará una variabilidad porcentual promedio de (398.31) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (446.60) %

**Tabla 264**  
*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Placa G)*

MOMENTO M 3-3 (Tnf.m)			
DESPLANTE	EMPOTRADO	CON ISE	AMORTIGUADO
1.8	544.728	293.258	228.661
2	544.728	302.644	230.398
2.2	544.728	304.089	232.185
2.4	544.728	305.341	233.815
2.6	544.728	306.826	264.258
2.8	544.728	308.011	265.862
3	544.728	308.920	268.401
3.2	544.728	310.511	270.876
3.4	544.728	311.410	253.991

**Figura 177.**  
*Momento M3-3 en suelo S3-3 (Placa G)*



Se observará una variabilidad porcentual promedio de (43.89) % en el caso de la comparativa de un modelo empotrado con el de uno tomando únicamente la rigidez mientras que en el caso de un modelo amortiguado comparado a un modelo empotrado será una variabilidad porcentual promedio de (54.14) %

Procederemos entonces a evaluar cada suelo, pero únicamente tomando los casos de nuestras zapatas aisladas sin una discretización siendo también datos relevantes en las comparativas de nuestro modelo y restringiendo la comparación de las placas debido a su naturaleza tratada para la interacción suelo estructura.

### **Evaluación del suelo S2-1**

Al tomar entonces todos los elementos de las columnas que hemos realizado y analizado podremos decir que entre estos casos de cortantes y momentos tendremos un promedio general en la estructura de variantes de Caso de cortantes V2-2 y V3-3 de un 214.28% y 190.39% respectivamente en el caso de nuestro caso ISE sin amortiguamiento y siendo un poco menor en el caso de considerar el amortiguamiento, por lo que los valores para nuestro diseño son de 3 veces, aproximadamente según lo observado, en el caso de interacción suelo estructura y por ello un diseño más reforzado a comparación de nuestro

modelo empotrado. En el caso de los momentos se puede ver que serán mayores, pero menores a los cortantes siendo en el caso de M2-2 y M3-3 de un 34.70% y 163.94% respectivamente por lo que sería de un crecimiento no tan considerable el caso M2-2 mientras que el caso M3-3 ya se generaría un salto de 2.5 veces el valor de nuestro modelo empotrado.

### **Evaluación del suelo S2-2**

Al tomar entonces todos los elementos de las columnas que hemos realizado y analizado podremos decir que entre estos casos de cortantes y momentos tendremos un promedio general en la estructura de variantes de Caso de cortantes V2-2 y V3-3 de un 194.17% y 163.48% respectivamente en el caso de nuestro caso ISE sin amortiguamiento y siendo un poco menor en el caso de considerar el amortiguamiento, por lo que los valores para nuestro diseño son de 2.75 veces, aproximadamente según lo observado, en el caso de interacción suelo estructura y por ello un diseño más reforzado a comparación de nuestro modelo empotrado. En el caso de los momentos se puede ver que serán mayores, pero menores a los cortantes siendo en el caso de M2-2 y M3-3 de un 30.12% y 135.45% respectivamente por lo que sería de un crecimiento no tan considerable el caso M2-2 mientras que el caso M3-3 ya se generaría un salto de 2.3 veces aproximadamente más el valor de nuestro modelo empotrado.

### **Evaluación del suelo S2-3**

Al tomar entonces todos los elementos de las columnas que hemos realizado y analizado podremos decir que entre estos casos de cortantes y momentos tendremos un promedio general en la estructura de variantes de Caso de cortantes V2-2 y V3-3 de un 133.33% y 158.24% respectivamente en el caso de nuestro caso ISE sin amortiguamiento y siendo un poco menor en el caso de considerar el amortiguamiento, por lo que los valores para nuestro diseño son de 2.5 veces, aproximadamente según lo observado, en el caso de interacción suelo estructura y por ello un diseño más reforzado a comparación de nuestro modelo empotrado. En el caso de los momentos se puede ver que serán mayores, pero menores a los cortantes siendo en el caso de M2-2 y M3-3 de un 20.69% y 87.74% respectivamente por lo que sería de un crecimiento no tan

considerable el caso M2-2 mientras que el caso M3-3 ya se generaría un salto de casi el doble del valor de nuestro modelo empotrado.

