

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia del modelo de interacción suelo estructura
en el comportamiento sísmico de un edificio de
concreto armado con disipadores de energía de fluido
viscoso, Lima 2021**

Gimena Estefany Julcarima Poma
Alfredo Julian Soto Rojas

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de ingeniería

DE : Franz Emmanuel Estrada Porras
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 8 de Setiembre de 2023

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO, LIMA 2021," perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Soto Rojas Alfredo Julian Y Julcarima Poma Gimena Estefany, de la E.A.P. de ingeniería civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 0.00) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Franz Emmanuel Estrada Porras
Asesor de tesis

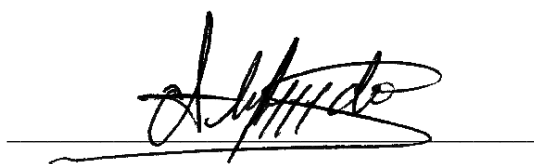
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Alfredo Julian Soto Rojas , identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 76697725, de la E.A.P. de INGENIERIA CIVIL de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO, LIMA 2021.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de INGENIERIA CIVIL.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

29 de agosto de 2023.



Alfredo Julian Soto Rojas

DNI. No. 76697725

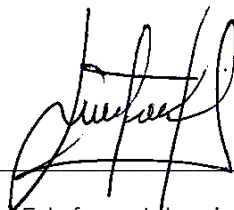
DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Gimena Estefany Julcarima Poma , identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73597643, de la E.A.P. de INGENIERIA CIVIL de la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOZO, LIMA 2021.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de INGENIERIA CIVIL.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

29 de agosto de 2023.



Gimena Estefany Julcarima Poma

DNI. No. 73597643

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1%
5	www.alexpolisonline.com Fuente de Internet	<1%
6	K. Inoue, T. Asao, T. Shimada. "Ethnic-related differences in the frequency distribution of genetic polymorphisms in the CYP1A1 and CYP1B1 genes in Japanese and Caucasian populations", Xenobiotica, 2008 Publicación	<1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

8	Fuente de Internet	<1 %
9	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
10	ia800205.us.archive.org Fuente de Internet	<1 %
11	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	iphras.ru Fuente de Internet	<1 %
15	1library.co Fuente de Internet	<1 %
16	www.sinasefe-sc.org.br Fuente de Internet	<1 %
17	repobib.ubiobio.cl Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

20	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
26	www.repositorioacademico.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	www.emagister.com.co Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
30	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.unjfsc.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

32

repositorio.usil.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

33

www.tdx.cat

Fuente de Internet

<1 %

34

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1 %

35

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

36

repositorio.unp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

37

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

38

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

39

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

40

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

41

Submitted to Universidad Nacional Santiago
Antunez de Mayolo

Trabajo del estudiante

<1 %

42	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
43	nadpsu.edu.ua Fuente de Internet	<1 %
44	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
45	123dok.com Fuente de Internet	<1 %
46	ciencialatina.org Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	www.cotpa.com Fuente de Internet	<1 %
50	Submitted to Nottingham Trent University Trabajo del estudiante	<1 %
51	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
52	Submitted to University of Sheffield Trabajo del estudiante	<1 %
53	dspace.ucacue.edu.ec	

Fuente de Internet

<1 %

54

rcc.cujae.edu.cu

Fuente de Internet

<1 %

55

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

56

livrosdeamor.com.br

Fuente de Internet

<1 %

57

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

58

sid.ir

Fuente de Internet

<1 %

59

Submitted to Drexel University

Trabajo del estudiante

<1 %

60

de.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

61

repositorio.uchile.cl

Fuente de Internet

<1 %

62

repositorio.unesum.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

63

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

64

redi.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

65	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
66	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
67	zaloamati.azc.uam.mx Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.escuelamilitar.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
69	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
70	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
71	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
72	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
73	repository.unsri.ac.id Fuente de Internet	<1 %
74	www.bib.uia.mx Fuente de Internet	<1 %
75	www.oalib.com Fuente de Internet	<1 %

76 "Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 33 (2017)", Brill, 2018
Publicación <1 %

77 Submitted to Universidad Alas Peruanas
Trabajo del estudiante <1 %

78 Submitted to Universidad Ricardo Palma
Trabajo del estudiante <1 %

79 apirepositorio.unh.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

80 mensajesfedgalacticayashtarcommand.blogspot.com
Fuente de Internet <1 %

81 repositorio.uigv.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

82 vdocumento.com
Fuente de Internet <1 %

83 João Pedro Aloise. "Microbial leakage through the implant-abutment interface of morse taper implants *in vitro*", Clinical Oral Implants Research, 03/2010
Publicación <1 %

84 ares.tu.chiba-u.jp
Fuente de Internet <1 %

85 www.smie.org.mx
Fuente de Internet <1 %

86	www.uaeh.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
87	github.com Fuente de Internet	<1 %
88	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
89	repository.nida.ac.th Fuente de Internet	<1 %
90	uos-app00353-si.soton.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
91	123dok.net Fuente de Internet	<1 %
92	EVALUACIONES AMBIENTALES PARA LA SOSTENIBILIDAD S.A.C.. "PAD - Estación de Servicio Mariátegui-IGA0020223", R.D. N° 208-2022-MINEM/DGAAH, 2022 Publicación	<1 %
93	corpora.tika.apache.org Fuente de Internet	<1 %
94	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
95	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
96	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

97	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1 %
98	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
99	ISAAC PAENSON. "VARIANCE ANALYSIS AND CORRELATION**In many text-books 'correlation' and 'regression' are considered synonyms, although from the point of view of the precision of scientific terminology a distinction between them is clearly desirable: however, it has not been attempted in this work in order to reflect the prevailing usage.", Elsevier BV, 1970 Publicación	<1 %
100	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
101	opac.unellez.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
102	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
103	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
104	repositorio.unemi.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
105	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

<1 %

106 repositorio.upn.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

107 tesis.ipn.mx
Fuente de Internet

<1 %

108 www.politesi.polimi.it
Fuente de Internet

<1 %

109 Charbel Mrad, Magdalini D. Titirla, Walid Larbi. "Comparison of Strengthening Solutions with Optimized Passive Energy Dissipation Systems in Symmetric Buildings", Applied Sciences, 2021
Publicación

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

DEDICATORIA

Agradezco a Dios, a mis padres Celia Poma y Lorenzo Julcarima, por el apoyo brindado; a mis hermanos Pilar, Williams y Erika; a mis sobrinos Luis, Williams, Mariana, Fabricio y Janna.

Gimena Julcarima

DEDICATORIA

A Dios, a mi abuelo Alejandro que en paz descansa, a mi madre Balvina Rojas, a mi padre Alejandro Soto y a mis hermanos Freddy, Marcos, Silvia, Judith y Enrique. Siempre estaré infinitamente agradecido por compartir ideas, momentos de alegría y tristeza.

Alfredo Soto

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Continental por acogernos en su centro de estudios; a nuestro asesor de tesis, Ing. Franz Emanuel Estrada Porras; a los ingenieros que fueron parte de nuestra formación académica, en especial al Ing. Paolo De La Calle.

INDICE

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE GRÁFICOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del problema	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.4. Justificación del estudio	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Base teórica	13
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES	53
3.1. Formulación de hipótesis general y específica	53
3.2. Variables y definición operacional	54
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	57
4.1. Método de investigación	57

4.2.	Tipo de investigación	57
4.2.1.	Según el nivel	57
4.2.2.	Según el diseño	57
4.2.3.	Según el propósito	58
4.3.	Población y muestra	58
4.3.1.	Población	58
4.3.2.	Muestra	58
4.4.	Técnicas e instrumentos	59
CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN		60
5.1.	Ubicación y características de la zona	60
5.2.	Características de la estructura	60
5.3.	Análisis preliminar	62
5.4.	Cálculo de irregularidades	63
5.5.	Análisis estructural con disipadores de energía	67
5.6.	Análisis de la interacción suelo estructura	89
5.7.	Modelamiento de interacción suelo estructura	98
5.8.	Resultados de la investigación	102
5.9.	Contrastación de resultados	109
5.10.	Discusión de resultados	120
CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN		129
6.1.	Conclusión	129
6.2.	Recomendación.	131
REFERENCIAS		132
ANEXOS		135

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Zonificación de tipos de suelos para Lima Metropolitana.	3
Figura 2. Suelo arenoso, Villa El Salvador – Lima (fuente propia).	4
Figura 3. Formulaciones equivalentes de análisis de interacción inercial.	17
Figura 4. Interacción cinemática con movimientos de campo.	18
Figura 5. Esquemas de interacción suelo - platea de cimentación.	19
Figura 6. El amortiguamiento para una vibración libre.	28
Figura 7. Amortiguamiento Coulomb.	30
Figura 8. Rótula plástica en el extremo de una viga.	30
Figura 9. Clases de sistemas de protección sísmica.	32
Figura 10. Sistema de control híbrido de aislamientos base.	33
Figura 11. Amortiguador AMS Edificio Parque Araucano Chile.	35
Figura 12. Disipadores de Energía.	36
Figura 13. Disipador ADAS sobre contraviento Chevrón.	37
Figura 14. Disipadores TADAS sobre contraviento Chevrón.	38
Figura 15. Corte de un DFV.	41
Figura 16. Detalle de la cabeza del pistón.	41
Figura 17. Componentes de un DFV.	41
Figura 18. Angulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador.	45
Figura 19. Disposiciones Tipo Chevron.	50
Figura 20. Disposiciones Tipo Diagonal	50
Figura 21. Péndulo invertido.	51

Figura 22. Diagrama de fuerza deformación del DFV.	52
Figura 23. Velocidad x fuerza de amortiguamiento.....	52
Figura 24. Plano arquitectónico planta del segundo nivel.	62
Figura 25. Modelamiento preliminar	63
Figura 26. Modelo en planta del 1er nivel.	66
Figura 27. Registro sísmico Lima 1966, en las dos componentes E-W y N-S.....	68
Figura 28. Registro sísmico LIMA E-W con las correcciones de línea base y ruidos.	69
Figura 29. Espectro de diseño R=1.....	70
Figura 30. Registro sísmico lima 1966 de la componente E-W cargado al SeismoMatch.....	70
Figura 31. Espectro de diseño cargado al programa SeismoMatch.....	71
Figura 32. Registro sísmico escalado al espectro de diseño R=1, en SeismoMatch.	71
Figura 33. Datos del registro sísmico escalado al espectro de diseño R=1.	72
Figura 34. Registro sísmico escalado para el análisis tiempo - historia (Lima 1966 E-W).....	73
Figura 35. Registro sísmico escalado para el análisis tiempo - historia (Lima 1966 N-S).....	73
Figura 36. Primer Caso de carga para el registro sísmico Lima 1966.	74
Figura 37. Segundo Caso de carga para el registro sísmico Lima 1966.	75
Figura 38. Plano en planta donde serían ubicados los disipadores fluido viscoso.	76
Figura 39. Pórticos en la dirección XX, donde serían ubicados los disipadores.	76
Figura 40. Pórticos en la dirección YY, donde serían ubicados los disipadores.	77
Figura 41. Puntos de donde se tomaron el parámetro Φ_i y el parámetro Φ_{i+1}	83
Figura 42. Asignación de los coeficientes de amortiguamiento de los disipadores.....	85
Figura 43. Estructura conjuntamente con los disipadores fluido viscoso.....	85
Figura 44. Balance energético en el rango no lineal.	86

Figura 45. Presión en el suelo a lo largo de la platea.....	90
Figura 46. Presión en el suelo a lo largo de la platea.....	91
Figura 47. Presión sobre el suelo a lo largo de la platea de cimentación considerando sismo.	92
Figura 48 . Asignación de masas trasnacionales y masas rotacionales.....	99
Figura 49. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , del modelo de Barkan – Savinov.	100
Figura 50. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , $K_{\psi z}$, del modelo Norma Rusa.....	100
Figura 51. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , $K_{\psi z}$, del modelo Sargsian.	101
Figura 52. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , $K_{\psi z}$, del modelo Shariya.	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente Co.	23
Tabla 2. Coeficientes λ y X.	27
Tabla 3. Relación del exponente α con el parámetro λ según Fema 274.....	44
Tabla 4. Clasificación de la estructura según su altura.	47
Tabla 5. Relación Daño-Deriva.	48
Tabla 6. Variable independiente.	55
Tabla 7. Variable dependiente.	56
Tabla 8. Técnica e instrumento de recolección de datos.	59
Tabla 9. Comprobación de irregularidad rigidez- piso blando en el sentido XX.	63
Tabla 10. Comprobación de irregularidad rigidez- piso blando en el sentido YY.	64
Tabla 11. Comprobación de irregularidad de resistencia- piso débil en el sentido XX.....	64
Tabla 12. Comprobación de irregularidad de resistencia- piso débil en el sentido YY.....	64
Tabla 13. Comprobación de irregularidad de masa o peso.....	65
Tabla 14. Comprobación de irregularidad torsional y extrema torsional en el sentido XX. ...	65
Tabla 15. Comprobación de irregularidad torsional y extrema torsional en el sentido YY. ...	66
Tabla 16. Datos del registro sísmico CISMID 2022.....	67
Tabla 17. Dimensiones del perfil estructural hueco HSS 7.50x0.50.	77
Tabla 18. Rigidez del brazo metálico X-X.	77
Tabla 19. Rigidez del brazo metálico Y-Y.	78
Tabla 20. Deriva en la dirección X-X.....	78
Tabla 21. Deriva en la dirección Y-Y.....	78
Tabla 22. Relación de las derivas X-X del análisis dinámico.....	79

Tabla 23. Relación de las derivas Y-Y del análisis dinámico.....	79
Tabla 24. Desplazamiento máximo del centro de masa para el sismo de diseño.	82
Tabla 25. Masa por nivel.	83
Tabla 26. Desplazamientos modales relativo de ambos extremos del disipador j, (Φ_{rj}).....	84
Tabla 27. Calculo para hallar C_j	84
Tabla 28. Propiedades del disipador.	84
Tabla 29. Periodos (s) del primer modo y segundo modo.	86
Tabla 30. Aceleración a nivel de diafragma (m/s^2), respecto al eje global x-x.	87
Tabla 31. Fuerzas axiales (T_{nf}) en la columna C15, para el eje local 1-1.....	87
Tabla 32. Fuerzas cortantes (T_{nf}) en la columna C15, para el eje local 2-2.	87
Tabla 33. Momento flector ($T_{nf}.m$) en la columna C15, para el eje rotacional 3-3.....	87
Tabla 34. Fuerzas cortantes (T_{nf}) de la viga B4, para el eje local 2-2.	87
Tabla 35. Momento flector ($T_{nf}. M$) la viga B4, para el eje rotacional 3-3.	88
Tabla 36. Fuerza basal en XX y momento flector ($T_{nf}. m$) en YY.	88
Tabla 37. Deriva para la dirección de análisis XX.	88
Tabla 38. Desplazamiento máximo por nivel para el eje global X-X.....	88
Tabla 39. Resultados de la rigidez del suelo.....	98
Tabla 40. Periodos del modelo empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.	102
Tabla 41. Aceleración a nivel de diafragma (m/s^2) en XX del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipador e ISE.	102
Tabla 42. Fuerzas en las columnas del modelo base empotrado con disipadores.	102
Tabla 43. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Barkan-Savinov.....	103

Tabla 44. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Norma Rusa.....	103
Tabla 45. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Sargsian.....	104
Tabla 46. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Shariya.....	104
Tabla 47. Fuerzas axiales (Tnf) en la columna C9 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipador e ISE.....	105
Tabla 48. Fuerzas cortantes en XX (Tnf) en la columna C9 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipador e ISE.	105
Tabla 49. Momento flector (Tnf.m) en la columna C9 para el eje rotacional 3-3, del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.....	105
Tabla 50. Fuerzas en las vigas del modelo base empotrado con disipadores.	105
Tabla 51. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Barkan – Savinov.....	106
Tabla 52. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Norma Rusa.....	106
Tabla 53. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Sargsian.....	107
Tabla 54. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Shariya.	107
Tabla 55. Fuerzas cortantes (Tnf) de la viga B4 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.	107
Tabla 56. Momento flector (Tnf. m) de la viga B4 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.	108
Tabla 57. Fuerza cortante en VX y momento flector en MY del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.....	108
Tabla 58. Deriva en XX del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.....	108

Tabla 59. Desplazamiento en XX del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.....	108
Tabla 60. Influencia de la ISE en los periodos.	110
Tabla 61. Influencia de la ISE en las aceleraciones a nivel de diafragma.	110
Tabla 62. Frecuencias observadas.....	110
Tabla 63. Frecuencias esperadas.....	110
Tabla 64. Influencia de la ISE modelo Barkan-Savinov en las fuerzas de las columnas.	111
Tabla 65. Influencia de la ISE modelo Norma Rusa en las fuerzas de las columnas.	112
Tabla 66. Influencia de la ISE modelo Sargsian en las fuerzas de las columnas.	112
Tabla 67. Influencia de la ISE modelo Shariya en las fuerzas de las columnas.	113
Tabla 68. Resumen del número de incremento y disminución de las fuerzas actuantes en columnas al considerar ISE respecto al modelo empotrado.	113
Tabla 69. Influencia de la ISE modelo Barkan-Savinov en las fuerzas de las vigas.	114
Tabla 70. Influencia de la ISE modelo Norma Rusa en las fuerzas de las vigas.....	114
Tabla 71. Influencia de la ISE modelo Sargsian en las fuerzas de las vigas.	114
Tabla 72. Influencia de la ISE modelo Shariya en las fuerzas de las vigas.....	115
Tabla 73. Resumen del número de incremento y disminución de las fuerzas actuantes en vigas al considerar ISE respecto al modelo empotrado.....	115
Tabla 74. Frecuencias observadas.....	116
Tabla 75. Frecuencias esperadas.....	116
Tabla 76. Incremento y disminución de las fuerzas actuantes por nivel al considerar ISE respecto al modelo empotrado.	117
Tabla 77. Frecuencias observadas.....	117

Tabla 78. Frecuencias esperadas.....	118
Tabla 79. Tabulación de incremento y disminución de las derivas al considerar ISE respecto al modelo empotrado.	119
Tabla 80. Tabulación de incremento y disminución de los desplazamientos al considerar ISE respecto al modelo empotrado.	119
Tabla 81. Frecuencias observadas.....	119
Tabla 82. Frecuencias esperadas.....	119

INDICE DE GRÁFICOS

Grafica de barras 1. Periodos en XX.	122
Grafica de barras 2. Aceleración a nivel diafragma.....	122
Grafica de barras 3. Fuerzas axiales en la columna C9.	124
Grafica de barras 4. Fuerzas Cortantes en la columna C9.	124
Grafica de barras 5. Momento flector en la columna C9.....	125
Grafica de barras 6. Fuerzas cortantes en la viga B4.....	125
Grafica de barras 7. Momento flector en la viga B4.....	125
Grafica de barras 8. Fuerza cortante y momento en la base.	126
Grafica de barras 9. Deriva.	127
Grafica de barras 10. Desplazamiento máximo.	128

RESUMEN

Esta investigación fijó como objetivo determinar la influencia de los modelos de interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021. Para lograr tal fin, se realizó el estudio de mecánica de suelo de una calicata en el distrito de Villa El Salvador correspondiente a la provincia de Lima; además se realizó el análisis estructural de un proyecto de vivienda multifamiliar provista de disipadores con base empotrada y otro modelo con base flexible. La flexibilidad del suelo se conoció mediante los coeficientes de rigidez del suelo de fundación, los cuales fueron determinados a partir de los modelos Barkan-Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya.

La investigación científica tiene como tipo de investigación, según el nivel - explicativa, según el diseño - experimental y según el propósito - aplicada. Para el desarrollo de la investigación se utilizó equipos de laboratorio de suelo, programas SeismoSignal, SeismoMatch, ETABS, SAFE y Excel. Finalmente los resultados de la incorporación de los modelos de ISE mediante las ecuaciones de Barkan-Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya, modificaron el comportamiento sísmico del prototipo puesto que, se incrementaron los periodos, desplazamientos y derivas, disminuyeron las aceleraciones de los diafragmas; sin embargo, las fuerzas actuantes en las columnas y vigas, cortante basal y momento en la base, varían ya que se incrementan y en otros casos disminuye, dependiendo del tipo de modelo para determinar los coeficientes de rigidez del suelo de fundación.

Palabras claves: Interacción suelo estructura (ISE), disipadores de fluido viscoso (DFV), propiedades dinámicas, fuerzas, momentos flectores, derivas, desplazamiento.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of soil-structure interaction models on the seismic behavior of a prototype of a reinforced concrete building with viscous fluid energy dissipaters, Lima 2021. To this end, a soil mechanics study of a test pit in the district of Vila El Salvador in the province of Lima was carried out, as well as the structural analysis of a multifamily housing project with embedded base dissipaters and another model with flexible base. The flexibility of the soil was determined by means of the stiffness coefficients of the foundation soil, which were determined from the Barkan-Savinov, Norma Rusa, Sargsian and Shariya models.

The scientific research has as type of research, according to the level - explanatory, according to the design - experimental and according to the purpose - applied. Soil laboratory equipment, SeismoSignal, SeismoMatch, ETABS, SAFE and Excel programs were used for the development of the research. Finally, the results of the incorporation of the ISE models by means of the Barkan-Savinov, Russian Norm, Sargsian and Shariya equations, modified the seismic behavior of the prototype since the periods, displacements and drifts were increased and the accelerations of the diaphragms decreased; However, the forces acting on the columns and beams, basal shear and moment at the base vary, since they increase and in other cases decrease, depending on the type of model used to determine the stiffness coefficients of the foundation soil.

Key words: soil-structure interaction (FSI), viscous fluid dissipaters (VFD), dynamic properties, forces, bending moments, drifts, displacement.

INTRODUCCIÓN

Al encontrarnos en un país ubicado cerca de las placas Nazca y sudamericana, sector denominado Cinturón de fuego del Pacífico, representa una amenaza sísmica, principalmente en toda costa peruana, más aún los sectores donde poseen suelos desfavorables como el distrito de Villa El Salvador - Lima. (GOYTIA & VILLANUEVA, 2001) refiere que los esfuerzos producto del movimiento de las placas se concentran por diversas variables, sin embargo, al vencer la resistencia de las materias que conforman las placas ocurre una liberación de energía sísmica. Evidentemente los efectos de algunos sismos ocurridos anteriormente generaron el colapso de muchas estructuras, daños estructurales, pérdidas de gran cantidad de vidas humanas e impacto en la salud mental del hombre.

Bajo esa perspectiva algunas investigaciones, por ejemplo, (SYMANS & CONSTANTINOU, 1998), (AIKEN, NIMS , & KELLY, 1992), (CONSTANTINIOU, 1994), realizaron estudios de muchas variedades de dispositivos para la disipación de energía sísmica, que permiten minimizar los daños en las estructuras y de esta manera proteger la vida de los ocupantes. Dentro de la variedad de dispositivos se encuentran los disipadores de energía fluido viscoso (DFV), siendo este el más utilizado en nuestro medio, principalmente en la ciudad de Lima; no obstante, gran parte de los modelos de estructuras con disipadores no consideran la flexibilidad del terreno de fundación; por ejemplo, (PEREIRA, FERNANDEZ, & COBELO, 2021) señaló que los estudios de comportamiento estructural ordinarios a través de los modelos analizados mediante ordenadores a menudo descuidan la interacción suelo estructura (ISE), ya que

consideran los soportes empotrados. Esta suposición puede generar inexactitudes que conduciría a errores de diseño.

Investigaciones realizadas anteriormente recomiendan ampliar el horizonte de la ISE, por ejemplo, en la investigación de (ALVA & CASTRO, 2017); deja en manifiesto estudiar este campo. Es así que la tesis se enfoca en la ISE, que se define al cambio que tiene el suelo con y sin la presencia de la estructura. Por lo cual, la investigación se ha encaminado a la influencia de los modelos de ISE en la respuesta sísmica de un prototipo estructural de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso.

Para el desarrollo, se realizó el análisis no lineal tiempo historia de una edificación provistos de disipadores fluido viscoso con base empotrada y otro modelo considerando los coeficientes de rigidez del suelo, determinados a partir de los modelos de Barkan-Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya.

Las herramientas de trabajo de la investigación fueron equipos de laboratorio de suelo para determinar las propiedades mecánicas de terreno, los programas SeismoSignal y SeismoMatch, para la corrección y escalamiento de los registros sísmicos; para el análisis estructural se utilizó el programa ETABS y SAFE programas desarrollados por el Dr. Edward L. Wilson.

La investigación está conformada por seis capítulos. El primer capítulo se refiere a la problemática que motivo la investigación, bajo ese contexto se realizó formulación de los problemas, objetivos, justificación, las hipótesis y finalmente la operacionalización de variables. En el capítulo II se hace referencia de los antecedentes concernientes a la materia de investigación, también se encuentra la base teórica de los temas relacionados a nuestro tema de investigación. El capítulo III corresponde a la enunciación de hipótesis,

seguidamente se continua con la operacionalización de variables. El capítulo IV que corresponde a la metodología de la investigación; se precisa los criterios de clasificación de la investigación científica. El capítulo V es relativo al desarrollo de la investigación; se muestra como fue modelada y analizada el prototipo de una edificación provista de disipadores fluido viscoso, como fue determinado y asignado los coeficientes de rigidez del suelo al prototipo, asimismo se encuentra los resultados, verificación de hipótesis y discusión respecto a los resultados. Por último, en el capítulo VI se encuentra las conclusiones en base a los resultados; seguidamente las recomendaciones. En el informe de tesis se adjunta los anexos donde se incluye la matriz de consistencia, estudio de mecánica de suelos y la tabla del chi cuadrado.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Se conoce que el Perú está ubicado frente a la franja del Cinturón de fuego del Pacífico, considerándose un país susceptible a terremotos, como por ejemplo el sismo sucedido en Ica, Chíncha y Pisco el 15 de agosto del 2007. Además, el crecimiento poblacional está induciendo la construcción de estructuras en zonas con condiciones geotécnicas desfavorables, tal como sucede en el distrito de Villa El Salvador – Lima. De acuerdo al mapa de zonificación de tipos de suelo mostrado en la Figura 1, elaborado por el (CISMID, 2004), refiere que el sector III, está constituido por estratos de arenas de origen eólico, con espesores considerables que se encuentran en un estado suelto (figura 2), es por ello, que para una cimentación corrida de ancho 0.60 m y un desplante de 1.4m a 2.2m, la capacidad portante varía de 0.80 Kgf/cm² a 1.2 Kgf/cm². De esta forma el suelo se encuentra dentro del Tipo-3 con un factor de amplificación sísmica $S=1.1$; de ahí que el comportamiento dinámico del terreno es desfavorable.

(MRAD, TITIRLA, & LARBI, 2021) indicaron que, durante la ocurrencia de los sismos, gran parte de las estructuras tienen una amortiguación inherente lo cual genera que la energía sísmica de entrada se disipe; no obstante, la estructura toma un gran porcentaje de la energía, lo que hace que esta sufra varias deformaciones y tal vez incluso colapse. Muchas veces las fallas en las estructuras traen consecuencias lamentables, como refiere (OVIEDO, 2004); a partir del año 1755 se ha registrado más de catorce millones en pérdida de vidas humanas, producto de acontecimientos sísmicos. Una buena manera de contrarrestar esta situación es mediante el buen comportamiento estructural. El riesgo sísmico evidente ha generado el interés en la ingeniería sísmo-resistente en busca de

mecanismos que atenúen la energía sísmica, de tal forma, que absorban la mayor parte de la energía sísmica y de esta manera se logre un buen comportamiento de estructuras ante los eventos sísmicos.