### **Evaluación del suelo S3-1**

Al tomar entonces todos los elementos de las columnas que hemos realizado y analizado podremos decir que entre estos casos de cortantes y momentos tendremos un promedio general en la estructura de variantes de Caso de cortantes V2-2 y V3-3 de un 700.11% y 1433.99% respectivamente en el caso de nuestro caso ISE sin amortiguamiento y siendo menor en el caso de considerar el amortiguamiento, por lo que los valores para nuestro diseño son de hasta 14 veces, aproximadamente según lo observado, en el caso de interacción suelo estructura y por ello un diseño más reforzado a comparación de nuestro modelo empotrado. En el caso de los momentos se puede ver que serán mayores, pero menores a los cortantes siendo en el caso de M2-2 y M3-3 de un 153.95% y 497.43% respectivamente por lo que sería a diferencia de nuestro anterior tipo de suelo S2, los crecimientos son totalmente considerables ya sé que generaría un valor de hasta casi 5 veces el valor de nuestro modelo empotrado.

### **Evaluación del suelo S3-2**

Al tomar entonces todos los elementos de las columnas que hemos realizado y analizado podremos decir que entre estos casos de cortantes y momentos tendremos un promedio general en la estructura de variantes de Caso de cortantes V2-2 y V3-3 de un 244.29% y 929.07% respectivamente en el caso de nuestro caso ISE sin amortiguamiento y siendo menor en el caso de considerar el amortiguamiento, por lo que los valores para nuestro diseño son de hasta 9.25 veces, aproximadamente según lo observado, en el caso de interacción suelo estructura y por ello un diseño más reforzado a comparación de nuestro modelo empotrado. En el caso de los momentos se puede ver que serán mayores, pero menores a los cortantes siendo en el caso de M2-2 y M3-3 de un 175.11% y 146.47% respectivamente considerando así un valor de hasta casi 2.75 veces el valor de nuestro modelo empotrado.

### Evaluación del suelo S3-3

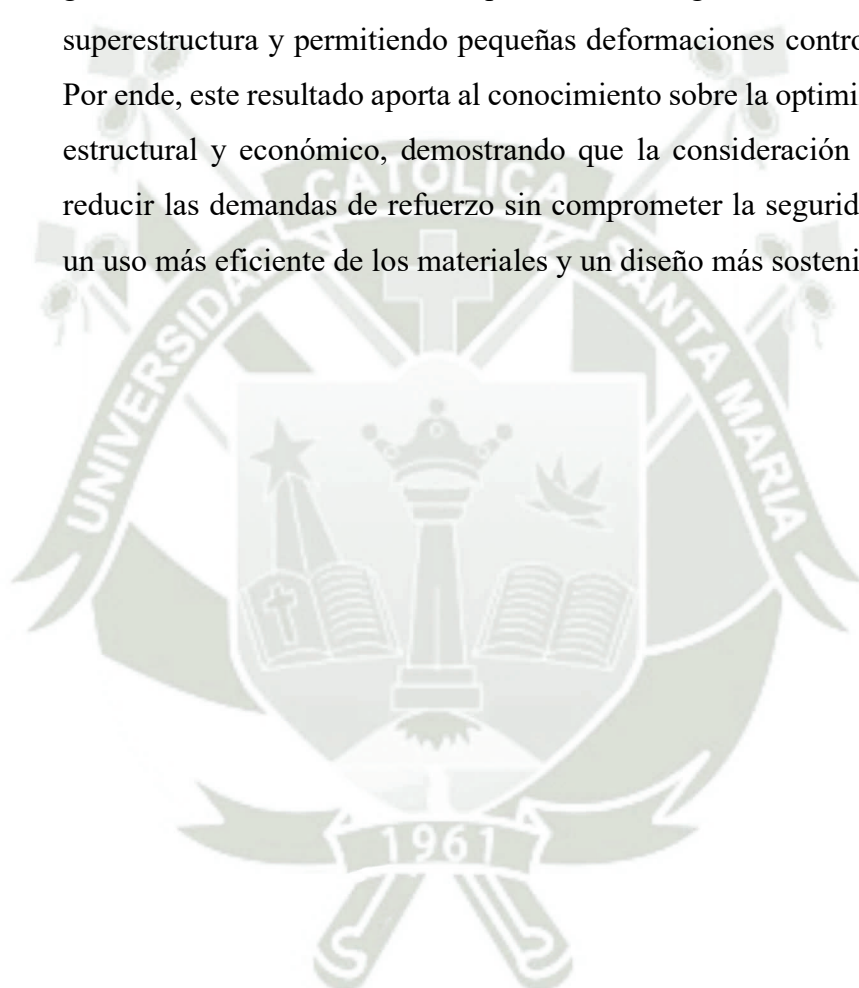
Al tomar entonces todos los elementos de las columnas que hemos realizado y analizado podremos decir que entre estos casos de cortantes y momentos tendremos un promedio general en la estructura de variantes de Caso de cortantes V2-2 y V3-3 de un 378.60% y 1326.04% respectivamente en el caso de nuestro caso ISE sin amortiguamiento y siendo menor en el caso de considerar el amortiguamiento, por lo que los valores para nuestro diseño son de hasta 13.25 veces, aproximadamente según lo observado, en el caso de interacción suelo estructura y por ello un diseño más reforzado a comparación de nuestro modelo empotrado. En el caso de los momentos se puede ver que serán mayores, pero menores a los cortantes siendo en el caso de M2-2 y M3-3 de un 232.76% y 237.55% respectivamente considerando así un valor de hasta casi 2.3 veces el valor de nuestro modelo empotrado.