(RECODER, 2011) sostiene que apartir de los acontecimientos sísmicos Northridge 1994 y Kobe 1995, el empleo de amortiguadores para contrarrestar los efectos sísmicos ha ganado aprobación y producto de ello muchos edificios fueron provistos de tales dispositivos. Este sistema de los disipadores ya existe; debería verse como es el comportamiento en las condiciones de los diversos lugares del Perú; el bajo uso y no reforzamiento mediante este sistema de disipación de energía en edificaciones podría resultar económicamente perjudicial para un país susceptible a terremotos. Por ello, en la ciudad de Lima el reforzamiento y construcción de edificios con disipadores está creciendo; un ejemplo donde se realizó el reforzamiento mediante los disipadores es la edificación de la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (SUNAT – Miraflores); sin embargo, los análisis y diseños convencionales que se realizan en las edificaciones consideran una base empotrada es decir limitan la flexibilidad del suelo de fundación.

(LÓPEZ & Dias, 2022) sostiene que los daños en los edificios se han estudiado ampliamente, considerando los prototipos con apoyo empotrado, que es razonable para estructuras livianas apoyadas en suelos rígidos; bajo dichas condiciones se han presentado distintas condiciones de daño, lo cual depende en gran parte del comportamiento de la superestructura, cimientos y suelo de fundación. Asimismo, el reglamento Colombiano de (NSR-10, 2010) refiere, que al no considerar la capacidad de no deformarse de una cimentación y las características dinámicas del material de apoyo de la cimentación dentro

del análisis de edificaciones puede acarrear variaciones apreciables entre el comportamiento sísmico estimado y la respuesta real que se tendría. Por ello, algunas investigaciones manifiestan que el comportamiento de la estructura puede alterarse teniendo en cuenta la ISE.

Al respecto, la norma para el diseño sísmico E.030 da alcances mínimos sobre interacción suelo – estructura, dejando a criterio de los proyectistas dicha realización. En ese sentido, el problema detectado es, que en la práctica no suelen tomar en consideración la ISE en el comportamiento sismo-resistente de edificaciones provistas de DFV; es por ello que se busca conocer la influencia de la ISE para el prototipo con DFV.

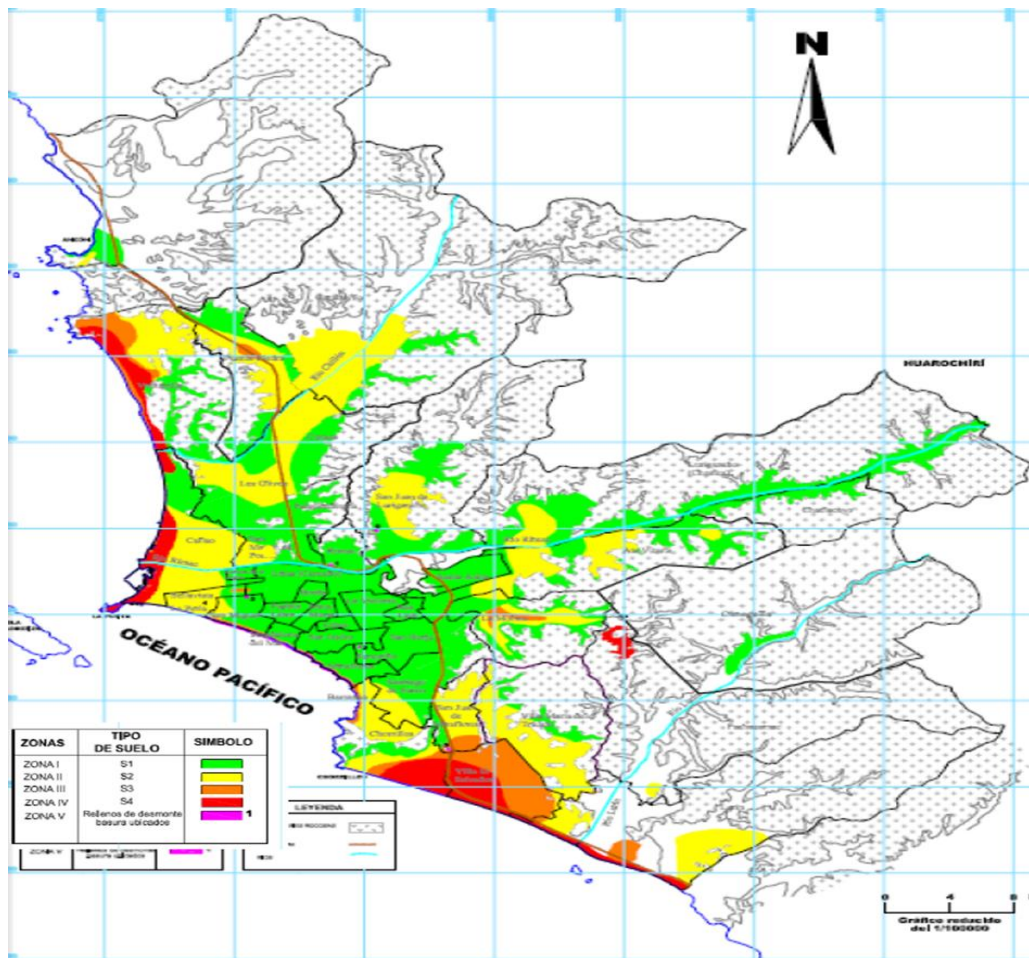


Figura 1. Mapa de Zonificación de tipos de suelos para Lima Metropolitana. CISMID - APESEG (2004)



Figura 2. Suelo arenoso, Villa El Salvador – Lima (fuente propia).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021?

1.2.2. Problema específico

- ✓ ¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso?
- ✓ ¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso?

- ✓ ¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021.

1.3.2. Objetivos específico

- ✓ Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.
- ✓ Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entrepisos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.
- ✓ Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso.

1.4. Justificación del estudio

1.4.1. Importancia de la investigación

(BERNAL, 2010) refiere, para que una investigación tenga una justificación práctica, el contenido del desarrollo tiene que servir para resolver un problema, caso contrario proponer tácticas que conduzca a resolver el problema. Según ese contexto, aquella línea de investigación no se ha profundizado a gran escala, por tal es un campo libre para la investigación, los terremotos ocurridos en Huaraz 1970, Nazca 1996, Pisco 2007 y algunos más, han puesto en manifiesto la capacidad destructora de vidas humanas y muchas pérdidas económicas. Lima, una ciudad altamente susceptible a terremotos, está creciendo poblacionalmente, llevando a construirse edificaciones en suelos desfavorables; además, el riesgo sísmico alto que se encuentra Lima exige la realización de construcciones y reforzamiento de edificaciones con empleo de DFV; sin embargo, no suelen tomar en cuenta la ISE; asimismo, la norma de diseño sísmico E.030 no profundiza en cuanto a la ISE. Por otro lado, investigaciones ya realizadas recomiendan ampliar el horizonte de la ISE. Por ejemplo, (ALVA & CASTRO, 2017) recomienda como unas líneas de futuras en investigación de plasmar el análisis de una superestructura con disipadores de energía considerando la interacción suelo - estructura y compararla con el análisis de base empotrada. Conjuntamente con tales resultados se tendrá la posibilidad de proponer recomendaciones que permitirá mejorar los modelos estructurales en la ejecución y reforzamiento de obras civiles, así como difundir a los ingenieros, arquitectos, técnicos y a la ciudadanía.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En seguida, se relatan investigaciones ya elaboradas cuyos adjuntos fueron significativos para el desarrollo del presente.

2.1.1. Antecedentes nacionales

Según (ANYAIPOMA, 2019) con su investigación **titulada** “Análisis y diseño estructural de una edificación multifamiliar de concreto armado considerando la interacción suelo-estructura. Palián. Huancayo”. Su **objetivo principal** está orientado a determinar si la ISE repercute en el análisis y diseño estructural de una estructura multifamiliar. Su investigación presenta como **conclusión** que la ISE influye significativamente en el análisis y diseño estructural del modelo; señalando que los desplazamientos, derivas, cortante basal y periodos de la estructura, desarrollan incrementos cuando consideran la ISE. A su vez indica que los máximos esfuerzos en las columnas tienden a incrementarse; lo cual no ocurre con las fuerzas axiales del sentido de análisis Y-Y.

De acuerdo con (GARAY, 2017) de tesis **titulada** “Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los Balcones Del Valle” barrio Columbo-Cajamarca”. Su **objetivo principal** se orienta a determinar el efecto de la ISE en la respuesta sísmica de su muestra, a través de la determinación los periodos, esfuerzos y desplazamientos. Su investigación presenta como **conclusión** que la ISE influye en los parámetros de cálculo, ya que presentó cambios en él incrementó del periodo

hasta un 23.78% y reducción de la frecuencia en un 19.21%, ambos determinados por el modelo de Llichev; asimismo, el desplazamiento se incrementó tanto en la dirección XX y YY hasta un 21.45% y 28.49% respectivamente; además las fuerzas máximas en las columnas disminuyeron, tanto para fuerzas axiales, cortante y momento flector en un 37.18%; 11.91% y 12.61% respectivamente; lo mismo se presentó en las vigas con la decremento de las máximas fuerzas cortantes hasta un 14.92% y en los momentos máximos hasta 9.65%; para las placas lo mismo se presentó un decremento de la fuerza cortante y momento flector, hasta un 19.84%, y 34.67% respectivamente.

Según (ARQUIÑEGO Y VELASQUEZ, 2020) en su tesis **titulada** “Evaluación de la interacción suelo - estructura en una edificación de 4 pisos, en el distrito de Cercado de Lima”, su **objetivo principal** está orientado a determinar la capacidad de influencia de las acciones sísmicas en el modelo de un edificio de cuatro pisos, con zapatas aisladas, considerando la ISE bajo la ecuación de Barkan. Su tesis llega a la **conclusión** que, al realizar el procedimiento analítico del modelo con apoyo flexible los resultados se incrementaron, tales incrementos fueron para periodo, desplazamiento y deriva en un 0.57%, 3.15% y 21.7519% respectivamente, no obstante, manifiesta que a causa del incremento del periodo los esfuerzos disminuyeron, en promedio de -0.07% para el cortante y -0.24% para el momento.

Citando a (LOPEZ, 2021) en su investigación **titulada** “La influencia de la rigidez del suelo en el comportamiento estructural en edificaciones educativas de la

provincia de Huancayo, 2021”. Su **objetivo principal** se enmarca a la influencia del apoyo elástico del suelo en las respuestas estructurales de centros educativos de la provincia de Huancayo. Luego del procedimiento analítico considerando la rigidez del suelo tanto en la dirección x-x como en la dirección y - y de la I.E. Mariscal Castilla distrito del Tambo, I.E. Santa Isabel del distrito de Huancayo y la I.E. N° 30155 Francisco Bolognesi del distritos Chilca, llegó a la **conclusión** que existe diferencias significativas en los resultados al considerar la rigidez del suelo, ya que en gran parte la fuerzas máximas de cortante, momento y axial, disminuyen dependiendo de la ecuación para determinar la rigidez del suelo (Barkan, Norma Rusa, Ilichev y Sargsian).

En su investigación de (CARHUAPOMA Y PARODI, 2015) **Titulada** “Interacción sísmica suelo estructura en edificaciones aporticadas en el barrio de Pueblo Nuevo de la ciudad de Lircay”, su **objetivo principal** está orientado a realizar el análisis de una edificación tipo aporticada bajo dos condiciones, el modelamiento convencional y el modelo de ISE. Finalmente, su investigación **concluye** que el análisis estructural con la ISE repercute claramente en las propiedades. La elasticidad de los apoyos conduce al aumento de periodo para el primer modo de vibración, hasta 8.98% con las ecuaciones de Barkan, 26.64% en Llichev, 31.78% en Sargsian y 10.75% con la Norma Rusa, las frecuencias relativas al primer modo de vibración también presentaron disminuciones hasta 8.98% con las ecuaciones de Barkan, 26.64% en Llichev, 31.78% en Sargsian y 10.75% mediante la Norma Rusa.

2.1.2. Antecedentes internacionales.

Según (GARCÍA, 2006) en su artículo de investigación **titulado** “Interacción suelo - estructura en el análisis y diseño sísmico de estructuras de mampostería no reforzada”, se propuso como **objetivo principal** realizar bajo condiciones sísmicas, una investigación de la influencia de la ISE en viviendas de albañilería no reforzada en Alemania. Después de la investigación que realizó, pudo **concluir** que la influencia de la ISE condujo al incremento del período de vibración y el amortiguamiento, con respecto al prototipo de base fija. El incremento del período en condiciones elásticas y no elásticas fue de 13% y 17% respectivamente, con relación al modelo empotrado. El incremento del amortiguamiento en condiciones elásticas y no elásticas fue de 27% y del 144% respectivamente, con relación al modelo empotrado.

Teniendo en cuenta a (DEEPASHREE, KAVITHA, MAMATHA Y VISHAL, 2020) en su investigación **titulada** “Evaluación de los efectos de la interacción suelo estructura en un edificio RC de varios pisos”, cuyo **objetivo** se orientó a determinar los cambios que tiene los efectos de la ISE en la respuesta del modelo. Para ello realizó 6 modelos de edificios simétricos de 13 pisos, asumiendo que está ubicado en suelo duro, suelo medio y suelo blando, la estructura se fue analizada con y sin efectos ISE. Finalmente pudo **concluir** que el período en la estructura apoyado en suelo duro es menor en comparación con los otros dos medios de suelo y es más alto para suelos blandos bajo el efecto ISE. Además, indicó que el desplazamiento máximo se observa en suelos blandos que en otros tipos de suelo tanto en los casos con ISE y sin sistema ISE y es máximo para sistema ISE; consecuentemente la deriva

del piso en el suelo duro es menor en comparación con los otros dos medios de suelos, y es alto para suelos blandos en ambos casos, con ISE y sin sistema ISE y es máximo para el sistema ISE; independientemente que las derivas se encuentran dentro del límite especificado por el código IS: 1893-2002. Acerca de la cortante en los pisos indica que, en el suelo duro es menor en comparación con los otros dos medios de suelo y es más alto para suelos blandos bajo el efecto ISE; el cortante en la base para el suelo duro es menor en comparación con los otros dos medios de suelo y es más alto para suelos blandos bajo el efecto de la ISE; de forma similar el momento de vuelco en el suelo duro es menor en comparación con los otros dos medios de suelo y es mayor en caso de condiciones de suelo blando para el sistema ISE.

De acuerdo con (LOPEZ, 2015) en su tesis **titulada** “Análisis de la respuesta dinámica estructural considerando los efectos de la interacción suelo estructura limitada a los requisitos de la NEC-SE-DS-2015”, su **objetivo general** está orientado a realizar el análisis del comportamiento dinámico de una estructura con las exigencias de la NEC-SE-DS-2015 e incorporando los efectos de la ISE para luego realizar la comparación con el modelo de base fija. Su investigación muestra como **conclusión** que el efecto de la ISE se manifiesta mediante el aumento del periodo fundamental del modelo, teniendo la alternativa de optimizar el diseño cuando el periodo se ubique en el sector descendente del espectro. Asimismo, manifiesta que los terrenos blandos colaboran más al incremento del período respecto a los suelos rígidos, en tal sentido mayor será el efecto de la ISE situadas en suelos tipo E ($V_s < 180$ m/s - suelo blando) con respecto a un suelo tipo D (360 m/s $>V_s \geq 180$ m/s - suelo medianamente rígido).

Según (GRAND, 2019) en su tesis **titulada** “Estudio de la interacción suelo-estructura de un puente carretero de Chile Central, considerando los efectos de sitio”, planteó como **objetivo general** estudiar la ISE del puente situado en Paine, Región Metropolitana, Chile, a través un algoritmo que permita incluir los efectos del lugar obtenidos por métodos geofísicos no invasivos. Su tesis **concluye** que el suelo amplía las frecuencias próximas a 0,5 Hz, es decir se aleja del intervalo crítico del puente (1,2 a 2,6 Hz). Sin embargo, afirma que el puente tiene una flexibilidad bajo condiciones de sismo que resultaría crítico al aproximarse al periodo del suelo. Asimismo, indica que el puente que fue modelado tridimensional con elementos finitos y con el software OpenSees, no altera considerablemente el comportamiento del suelo, no obstante, el suelo modifica ligeramente el comportamiento dinámico del puente, incrementando el periodo.

Según (GRANDON, 2015) en su investigación **titulada** “Estudio de la variación de la demanda sísmica debido a la interacción suelo - estructura en edificios regulares de mediana altura de hormigón armado”, su **objetivo general** se orientó a estudiar la alteración debido a la acción sísmica principalmente el efecto inercial de la ISE en edificaciones de concreto armado. Finalmente, su investigación **concluye** que se presenta mayor efecto en edificios de periodos fundamentales bajos y en estructuras rígidas fundadas en suelos blandos. Asimismo, indica que si la cimentación está ubicada sobre suelo A (roca o suelo cementados) las estructuras vulnerables serían los que tengan un periodo fundamental menor a 0.18 s; cuando se ubique sobre un suelo tipo E (suelo blando) las estructuras vulnerables serían los que tengan un

periodo $T < 0.57s$. Por otro lado, se indica que el aumento del periodo fundamental de las estructuras es producto a la base deformable, que genera aumento del periodo de vibración, ya que los modelos analizados de las edificaciones fundadas sobre suelo tipo A (roca o suelo cementados) experimentaron un escalamiento del periodo alrededor de 8%, valor más bajo respecto a los demás tipos de suelos. Para el suelo tipo C (suelo denso o firme), se presentó un alza de T en el orden de 40% y el mayor incremento se presentó en el suelo tipo E (suelo de blando), donde llegó en promedio al 213%.

2.2. Base teórica

2.2.1. Comportamiento sísmico de estructuras

El comportamiento real de una estructura bajo acciones sísmicas e incluso bajo acciones gravitacionales están lejos de conocerse con exactitud; evidentemente el comportamiento real de las estructuras se vería después de ocurrido un sismo. Esta incertidumbre se debe a muchas variables, por ejemplo los materiales se asumen como homogéneos, los métodos analíticos son aproximados, las cargas no son conocidas con exactitud; precisamente los vacíos se cubren con los factores de reducción y amplificación. (VILLAREAL, 2013) refiere que la ingeniería sismo-resistente, está dentro de la dinámica estructural, el cual se encarga de estudiar la respuesta de las estructuras bajo las excitaciones sísmicas, así mismo, estudia los métodos analíticos, con el objetivo de avalar un comportamiento adecuado.

En la actualidad se busca llegar a conocer el comportamiento sísmico de las estructuras mediante métodos de cálculo estructural. Algunos por ensayos experimentales a escala real haciendo uso de simuladores sísmicos; como los ensayos

realizados en la Universidad de Búffalo, o los ensayos del E-Defense en Japón a través del Instituto Nacional de Investigación para Ciencias de la Tierra y Prevención de Desastres. Por otro lado, estudios post sismos ayudan a visualizar y determinar los daños de muchas estructuras, inmediatamente o a pocos días de ocurrido un terremoto.

2.2.2. Sismicidad

Existían muchos mitos y leyendas que a un inicio trataban de explicar el origen de los sismos. Estas explicaciones estuvieron vinculados a las costumbres o creencias religiosas; aunque más tarde la teoría de placas tectónicas fue demostrada científicamente. Para (GOYTIA & VILLANUEVA, 2001) las placas tectónicas están en constante movimiento libre con respecto a la Astenosfera subyacente; asimismo, se mueven una con relación a la otra, clasificándolo según el tipo de movimiento.

- a. **Movimiento friccionante:** se da cuando una placa se desplaza de manera paralela a lo largo de su borde; el cual ocurre con la falla de San Andrés en los Estados Unidos.
- b. **Movimiento divergente:** se presenta cuando las placas se distancian causando el afloramiento de lava, por ejemplo, la Dorsal Meso-atlántica en Islandia.
- c. **Movimiento convergente o subducción:** viene a ser cuando una placa se introduce debajo de otra, como las placas tectónicas de Sudamericana y Nazca, donde el territorio peruano está ubicado.

El hecho que la placa de Nazca se introduzca con un movimiento constante debajo de la placa Sudamericana, conduce que la energía se acumule por la deformación

elástica y plásticas de los materiales que la conforman, y al vencer la resistencia de dichos materiales se libera gran cantidad de energía que fue acumulada, originando repentinamente terremotos y tsunamis de gran magnitud, como el último sismo en Pisco - Perú del 2007.

Es importante tener en cuenta que, debido a los constantes movimiento de las placas tectónicas, se generan los sismos de baja, mediana y alta magnitud; donde los de baja magnitud mayormente son atenuados en el trayecto a la superficie.

2.2.3. Interacción suelo estructura

Se sabe, que la ISE representa el cambio del movimiento del suelo de fundación, inducido por la presencia de la estructura. Es decir, que el suelo de fundación mostraría una respuesta distinta con y sin la presencia de la estructura. Esto obedece a las particularidades de la superestructura, cimentación, suelo y del movimiento del terreno.

En cuanto al suelo, se conoce que está conformado por la desintegración y descomposición de sus últimos niveles de la corteza terrestre; por ello el suelo no llega a compactarse, por el contrario se almacenan y con el tiempo forman estratos, haciendo que el suelo no sea del todo rígido. En el caso de los materiales que se emplean para la construcción, como los ladrillos, concreto y el acero suelen deformarse al aplicarle una carga, obviamente dependiendo de la magnitud de la carga; no obstante, el suelo experimenta mucha más deformación ante pequeñas cargas.

Para (ARIAS, 2016) la ISE alcanza importancia para el diseño sísmico de estructuras cuando se encuentran encima de suelos blandos, ya que los resultados tenderían a un

aumento de los desplazamientos, puesto que cimentación también se deforma.

Por su parte, la norma ASCE 7-16, da a conocer que en las interacciones comúnmente hay una disminución de la cortante basal, pero en algunos casos no; la disminución es causada por la flexibilidad entre la cimentación-suelo y por los alargamientos de los periodos de vibración.

2.2.4. Tipos de interacción suelo estructura

Según a las condiciones de cargas que actúan en las edificaciones, existen dos tipos. El primer tipo viene a ser la interacción estática suelo - estructura, principalmente esto ocurre ante cargas permanentes, ya que el suelo tiende a deformarse al aplicarse una carga; esto se conoce como el reacomodo de partículas, técnicamente se llama consolidación, y ocurre porque el suelo tiene volúmenes de vacíos; la consolidación llega a reflejarse notablemente en algunas estructuras generando los asentamientos ya sean totales o diferenciales. El segundo tipo se conoce por interacción dinámica suelo -estructura, el cual ocurre principalmente por las excitaciones sísmicas.

2.2.5. Tipos de interacción dinámica suelo estructura

La interacción inercial: representa el cambio por la presencia y el movimiento de la superestructura, esto es debido a las fuerzas de inercia que la masa transmite al ser excitado. Investigaciones realizadas indican que se tendría mayor interacción inercial es directamente proporcional a la masa y esbeltes de la estructura, sobre todo si está ubicado en suelo blando. “La interacción inercial está relacionado con el alargamiento del período fundamental y la modificación del amortiguamiento”

(ISIDORO, 2016, pág. 29) cómo se observa en la figura 3.

- a) Fuerzas de inercia actuando en la estructura.
- b) Movimiento de la fundación aplicado a través de resortes y puntos de mando dependientes de la frecuencia.

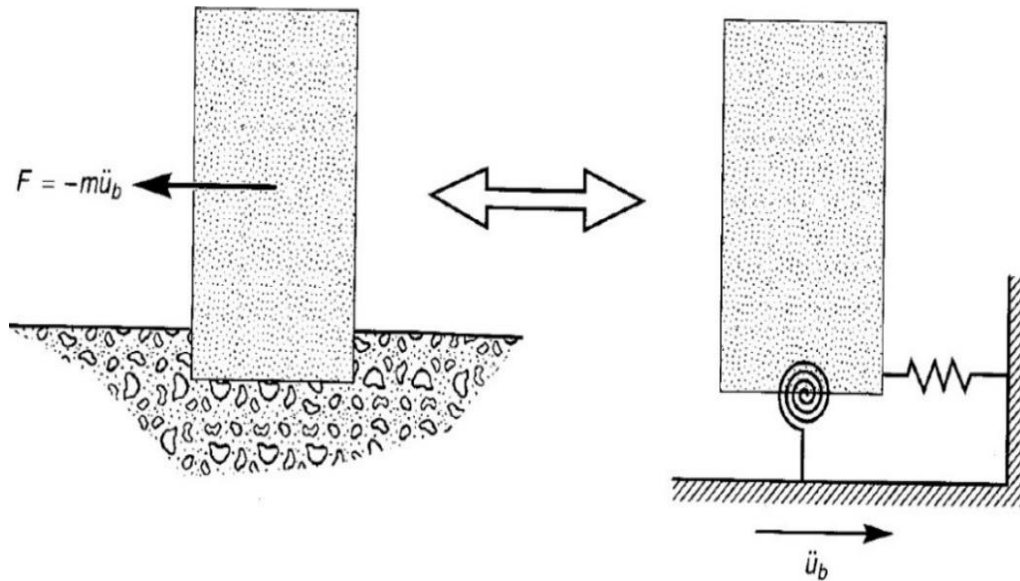


Figura 3. Formulaciones equivalentes de análisis de interacción inercial. (KRAMER, 1996)

La interacción cinemática: Para (KRAMER, 1996) los terremotos causan desplazamientos en todas las componentes horizontales y vertical, si una base muy rígida en la superficie o incrustada sobre el suelo, no permite las deformaciones de campo libre, conduce a que el movimiento sea afectado por la interacción cinemática. Se puede entender que los movimientos que generan un determinado sismo se transmiten a través de ondas sísmicas; sin embargo, el cambio de la rigidez, entre el suelo y el concreto de la cimentación, genera la desviación de las ondas sísmicas, es decir el movimiento se altera al impactar con la cimentación, en la figura 4 se puede observar tres casos:

- a) La rigidez a la flexión de la cimentación impide que siga el componente vertical del desplazamiento respecto al campo libre.
- b) Cuando la rigidez de la cimentación evita que siga el componente horizontal del desplazamiento de campo libre.
- c) La rigidez axial de la cimentación superficial evita que el suelo subyacente se deforme.

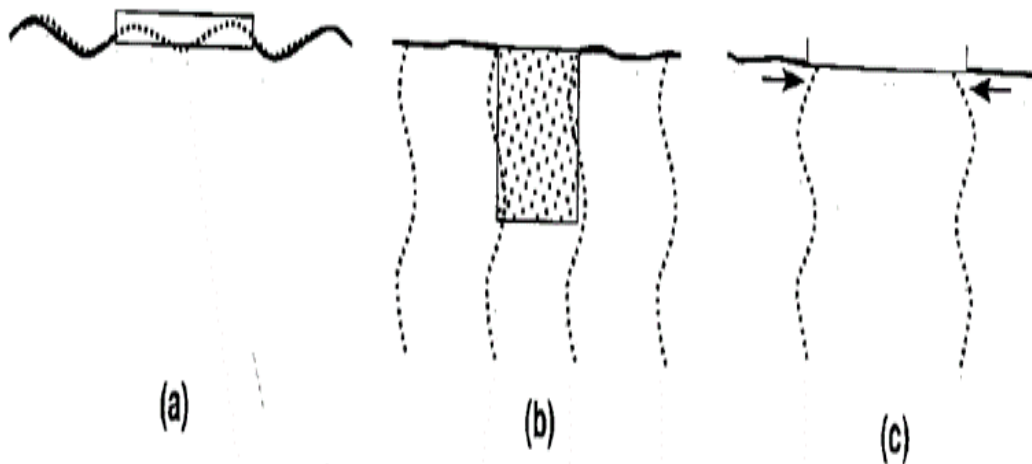


Figura 4. Interacción cinemática con movimientos de campo. (KRAMER, 1996)

(ISIDORO, 2016) refiere que suelen pensar que no considerar la interacción cinemática es conservador por la reducción de altas frecuencias y porque las rotaciones que se produce en la cimentación tienen poca repercusión en las aceleraciones y desplazamiento de modelo. Además, pone en claro que aquello es correcto para edificaciones robustas de esbelteces bajas y con cimentaciones superficiales, más no en estructuras altas con cimentación profunda, por el tema del cabeceo de la cimentación.

2.2.6. Modelo dinámico de interacción suelo estructura

Para idealizar un modelo podemos ejemplificarlo como un semi-espacio isotrópico, homogéneo y linealmente, con 6 grados de libertad, donde hay 3 desplazamientos lineales y 3 desplazamientos rotaciones alrededor de los mismos ejes (figura 5). La rigidez es representada mediante resortes conocidos como rigidez cuasi - estática y el amortiguador como la rigidez acústica. Sin embargo, el problema principal reside en determinar la rigidez.

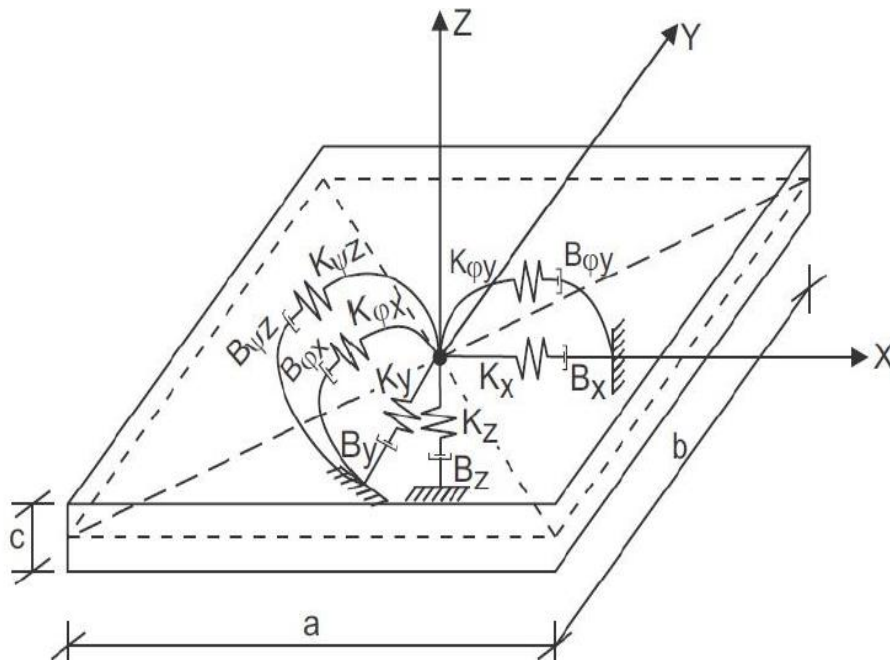


Figura 5. Esquemas de interacción suelo - platea de cimentación.

La rigidez es de:

- K_z - Compresión elástica uniforme (Tnf/m).
- K_x-K_y - Desplazamiento elástico uniforme (Tnf/m).
- $K_{\phi x}-K_{\phi y}$ - Compresión elástica no uniforme (Tnf.m).
- $K_{\psi z}$ - Desplazamiento elástico no uniforme (Tnf.m).

2.2.7. Masas trasnacionales y rotacionales

Las masas trasnacionales en X, Y Z, adquieren el mismo valor y muy distinto a las masas rotacionales, luego que se determinan dichas masas son asignados directamente al modelo bajo su centro de gravedad de la cimentación.

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{P_{platea}}{g} = \frac{\gamma \times a \times b \times c}{g} \quad (Tnf. s^2/m) \quad \dots\dots\dots Ec-01$$

$$M_{\phi x} = M_t \times d^2 + I_{mx} = M_t \times \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t \times b^2}{12} \quad (Tnf. s^2.m) \quad \dots\dots\dots Ec-02$$

$$M_{\phi y} = M_t \times d^2 + I_{my} = M_t \times \left(\frac{c}{2}\right)^2 + \frac{M_t \times a^2}{12} \quad (Tnf. s^2.m) \quad \dots\dots\dots Ec-03$$

$$M_{\psi z} = I_{mz} = \frac{M_t \times (a^2 + b^2)}{12} \quad (Tnf. s^2.m) \quad \dots\dots\dots Ec-04$$

Siendo:

P_{platea} – Peso de platea.

$I_{mx} - I_{my} - I_{mz}$ – Momentos de inercia X, Y, Z.

γ – Peso específico del concreto armado.

d – 0.5 del Peralte de la plata.

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

Este viene a ser un modelo teórico experimental que fue elaborado por el investigador Barkan y Savinov, que propuso que la rigidez está en función de dos variables, de compresión y desplazamiento elástico; como se muestra en las siguientes fórmulas.

$$K_x = K_y = C_x \times A \quad \dots\dots\dots \text{Ec-05}$$

$$K_z = C_z \times A \quad \dots\dots\dots \text{Ec-06}$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} \times I_x \quad \dots\dots\dots \text{Ec-07}$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} \times I_y \quad \dots\dots\dots \text{Ec-08}$$

Donde:

C_x –Coeficiente de desplazamiento elástico uniforme.

$C_z, C_{\varphi x}, C_{\varphi y}$ –Coeficientes de compresión elástica uniforme y no uniforme.

A –Área de la base de la platea de cimentación.

I_x, I_y –Momentos de inercia respecto a los ejes ortogonales horizontales.

Mediante las siguientes fórmulas podemos calcular los coeficientes mencionados anteriormente:

$$C_x = D_o \times \left[1 + \frac{2(a + b)}{\Delta \times A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-09}$$

$$C_z = C_o \times \left[1 + \frac{2(a + b)}{\Delta \times A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-10}$$

$$C_{\varphi x} = C_o \times \left[1 + \frac{2(a + 3b)}{\Delta \times A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-11}$$

$$C_{\varphi y} = C_o \times \left[1 + \frac{2(b + 3a)}{\Delta \times A} \right] \times \sqrt{\frac{\rho}{\rho_o}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-12}$$

Donde:

C_o –Coeficiente según ensayos experimentales para $\rho_o = 0.2 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ según la tabla 1.

a, b –Longitudes de la platea en ambos sentidos, ejes X e Y.

Δ –Coeficiente empírico, para los cálculos prácticos se asume $\Delta = 1 \text{ m}^{-1}$

A –Área de la platea de cimentación.

ρ –Presión estática, según Ec-13.

$$\rho = \frac{P_{edificio} + P_{platea}}{A_{platea}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-13}$$

Siendo:

$P_{edificio}$ –Peso de la superestructura.

P_{platea} –Peso de la platea de cimentación.

A_{platea} –Área de la platea de cimentación.

La presión estática es la relación de la sumatoria de toda la carga que se transmite a la cimentación entre el área de la platea.

El coeficiente D_o , es una ecuación empírica Ec-14 donde está vinculado el coeficiente de Poisson y con el coeficiente C_o .

$$D_o = \frac{1 - \mu}{1 - 0.5 \times \mu} \times C_o \quad \dots\dots\dots \text{Ec-14}$$

Donde:

μ –Coeficiente de Poisson del suelo.

Tabla 1. Coeficiente Co.

PERFIL	CARACTERÍSTICA	SUELO	Co(kgf/cm ³)
S1	ROCA O SUELO MUY RÍGIDO	Arcilla y arena arcillosa dura (IL<0)	3,0
		Arena compacta (IL<0)	2,2
		Cascajo, grava, canto rodado, arena densa	2,6
S2	SUELO INTERMEDIO	Arcilla y arena arcillosa plástica (0,25< IL ≤ 0,5)	2,0
		Arena plástica (0< IL ≤ 0,5)	1,6
		Arena polvorosa medio densa y densa (e ≤ 0,80)	1,4
		Arenas de grano fino, mediano y grueso, independientes de su densidad y humedad	1,8
S3	SUELO FLEXIBLES O CON ESTRATOS DE GRAN ESPESOR	Arcilla y arena arcillosa de baja plasticidad (0,5 < IL ≤ 0,75)	0,8
		Arena plástica (0,5 < IL ≤ 1)	1,0
		Arenas polvorosa, saturada, porosa (e > 0,80)	1,2
S4	CIRCUNSTANCIAS EXCEPCIONALES	Arcilla y arena arcillosa muy blanda (IL > 0,75)	0,6
		Arena movediza (IL >1)	0,6

2.2.9. Modelo dinámico Norma Rusa SNIP 2.02.05-87

La ecuación mediante aquel modelo permite determinar los coeficientes de rigidez traslacionales y rotacionales, sin embargo, relaciona las rigideces en función a los resultados de la componente vertical, tal como se puede verificar en las ecuaciones siguientes:

$$K_x = K_y = C_x \times A \quad \dots\dots\dots \text{Ec-15}$$

$$K_z = C_z \times A \quad \dots\dots\dots \text{Ec-16}$$

$$K_{\varphi x} = C_{\varphi x} \times I_x \quad \dots\dots\dots \text{Ec-17}$$

$$K_{\varphi y} = C_{\varphi y} \times I_y \quad \dots\dots\dots \text{Ec-18}$$

$$K_{\psi z} = C_{\psi z} \times I_z \quad \dots\dots\dots \text{Ec-19}$$

Donde:

A –Área de la platea.

I_x, I_y –Momentos de inercia de la platea para los ejes X, Y.

I_z –Momentos de inercia de la platea respecto al eje vertical Z.

$$C_z = b_0 \times E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right) \quad \dots\dots\dots \text{Ec-20}$$

Donde:

b₀ –Coeficiente para corrección de unidad de medida(m^{-1})

–Suelos arenosos = 1

–Suelos de arenas arcillosas =1.2

– Suelos de arcillas, cascajos, gravas, cantos rodados, arenas densas y muy densas = 1,5.

E –Módulo de elasticidad del suelo.

A₁₀ –10 m^2

A –Área de la platea de cimentación.

El coeficiente de desplazamiento elástico uniforme, compresión elástica no uniforme y desplazamiento elástico no uniforme; se calcula con las siguientes ecuaciones respectivamente.

$$C_x = 0.7 \times C_z \quad (Tnf/m^3) \quad \dots\dots\dots \text{Ec-21}$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 \times C_z \quad (Tnf/m^3) \quad \dots\dots\dots \text{Ec-22}$$

$$C_{\psi z} = C_z \quad (Tnf/m^3) \quad \dots\dots\dots \text{Ec-23}$$

2.2.10. Modelo dinámico A.E. Sargsian

La ecuación considera que el terreno de fundación actúa de forma inercial elástico, homogéneo e isotrópico; el cual se determina con las ecuaciones siguientes.

$$K_x = K_y = \frac{28.8 \times \rho \times C_2^2}{\sqrt{\pi} \times (7 - 8 \times \mu)} \times \sqrt{A} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-24}$$

$$K_z = \frac{4 \times \rho \times C_2^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - \mu)} \times \sqrt{A} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-25}$$

$$K_{\varphi x} = \frac{8.52 \times \rho \times C_2^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - \mu)} \times \frac{I_x}{\sqrt{A}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-26}$$

$$K_{\varphi y} = \frac{8.52 \times \rho \times C_2^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - \mu)} \times \frac{I_y}{\sqrt{A}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-27}$$

$$K_{\psi z} = \frac{4 \times \rho \times C_2^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - \mu)} \times \frac{I_z}{\sqrt{A}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-28}$$

Donde:

ρ –Densidad del suelo.

μ –Relación de Poisson del suelo.

C_2 –Velocidad de ondas transversales en el suelo.

A –Área de la platea.

$I_x - I_y$ –Momentos de inercia de la platea respecto a los ejes ortogonales X, Y.

I_z –Momentos de inercia de la platea respecto al eje Z.

Las velocidades de propagación de las ondas longitudinales y transversales, se puede determinar según las siguientes ecuaciones.

$$C_1 = \sqrt{\frac{(1 - \mu) \times E}{(1 + \mu) \times (1 - 2 \times \mu) \rho}} \quad \text{..... Ec-29}$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{E}{2 \times (1 + \mu) \times \rho}} \quad \text{..... Ec-30}$$

Donde:

E –Módulo de elasticidad de suelo.

ρ –Densidad del suelo.

μ –Coeficiente de Poisson del suelo.

C_1 –Velocidad de propagación de las ondas longitudinales del suelo.

C_2 –Velocidad de propagación de las ondas transversales del suelo.

2.2.11. Modelo dinámico N.G. Shariya

Los modelos Shariya se basan en los efectos inerciales de la interacción suelo y la platea de cimentación, mediante el dicho modelo se obtienen resultados aproximados; bajo ese contexto los coeficientes de rigidez se pueden determinarse según las siguientes ecuaciones.

$$K_x = K_y = \frac{\rho \times C_2^2}{\lambda \times (1 - \mu^2)} \times \sqrt{A} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-31}$$

$$K_z = \frac{(1 - 2 \times \mu) \times \rho \times C_1^2}{\lambda \times (1 - \mu)^2} \times \sqrt{A} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-32}$$

$$K_{\varphi x} = \frac{(1 - 2 \times \mu) \times \rho \times C_1^2}{x \times (1 - \mu)^2} \times \frac{I_x}{\sqrt{A}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-33}$$

$$K_{\varphi y} = \frac{(1 - 2 \times \mu) \times \rho \times C_1^2}{x \times (1 - \mu)^2} \times \frac{I_y}{\sqrt{A}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-34}$$

$$K_{\varphi z} = \frac{(1 - 2 \times \mu) \times \rho \times C_1^2}{x \times (1 - \mu)^2} \times \frac{I_z}{\sqrt{A}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-35}$$

Donde:

ρ –Densidad del suelo.

μ –Relación de Poisson del suelo.

C_1 –Velocidad de ondas longitudinales.

C_2 –Velocidad de ondas transversales.

A –Área de la platea.

$I_x - I_y$ –Momentos de inercia de la platea de cimentación respecto a los ejes X, Y.

I_z –Momentos de inercia de la platea de cimentación respecto al eje vertical Z.

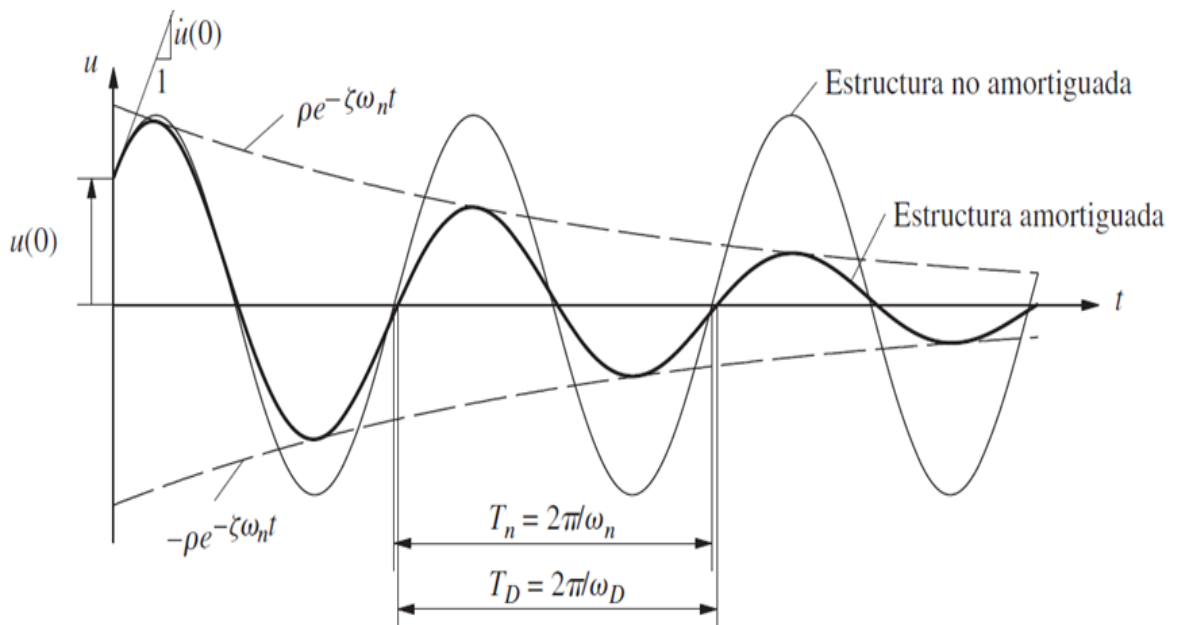
Tabla 2. Coeficientes λ y x .

Relación lado mayor/lado menor – interpolar para hallar valor intermedio	λ	x
1	0.88	0.35
3	0.84	0.24
5	0.77	0.18
10	0.67	0.13

2.2.12. Amortiguamiento

Todo cuerpo que está en movimiento tiende a disminuir con el tiempo debido a la pérdida de energía producido por el amortiguamiento y se transforma en calor, ruido, viento, etc. Esto debido a la conservación de la energía. “La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma” que fue formulada por el francés Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) considerado el padre de la química. Si no existiera el amortiguamiento nuestras estructuras oscilarían de manera indeterminada con la misma amplitud y periodo, cosa que en la realidad no existe.

Para (CHOPRA, 2014) el amortiguamiento viene a ser el desarrollo que permite a la amplitud disminuir en un determinado periodo hasta llegar al reposo; la figura 6 muestra el comportamiento de una estructura con amortiguamiento donde la amplitud disminuye a medida que el periodo avanza y el otro sin amortiguamiento donde la amplitud es constante durante todo el periodo.



**Figura 6. El amortiguamiento para una vibración libre.
(CHOPRA, 2014)**

En las edificaciones la energía sísmica que ingresa por las cimentaciones y pasa a la estructura, genera la fluencia de los aceros, el concreto se fisura y se fricciona las partículas del concreto, desde luego dependiendo del grado de sismicidad; no obstante, toda la energía es disipada por la propia estructura.

Por ello (CHOPRA, 2014) aclara que las estructuras existentes, hay distintos mecanismos que ayudan a la liberar la energía sísmica; por ejemplo, la fricción entre las microfisuras, grietas, las uniones en las conexiones, las incursiones inelásticas de los aceros y algunos amortiguamientos que aportan los elementos no estructurales por la falla propia de ellos. Estos mecanismos en algunos casos son imposibles de identificar o describir matemáticamente.

Los autores (GARCIA J. A., 2006), (DELGADO, 2011), (SANTANA, 2013) coinciden que el amortiguamiento puede generarse por el, amortiguamiento por fricción, amortiguamiento histérico y amortiguamiento viscoso.

El *amortiguamiento por fricción* también llamado amortiguamiento de Coulomb que corresponde a la fricción entre dos cuerpos, se presenta en los apoyos o conexiones de las estructuras, pero también se presenta cuando se fisura un muro ya sea de concreto o de albañilería (figura 7).

Según (SANTANA, 2013, pág. 179) el amortiguamiento por fricción, “Es aquella que se da por fuerzas de fricción o rozamiento producidas en los nudos de la estructura”. Sin embargo, (CHOPRA, 2014) refiere que aquellas fuerzas por rozamiento que manifiestan las estructuras no se consideran de forma clara para que sean tomados en cuenta, a menos que a la estructura se incorporen dispositivos de fricción.

En la práctica existe dispositivos por fricción que están dentro de los disipadores histeréticos, más adelante se explicara con profundidad. La fuerza de fricción viene a ser $F = \mu N$, donde μ se define como factor de fricción, N es fuerza normal; un coeficiente o fuerza normal alto nos conduce a fuerza de fricción alta.

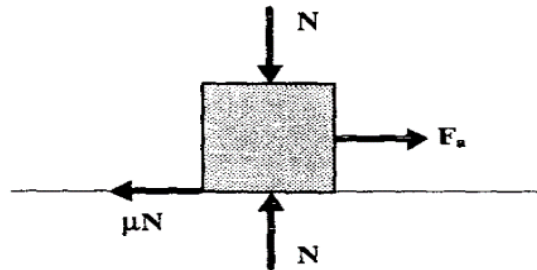


Figura 7. Amortiguamiento Coulomb.
(GARCIA L. E., 1998)

Por su parte el *Amortiguamiento Histerético* es producto de las incursiones inelásticas de los elementos estructurales. Un ejemplo claro es cuando el acero sobrepasa el punto de fluencia, llegándose a plastificarse como se observa en la figura 8. Una edificación dúctil tendrá un mayor amortiguamiento histórico debido a que el material sufrirá deformaciones plásticas teniendo un cambio de sus propiedades en ese punto. En una edificación también se puede incrementar en este tipo de amortiguamiento mediante los disipadores por plastificación.

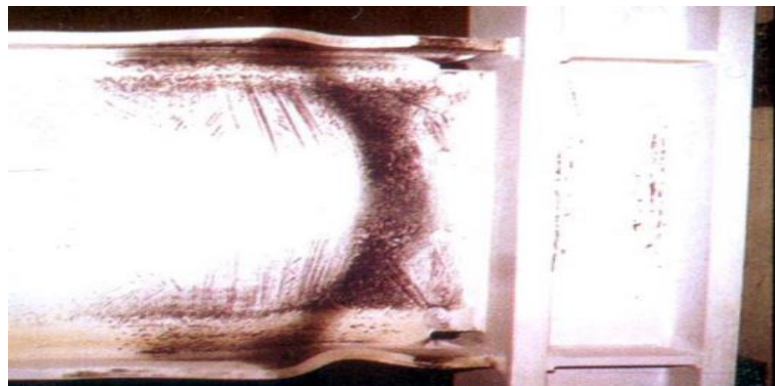


Figura 8. Rótula plástica en el extremo de una viga.
(CRIASAFULLI, 2014)

Por otro lado, el *amortiguamiento viscoso*, según (GARCIA L. E., 1998) deduce que dicho amortiguamiento es el proceso mediante el cual un cuerpo pierde energía cinética producto de la viscosidad de un fluido; en una edificación el amortiguamiento viscoso se presentaría cuando el aire se opone al movimiento.

2.2.13. Tipo de amortiguamiento

- ❖ **El amortiguamiento subcrítico o sub amortiguado:** $C < C_{cr}$ o $C < 1$ dentro de este tipo de amortiguamiento se encuentran las estructuras convencionales ya que, en la realidad una estructura tiende a oscilar con una amplitud inicial y luego va disminuyendo de manera progresiva.
- ❖ **El Amortiguamiento crítico (C_{cr}):** El Amortiguamiento crítico se cumple cuando $C = C_{cr}$ o $C = 1$. Según (PAZ, 1992) es el coeficiente de amortiguación más pequeño que impide que se genere oscilaciones, por ejemplo, una estructura con este amortiguamiento se estabilizaría sin ninguna oscilación en su posición de equilibrio después de sufrir un desplazamiento inicial.
- ❖ **El Amortiguamiento supercrítico o sobre-amortiguado:** Se presenta cuando $C > C_{cr}$ o $C > 1$, este amortiguamiento tiene un periodo más largo en llegar a su posición de equilibrio, lo que significa que tiene demasiado amortiguamiento un ejemplo claro son las puertas de los hospitales mediante los sistemas hidráulicos.

2.2.14. Tipos de sistemas de protección sísmica

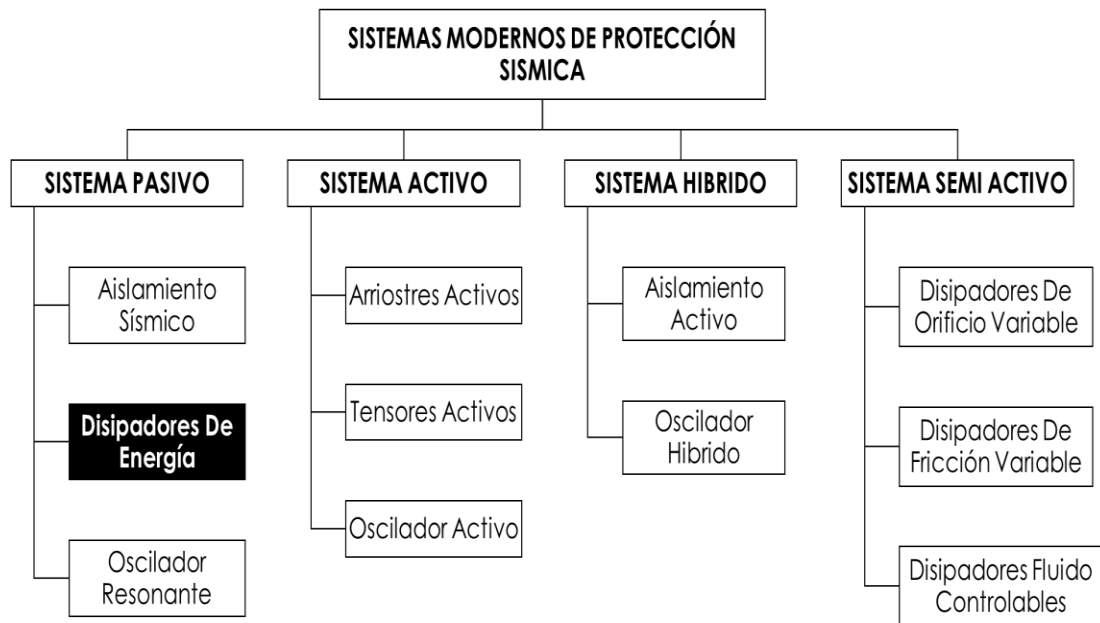


Figura 9. Clases de sistemas de protección sísmica. (VILLAREAL & LA ROSA, 2016)

❖ Sistema de control pasivo

Aquel sistema requiere de un actuador más no de un sensor ni receptor. Logran reducir la respuesta dinámica por medios totalmente mecánicos. “Mediante el control pasivo no se requiere de energía externa, ya que la disipación de energía se logra en el mismo sistema pasivo, resultando un sistema de control atractivo debido a su simplicidad” (ESPEJEL, 2013, pág. 27).

❖ Sistema de control activo

Tales sistemas generan fuerzas de dominio para alterar la respuesta dinámica estructural. Los componentes son actuadores que trabajan de manera conjunta con los sensores, controladores y procesadores de información, los cuales se transmiten a tiempo real.

❖ Sistema de control híbrido

Es una composición de dispositivos pasivos y activos, para incrementar la eficiencia del control estructural (figura 10), se deduce que este sistema resultaría muy excelente cuando uno de los sistemas no llegara a funcionar.

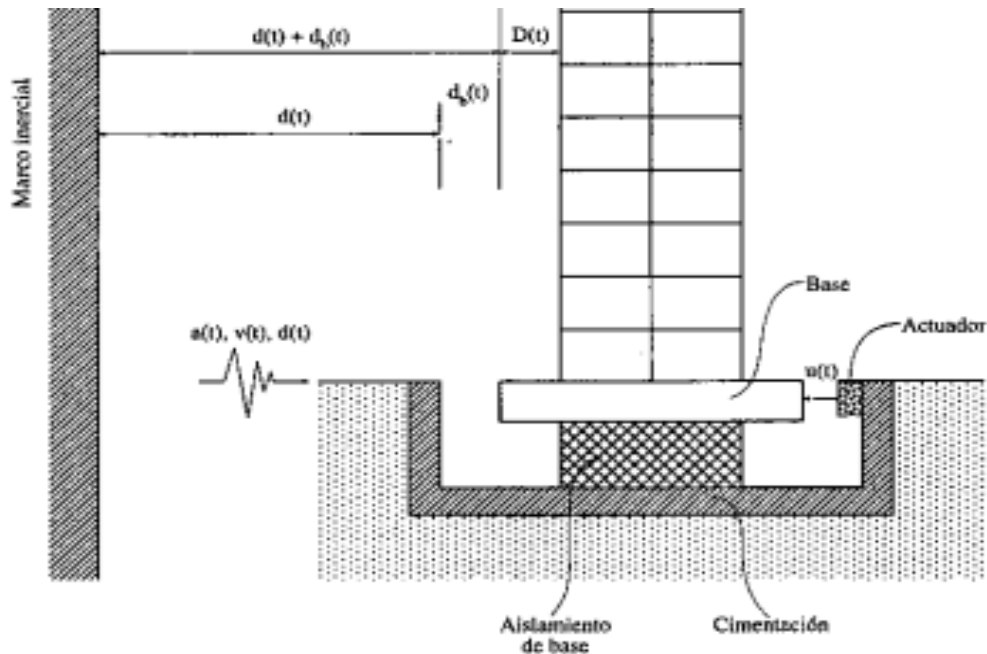


Figura 10. Sistema de control híbrido de aislamientos base.
(MOLINARES, 2003)

❖ Sistema de control semi – activo

Aquel sistema se caracteriza por tener el dominio mecánico de los dispositivos durante el tiempo. Para (OVIEDO, 2004) tales sistemas no emplean fuerzas al sistema estructural; sin embargo, tienen propiedades distintas que pueden ser controladas para disminuir de forma óptima el comportamiento de la estructura, prácticamente muestra el trabajo idéntico al sistema activo.