## CONCLUSIONES

- En el caso de plantear un desplante progresivo y tomar en cuenta las consideraciones de dimensionamiento para las cimentaciones se observará cambios poco considerables debido a que el volumen general de nuestra zapata se puede tomar en cuenta para las consideraciones de la rigidez en nuestro modelo, pero no es tan determinante observando que corresponde a cambios mínimos en las reacciones de nuestros elementos verticales.
- Dentro de las consideraciones del suelo en nuestro modelo para la generación de las rigideces equivalentes se puede tomar en cuenta que cambios los cuales generan una variación considerable es, en caso de el tipo de suelo entre S2 y S3, la velocidad de corte para la siguiente corrección del factor para nuestro módulo de corte es totalmente determinante por la variación que genera al hallar estas rigideces de nuestros resortes, también observamos que otro factor ya correspondiente a los subtipos, el módulo de Poisson, genera cambios entre estos subtipos pero si poseen un valor similar o muy cercano no genera una gran variación entre estos 2 subtipos de suelos observados en el caso del S2 siendo un suelo rígido.
- El caso de discretización de nuestras placas al generar reacciones menores es así que la rigidez en nuestro modelo sea mayor la influencia del área de concreto ya que toma en cuenta este factor para la discretización las áreas de nuestra cimentación como también la rigidez distribuida a lo largo del elemento y sus puntos discretizados por su naturaleza a tomar en cuenta, lo observado de borde y centrales, que sería determinante además de cómo se mencionó los factores de suelo dentro de cada subtipo y en la anterior conclusión.
- Efecto de la interacción suelo–estructura en desplazamientos y derivas. Los resultados demostraron que los modelos que incorporan la interacción suelo–estructura (ISE) presentan incrementos significativos en desplazamientos y derivas laterales respecto a los modelos con base empotrada. En suelos tipo S2, los desplazamientos aumentaron en promedio un 60 %, y en suelos S3 hasta más del 250 %, lo que evidencia que la idealización rígida de los apoyos subestima la deformabilidad real del sistema estructural. Este hallazgo tiene un valor práctico en ingeniería civil, ya que demuestra que considerar la flexibilidad del suelo permite un diseño sísmico más seguro y

representativo, especialmente en edificaciones sobre suelos blandos.