Bajo tales condiciones el control de la estructura es dominado mediante el dispositivo reactivo, consecuentemente la rigidez y el amortiguamiento son dominables.

2.2.15. Tipos de sistemas pasivos

❖ Control pasivo - aislamiento en la base

Aquellos dispositivos separan la estructura completa en dos partes, toda la cimentación y la superestructura, de tal forma que impida que toda la energía llegada a la cimentación se transmita a la superestructura; sin embargo, es evidente que los aislamientos de base hacen que pierda rigidez la superestructura y por lo tanto el periodo fundamental se incremente; un suelo blando también incrementa el periodo fundamental por tal no es recomendable para suelos blandos.

En el Perú hay una gran aceptación de estos sistemas y como prueba de eso hay muchas edificaciones diseñadas con aislamiento de base, por ejemplo, el año 2010 se construyó la planta de gas de Melchorita, el 2012 edificio Graña Montero, el 2013 conjunto de aulas en la Universidad Pontificia Católica del Perú, así como otros proyectos más.

Kelly, (1999) como citó (PARDO, 2007, pág. 33) afirma que la experiencia más drástica al que se sometió una estructura con disposiciones de aislamiento sísmico fue en el Centro Médico de Docencia en la Universidad de Southern California; tal estructura se sitúa a 36 km del epicentro del sismo de Northridge, sucedido en el año 1994. En el periodo del sismo el suelo de fundación alcanzó una aceleración pico de 0,49g, sin embargo, dentro de la estructura propiamente las aceleraciones estuvieron en el rango de 0,1g y 0,13g. Como se puede entender la edificación fue aislada satisfactoriamente.

Para mayor comprensión de los aisladores, las investigaciones de James Kelly de la Universidad de California, uno de los más reconocidos amplía el tema.

❖ Control pasivo con sistemas inerciales acoplados

Principalmente suelen utilizar los amortiguadores de masa sintonizada (Tuned Mass Damper TMD) lo que muestra la figura 11, que consiste en el acoplamiento de una gran masa a la estructura mediante unos resortes y un amortiguador viscoso para contrarrestar las vibraciones, la masa es de un grado de libertad y funciona por las fuerzas inerciales producidas por la estructura, generalmente son acoplados en los últimos niveles de los edificios. Otro sistema es el amortiguador de líquido sintonizado (Tuned liquid dampers TLD), según (ESPEJEL, 2013) indica que es un tanque con contenido de líquido no inflamable que es acoplado fijamente a la estructura, donde la disipación de la energía se desarrolla mediante el chapoteo del líquido que se encuentra dentro del tanque.

Sin embargo, la desventaja es que incrementa una gran masa lo cual es perjudicial para toda la estructura, ya que a medida que la carga se incrementa los elementos tienden a fallar frágilmente.



Figura 11. Amortiguador AMS Edificio Parque Araucano Chile. (CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, 2012)

❖ Control pasivo con disipadores de energía

Este tipo de sistemas permite que la energía sísmica el cual impacta a la estructura se disipe cierto porcentaje en los dispositivos, reduciendo y/o evitando que se forme las rótulas plásticas en los elementos estructurales. Principalmente existe disipadores histéricos, visco - elásticos y viscoso como se puede ver en la figura 12 cada uno tiene ciertas particularidades diferentes.

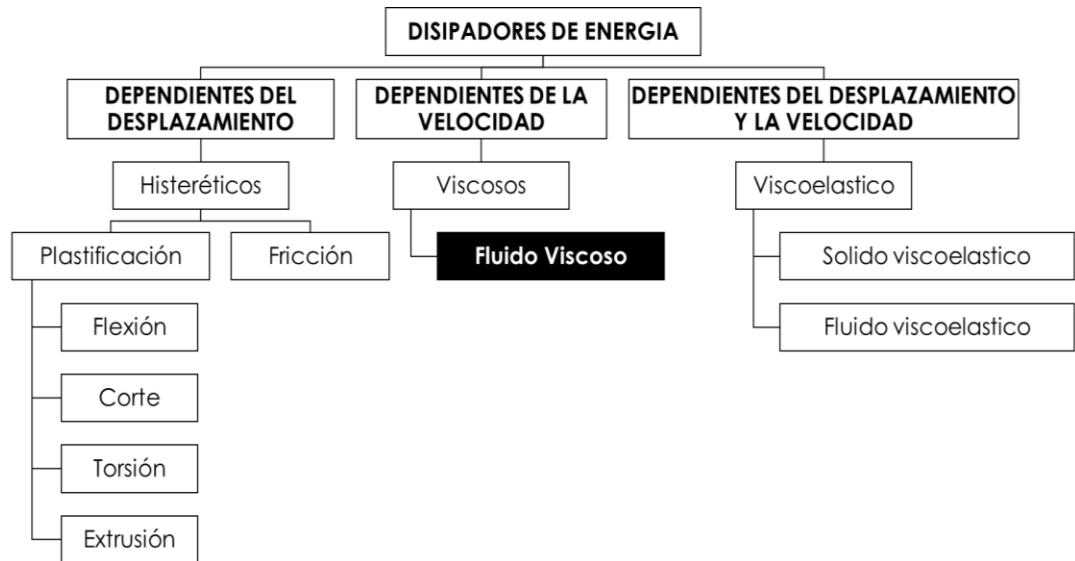


Figura 12. Disipadores de Energía.
(VILLAREAL & LA ROSA, 2016)

Un disipador histérico dependen del desplazamiento, una estructura dotada de este tipo de disipadores incrementa la rigidez. Entre ellos existen los disipadores por plastificación que son muy similar a un diseño de edificaciones de acero donde se define las líneas fusibles que son los puntos o elementos en las que se desea que se forme las rótulas plásticas; este mecanismo es lo que se busca con este tipo de disipadores que las rótulas se formen en los mismos dispositivos antes que se forme en los elementos estructurales; entre los principales dispositivos histéricos existe el tipo ADAS y TADAS.

El disipador de la figura 13, conocido como tipo ADAS por sus iniciales en inglés, son instalados teniendo en cuenta que ambos lados queden empotrados de tal manera que absorba momentos; cuando la fuerza sísmica genere desplazamientos los dispositivos disipan por fluencia del material en el sector más débil que es el centro del dispositivo. En su investigación (ESPEJEL, 2013) sostiene que el hecho de empotrarlo ambos extremos del dispositivo conduce que, bajo desplazamientos laterales, las placas del dispositivo se deformen en doble curvatura, generando de esta manera la fluencia y deformación plástica uniformemente distribuida en todas las placas del dispositivo, sin presentar zonas críticas por la concentración de esfuerzos.

La desventaja de los dispositivos ADAS, es que luego de un sismo podrían requerir de mantenimiento o reparación y si por la razón de la naturaleza ocurrieran réplicas sísmicas la edificación ya no estaría reforzada, cosa que en otros dispositivos no lo requieren.

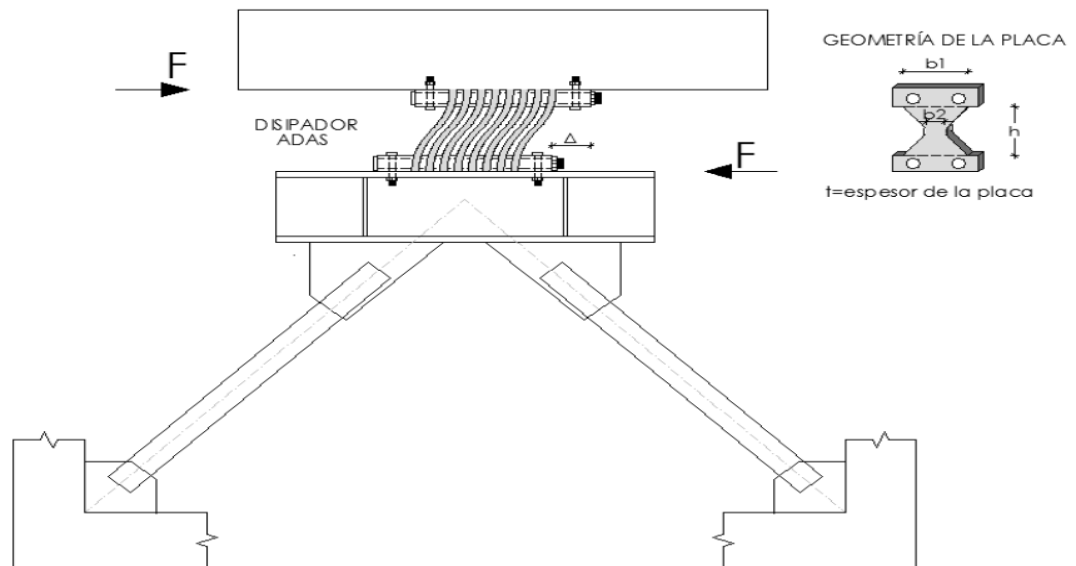


Figura 13. Disipador ADAS sobre contraviento Chevrón. (MORA, AGUILAR, & RODRIGUEZ , 2016)

El dispositivo tipo TADAS por sus iniciales en inglés, son instalados con el lado superior de dispositivo empotrado y el otro extremo articulado, cuando el sismo genere una deriva entre extremos de la placa, se genera la plastificación por flexión simple (figura 14).

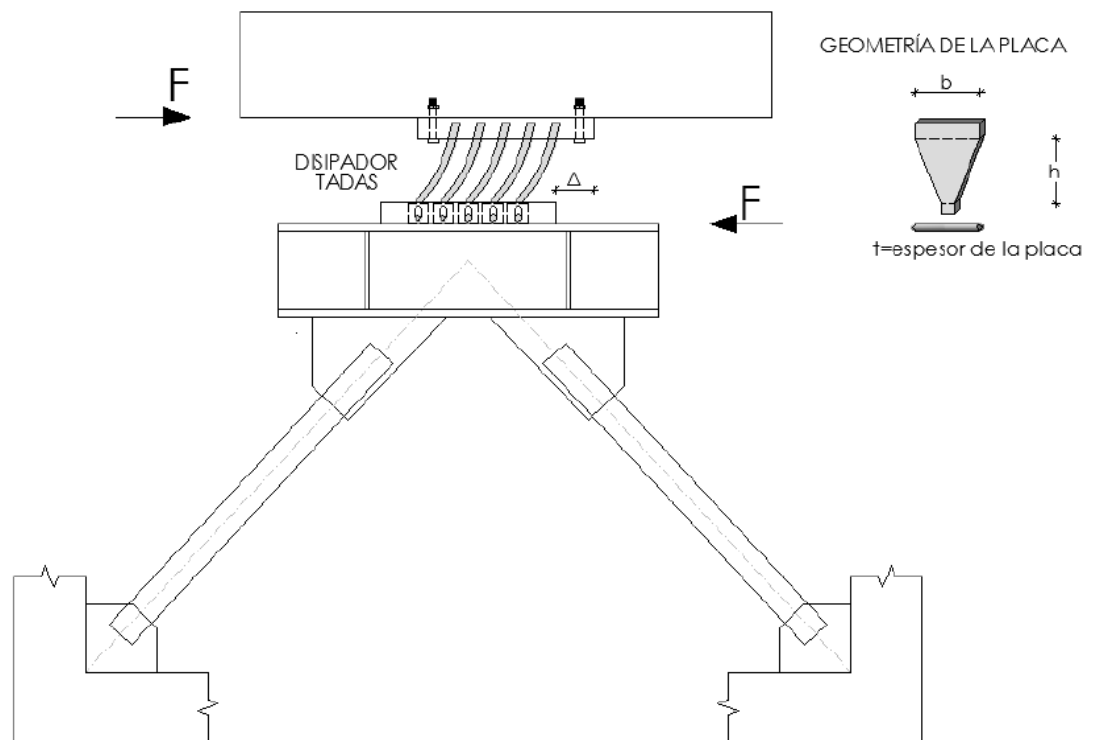


Figura 14. Disipadores TADAS sobre contraviento Chevrón. (MORA, AGUILAR, & RODRIGUEZ , 2016)

En cuanto a los disipadores por fricción, son sistemas muy similares a las pastillas de los frenos de las motocicletas, estos dispositivos es la unión de dos cuerpos que están presionados regularmente, de tal forma que permita el desplazamiento una respecto del otro.

Los disipadores visco-elásticos, están formados por chapas metálicas unidas entre sí mediante material visco-elástico. Según (OVIEDO, 2004) presenta algunas virtudes y desventaja.

Virtudes:

- ✓ No requieren de fuerzas elevadas para lograr la disipación.
- ✓ Los periodos de vibración no se alteran significativamente, en tal sentido resulta ser lógico considerar un comportamiento linealmente y por ende el trabajo resultaría más ligero.

Desventaja:

- ✓ La minúscula variación del período fundamental no exime la resonancia.
- ✓ Un material visco-elástico, en gran parte son vulnerables con los cambios de temperatura, así como el la frecuencia y deformación, siendo necesario disminuir estas variables. De tal forma que su comportamiento sea estudiado razonablemente.
- ✓ Para lograr incrementos significativos del amortiguamiento en la estructura bajo sismo severo, sería necesario demasiados disipadores.

Por su lado, la rigidez lateral de la estructural no se ven influenciados por los DFV; por ejemplo, una edificación con mucha distorsión no podrá minimizar dichas deformaciones, por lo tanto, antes de realizar un reforzamiento o diseño de una estructura dotado DFV se deberá de verificar las derivas y según ello elegir el tipo de disipador.

2.2.16. Disipadores de energía fluido viscoso**❖ Funcionamiento**

Una edificación convencional resulta ser análoga a un cuerpo humano simplemente con el esqueleto humano, la edificación con DFV es análogo a un cuerpo humano

con el esqueleto humano más músculos, los músculos actúan como amortiguadores de los huesos.

Durante la acción de un movimiento sísmico la fuente libera una gran energía y este se transmite mediante el suelo en formas de ondas y cuando impacta a las cimentaciones conduce a un conjunto de fuerzas internas en toda la estructura, normalmente esto se manifiesta mediante las formaciones de rótulas plásticas y/o fallas no estructurales; bajo ese sentido, se extrae que la estructura quedaría dañada, obviamente dependiendo de la severidad del sismo. Los disipadores de energía son sistemas incorporados en las estructuras, cuando el sismo ingresa en la estructura parte de la energía es disipada por estos sistemas evitando que los elementos estructurales incurran en el régimen no lineal. Además, suelen ser importantes en estructuras ubicadas en suelos blandos donde no es conveniente utilizar aislamiento en la base, asimismo, también es útil utilizar en estructuras esbeltas.

El DFV es similares a los pistones como identifica la figura 15 y 16. (FRANCO, 2015) afirma que, tales dispositivos están compuesto por dos cámaras dentro de un cilindro, donde uno de ellos contiene un líquido (aceite de silicona) que no es tóxico ni inflamable, cuando actúa una fuerza el pistón realiza un empuje contra el líquido, haciendo que el líquido pase de una cámara hacia otra por medio de unos agujeros hechas en la placa del pistón, la diferencia de presiones de las dos cámaras conduce a la disipación de energía.

❖ **Ventajas y desventajas**

En la actualidad hay variedad de dispositivos para la disipación de energía con diferentes cualidades cada uno, no obstante, todos con un mismo fin que es disipar

energía, pero los más eficientes tienen una buena capacidad de liberar la energía de la estructura, sencillez, economía, robustez, sin mantenimiento, fiabilidad y durabilidad.

❖ **Detalle de los dispositivos**

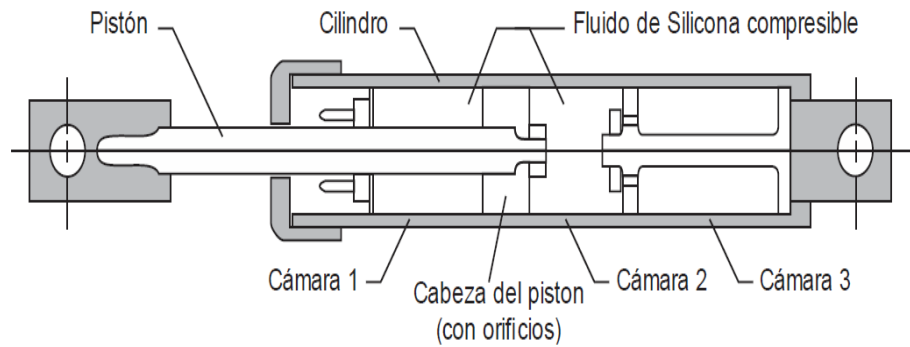


Figura 15. Corte de un DFV.
(VILLAREAL & LA ROSA, 2016)

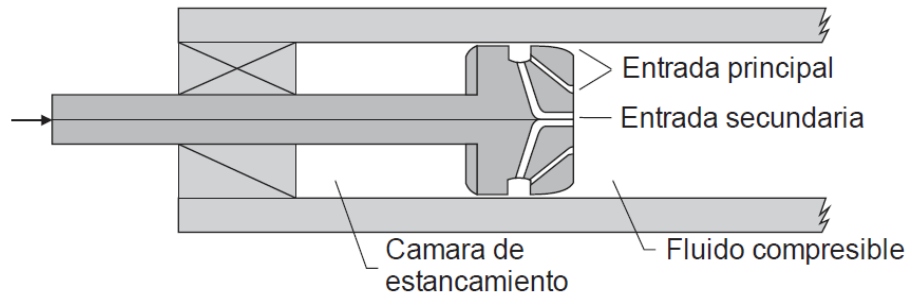


Figura 16. Detalle de la cabeza del pistón.
(VILLAREAL & LA ROSA, 2016)

❖ **Componentes.**

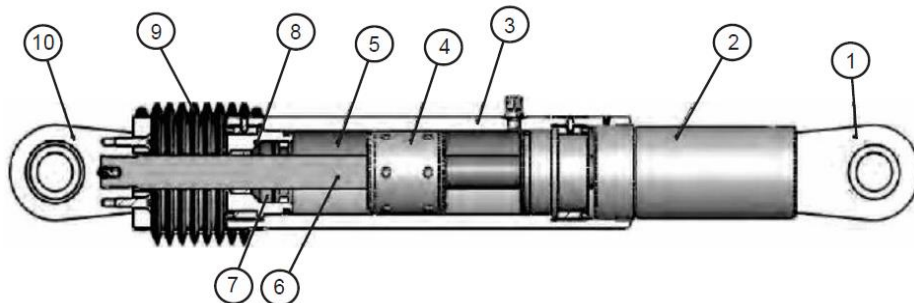


Figura 17. Componentes de un DFV.
(VILLAREAL & LA ROSA, 2016)

1. Horquilla final.
2. Acero.
3. Cilindros de acero tratado.
4. Cabeza del pistón.
5. Fluido altamente viscoso.
6. Vástago.
7. Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas.
8. Tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero.
9. Fuelle, de neopreno.
10. Cojinete.

❖ **Empresas proveedoras en el Perú y el mundo**

Una de las compañías dedicadas a la industria de la tecnología de amortiguación sísmica es la empresa Taylor Devices ubicada en New York. Según CDV Representaciones considera que la empresa es líder en métodos de shocks y vibración; puesto que las pruebas en los laboratorios son aprobadas por la NASA. Además, aclara que en más de 60 años los dispositivos Taylor no requirieron cambios ni hubo derrames de líquido.

En el Perú la empresa CDV representaciones ubicado en San Borja – Lima, es un equipo dedicado a servicio de ingeniería en disipadores y aisladores. CDV indica que el promedio de inversión con los disipadores viscosos varía de 1% y 3% respecto al costo del proyecto.

❖ **Aplicaciones de disipadores fluido viscoso en edificaciones del Perú**

En el mundo muchas edificaciones están siendo construidos o reforzadas y el Perú no es ajeno, por ejemplo, el edificio centro comercial - El Quinde de Ica, el edificio del Banco de la Nación de 32 pisos situado en Lima, Av. Javier Prado , el edificio Tower de 24 pisos ubicado en Lima - Av. Javier Prado, el aeropuerto Jorge Chávez de 7 pisos, la edificación Gerpal de 14 pisos situado en Lima - AV. Benavides, el edificio de la sede Sunat de 21 pisos ubicado en Lima - Av. Arenales Crd 3, el Centro Empresarial Plaza de Negocios de 19 pisos ubicado en Lima Surco.

❖ **Ecuación general**

$$F = c \times v^\alpha \quad \dots\dots\dots \text{Ec-36}$$

Donde:

F –Fuerza del disipador lb.

V –Velocidad relativa del amortiguador, pulg/s.

α –Exponente de velocidad (0.3 - 1.0). depende de la cabeza del pistón (forma).

c –Constante de amortiguamiento (lb x s / pulg) se calcula con la ecuación 37.

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-37}$$

Despejando la ecuación 37 queda:

$$\Sigma C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\Sigma_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\Sigma \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-38}$$

Donde:

B_H –Amortiguamiento viscoso objetivo de la estructura.

C_j –Coeficiente de amortiguamiento del disipador j.

m_i –Masa del nivel i (tonf-s²/m).

θ_j –Ángulo de inclinación del disipador j (rad).

ϕ_i –Desplazamiento modal en el nivel i, (primer modo de vibración).

$\phi_{rj}^{1+\alpha}$ –Desplazamiento modal relativo para el nivel i, del primer modo de vibración.

A –Amplitud del desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal relativo desde el techo hasta la base).

ω –Frecuencia angular $w = 2\pi f$ (rad/s).

λ –Parámetro lambda.

Blanda se consigue de la tabla 3 (cuadro C9-4 del FEMA 274 /octubre 1997).

Tabla 3. Relación del exponente α con el parámetro λ según Fema 274.

A	λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0
1.50	2.9
1.75	2.8
2.00	2.7

El valor θ_j y ϕ_{rj} se ejemplifica en la figura 18.

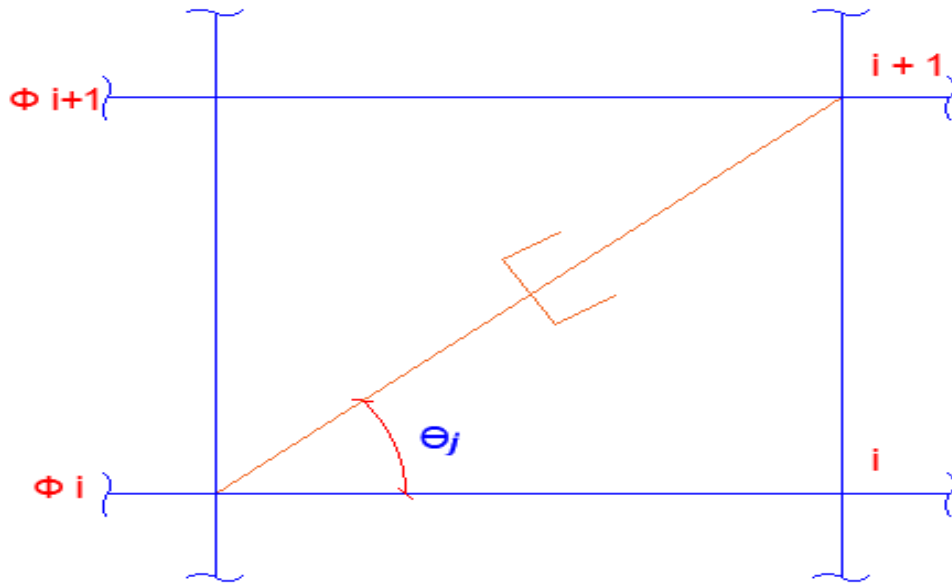


Figura 18. Angulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador.

2.2.17. El procedimiento del análisis con disipadores

❖ Se determina el factor de reducción de respuesta **B**

$$B = \frac{D_{\text{máx}}}{D_{\text{objetivo}}} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-39}$$

Donde:

D_{max} –Distorsión máxima que se obtiene de un análisis tiempo- historia.

D_{objetivo} –Distorsión objetivo ya sea según la E.030 o la distorsión el cual desearías alcanzar según el HAZUS 1999.

Se han comprobado que la distorsión de entresijos y el daño estructural son directamente proporcionales. El documento del FEMA (Agencia Federal Para Manejo de Emergencia) a través del HAZUS (Multihazard Loss Estimation Methodology) relaciona el daño y deriva. Cabe señalar que los disipadores son dispositivos que se orientaron para el reforzamiento de estructuras existentes, en esa perspectiva el FEMA 356 da ciertas consideraciones respecto a los niveles de

amortiguamiento que una estructura requeriría para ser reforzada, sin embargo, en la actualidad los disipadores también son considerados a nivel de proyecto.

Los estados de daños se definen en la sección 5.3 del mismo HAZUS, para cada tipo de edificio mediante uno de las cinco condiciones de daños, ninguno, leve, moderado, grave y completo, definiéndolo de la siguiente manera.

Los **leves daños estructurales** se presentan cuando la estructura presenta grietas capilares de tipo flexión o corte en algunas vigas y columnas cerca de las juntas o dentro de ellas. **Moderado daño estructural** se da cuando las grietas capilares se muestran en gran parte de las columnas y las vigas. Para las estructuras dúctiles, se da cuando ciertos elementos de la estructura lleguen a la capacidad de fluencia, lo que se refleja en grietas de flexión más grandes y en algunos desprendimientos de hormigón. Las estructuras no dúctiles pueden presentar grietas de corte más grandes y desprendimientos. **Graves daños estructurales** existen cuando ciertos elementos de la estructura alcanzaron su resistencia, por ende, las estructuras presentan grandes grietas de flexión, desprendimiento del hormigón y abombamiento de la armadura principal; los elementos de las estructuras no dúctiles pueden haber sufrido fallos de cizallamiento o fallos de unión en los empalmes de la armadura o rotura de tirantes o abombamiento de la armadura principal en los pilares, lo que puede dar lugar a un colapso parcial. **Completo daño estructural** es catalogado cuando la estructura está colapsada o en peligro inminente de colapso o pérdida de estabilidad de la estructura.

Mediante la tabla 4 se puede identificar el tipo de estructura y mediante la tabla 5 se relaciona el estado de los daños frente a las derivas.

**Tabla 4. Clasificación de la estructura según su altura.
(HAZUS, tabla 5.1).**

Nº.	TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	ALTURA			
			RANGO		TÍPICO	
			ALTURA	NIVELES	NIVELES	PIES
1	W1	Madera, marco ligero (<= 5,000 sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2	Madera, comercial e industrial (> 5,000 sq. ft.).		All	2	24
3	S1L	Pórticos de acero	Bajo	1 - 3	2	24
4	S1M		Medio	4 - 7	5	60
5	S1H		Alto	8+	13	156
6	S2L	Pórticos reforzados acero	Bajo	1 - 3	2	24
7	S2M		Medio	4 - 7	5	60
8	S2H		Alto	8+	13	156
9	S3	Pórtico ligero de acero		All	1	15
10	S4L	Estructura de acero con muros de corte de hormigón vaciado in situ	Bajo	1 - 3	2	24
11	S4M		Medio	4 - 7	5	60
12	S4H		Alto	8+	13	156
13	S5L	Estructura de acero con paredes de relleno de mampostería no reforzada	Bajo	1 - 3	2	24
14	S5M		Medio	4 - 7	5	60
15	S5H		Alto	8+	13	156
16	C1L	Pórticos de concreto	Bajo	1 - 3	2	20
17	C1M		Medio	4 - 7	5	50
18	C1H		Alto	8+	12	120
19	C2L	Placas de concreto	Bajo	1 - 3	2	20
20	C2M		Medio	4 - 7	5	50
21	C2H		Alto	8+	12	120
22	C3L	Estructura de concreto con paredes de mampostería no reforzada	Bajo	1 - 3	2	20
23	C3M		Medio	4 - 7	5	50
24	C3H		Alto	8+	12	120
25	PC1	Muros de concretos prefabricados		All	1	15
26	PC2L	Pórticos con muros prefabricados	Bajo	1 - 3	2	20
27	PC2M		Medio	4 - 7	5	50
28	PC2H		Alto	8+	12	120
29	RM1L	Muros de mampostería con cubierta de madera o metal	Bajo	1-3	2	20
30	RM1M		Medio	4+	5	50
31	RM2L	Muros de mampostería con diafragma de concreto prefabricado	Bajo	1 - 3	2	20
32	RM2M		Medio	4 - 7	5	50
33	RM2H		Alto	8+	12	120
34	URML	Muros de mampostería no reforzada	Bajo	1 - 2	1	15
35	URMM		Medio	3+	3	35
36	MH	Casas móviles		All	1	10

**Tabla 5. Relación Daño-Deriva.
(HAZUS, tabla 5.9b).**

Propiedades del edificio	Deriva de entrepiso y el estado de daño						Desplazamiento spectral (pulg)								
	Tipo	altura (pulg)						Leve		Moderado		Extenso		Completo	
		Roof	Modal	Leve	Moderado	Extenso	Completo	mediano	Bajo	mediano	Completo	Mediano	Beta	Mediano	Beta
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.50	0.84	1.25	0.86	3.86	0.89	9.45	1.04	
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750	0.86	0.89	2.14	0.95	6.62	0.95	16.20	0.92	
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600	1.30	0.80	2.24	0.75	5.08	0.74	12.96	0.88	
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400	2.16	0.65	3.74	0.68	8.46	0.69	21.60	0.87	
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300	3.37	0.64	5.83	0.64	13.21	0.71	33.70	0.83	
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600	1.08	0.93	1.87	0.92	5.04	0.93	12.96	0.93	
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400	1.80	0.70	3.12	0.69	8.40	0.69	21.60	0.89	
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300	2.81	0.66	4.87	0.64	13.10	0.69	33.70	0.80	
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525	0.54	0.88	0.94	0.92	2.52	0.97	7.09	0.89	
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.86	0.96	1.50	1.00	4.04	1.03	11.34	0.92	
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.44	0.75	2.50	0.72	6.73	0.72	18.90	0.94	
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262	2.25	0.66	3.90	0.67	10.50	0.70	29.48	0.90	
S5L															
S5M															
S5H															
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600	0.90	0.89	1.56	0.90	4.20	0.90	10.80	0.89	
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400	1.50	0.70	2.60	0.70	7.00	0.70	18.00	0.89	
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300	2.16	0.66	3.74	0.66	10.08	0.76	25.92	0.91	
C2L	240	180	0.0040	0.0084	0.0232	0.0600	0.72	0.91	1.52	0.97	4.17	1.03	10.80	0.87	
C2M	600	450	0.0027	0.0056	0.0154	0.0400	1.20	0.81	2.53	0.77	6.95	0.73	18.00	0.91	
C2H	1440	864	0.0020	0.0042	0.0116	0.0300	1.73	0.66	3.64	0.68	10.00	0.70	25.92	0.87	
C3L															
C3M															
C3H															
PC1	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525	0.54	0.89	0.94	0.92	2.52	0.97	7.09	1.04	
PC2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.72	0.96	1.25	1.00	3.37	1.03	9.45	0.88	
PC2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.20	0.82	2.08	0.79	5.61	0.75	15.75	0.93	
PC2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263	1.73	0.68	3.00	0.69	8.08	0.77	22.68	0.89	
RM1L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.72	0.96	1.25	0.99	3.37	1.05	9.45	0.94	
RM1M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.20	0.81	2.08	0.82	5.61	0.80	15.75	0.89	
RM2L	240	180	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525	0.72	0.91	1.25	0.96	3.37	1.02	9.45	0.93	
RM2M	600	450	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350	1.20	0.81	2.08	0.80	5.61	0.75	15.75	0.88	
RM2H	1440	864	0.0020	0.0035	0.0094	0.0263	1.73	0.67	3.00	0.69	8.08	0.70	22.68	0.86	
URML															
URMM															
MH	120	120	0.0040	0.0080	0.0240	0.0700	0.48	0.91	0.96	1.00	2.88	1.03	8.40	0.92	

❖ Se calcula el amortiguamiento efectivo β_{eff} .

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})} \dots\dots\dots Ec-40$$

La amortiguación inherente que tiene una estructura conformada por hormigón (β_0), comunes 5%, no obstante, ese valor es discutible.

❖ Se descuenta la amortiguación inherente.

$$\beta_H = \beta_{eff} - 5\% \dots\dots\dots Ec-41$$

❖ **Ubicación y número de DFV en la estructura**

Estudios de distintas investigaciones comprobaron que la ubicación y el número de DFV en una edificación logra funcionar más eficiente si estarían ubicados de una manera correcta. Es ahí de donde viene la importancia que los dispositivos sean ubicados en los puntos estratégicos, por ejemplo, mientras más alejados se encuentren los dispositivos del centro de masa implicaría un uso más eficiente del dispositivo, se sugiere que los dispositivos sean ubicados en los puntos donde se experimenta mayor velocidad y donde se presenten mayores desplazamientos relativos. Por otra parte, el ASCE 7-10 indica que para cada dirección de análisis mínimamente tienen que instalarse dos dispositivos por cada nivel, considerando que no genere torsiones.

❖ **Disposiciones de DFV para una estructura**

El ángulo de inclinación de los dispositivos determina que tan eficiente resulta frente a una estructura, ya que cuanto más horizontal se encuentre más eficiente es el dispositivo, vale decir que la eficiencia es inversamente proporcional al ángulo de inclinación, ya que la eficiencia viene a ser el coseno del ángulo de inclinación en radianes, por ejemplo, los dispositivos Chevron que se observa en la figura 19, tienen una eficiencia de 100%, ya que son instalados de forma horizontal absorbiendo directamente las fuerzas sísmicas, por otro lado, las disposiciones de forma diagonal tienen una menor eficiencia, puesto que, son instalados en las uniones viga columna de manera diagonal, tal como se muestra la figura 20. No obstante, también existe otras disposiciones particulares y otros que están a nivel de investigaciones.

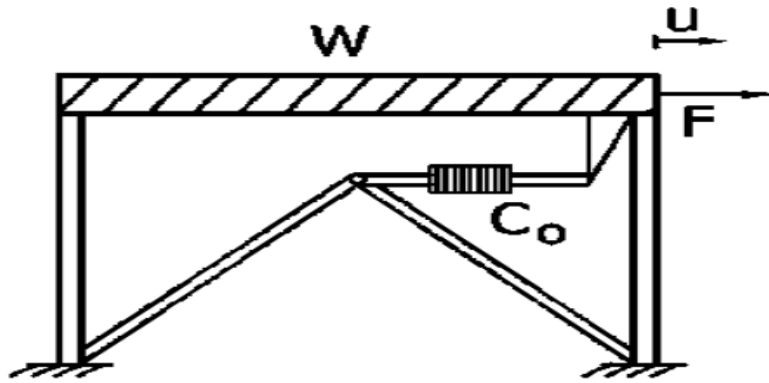


Figura 19. Disposiciones Tipo Chevron.
(SIGAHER & CONSTANTINOU, 2003)

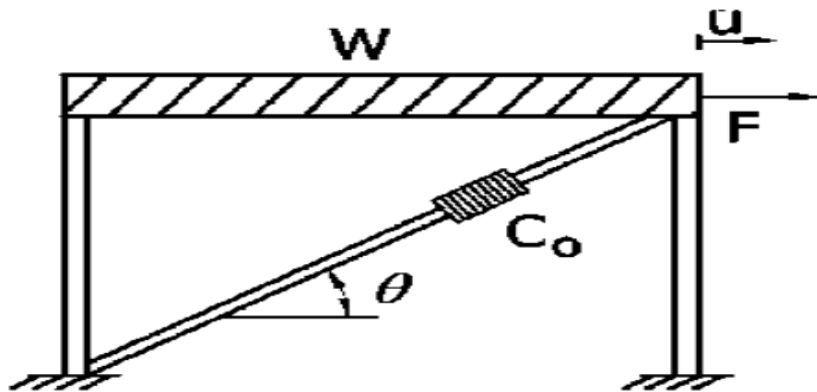


Figura 20. Disposiciones Tipo Diagonal
(SIGAHER & CONSTANTINOU, 2003)

❖ **Rigidez para el brazo metálico (K)**

La ecuación 42 permite obtener la capacidad de no deformarse de un elemento, bajo cargas axiales se utiliza tal ecuación en vista que los brazos no se diseñan para soportar momentos, los brazos metálicos principalmente sirven para transmitir la energía de los nudos a los dispositivos. Normalmente los materiales que se emplean son tubos estructurales de acero, los cuales son comerciales en nuestro medio.

$$K = \frac{EA}{L} \quad \dots\dots\dots \text{Ec-42}$$

Donde:

K –Rigidez del brazo Ksi (tnf/m²).

El diagrama fuerza deformación del DFV de la figura 22, muestra que desplazamiento máximo corresponde a fuerza mínima, es decir la fuerza en el DFV es minúsculo. La energía disipada representa el área dentro del ciclo histerético.

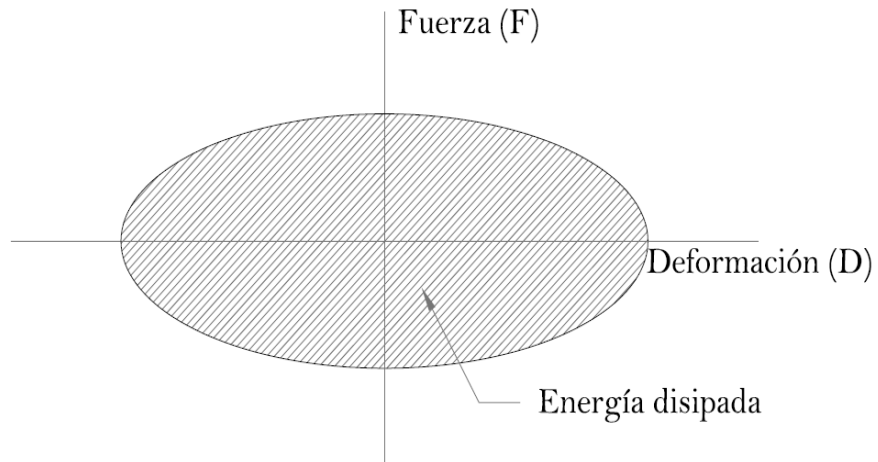


Figura 22. Diagrama de fuerza deformación del DFV.
(Franco, 2015)

En la figura 23 se muestra que los lasos histeréticos se ven influenciados por el parámetro exponente de velocidad α ; los más empleados para edificios y puentes están en el rango de 0.4 a 0.5. Así mismo, un disipador no lineal con $\alpha < 1$ requiere poca velocidad inicial para que pueda experimentar el amortiguamiento.

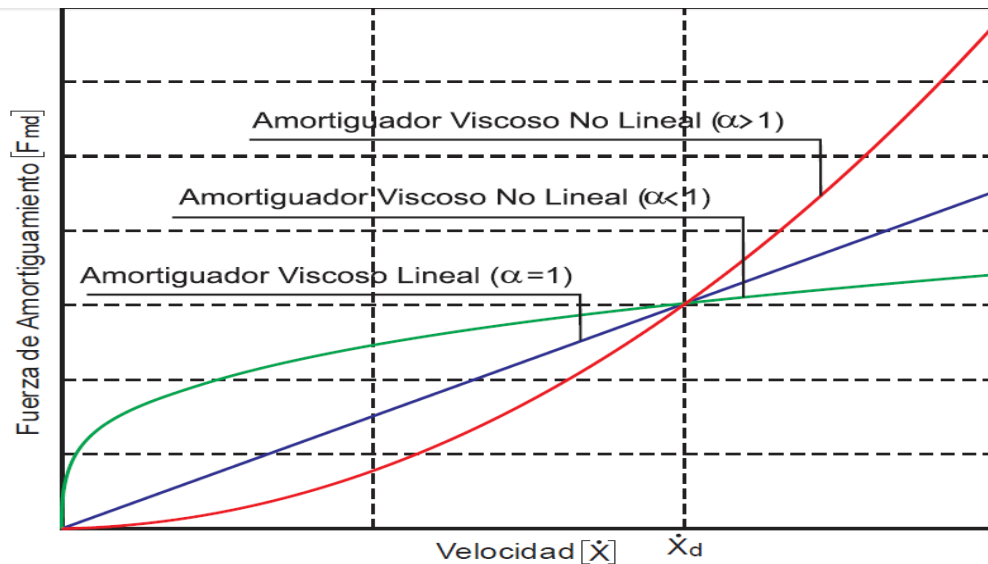


Figura 23. Velocidad x fuerza de amortiguamiento.
(VILLAREAL & LA ROSA, 2016).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Formulación de hipótesis general y específica

(ARIAS, 2006) refiere que los actos de encontrar probables respuestas para un problema, ya sea mediante suposiciones y/o sospechas, viene a ser la hipótesis.

3.1.1. Hipótesis general

H₀: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura no influye en el comportamiento sísmico simplemente incrementando las propiedades dinámicas del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021.

H₁: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura influye en el comportamiento sísmico simplemente incrementando las propiedades dinámicas del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021.

3.1.2. Hipótesis específica

Hipótesis específica 01:

H₀. La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, no influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.

H₁: La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.

Hipótesis específica 02:

H₀: La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, no influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.

H₁: La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.

Hipótesis específica 03:

H₀: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura, no influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso.

H₁: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura, influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso.

3.2. Variables y definición operacional

La investigación presente toma dos variables, independiente (V.I) y dependiente (V.D.) cuyos detalles se dan a continuación.

3.3.1. Variable Independiente

Tabla 6. Variable independiente.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
Modelo de interacción suelo estructura: Según (MEJIA, 2017, pág. 25) “La interacción dinámica suelo estructura consiste en un conjunto de efectos cinemáticos e inerciales producidos en la estructura y el suelo como resultado de la deformabilidad de este ante excitación sísmica” (p.25).	Para determinar los coeficientes de rigidez de suelo de fundación se utilizaron los modelos D.D. Barkan – O.A. Savinov, Norma Rusa 2.02.05-87, A.E. Sargsian y de N.G. Shariya. Para el modelo convencional se consideró la base empotrada y para el modelo de interacción suelo estructura se tendrá en consideración los coeficientes de rigidez de suelo previamente determinados.	a) K_z : coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme.	a) $K_z = \text{KN/m}$.
		b) K_x, K_y : coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme.	b) $K_x, K_y = \text{KN/m}$.
		c) $K(\phi_x), K(\phi_y)$ coeficientes de rigidez de compresión elástica no uniforme.	c) $K\phi_x, K\phi_y = \text{N.m}$.
		d) $K_{\psi z}$ coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme.	d) $K_{\psi z} = \text{KN.m}$.
		e) Masas de la cimentación.	e) Tonelada (Tnf).
		f) Capacidad admisible de terreno.	f) Tonelada sobre centímetro cuadrado (Tnf/cm ²).
		g) Coeficiente de Balasto del suelo.	g) Tonelada sobre metro cúbico tnf/m ³ .

El modelo de interacción suelo estructura es la variable independiente, ya que al prototipo de una edificación con las bases empotradas el cual es un modelo convencional se asigna una base flexible, es decir, se asignó la rigidez del suelo determinado a partir de los modelos de Barkan –Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya. Finalmente se obtuvo los resultados.

3.3.2. Variable dependiente

El comportamiento sísmico viene a ser variable dependiente, puesto que la variable dependería del modelo ISE; es decir que se podría presentar modificaciones que serían exclusivamente a los cambios de la variable independiente.

Tabla 7. Variable dependiente.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
Comportamiento sísmico: según (VILLAREAL, 2013) “La Ingeniería Sismo-Resistente, es parte de la dinámica estructural, que estudia el comportamiento de las edificaciones ante la acción sísmica e investiga los métodos de cálculo estructural, que garantizan su buen comportamiento y seguridad estructural ante los sismos” (p.28).	Para determinar el comportamiento sísmico del prototipo, se utilizó equipos de laboratorio de suelos, programas como SeismoSignal para la corrección del registro sísmico, SeismoMatch para el escalamiento del registro sísmico, para el análisis estructural se utilizó el programa SAFE y ETABS.	a) Fuerza cortante.	a) Tonelada (Tnf).
		b) Momento flector.	b) Tonelada metro (Tnf.m).
		c) Fuerza axial.	c) Tonelada (Tnf).
		d) Desplazamiento lateral.	d) Centímetros (cm).
		e) Derivas.	e) Adimensional.
		f) Reacciones de los entrepisos.	f) Tonelada (Tnf), tonelada metro (Tnf.m).
		g) Cortante basal.	g) Tonelada (Tnf).

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Método de investigación

El método viene a ser **científico**, en vista que la presente investigación se comprobó y se obtuvo metodológicamente. (TAMAYO, 2003) señala que el método científico es la herramienta que permite revelar las situaciones como se muestran los acontecimientos, dichos descubrimientos tienen que ser comprobados bajo criterio lógico e información empírica.

4.2. Tipo de investigación

4.2.1. Según el nivel

Es **explicativa** ya que se demostró variaciones dentro de la variable dependiente (comportamiento sísmico) causado por una manipulación intencionada de la variable independiente (interacción suelo estructura).

Para (ARIAS, 2006) es de nivel explicativo, ya que tiene un objetivo demostrar que las variaciones de la variable dependiente sea consecuencia de la alteración de la variable independiente. Según (HERNANDEZ, FERNANDEZ, & BAPTISTA, 2010) plantea que los estudios explicativos dan respuesta a las interrogantes, ¿Qué efectos tiene? ¿A qué se debe estos efectos? ¿Qué variable mediatizan los efectos y de qué modo?

4.2.2. Según el diseño

Es **experimental** dado que la variable independiente (interacción suelo estructura) fue manipulada intencionalmente en el modelo del edificio de concreto armado bajo dos condiciones, *con* ISE y *sin* ISE y finalmente se obtuvo los efectos

de la ISE en el comportamiento sísmico del prototipo. (ARIAS, 2006) afirma que la investigación experimental viene a ser el desarrollo de poner en prueba una muestra bajo distintas circunstancias, provocaciones o tratamiento (causantes) de la VI, posteriormente se espera el efecto o reacciones (consecuencia) de la VD.

4.2.3. Según el propósito

La investigación es **aplicada** ya que se determinó los efectos de la ISE en el comportamiento sísmico de un edificio provistas de DFV. Conjuntamente con tales resultados proponemos y recomendamos para mejorar los modelos estructurales.

(TAMAYO, 2003) refiere que hay una vinculación de la investigación aplicada a la pura, ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Se sabe que la población viene a ser un grupo objeto o individuos que tiene cierta características en común, asimismo, Según (HERNANDEZ, et al, 2010) una población debe cumplir tres condiciones, compartir características de contenido, del espacio y del tiempo. En ese sentido, la población de estudio viene ser un proyecto de edificio de concreto armado con DFV; tal proyecto se ubicaría en el distrito de Villa El Salvador – Lima, 2021.

4.3.2. Muestra

De acuerdo con (BERNAL, 2010) la muestra representa una parte de la población y a partir de ello tomar las informaciones necesarias para luego extraer resultados. En tal sentido, para nuestro caso el fragmento que representa a la

población (muestra), viene a ser los elementos estructurales del edificio (columnas, vigas, losa aligerada y muros de concreto).

4.3.2.1. Muestreo

En la metodología de investigación existe dos maneras de seleccionar la muestra, el probabilístico (se realiza cálculo de probabilidades) y el no probabilístico (se desconoce la probabilidad de elegir a la muestra). Para nuestro caso la técnica que se realizó es el no probabilístico intencional ya que la muestra fue elegida de forma directa e intencionalmente con base a nuestro criterio.

4.4. Técnicas e instrumentos

Nuestra técnica para la obtención de información fue mediante la observación. (ARIAS, 2006) afirma que la visualización que tenga el objetivo de obtener información con perspectiva de investigación ya sea de una situación, hecho o fenómeno; se denomina la técnica de observación.

Tabla 8. Técnica e instrumento de recolección de datos.

Técnica: observación	Instrumentos
Revisión bibliográfica; como los procedimientos analíticos de la estructura, resultados y conclusiones.	Artículos de investigación, libros, tesis y normas.
Obtención de datos de campo, que corresponde al estudio de suelo.	Equipos de laboratorio de suelos.
Los resultados e interpretación de resultados del análisis de la estructura.	Software de hojas de cálculo Excel, los programas tecnológicos SeismoSignal, SeismoMatch, SAFE, ETABS y Excel.

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Ubicación y características de la zona

La ubicación del proyecto pertenece al distrito de Villa El Salvador – Lima, según el mapa de zonificación para tipos de suelo de la figura 1, elaborado por el CISMID refiere que Villa el Salvador pertenece al sector III, el cual está conformado por estratos de arenas eólicas con grandes espesores bajo un estado suelto, que corresponde a un suelo Tipo - S3 con un coeficiente de amplificación sísmica $S = 1.1$. Luego de realizar el estudio de suelo del lugar, verificamos que el suelo alcanza una capacidad portante (resistencia última) de $q_{ult} = 5.01 \text{ kgf/cm}^2$ para un área de $8.16\text{m} \times 16\text{m}$ y un desplante de 1.7 m ; de ahí que el comportamiento del terreno es malo.

Zonificación sísmica y características geotécnicas del lugar:

- ✓ Factor zona $4 = 0.45 \text{ g}$
- ✓ Perfil de suelo $S3 = 1.1$
- ✓ Periodo corto $T_p (S) = 1.00$
- ✓ Periodo largo $T_l (S) = 1.60$
- ✓ Razón de Poisson $= 0.25$

5.2. Características de la estructura

La estructura que se observa en la figura 24 tiene un sistema estructural tipo dual, formados por muros de concreto, columnas y vigas, el uso de la edificación es multifamiliar donde el primer piso es oficinas de estudios; en el segundo piso cuenta con 03 dormitorios, 02 servicios higiénicos, 01 cocina, 01 sala y 01 escalera; en el tercer y cuarto nivel, tiene dos departamentos por nivel, cada nivel cuenta con 02 dormitorios, 02 servicios higiénicos, 02 cocinas, 02 salas y 01 escalera; el último nivel es simplemente terraza. En ese contexto

la categoría de la edificación es de Tipo C con un factor de uso 1; las cargas que se utilizaron son:

Carga muerta (CM):

- ✓ Peso de losa aligerada = $300\text{kgf/m}^2 = 0.300\text{ Tnf/m}^2$
- ✓ Piso terminado = $100\text{kgf/m}^2 = 0.100\text{ Tnf/m}^2$
- ✓ Peso específico de la albañilería de arcilla hueca = $1350\text{ kgf/m}^3 = 1.35\text{ Tnf/m}^3$
- ✓ Peso de tabiquería que cruzan las losas = 150 kgf/m^2

Carga viva (CV):

- ✓ Sobrecargas para vivienda = $200\text{kgf/m}^2 = 0.200\text{ Tnf/m}^2$
- ✓ Corredores y escalera = $200\text{kgf/m}^2 = 0.200\text{ Tnf/m}^2$
- ✓ Terraza = $200\text{kgf/m}^2 = 0.200\text{ Tnf/m}^2$

Peso específico de los materiales:

- ❖ Concreto = 210 kgf/cm^2
 - ✓ $F_c = 210\text{kgf/cm}^2 = 2100\text{ Tnf/m}^2$
 - ✓ $E_c = 15000 (210\text{ kgf/cm}^2)^{0.5} = 217370.651\text{kgf/cm}^2 = 2173706.51\text{ Tnf/m}^2$
 - ✓ Poisson concreto = 0.20
 - ✓ Peso específico = 2.4028 Tnf/m^3
- ❖ Acero (Steel) = ASTM 615 G 60
 - ✓ $F_y = 4200\text{kgf/cm}^2 = 42000\text{tnf/m}^2$
 - ✓ $F_u = 4200\text{kgf/cm}^2 = 42000\text{tnf/m}^2$
 - ✓ $E_a = 2 \times 10^6\text{ kgf/cm}^2 = 2 \times 10^7\text{ Tnf/m}^2$
 - ✓ Peso específico = 7.85 Tnf/m^3
 - ✓ Poisson acero = 0.30

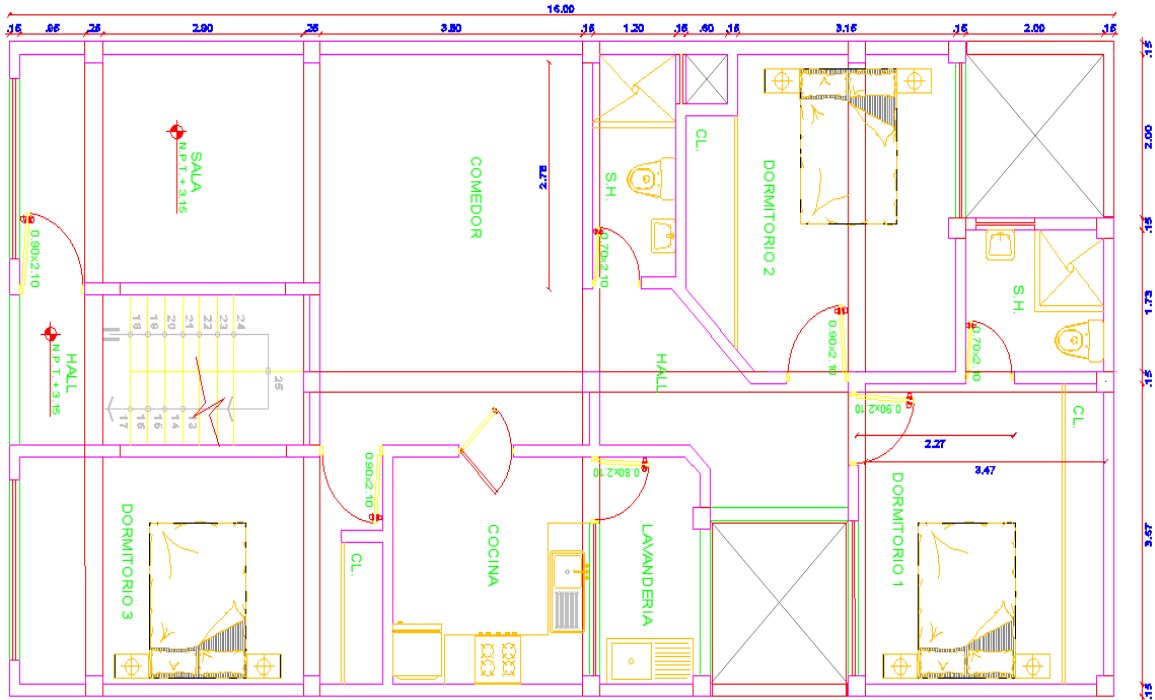


Figura 24. Plano arquitectónico planta del segundo nivel.

5.3. Análisis preliminar

Muchos investigadores como el Dr. Vitelmo Victorio Bertero, Meli Piralla y el Mg. Carlos Córdova, recalcan que la estructuración es el proceso más trascendental de un diseño sísmico convencional. En ese sentido se buscó la simetría, el peso mínimo principalmente en los últimos niveles, materiales adecuados, continuidad estructural, ductilidad y redundancia estructural. Asimismo, se continuó con el pre dimensionamiento; seguidamente con el metrado de cargas que fueron asignados directamente al modelo. El prototipo analizado preliminar cumple con la deriva máxima que exige la norma E.030; las secciones de los elementos se muestra en la figura 25; las vigas tanto en el sentido XX como en el sentido YY son de 30cm x 35cm para todos los niveles, las columnas de color rojo son de 35cm x 50cm, las columnas de color azul son de 35cm x 35cm, las columnas de color gris son de 40cm x 40cm, las columnas de color verde son de 35cm x 40cm; respecto a la losa aligerada es de 20cm de espesor orientado en el sentido XX, los muros

de concreto armado asignados son de 20cm de espesor para la dirección YY y las alas son de 30cm.