- Reducción de esfuerzos en placas y repercusión en el diseño estructural. La consideración de la interacción suelo–estructura (ISE) genera una reducción promedio del 20 % al 30 % en los momentos flectores y del 15 % al 25 % en las fuerzas cortantes en las placas de cimentación, comparadas con el modelo empotrado. Esto se debe a que el suelo participa activamente en la respuesta global del sistema, absorbiendo parte de la energía sísmica transmitida por la superestructura y permitiendo pequeñas deformaciones controladas en la base. Por ende, este resultado aporta al conocimiento sobre la optimización del diseño estructural y económico, demostrando que la consideración de la ISE puede reducir las demandas de refuerzo sin comprometer la seguridad, promoviendo un uso más eficiente de los materiales y un diseño más sostenible.



## RECOMENDACIONES

- Al momento de tomar características variables y únicas del suelo de cimentación en el caso de una evaluación que genere mayor variabilidad en el suelo podría considerar el nivel freático por su cercanía con la cimentación lo cual generara que sea considerable en el dimensionamiento y diseño de las cimentaciones, generando variaciones de estas características y la rigidez de nuestros elementos, como también sus resultados dentro de las reacciones por lo cual el diseño de la superestructura tomaría diferentes variaciones o se genere resultados cercanos.
- Evaluar la rigidez del suelo como un parámetro fundamental de diseño. La rigidez del terreno influye directamente en la respuesta global de la estructura. Un suelo con baja rigidez reduce la frecuencia natural del sistema, incrementa el periodo y con ello los desplazamientos y derivas. Por ello, se recomienda que los estudios de suelo incluyan la determinación del módulo de corte (G) y el coeficiente de balasto (k) para su posterior uso en el modelado estructural. La consideración de estos parámetros evita errores de subestimación de deformaciones que podrían comprometer la estabilidad global de la edificación.
- Las diferencias observadas en momentos y cortantes (del orden del 25 % al 35 %) influyen directamente en la cantidad de acero necesaria en columnas y placas. Los modelos empotrados tienden a sobreestimar la rigidez y los esfuerzos internos, conduciendo a un sobredimensionamiento del acero, mientras que los modelos con ISE ofrecen una distribución más uniforme de esfuerzos, permitiendo diseños más eficientes y económicos sin afectar la seguridad estructural. Se recomienda, por tanto, utilizar modelos con ISE en la etapa de diseño final para optimizar la cuantía de acero y lograr estructuras seguras, pero económicamente viables.
- Es necesario fomentar que los ingenieros estructurales incluyan la interacción suelo–estructura como parte del análisis rutinario en edificaciones, especialmente en regiones con suelos variables como Arequipa. La adopción de estas prácticas reducirá discrepancias entre el comportamiento analítico y el real de las estructuras durante eventos sísmicos, elevando el nivel de precisión y confiabilidad en el diseño estructural peruano.

## REFERENCIAS

- Damikoukas, S., & Lagaros, N. D. (2023). MLPER: A Machine Learning-Based Prediction Model for Building Earthquake Response Using Ambient Vibration Measurements. *Applied Sciences* 2023, Vol. 13, Page 10622, 13(19), 10622. <https://doi.org/10.3390/APP131910622>
- Katsimpini, P., Sciences, G. P.-A., & 2024, undefined. (n.d.). Nonlinear Analysis of Bridges Considering Soil–Structure Interaction and Travelling Wave Effects Under Combined Train and Near-Fault Seismic Loads. *Mdpi.ComPS Katsimpini, G Papagiannopoulos, G HatzigeorgiouApplied Sciences, 2024•mdpi.Com*. Retrieved June 2, 2025, from <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/24/11688>
- Miari, M., & Jankowski, R. (2022). Incremental dynamic analysis and fragility assessment of buildings founded on different soil types experiencing structural pounding during earthquakes. *Engineering Structures*, 252, 113118. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2021.113118>
- Rodríguez, J. C. (2020). *Evaluación lineal y no lineal de la interacción suelo-estructura en edificios de concreto reforzado*. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1198>
- RUIZ, D. (2024). *ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DE TRES TORRES DE TELECOMUNICACIÓN TENIENDO EN CUENTA APOYOS FIJOS*. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstreams/53b60478-d255-4168-9c0a-67f3b1d94203/download>
- Salazar, S. O. (2025). *Desarrollo de un banco de experimentos para la determinación del pandeo en columnas*. <https://repositorio.udec.cl/items/4eb1511b-0aa5-44ab-b468-8872ae6eff05>
- Seismic Modelling of Corroded Reinforced Concrete Columns. (2023). *Engineering Structures*, 275, 115251. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2022.115251>
- Taha, A., Ghahari, F., Ebrahimian, H., Motamed, R., & Naeim, F. (2025). Calibrating frequency-independent soil–foundation parameters for time-domain substructure soil–structure interaction analysis. *Engineering Structures*, 338, 120509. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2025.120509>
- Tekin, G., (2076-3417), S. G.-A. S., & 2024, undefined. (n.d.). The Dynamic Soil–