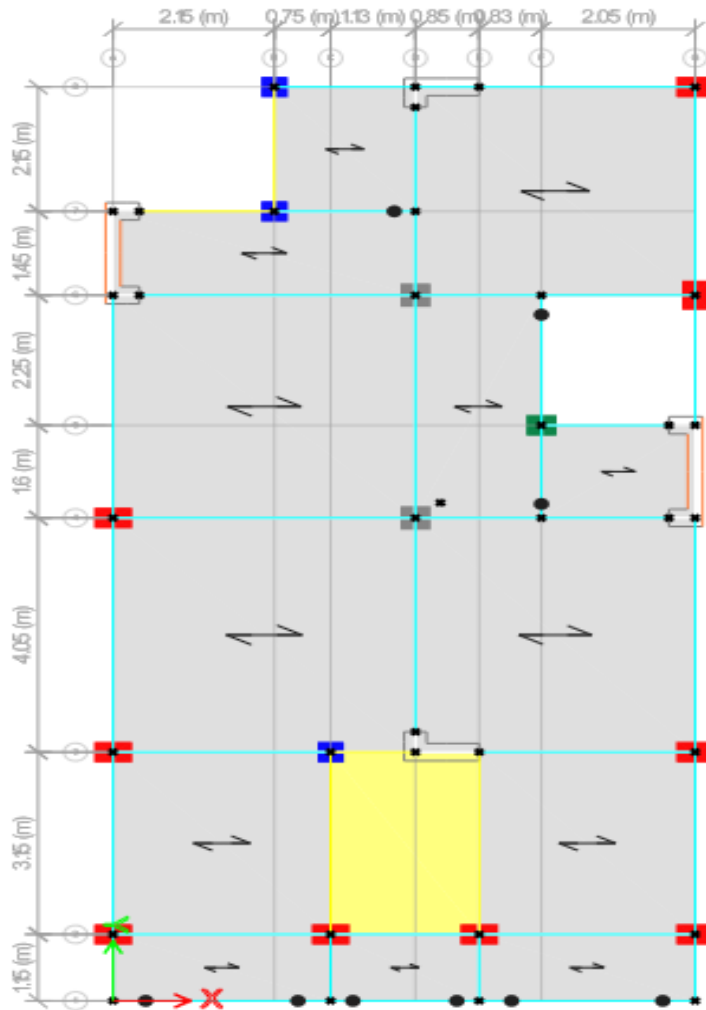


Figura 25. Modelamiento preliminar

5.4. Cálculo de irregularidades

❖ Irregularidad en altura de rigidez – piso blando:

Tabla 9. Comprobación de irregularidad rigidez- piso blando en el sentido XX.

Sismo	Rigidez XX	70% Rigidez en XX	Piso blando si rigidez XX < 70% de la rigidez XX del entrepiso inmediato superior	
	Tnf/m	Tnf /m		
Nivel 4	SDXX	16213.54	11349.48	Observación “no”
Nivel 3	SDXX	22368.75	15658.13	Observación “no”
Nivel 2	SDXX	23019.89	16113.93	Observación “no”
Nivel 1	SDXX	26381.60		

Tabla 10. Comprobación de irregularidad rigidez- piso blando en el sentido YY.

Nivel	Sismo	Rigidez YY	70% Rigidez YY	Piso blando si rigidez YY < 70% de la rigidez YY del entrepiso inmediato superior
		Tnf /m	Tnf /m	
Nivel 4	SDYY	13452.34	9416.64	Observación “no”
Nivel 3	SDYY	21774.49	15242.14	Observación “no”
Nivel 2	SDYY	27675.15	19372.61	Observación “no”
Nivel 1	SDYY	35797.81		

En ambos sentidos no califica como irregularidad de rigidez; asimismo de extrema rigidez, puesto que, la rigidez de un nivel es comparado con el 60% de la rigidez del piso inmediato superior o el 70% del promedio de los tres niveles superiores.

❖ Irregularidad en altura resistencia – piso débil.

Tabla 11. Comprobación de irregularidad de resistencia- piso débil en el sentido XX.

Nivel	Sismo	Fuerza cortante (V _{XX})	80% de V _{XX}	Piso debil si V _{XX} < 80% V _{XX} del entrepiso inmediato superior
		Tnf	Tnf	
Nivel 4	SDXX	23.76	19.01	Observación “no”
Nivel 3	SDXX	47.13	37.70	Observación “no”
Nivel 2	SDXX	64.14	51.32	Observación “no”
Nivel 1	SDXX	73.87		

Tabla 12. Comprobación de irregularidad de resistencia- piso débil en el sentido YY.

Nivel	Sismo	Fuerza cortante (V _{YY})	80% de V _{YY}	Piso debil si V _{YY} < 80% V _{YY} del entrepiso inmediato superior
		Tnf	Tnf	
Nivel 4	SDYY	25.11	20.09	Observación “no”
Nivel 3	SDYY	47.34	37.87	Observación “no”
Nivel 2	SDYY	62.37	49.90	Observación “no”
Nivel 1	SDYY	70.90		

Se verifica que en ambos sentidos no califica como irregularidad por resistencia - piso débil; asimismo no presenta irregularidad extrema ya que la fuerza cortante de un nivel es comparada con el 65% de la fuerza cortante del piso superior.

❖ Irregularidad de masa o peso.

Tabla 13. Comprobación de irregularidad de masa o peso.

N° nivel	Cm	Cv	25%cv	Psis=cm+ 25%cv	1.5 *(P _{SIS})	Irregularidad de peso si P _{SIS} > 1,5 (P _{SIS} . adyacente)
	Tnf	Tnf	Tnf	Tnf	Tnf	
Nivel 4	106.77	22.67	5.67	112.44	168.66	Observación “no”
Nivel 3	120.20	22.67	5.67	125.87	188.80	Observación “no”
Nivel 2	120.20	22.67	5.67	125.87	188.80	Observación “no”
Nivel 1	135.35	22.67	5.67	141.02	211.53	Observación “no”

❖ Irregularidad geométrica vertical.

La edificación no muestra esta irregularidad debido a que la longitud horizontal de un nivel no es superior al 30% de la longitud de un nivel fronterizo; es decir, geoméricamente la estructura es regular hasta el último nivel.

❖ Irregularidad de discontinuidad de los sistemas resistentes

La estructura no muestra este tipo de irregularidad, por el motivo que los elementos estructurales como columnas y placas nacen en la cimentación y continúan hasta el último nivel de forma alineada.

❖ Irregularidad torsional y extrema torsional.

Tabla 14. Comprobación de irregularidad torsional y extrema torsional en el sentido XX.

Nivel	Desplazamiento máximo relativo	Desplazamiento relativo promedio de los extremos	Irregularidad torsional si (max drift > 1.3*avg drift)		Irregularidad torsional extrema si (max drift > 1.5*avg drift)	
	Max drift	Avg drift	1.3*(avg drift)	Obser.	1.5*(avg drift)	Obsev.
Nivel 4	0.00339	0.00285	0.00371	no	0.00428	no
Nivel 3	0.00473	0.00410	0.00533	no	0.00615	no
Nivel 2	0.00607	0.00542	0.00704	no	0.00813	no
Nivel 1	0.00362	0.00350	0.00455	no	0.00525	no

Tabla 15. Comprobación de irregularidad torsional y extrema torsional en el sentido YY.

Nivel	Desplazamiento máximo relativo	Desplazamiento relativo promedio de los extremos	Irregularidad torsional (max drift >1.3*avg drift)		Irregularidad torsional extrema (max drift >1.5*avg drift)	
	Max drift	Avg drift	1.3*(avg drift)	Observ.	1.5*(avg drift)	Observ.
Nivel 4	0.00366	0.00363	0.00472	no	0.00544	no
Nivel 3	0.00429	0.00423	0.00550	no	0.00634	no
Nivel 2	0.00447	0.00438	0.00570	no	0.00657	no
Nivel 1	0.00256	0.00248	0.00322	no	0.00371	no

❖ Esquinas entrantes

Según la figura 26, la estructura no califica como irregularidad de esquinas entrantes ya que la longitud de 2.15m llega a superar el 20% de la longitud de 7.76 m, sin embargo, en el otro sentido la longitud 2.15m no llega a superar el 20% de la longitud de 14.65m, por lo tanto, no existe irregularidad en planta.

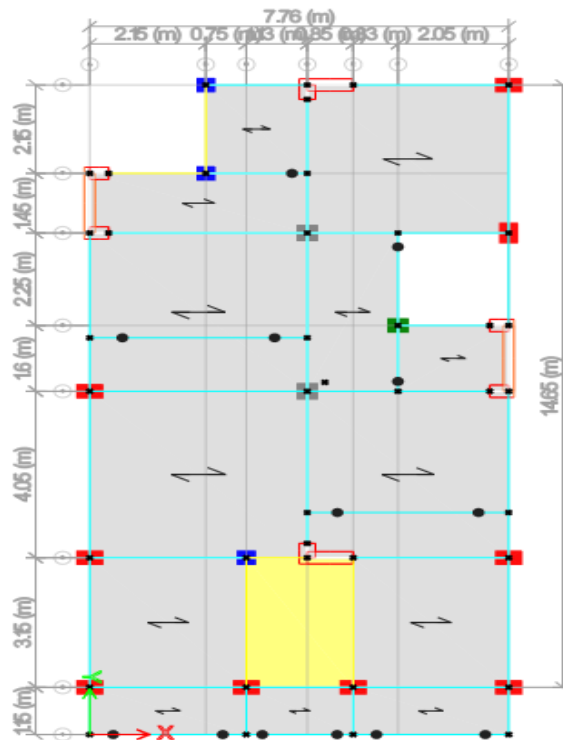


Figura 26. Modelo en planta del 1er nivel.

❖ Verificación de discontinuidad de los diafragmas

El modelo no muestra irregularidad de diafragma puesto que las aberturas en planta del área del diafragma no supera el 50% del diafragma.

❖ Sistemas no paralelos

La estructura no presenta dicha irregularidad a causa que los elementos estructurales son paralelos tanto en el sentido XX como en YY.

5.5. Análisis estructural con disipadores de energía

4.3.1. Análisis tiempo historia

❖ Registros sísmicos

Los registros sísmicos se incluyeron en el análisis con el objetivo para determinar las derivas máximas, lo cual se realizó de acuerdo a las recomendaciones del ASCE (sociedad estadounidense de ingenieros civiles) y la norma E.030. El resumen de los movimientos sísmicos del Perú se obtuvo del REDACIS (Red Acelerográfica del CISMID) en la tabla 16 se detalla el resumen.

Tabla 16. Datos del registro sísmico CISMID 2022.

Ubicación	Fecha	Componente	Aceleración máx. Cm/ S2	Intervalo (S)	N° puntos
Lima	17 de octubre del 1966	E-W	-180.56	0.02	3283
		NS	-268.24	0.02	3283
Chimbote	31 de mayo del 1970	E-W	-105.05	0.02	2255
		NS	-97.81	0.02	2255
Lima	3 de octubre del 1974	E-W	-194.21	0.02	4899
		NS	180.09	0.02	4899

❖ Corrección del registro sísmico de la línea base y ruidos

Este proceso de corrección es empleado para mover los componentes de las frecuencias no adecuadas para una señal sísmica, por ejemplo, los ruidos, movimientos muchas veces por el paso de vehículos pesados y/o livianos, que se superponen al registro sísmico con un cierto nivel.

Para la corrección primero se dividió el registro sísmico en dos componentes E-W y N-S de forma separada con ayuda de un Bloc de Notas, como se observa en la figura 27; esto se realizó con los tres registros sísmicos; posteriormente se cargó el registro sísmico para cada sentido por separado E-W y N-S en el programa SeismoSignal en la opción Open; después de aceptar en la opción OK se cargó el registro sísmico, seguidamente pasamos a realizar las correcciones figura 28.

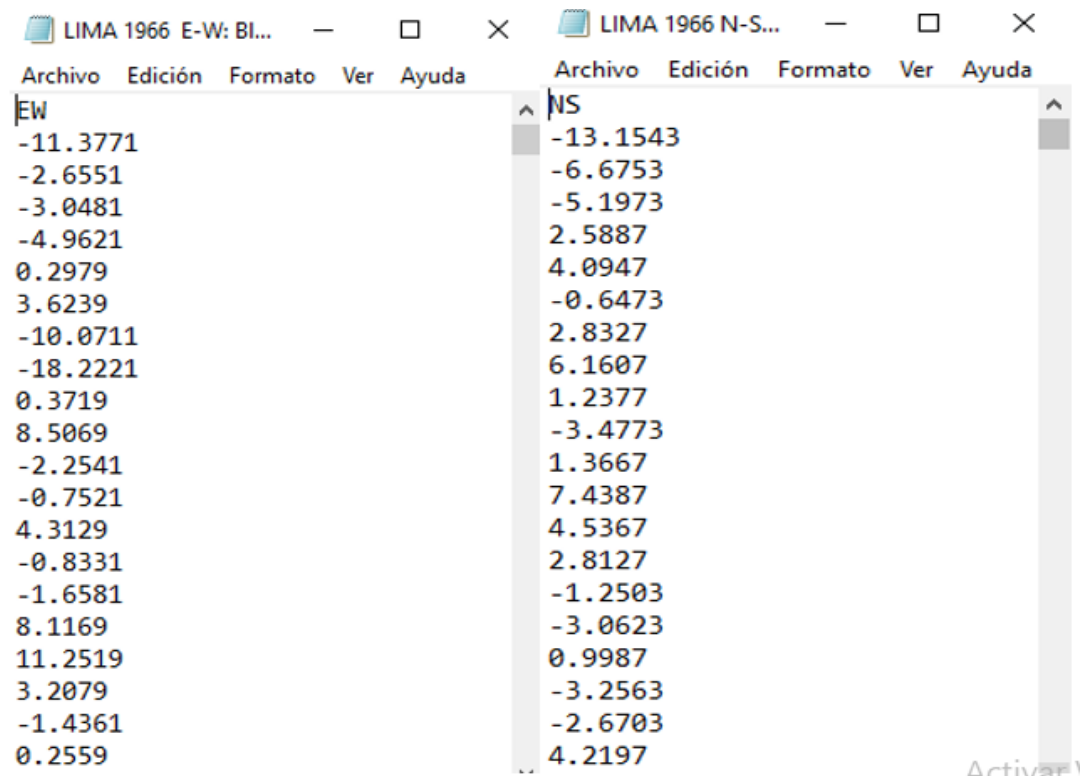


Figura 27. Registro sísmico Lima 1966, en las dos componentes E-W y N-S.

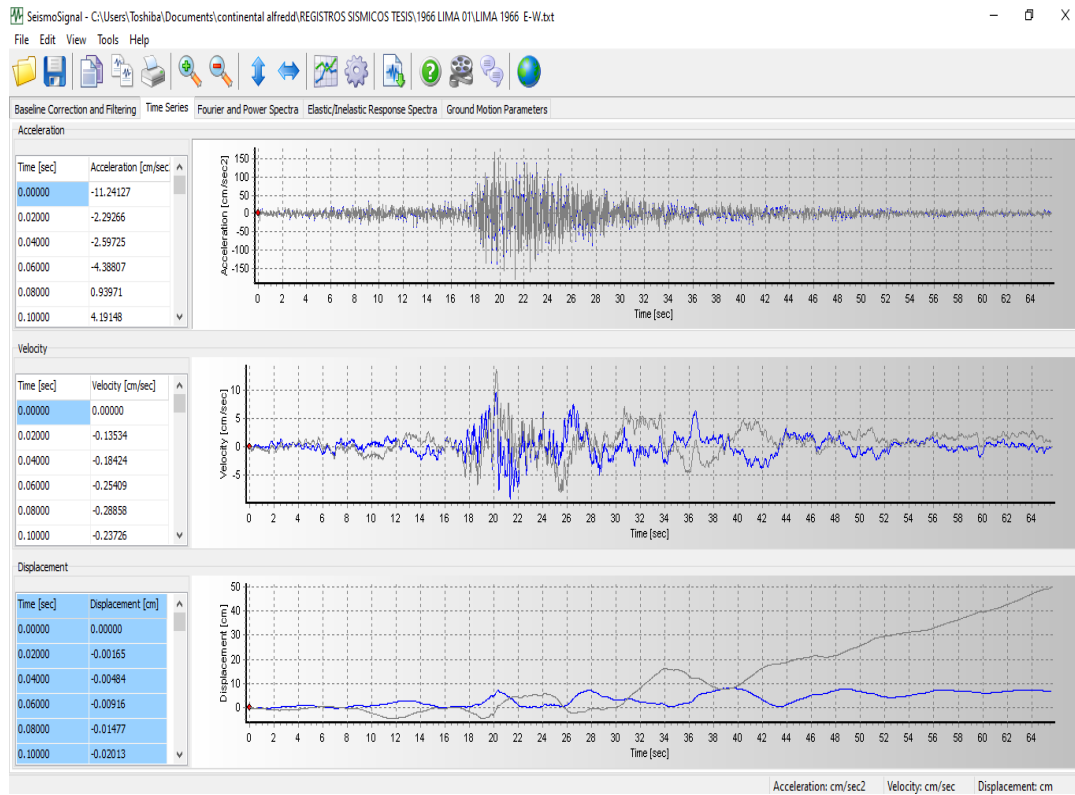


Figura 28. Registro sísmico LIMA E-W con las correcciones de línea base y ruidos.

La figura 28 demuestra que la tendencia de las frecuencias se acercó a la línea base, donde la línea gris representa el registro del CISMID y la línea azul representa el registro corregido; este procedimiento se realizó para tres registros sísmicos y para ambas direcciones (E-W, N-S). El registro corregido se tuvo que copiar en el Bloc de Notas para posteriormente ser escalados.

❖ Escalamiento de los registros sísmico corregido

La Norma E.030 refiere que ambas componentes del registro sísmico deben escalarse al espectro de diseño con $R=1$ es decir, la fuerza sísmica no tiene que ser reducido por el factor R , con tales consideraciones se realizó el espectro con $R=1$ el cual está representado por línea de color guindo (figura 29).

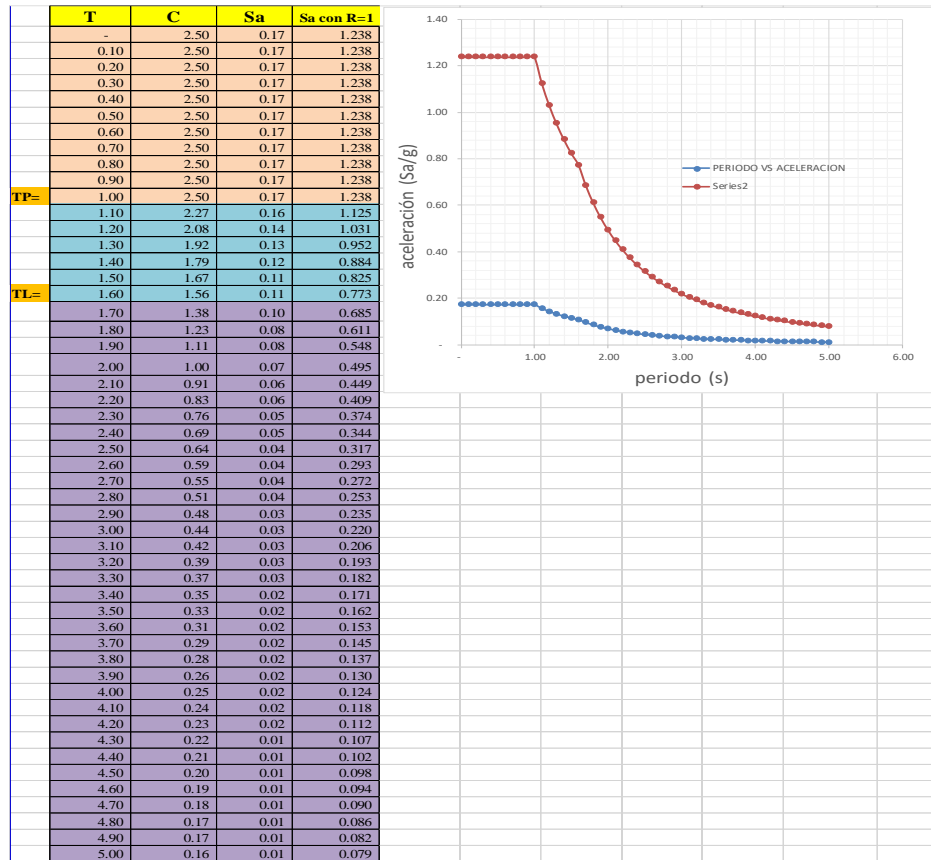


Figura 29. Espectro de diseño R=1.

Para proceder la escalación de los registros sísmicos se utilizó el software SeismoMatch; primero se ingresó los datos del Bloc de Notas del registro sísmico corregido a través de la opción Open Single (figura 30).

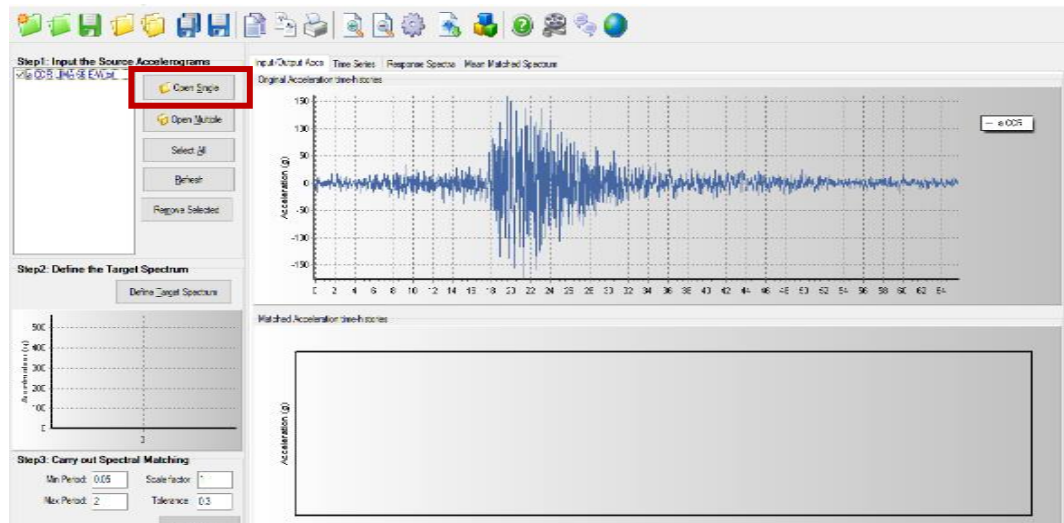


Figura 30. Registro sísmico lima 1966 de la componente E-W cargado al SeismoMatch.

Seguidamente se cargó el espectro de diseño R=1 en la opción Define Target Spectrum/ Load Spectrum from file, permitiéndonos mostrar la ventana de la figura 31; luego de aceptar se definió el rango de periodos; la Norma E.030 indica que el periodo tiene que estar dentro del intervalo de 0.2 T y 1.5 T. Para nuestro caso el periodo estructural es $T = 0.403$ s.

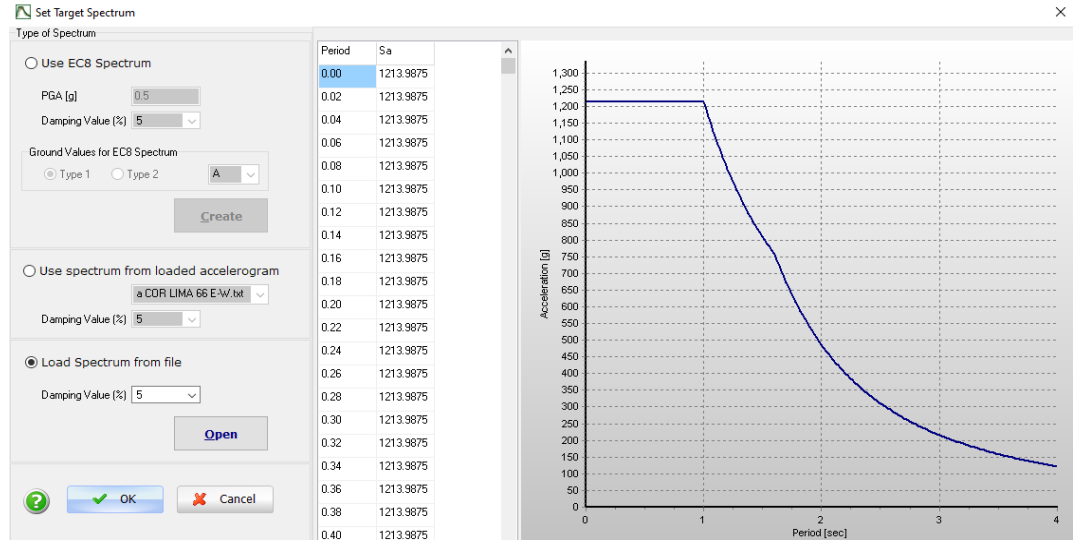


Figura 31. Espectro de diseño cargado al programa SeismoMatch.

Seguidamente se realizó el escalado en la opción Do (figura 32).

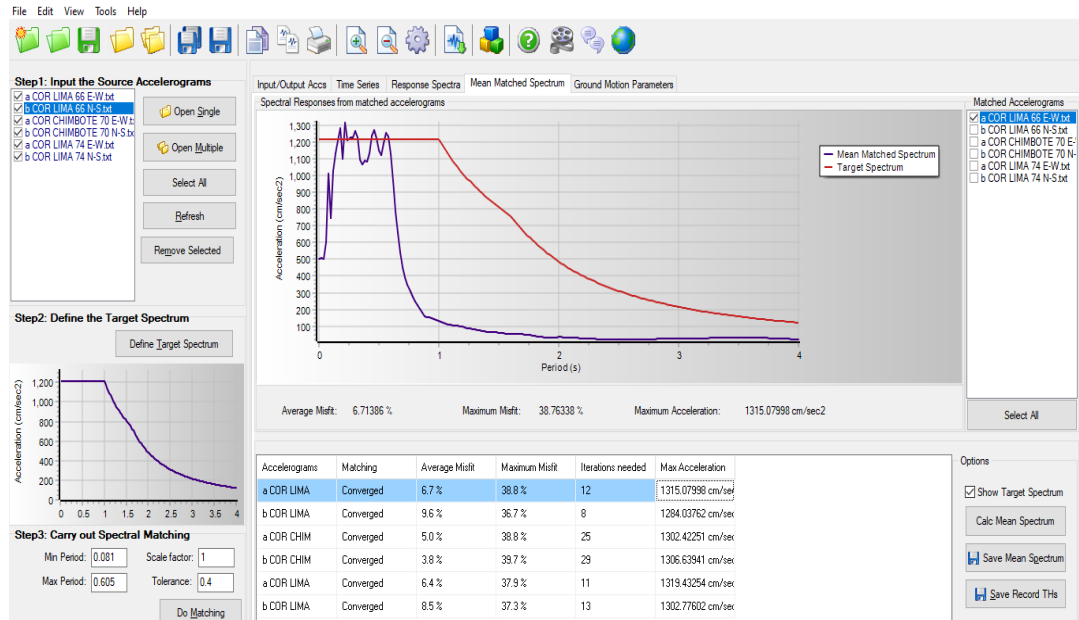


Figura 32. Registro sísmico escalado al espectro de diseño R=1, en SeismoMatch.

Luego de realizar el escalamiento se tuvo que extraer los datos de las aceleraciones escaladas a un Blok de Notas, dichos datos son los sombreados de color celeste como se muestra en la figura 33.

Dicho procedimiento de escalamiento de los registros se realizó para los tres registros sísmicos y para ambas direcciones de análisis (E-W y N-S); los datos escalados posteriormente serán ingresados al programa.

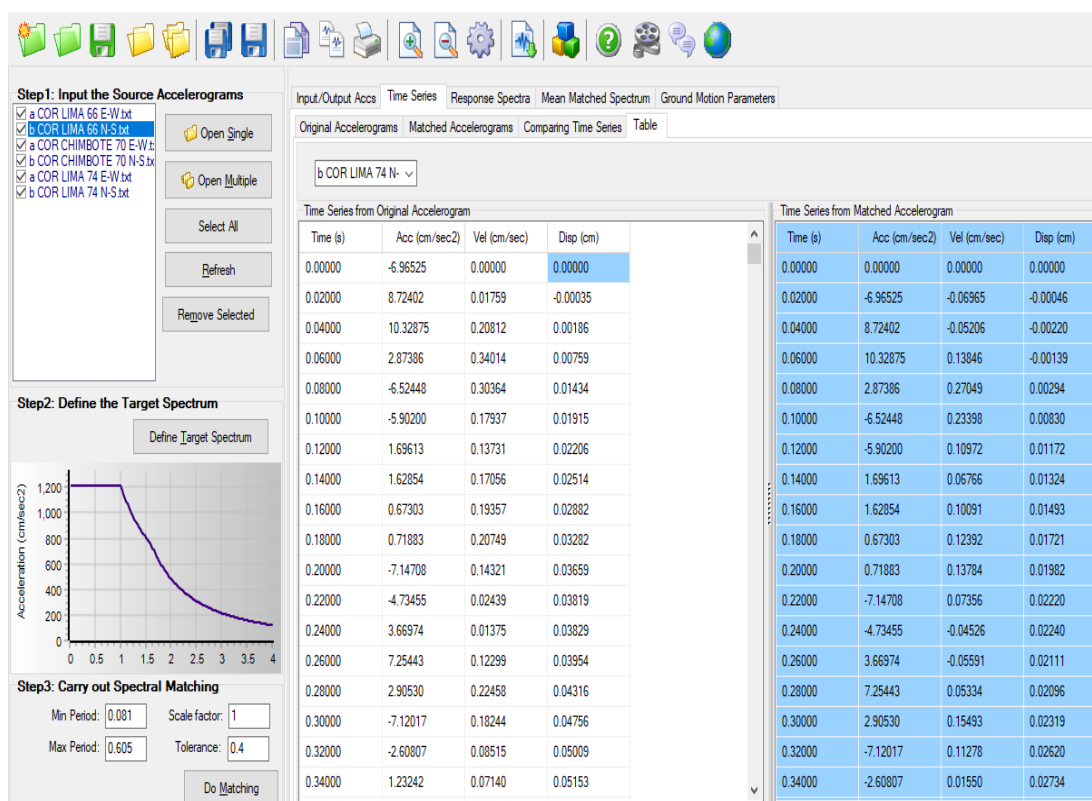


Figura 33. Datos del registro sísmico escalado al espectro de diseño $R=1$.

❖ Análisis tiempo historia en el programa ETABS

Los datos del registro sísmico escalados fueron cargados al programa ETABS mediante la opción Define/ Functions/ Time History/ From File, asimismo se definió el intervalo de periodo, en este caso 0.02s (figura 34 y 35). Este procedimiento se

definió para los tres registros sísmicos y para las direcciones (E-W y N-S).

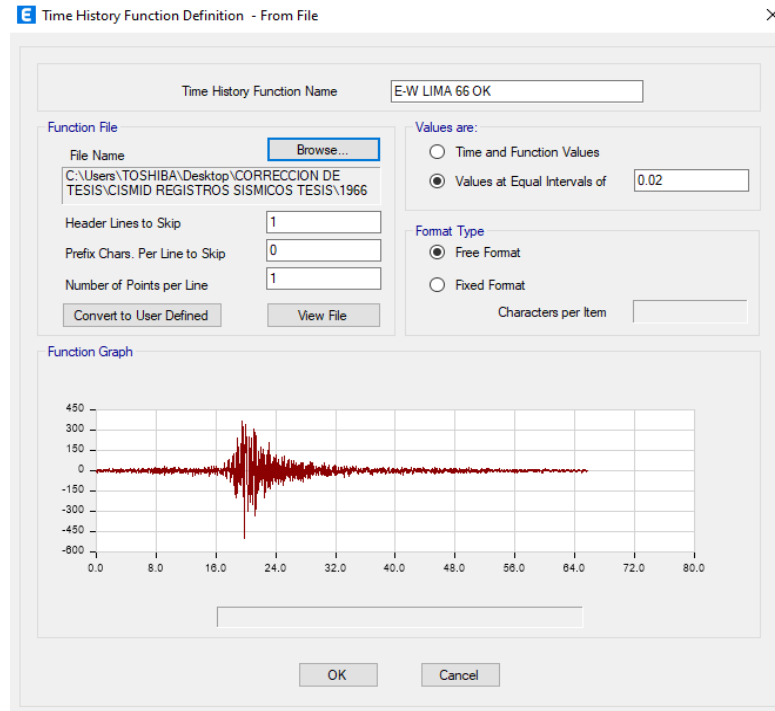


Figura 34. Registro sísmico escalado para el análisis tiempo - historia (Lima 1966 E-W).

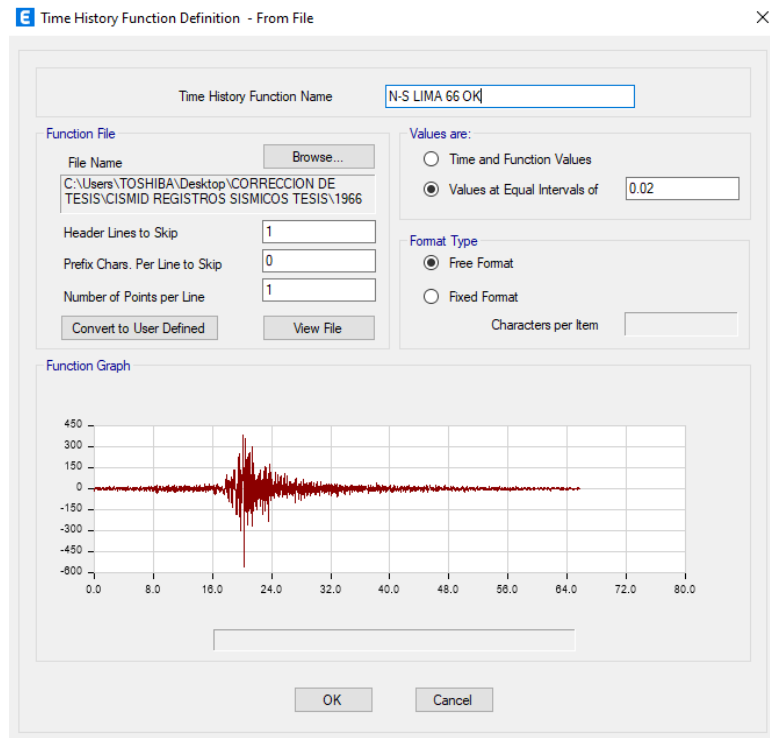


Figura 35. Registro sísmico escalado para el análisis tiempo - historia (Lima 1966 N-S).

Seguidamente se definió los casos de cargas mediante la opción Define/ Load Cases/ Add new Case. El primer caso se definió para que el registro sísmico E-W actúe en el eje XX de la estructura y a la vez, el registro sísmico N-S intervenga en el eje YY de la estructura; luego el segundo caso para que el registro de sísmico E-W intervenga en el eje YY de la estructura y a la vez, el registro de sísmico N-S actúa en el eje XX de la estructura.

Básicamente es el cambio de la aceleración de un sentido al otro; como se aprecia en la figura 36 y 37. Estos casos de cargas se definieron para las componentes E-W y N-S, de los sismos Lima 1966, Chimbote 1970 y Lima 1974.

General

Load Case Name: CASO 1 LIMA 66

Load Case Type/Subtype: Time History, Nonlinear Modal (FNA)

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: [Empty field]

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	E-W LIMA 66 OK	0.01
Acceleration	U2	N-S LIMA 66 OK	0.01

Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Number of Output Time Steps: 3283

Output Time Step Size: 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

Nonlinear Parameters: Default

Buttons: Design..., Notes..., Add, Delete, Advanced, OK, Cancel

Figura 36. Primer Caso de carga para el registro sísmico Lima 1966.

E Load Case Data ×

General

Load Case Name: CASO 2 LIMA 66 Design...

Load Case Type/Subtype: Time History | Nonlinear Modal (FNA) Notes...

Mass Source: Previous (MsSrc1)

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	N-S LIMA 66 OK	0.01
Acceleration	U2	E-W LIMA 66 OK	0.01

Add
Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Number of Output Time Steps: 3283

Output Time Step Size: 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

OK
Cancel

Figura 37. Segundo Caso de carga para el registro sísmico Lima 1966.

4.3.2. Ubicación y número de los DFV

Se tomó como criterio que los dispositivos se ubiquen lo más alejado del centro de masas de tal manera que el comportamiento sea más eficiente, asimismo se ubicó en los puntos donde se experimenta mayor velocidad y desplazamientos relativos. Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados se propuso para cada sentido de análisis deben instalarse dos dispositivos por cada nivel. Su ubicación para la dirección de análisis XX en el (eje 3-3 entre el eje E y G) y en el (eje 8-8 entre el eje E y G) y en la otra dirección de análisis YY en el (eje A-A entre el eje 3 y 4) y en el (eje G-G entre el eje 3 y 4); como se remarcó en la figura 38 y los detalles en la figura 39 y 40.

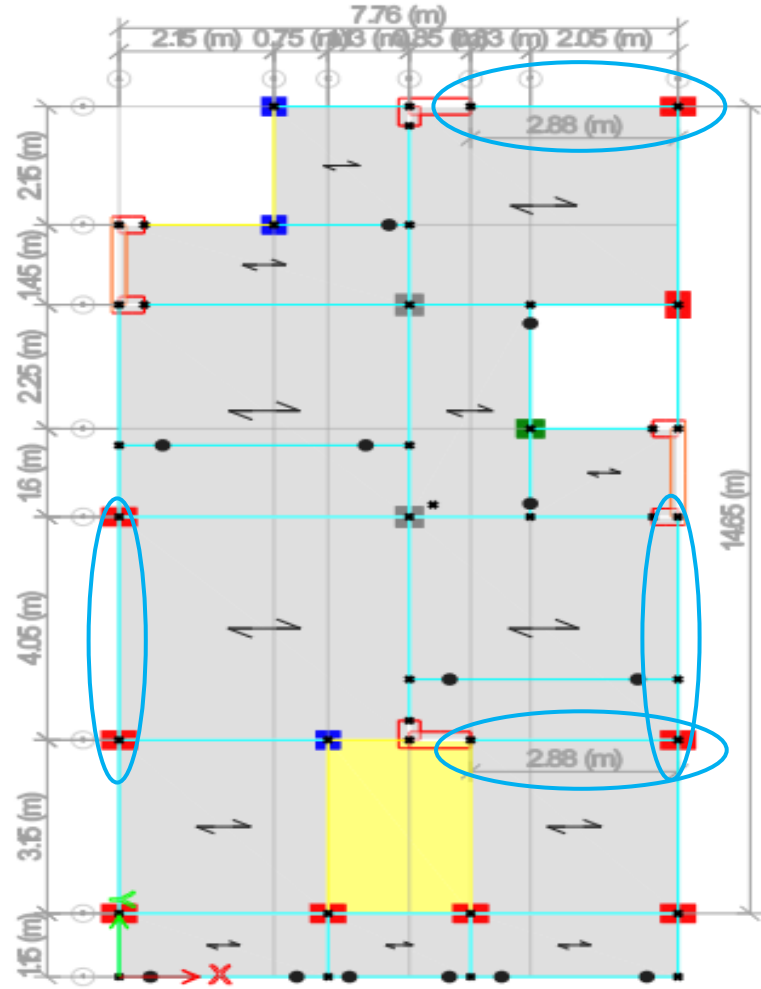


Figura 38. Plano en planta donde serían ubicados los disipadores fluido viscoso.

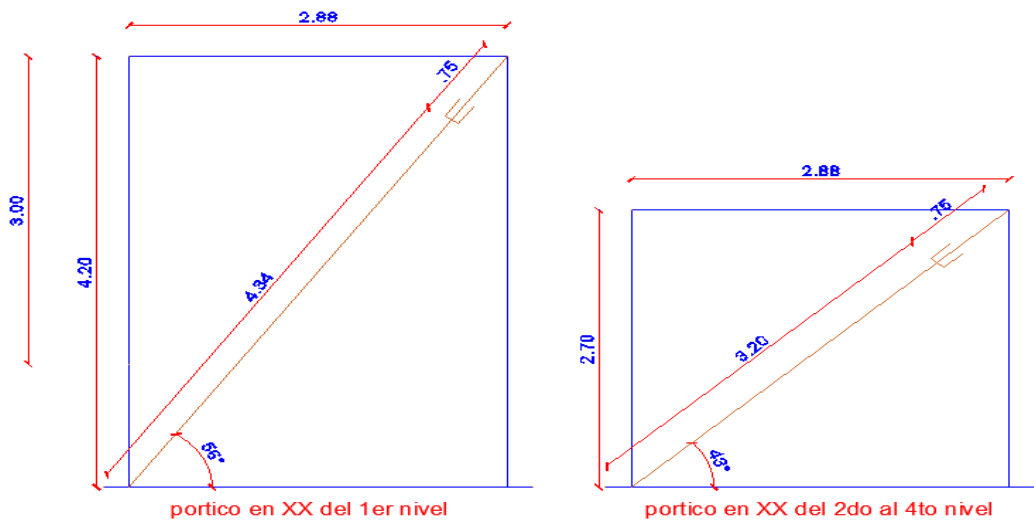


Figura 39. Pórticos en la dirección XX, donde serían ubicados los disipadores.

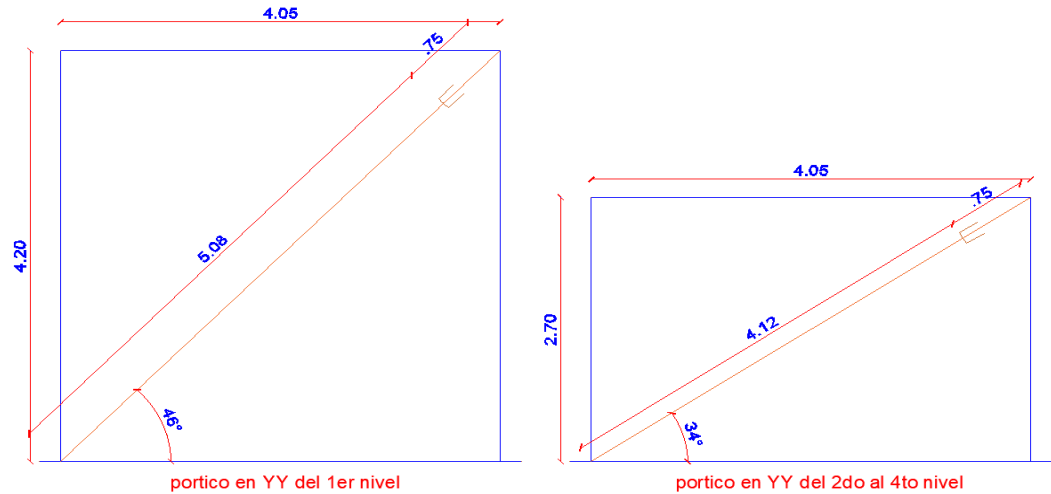


Figura 40. Pórticos en la dirección YY, donde serían ubicados los disipadores.

4.3.3. Rigidez del brazo metálico (K)

El acero que se eligió es HSS 7.50x0.50, para la industria del acero la expresión HSS simboliza a los perfiles estructurales tubulares. Estos tubos son fáciles de pintar y perforarse, también puede ser soldados o atornillados para construir estructuras como edificios, puentes u otras estructuras; haciendo uso de la ecuación 42 se calculó los valores de la rigidez del brazo metálico.

Tabla 17. Dimensiones del perfil estructural hueco HSS 7.50x0.50.

Diámetro por fuera In (m)	Diámetro interior In (m)	Espesor In (m)	Área de sección In ² (m ²)	Momento de inercia in ⁴ (m ⁴)	Módulo de young Ksi (Tnf/ m ²)
7.50 (0.1905)	7.035 (0.1787)	0.465 (0.0118)	10.30 (66.45x10 ⁻⁴)	63.90 (2.66x10 ⁻⁵)	29000 (2 x10 ⁷)

Tabla 18. Rigidez del brazo metálico X-X.

Pórtico	Longitud del brazo	Rigidez (Kx)
	(m)	(Tnf/m)
En XX 1er nivel	4.34	30622.12
En XX del 2do al 4to nivel	3.20	41531.25

Tabla 19. Rigidez del brazo metálico Y-Y.

N° de pórtico	Longitud del brazo	Rigidez (Ky)
	(m)	(Tnf/m)
Pórtico en YY del 1er nivel	5.08	26161.42
Pórtico en YY del 2do al 4to nivel	4.12	32257.28

4.3.4. Derivas máximas del análisis espectral y tiempo historia.

Después del análisis, se procedió a extraer las derivas de los entrepisos para ambos sentidos de análisis (tabla 20 y 21).

Tabla 20. Deriva en la dirección X-X.

N° de nivel	Análisis dinámico espectral r=1	Sismo Lima 1966		Sismo Chimbote 1970		Sismo Lima 1974	
		Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
		Nivel 4	0.0064	0.0060	0.0050	0.0059	0.0060
Nivel 3	0.0088	0.0083	0.0069	0.0082	0.0084	0.0091	0.0098
Nivel 2	0.0106	0.0097	0.0088	0.0099	0.0101	0.0107	0.0112
Nivel 1	0.0082	0.0077	0.0073	0.0077	0.0078	0.0082	0.0085

Tabla 21. Deriva en la dirección Y-Y.

N° de nivel	Análisis dinámico espectral R=1	Sismo Lima 1966		Sismo Chimbote 1970		Sismo Lima 1974	
		Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
		Nivel 4	0.0067	0.0063	0.0066	0.0064	0.0071
Nivel 3	0.0076	0.0071	0.0075	0.0073	0.0081	0.0080	0.0072
Nivel 2	0.0077	0.0070	0.0076	0.0073	0.0082	0.0078	0.0073
Nivel 1	0.0048	0.0045	0.0048	0.0046	0.0052	0.0048	0.0047

4.3.5. Determinación del sismo de diseño

Una práctica común de algunos proyectistas e investigadores, es elegir el registro sísmico de diseño el que tenga una variación de sus derivas en cualquiera de las direcciones valores menor o igual a 1.5(%) respecto al análisis dinámico espectral

R=1; es decir no consideran aquellos registros sísmicos que difieran mucho del análisis dinámico espectral con R=1. Asimismo, otra práctica que toman es optar como registro sísmico de diseño el que tenga la relación de derivas más próximas a la unidad, la relación es del análisis espectral escalado y tiempo historia.

En ese contexto, se optó por elegir el registro sísmico de diseño el que tenga la relación de derivas más próximas a la unidad entre el análisis espectral R=1 y el análisis tiempo historia como se muestra en la tabla 22 y 23.

Tabla 22. Relación de las derivas X-X del análisis dinámico espectral R=1 y análisis tiempo historia.

N° de nivel	Lima 66		Chimbote 70		Lima 74	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
Nivel 4	1.0599	1.2887	1.0906	1.0571	0.9479	0.8647
Nivel 3	1.0687	1.2714	1.0788	1.0484	0.9654	0.8988
Nivel 2	1.0869	1.2063	1.0701	1.0435	0.9922	0.9408
Nivel 1	1.0589	1.1169	1.0700	1.0445	0.9944	0.9630

Tabla 23. Relación de las derivas Y-Y del análisis dinámico espectral R=1 y análisis tiempo historia.

N° de nivel	Lima 66		Chimbote 70		Lima 74	
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2
Nivel 4	1.0734	1.0247	1.0516	0.9446	0.9458	1.0638
Nivel 3	1.0817	1.0141	1.0493	0.9406	0.9585	1.0601
Nivel 2	1.0860	1.0057	1.0464	0.9369	0.9793	1.0539
Nivel 1	1.0837	0.9990	1.0512	0.9342	1.0166	1.0280

Se ha realizado el cuadro de relaciones entre las derivas, donde los números de color celeste son los más próximos a la unidad y los números de color verde son los siguientes más próximos. En ese sentido, se ha verificado para la dirección XX los valores más próximos a la unidad se presenta para el registro sísmico de Lima de 1974 caso 1 y para el sentido YY el registro de Lima de 1966 caso 2, consecuentemente se utilizó dichos registros como el sismo de diseño.

4.3.6. Determinación de la D_{max} .

Luego de elegir el registro sísmico para el diseño, Lima 1974 caso 1 para el sentido de análisis XX y Lima 1966 caso 2 para el sentido de análisis YY, se extrajeron las derivas max, correspondientes a dichos registros sísmicos según la tabla 20 y 21, los cuales son:

$$D_{max\ XX} = 0.0107$$

$$D_{max\ YY} = 0.0076$$

Se sabe que la deriva 0.007 es el máximo permitido por la norma E.030 para el caso de estructura de concreto armado, bajo ese contexto el valor $D_{max\ xx}$ sobrepasa considerablemente la deriva 0.007; no obstante, la $D_{max\ yy}$ sobrepasa ligeramente la deriva máxima de 0.007.

4.3.7. Deriva Objetivo $D_{objetivo}$.

La estructura modelada en ambos sentidos es de tipo dual (pórticos con algunos muros de corte) sin embargo, la tabla 5.9b del HAZUS no define específicamente una estructura tipo dual. Para una estructura de tipo C1M (estructura de pórticos de hormigón armado) le corresponde una distorsión 0.0058 del cual se espera un estado de daño moderado; algo similar, para una estructura de tipo C2M (estructura de placas de hormigón armado) le corresponde una deriva 0.0056 para un estado de daño moderado.

Es razonable que para una estructura dual le correspondería una deriva de 0.0057 para un estado de daño moderado, en tal sentido el $D_{objetivo} = 0.0057$.

$$D_{objetivo} = 0.0057$$

4.3.8. Factor de reducción de respuesta sísmica “B”

El valor "B" se determinó para ambas direcciones con la Ecuación 39.

$$B_{XX} = \left(\frac{0.0107}{0.0057} \right) = 1.8772$$

$$B_{YY} = \left(\frac{0.0076}{0.0057} \right) = 1.3333$$

4.3.9. Amortiguamiento efectivo β_{eff}

El valor Beff fue determinado usando la Ecuación 40:

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

Despejando Beff se tiene:

$$B_{eff-XX} = e^{\left[\frac{2.31(1.8772-1)}{0.41(1.8772)} + \frac{\ln(5)}{1.8772} \right]} = 32.791\%$$

$$B_{eff-YY} = e^{\left[\frac{2.31(1.3333-1)}{0.41(1.3333)} + \frac{\ln(5)}{1.3333} \right]} = 13.675\%$$

4.3.10. Amortiguamiento viscoso objetivo B_H

El valor Bh se determinado usando la Ecuación 41:

$$\beta_{H-XX} = 32.783\% - 5\% = 27.791\%$$

$$\beta_{H-YY} = 13.665\% - 5\% = 8.675\%$$

algunas recomendaciones indican que es conveniente proveer de DFV siempre en cuando el Bh esté entre un rango de 20% a 40%; si estaría por debajo del 20% solo bastaría incrementar algunos muros de concreto, columnas u otros elementos estructurales; en el caso que Bh sería mayor a 40% resultaría muy costosos, puesto que el sismo arremetería más a los disipadores que a los elementos estructurales. En ese sentido se dispuso los dispositivos solo en la dirección XX.

4.3.11. Frecuencia angular

El valor ($w = 2\pi f$) está relacionado con ($f = \frac{1}{T}$), donde T es el periodo natural, para el primer modo $T_{xx} = 0.498$.

$$f_{xx} = \frac{1}{0.498} = 2.008/s. \text{ Entonces } w = 2\pi f = 12.61664 \text{ rad/s}$$

4.3.12. Parámetro Lambda

El exponente de velocidad que se empleó es no lineal ($\alpha=0.5$), ya que demostraron su buen comportamiento para edificios y puentes. Asimismo, un disipador no lineal requiere poca velocidad inicial para que pueda aportar amortiguamiento. El FEMA 274/octubre 1997 relaciona el exponente α con el parámetro lambda (λ), en esa medida se extrae $\lambda=3.5$.

4.3.13. Amplitud

La amplitud viene a ser el desplazamiento máximo del centro de masa de cada piso a nivel de diafragma, el cual fue obtenido del programa ETABS mediante la opción Display/ Show Tables/ Analysis Results/ Joint Output/ Displacements/ Diaphragm Center Of Mass Displacements; los cuales se detalla a continuación.

Tabla 24. Desplazamiento máximo del centro de masa para el sismo de diseño.

N° de nivel	Sismo de diseño	Para el eje global xx
Nivel 4	Caso 1 Lima 74	0.09826
Nivel 3	Caso 1 Lima 74	0.08249
Nivel 2	Caso 1 Lima 74	0.06009
Nivel 1	Caso 1 Lima 74	0.03306

De acuerdo a los datos extraídos del programa ETABS se puede observar que el $D_{xx} = 0.09826$, por lo tanto, la amplitud viene a ser $A_{xx} = 0.09826m$

4.3.14. Masa por nivel.

La masa se obtuvo del programa (tabla 25), de la opción Display/ Show Tables/ Model Definition/ Other Definitions/ Mass Data/ Mass Summary by Story.

Tabla 25. Masa por nivel.

N° de nivel	Ux (Tnf-s ² /m)
Nivel 4	10.09
Nivel 3	12.84
Nivel 2	12.84
Nivel 1	13.62

4.3.15. El desplazamiento del nivel i (Φ_i), para el primer modo de vibración

El parámetro se obtuvo al seleccionar los puntos donde inician los brazos metálicos de cada nivel (círculo de color verde de la figura 41) y luego ingresar a la opción Display/ Show Tables/Analysis Results/ Joint Output/ Displacements/ Joint Displacements. Del mismo modo se realizó para Φ_{i+1} , seleccionar el punto donde termina los brazos metálicos (círculo de color azul de la figura 41).

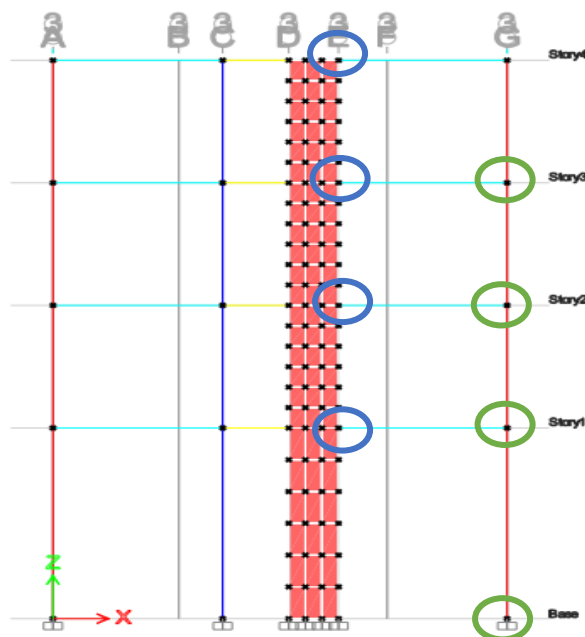


Figura 41. Puntos de donde se tomaron el parámetro Φ_i y el parámetro Φ_{i+1} .

4.3.16. Coeficiente de amortiguamiento del DFV en el sentido XX

Teniendo previamente todos los datos necesarios se procedió a determinar el coeficiente de amortiguación del DFV a través de la Ecuación 38.