- Foundation–Structure Interaction Problem in the Time Domain Using a Discrete Element Model. *Search.Ebscohost.Com*. Retrieved June 2, 2025, from <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=20763417&AN=181655300&h=bvt0kpD1yy1UqGxoD9nOeycAvZE29JIcYdr%2FqGD6FtNv8ZMmCVDiP1ah2mPatwcuH%2B6%2F%2FJJNNcdjSS3D1XdA%3D%3D&crl=c>
- Benedetti, F., Zúñiga, F., & Opazo, A. (2017). Efecto de la variabilidad de la rigidez del sitio de fundación en el desempeño sísmico. *\*Obras y Proyectos\**, (22), 31–41. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132017000200031>
- Silva González, F., & Bojórquez Mora, E. (2015). *\*Interacción suelo-estructura: Concepto de diseño\**. *\*Ingeniería Sísmica\**, 1, 5. <https://doi.org/10.18867/RIS.61.243>
- Abanto Oblitas, R., Cisneros Meneses, L., Gomez Cordova, G., Díaz Esquivel, C., & Rojas Peralta, P. (2020). *\*Propuesta preliminar de método de análisis de interacción suelo-estructura para suelos peruanos\** [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18127>
- Bustamante Moreno, J. (2021). *\*Comparación de los métodos de cálculo de interacción suelo estructura con la NTP E-0.30. 2018, al determinar la respuesta estructural de la torre II de la clínica Limatambo S.A.C Cajamarca\** [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/4452/Tesis%20completa%20Bustamante.pdf>
- Coyolt, C. (2016). *\*Interacción dinámica suelo estructura\** [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/9675/1/tesis.pdf>
- Campa Uranga, F., Ortiz Zamora, D., & Ochoa Chi, J. (2018). *\*Grietas, fallas y socavones del suelo-subsuelo de la Ciudad de México\**. Universidad Autónoma de México. <https://cdhcm.org.mx/wp-content/uploads/2018/12/Primer-Informe-del-Proyecto-Piloto-Grietas-fallas-y-socavones.-Fernanda-Campadalia-Ortiz-y-Juanita-Ochoa-pdf.pdf>
- Calderín Mestre, F., Almenarez Labañino, D., & Boada Fernández, D. (2020).

- Consideración de la interacción suelo-estructura Edificio IMS. \*Ciencia en su PC\*, \*1\*(4), 79–90. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181366194007>
- Villarreal, G. (2009). \*Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con zapatas aisladas\* (1.ª ed.). Lima: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- Simón, A. (2011). \*Estudio de la interacción suelo-estructura y vulnerabilidad sísmica de la catedral de la inmaculada concepción de la ciudad de Cuenca\* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca].
- Primo, C. (2018). \*Análisis comparativo del método interacción suelo-estructura y el modelo normativo en la respuesta estructural del módulo de la Facultad de Ciencias Económicas de la Unheval\* [Tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco].
- Guillén Seminario, A. L., & Mendoza Pinto, V. A. (2018). EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS EN EL CENTRO POBLADO EL PASTO, DISTRITO DE SOACABAYA, AREQUIPA. In Universidad Católica de Santa María, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente, & Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Tesis. Universidad Católica de Santa María
- Núñez de Prado s., H., Farfán Bazán, e., Díaz Urquiza, h., & Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. (2001). Geología y estratigrafía del cuaternario y zonificación geotécnica-sísmica del área urbana de Arequipa.