Para el disipador ubicado en la dirección de análisis XX en el (eje 3-3 entre el eje E y G) y en el (eje 8-8 entre el eje E y G).

Tabla 26. Desplazamientos modales relativo de ambos extremos del disipador j, (Φ_{rj}).

Nivel	Φ_{i+1}	Φ_i	$\Phi_{rj} = \Phi_{i+1} - \Phi_i$
Nivel 4	0.105268		0.0182
Nivel 3	0.087061	0.087061	0.0240
Nivel 2	0.063018	0.063018	0.0284
Nivel 1	0.034621	0.034621	0.0346
Base		0.00000	

Tabla 27. Calculo para hallar C_j .

Nivel	Masa Tnf-s ² /m	Θ	Cos Θ	$\Phi_{rj}^{(1+\alpha)} \cdot \text{Cos}\theta_j^{(1+\alpha)}$	$M \cdot \Phi_i^2$
Nivel 4	10.09	43	0.73	0.00154	0.11181
Nivel 3	12.84	43	0.73	0.00233	0.09732
Nivel 2	12.84	43	0.73	0.00309	0.05099
Nivel 1	13.62	56	0.56	0.00279	0.01633
			Σ_{xx}	0.00955	0.27645

Coeficiente del amortiguamiento del disipador j Ecuación 38:

$$\Sigma C_{xxj} = \frac{0.27791 \times 2\pi \times 0.09826^{1-0.5} \times 12.61664^{2-0.5} (0.27645)}{3.50 \times (0.00955)} = 202.88 \text{ Tnf. s/m}$$

Empleando 02 disipadores en el sentido XX, por nivel se tiene.

$$C_{xxj} = \frac{\Sigma C_{xxj}}{N^{\circ} \text{ disipadores}} = \frac{202.88}{2} = 101.44 \text{ Tnf. s/m}$$

Por último, las propiedades del DFV quedarían como muestra la tabla 28.

Tabla 28. Propiedades del disipador.

Pórtico	Dirección X-X					
	1er Nivel			2do, 3er, 4to Nivel		
	C_{xxj} (Tnf.s/m)	K (Tnf/m)	α	C_{xxj} (Tnf.s/m)	K (Tnf/m)	α
Pórtico en XX	101.44	30622.12	0.50	101.44	41531.25	0.50

Los coeficientes de amortiguamiento de los disipadores fueron ingresados al software ETABS mediante la opción Define/ Section Properties/ Link/ Support Properties/ Modify Show Property (figura 42); finalmente se puede notar en la figura 43 el modelo ya implementado los disipadores.

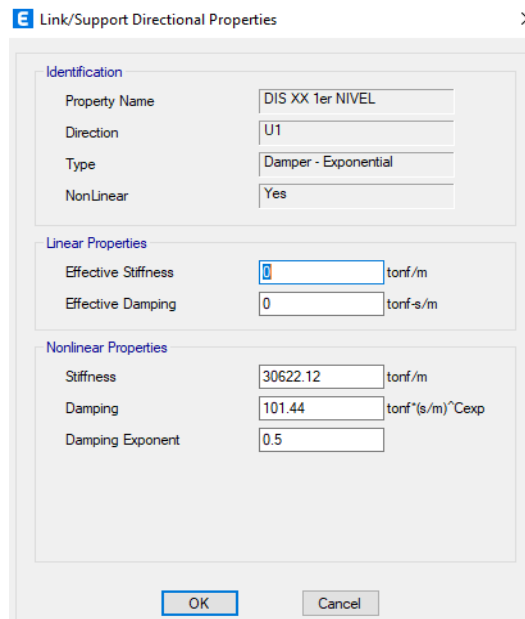


Figura 42. Asignación de los coeficientes de amortiguamiento de los disipadores.

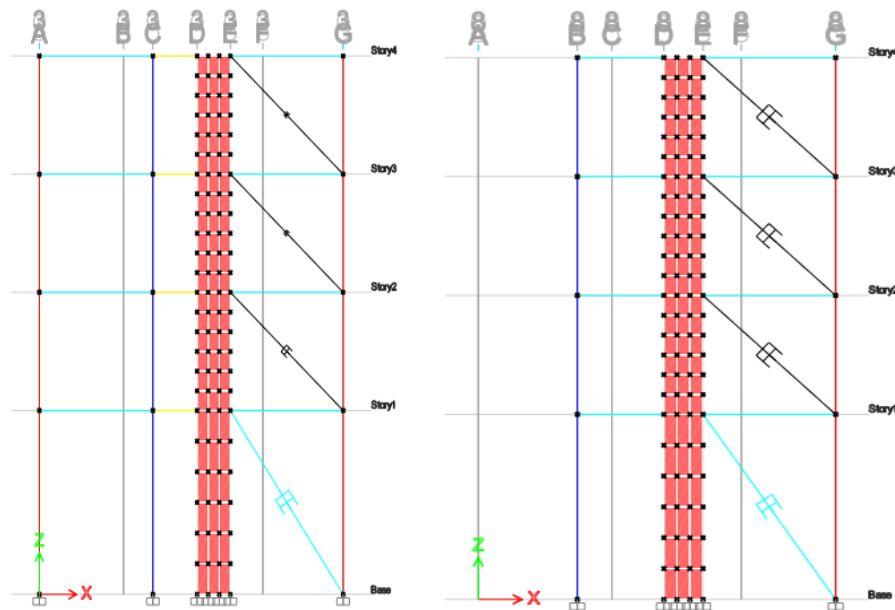


Figura 43. Estructura conjuntamente con los disipadores fluido viscoso.

4.3.17. Resultados del modelo con disipadores en dirección XX

Los resultados del sismo de diseño (Lima 1974 caso 1) muestra que el balance energético de la figura 44, está constituido por la energía de ingreso del sismo de 87.33 Tnf.m el cual representa el 100%. La energía que toma la estructura es 47.75 Tnf.m que representa un 54.68% de la energía total que ingresa, dicha energía podría ser disipada a través de los mecanismos de rótulas de plastificación y/o fallas de los elementos no estructurales. De forma similar los amortiguadores de fluido viscoso toman un 39.57 Tnf.m que representa un 45.31% de la energía total que ingresa, lo cual sería un comportamiento aceptable, ya que si deseamos incrementar el porcentaje de liberación de energía de los DFV resultaría económicamente costoso.

$$\% \text{ energía de disipación} = \frac{\text{energía disipada por los dispositivos}}{\text{energía de entrada del sismo}} = \frac{39.57 \text{ Tnf.m}}{87.33 \text{ Tnf.m}} \times 100 = 45.31\%$$

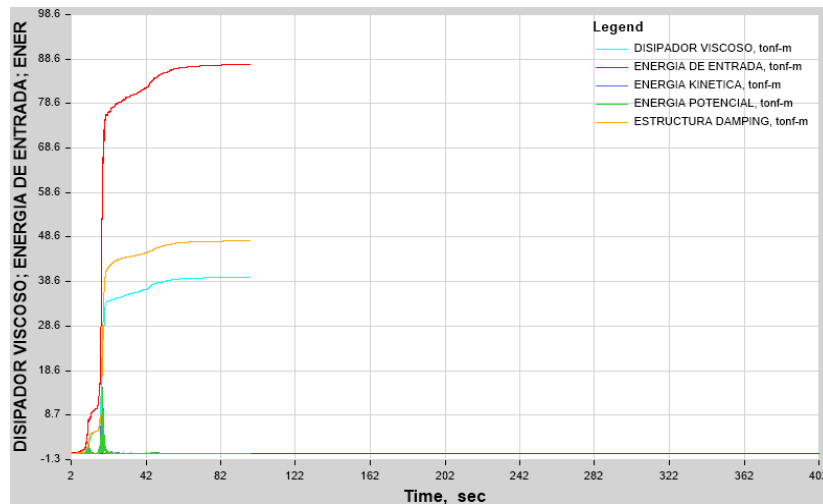


Figura 44. Balance energético en el rango no lineal.

Tabla 29. Periodos (s) del primer modo y segundo modo.

Modelo	Convencional	Empotrado con disipadores
Periodo (s) del 1er modo	0.498	0.498
Periodo (s) del 2do modo	0.430	0.430

Tabla 30. Aceleración a nivel de diafragma (m/s²), respecto al eje global x-x.

Nº de nivel	Modelo	
	Convencional	Empotrado con disipadores
Nivel 4	18.64	10.91
Nivel 3	14.37	8.89
Nivel 2	11.07	6.88
Nivel 1	6.46	4.55

Tabla 31. Fuerzas axiales (Tnf) en la columna C15, para el eje local 1-1.

Nº de nivel	Modelo	
	Convencional	Empotrado con disipadores
Nivel 4	5.38	2.48
Nivel 3	14.15	4.89
Nivel 2	25.66	9.45
Nivel 1	37.78	14.76

Tabla 32. Fuerzas cortantes (Tnf) en la columna C15, para el eje local 2-2.

Nº de nivel	Modelo	
	Convencional	Empotrado con disipadores
Nivel 4	5.10	2.09
Nivel 3	9.38	4.52
Nivel 2	11.72	6.02
Nivel 1	16.11	8.82

Tabla 33. Momento flector (Tnf.m) en la columna C15, para el eje rotacional 3-3.

Nº de Nivel	Modelo	
	Convencional	Empotrado con disipadores
Nivel 4	11.39	4.99
Nivel 3	15.74	8.00
Nivel 2	15.19	8.26
Nivel 1	51.86	27.69

Tabla 34. Fuerzas cortantes (Tnf) de la viga B4, para el eje local 2-2.

Nº de nivel	Modelo	
	Convencional	Empotrado con disipadores
Nivel 4	14.18	5.15
Nivel 3	21.96	8.41
Nivel 2	28.21	10.66
Nivel 1	29.67	11.53

Tabla 35. Momento flector (Tnf. M) la viga B4, para el eje rotacional 3-3.

Modelo		
Nº de nivel	Convencional	Empotrado con disipadores
Nivel 4	10.50	6.92
Nivel 3	16.74	11.03
Nivel 2	21.22	14.87
Nivel 1	20.99	16.35

Tabla 36. Fuerza basal en XX y momento flector (Tnf. m) en YY.

Modelo	Fuerza cortante (Tnf)	Momento flector (Tnf.m)
Convencional	508.42	4542.46
Empotrado con disipadores	295.62	4169.76

Tabla 37. Deriva para la dirección de análisis XX.

Modelo		
Nº de nivel	Convencional	Empotrado con disipador
Nivel 4	0.0067	0.0030
Nivel 3	0.0091	0.0044
Nivel 2	0.0107	0.0056
Nivel 1	0.0082	0.0046

Tabla 38. Desplazamiento máximo por nivel para el eje global X-X.

Modelo		
Nº de nivel	Convencional	Empotrado con disipador
Nivel 4	0.1053	0.0548
Nivel 3	0.0871	0.0468
Nivel 2	0.0630	0.0349
Nivel 1	0.0346	0.0197
Base	0.0000	0.0000

De acuerdo con los resultados del modelo con DFV, se verificó que los dispositivos no alteran los periodos de vibración del modelo respecto al modelo convencional con base infinitamente rígida. Por otro lado, las aceleraciones de los diafragmas disminuyeron respecto al modelo convencional, tal como se puede observar en la tabla 29 y 30.

Para mostrar el cambio que tiene las fuerzas en las columnas se eligió simplemente

la columna C-15 que se ubica en la intersección del eje A y 4, los resultados se ilustran en la tabla 31, 32 y 33; donde se puede verificar que la incorporación de los DFV al modelo convencional, redujo las fuerzas axiales, fuerzas cortantes y los momentos; evidentemente los dispositivos disminuyeron dichas fuerzas. Para mostrar el cambio que tiene las fuerzas en las vigas se eligió simplemente la viga B4, los resultados se ilustran en la tabla 34 y 35; donde se verifica que la incorporación de los DFV disminuyó las fuerzas de corte y los momentos.

Respecto a la cortante basal de la dirección XX, disminuyó un 41.86%; mientras que el momento respecto al eje global YY se disminuyó ligeramente en un porcentaje de 8.20%, como se puede observar en la tabla 36.

Respecto a las derivas, se evidencio que se redujo respecto a la deriva objetiva que se planteó; por ejemplo, en el segundo nivel la deriva máxima para el sentido de análisis XX, se redujo de 0.0107 a 0.0056 como se observa en la tabla 37; un resultado que se esperaba, ya que las propiedades de los disipadores se calcularon para obtener valores menor o igual a la deriva objetiva de 0.0057; teniendo en cuenta que para un estado de daño moderado en una estructura dual le corresponde una deriva objetivo de 0.0057, ello en virtud de la tabla 5.1 y 5.9b del HAZUS. Los desplazamientos máximos también se disminuyeron en todos los niveles, por ejemplo, en el último nivel el desplazamiento decreció de 0.1053m a 0.0548m, como se evidencia en la tabla 38.

5.6. Análisis de la interacción suelo estructura

El estudio de suelo determinó que la capacidad portante para un área de 8.16m x 16m y un desplante de 1.7 m alcanza a $q_{ult} = 5.01 \text{ kgf/cm}^2$, resultando una capacidad

admisible bajo carga de servicio de $q_{\text{servicio adm}} = 1.67 \text{ kgf/cm}^2 = 16.70 \text{ Tnf/m}^2$, considerando un factor de seguridad de $f=3$ como indica la norma E.050. Luego del análisis de la cimentación bajo cargas de servicio, se determinó que sería más apropiado utilizar platea de cimentación, ya que en algunos casos las zapatas llegaban a traslaparse por la baja capacidad portante que tiene el suelo, aun así, en el sector más crítico se exhibía en el eje G-8 donde la presión sobre el suelo proveniente de la estructura llegaba a 13.22 Tnf/m^2 , valor que no excede la capacidad admisible del suelo, asimismo, la excentricidad proveniente del peso de la estructura y las cargas no uniforme en las columnas y placas no genera una distribución de presiones razonablemente uniforme figura 45 y 46; evidentemente no es común en los proyectos que la repartición de fuerzas actuantes en el suelo sea absolutamente uniforme, no obstante, lo que se busca es que las presiones sobre el suelo no sean mayor a la capacidad admisible del suelo, por más que este sea no uniforme.

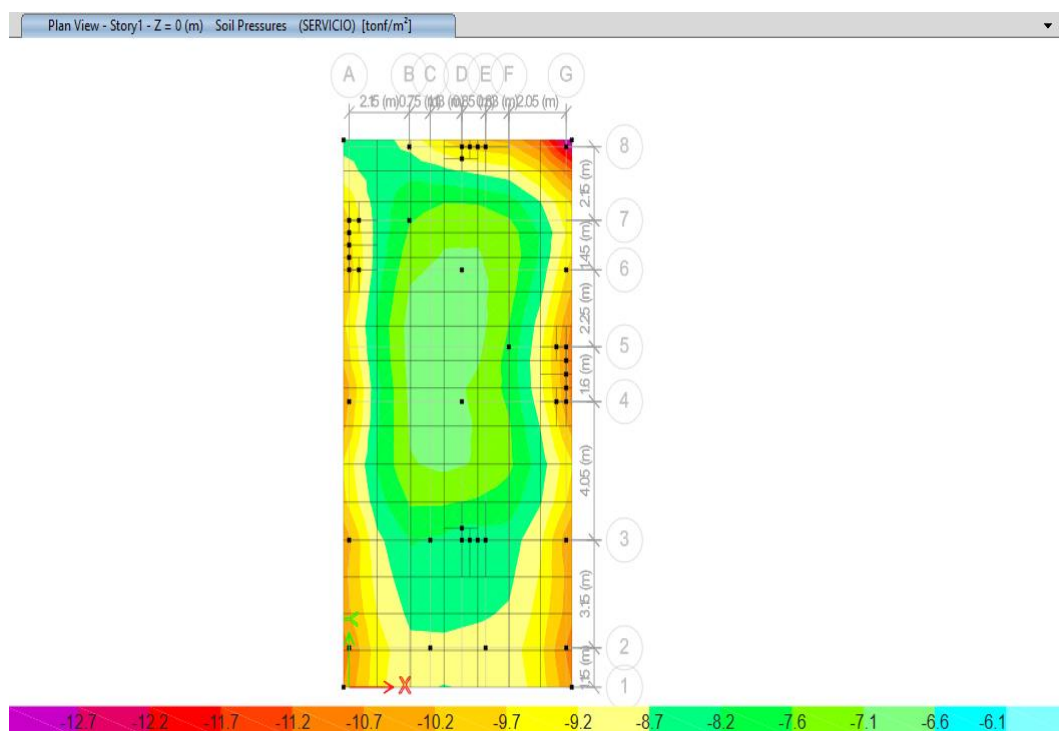


Figura 45. Presión en el suelo a lo largo de la platea.

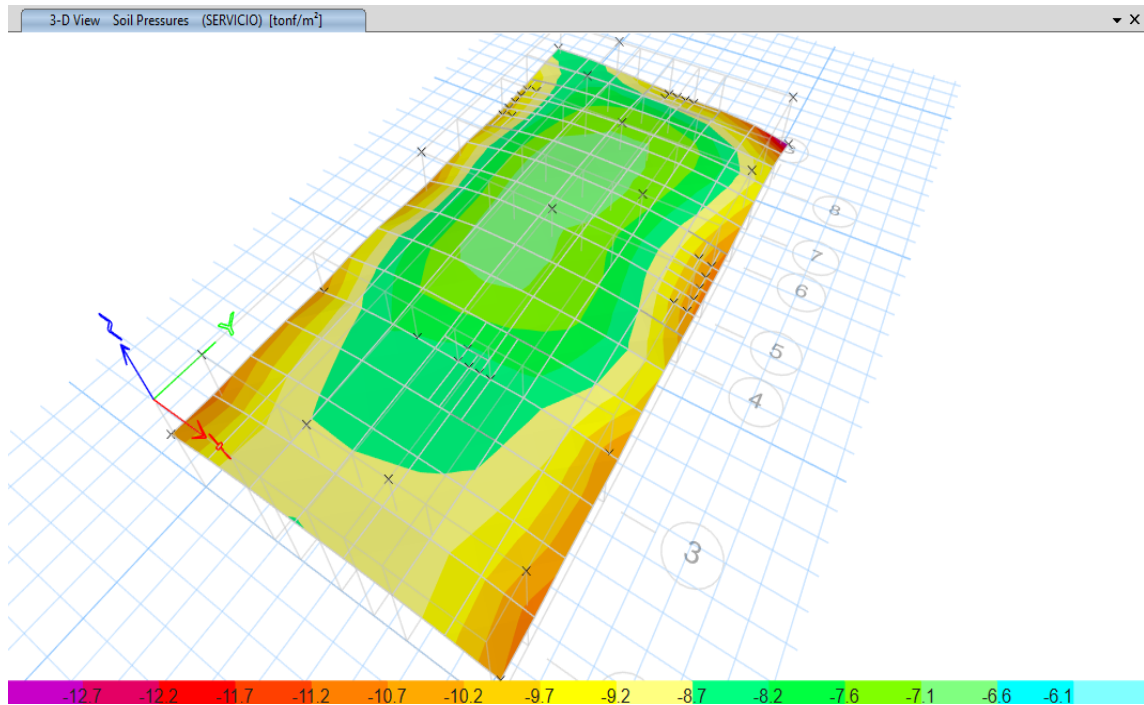


Figura 46. Presión en el suelo a lo largo de la platea.

Realizado el procedimiento analítico de la cimentación bajo cargas de servicio se procedió a realizar el análisis de la cimentación considerando la carga de sismo, para ello, se adoptó las consideraciones de la norma E.060, donde indican que se podrá considerar un aumento de la presión admisible en un 30% cuando se considere cargas transitorias, ya sea los vientos o sismo. Asimismo, la norma E.060 permite disminuir las acciones sísmicas hasta un 80% para determinar las presiones del suelo bajo las cargas sísmicas, tal como refiere la norma E.030; por su parte la norma E.050 permite utilizar $f=2.5$ para determinar la capacidad admisible siempre en cuando se considere el sismo o viento.

Sin embargo, existe una incompatibilidad entre las normas para obtener la presión admisible de sismo, puesto que la norma E.060 permitir incrementar 30% la presión admisible de carga estática ($q_{servicio adm}$); el cual difiere con la norma E.050 ya que al cambiar el factor de seguridad de 3 a 2.5, incrementa en 20% la presión admisible de carga estática. Para cumplir con ambas normativas se utilizó el incremento del 20% de la presión

admisible de carga estática, para obtener capacidad admisible bajo carga de sismo.

$$q_{adm(sismo)} = 1.2 \times q_{adm(servicio)} = 1.2 \times 1.67 \text{ kgf/cm}^2 = 2.00 \text{ kgf/cm}^2 = 20.0 \text{ Tnf/m}^2$$

Las combinaciones de carga bajo cargas de sismo para una cimentación son:

- ✓ Combinación 01 = 100%CM + 100%CV + 80%CS Dxx
- ✓ Combinación 01 = 100%CM + 100%CV - 80%CS Dxx
- ✓ Combinación 01 = 100%CM + 100%CV + 80%CS Dyy
- ✓ Combinación 01 = 100%CM + 100%CV - 80%CS Dyy

Luego del análisis de la cimentación considerando carga de sismo se verificó que los esfuerzos actuantes que transmite la platea de cimentación hacia el suelo de fundación son óptimos, ya que las presiones máximas que se localizó se ubican en el eje G-8 con un valor 19.48 Tnf/m^2 (figura 47), dicho valor es ligeramente inferior a la capacidad admisible considerando el sismo. Por lo tanto, se deduce que las condiciones más críticas del análisis de una platea se presentan bajo condiciones de sismo.

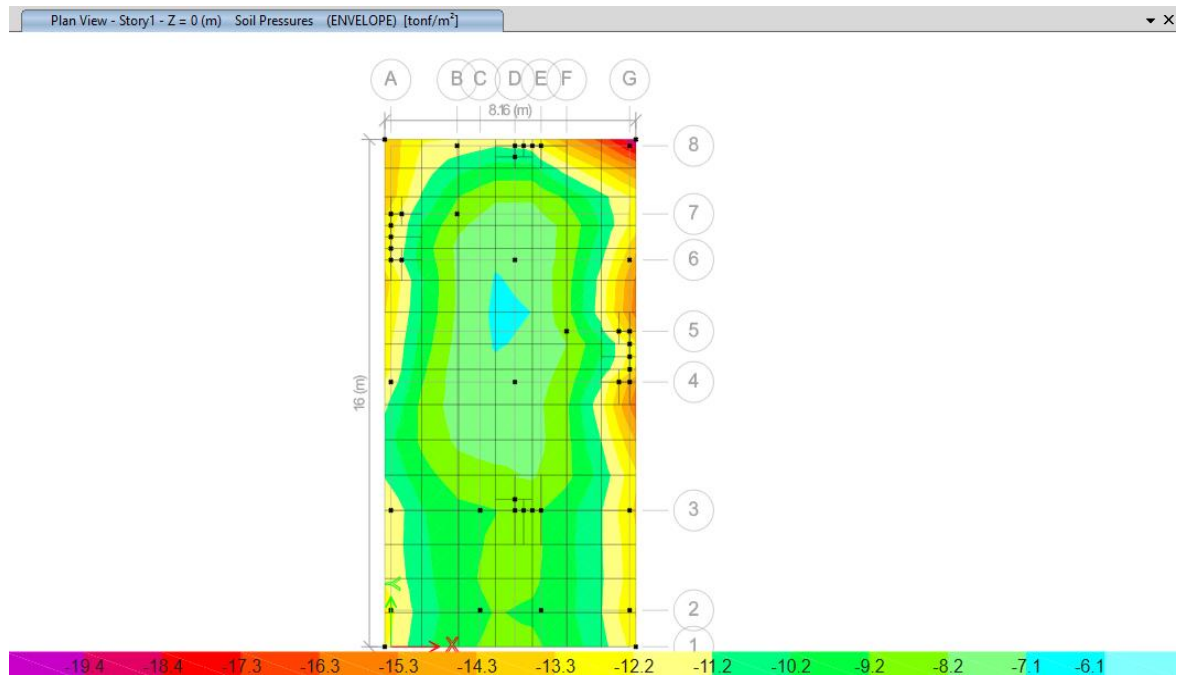


Figura 47. Presión sobre el suelo a lo largo de la platea de cimentación considerando sismo.

5.6.1. Determinación de los coeficientes de rigidez

En cuanto a la cimentación está constituido por:

- ✓ Tipo de suelo : Arena mal gradada con limo
- ✓ Módulo de elasticidad del suelo (E_s) : $25\text{Mpa} = 2500 \text{ Tnf/m}^2$
- ✓ Densidad del suelo (ρ_s) : $0.18912 \text{ Tnf s}^2/\text{m}^4$
- ✓ Capacidad de soporte del suelo (q_a) : 2.54 kgf/cm^2
- ✓ Densidad inicial del suelo (ρ_o) : 0.2 kgf/m^2
- ✓ Coeficiente obtenido de la tabla 1 (C_o) : 1.4 kgf/m^3
- ✓ Peso específico del concreto : 2.4 Tnf/m^3
- ✓ Dimensiones de la platea:
 - $a = 8.16 \text{ m} = 816 \text{ cm}$
 - $b = 16.0 \text{ m} = 1600 \text{ cm}$
 - $c = 0.50 \text{ m} = 50 \text{ cm}$
 - Área = 130.56 m^2
- ✓ Peso de zapata : 156.67 Tnf
- ✓ 0.5 del peralte de la platea (d) : 0.25m
- ✓ Resistencia del concreto (f_c) : $210 \text{ kgf/cm}^2 = 2100 \text{ Tnf/m}^2$
- ✓ Coeficiente de Poisson del suelo (μ_s) : 0.25
- ✓ Módulo de Young del concreto (E_c) : $2173706.51 \text{ Tnf/m}^2$

Asimismo, algunos datos extraídos son:

- ✓ Coeficiente empírico (Δ) para cálculos prácticos. : 1 m^{-1}
- ✓ Presión estática (P_o) : 0.20 kgf/cm^2
- ✓ Aceleración de la gravedad (g) : 9.81m/s^2
- ✓ Área (A_{10}) : 10 m^2

✓ Peso por nivel y peso total:

- Nivel 01 = 130.35 Tnf
- Nivel 02 = 120.20 Tnf
- Nivel 03 = 120.20 Tnf
- Nivel 04 = 106.77 Tnf
- Peso total de la edificación :477.52 Tnf

5.6.2. Masas trasnacionales y rotacionales

Se determinaron mediante la Ec-01, Ec-02, Ec-03 y Ec-04:

$$M_t = M_x = M_y = M_z = \frac{2.4 \text{ Tnf/m}^3 \times 8.16 \text{ m} \times 16.0 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}}{9.81 \text{ m/s}^2} = 15.97 \text{ Tnf s}^2/\text{m}$$

$$M_{\varphi x} = 15.97 \frac{\text{Tnf s}^2}{\text{m}} \times \left(\frac{0.50 \text{ m}}{2}\right)^2 + \frac{15.97 \text{ Tnf s}^2/\text{m} \times (16.00 \text{ m})^2}{12} = 341.69 \text{ Tnf s}^2/\text{m}$$

$$M_{\varphi y} = 15.97 \text{ Tnf s}^2/\text{m} \times \left(\frac{0.50 \text{ m}}{2}\right)^2 + \frac{15.97 \text{ Tnf s}^2/\text{m} \times (8.16 \text{ m})^2}{12} = 89.61 \text{ Tnf s}^2/\text{m}$$

$$M_{\psi z} = I_{mz} = \frac{15.97 \text{ Tnf s}^2/\text{m} \left((8.16 \text{ m})^2 + (16.00 \text{ m})^2\right)}{12} = 109.95 \text{ Tnf s}^2/\text{m}$$

Las masas trasnacionales y rotacionales fueron asignados directamente al modelo de la platea bajo su centro de gravedad.

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

Inicialmente se determinó la presión estática “p” de la platea, según la Ec-13.

$$\rho = \frac{477.52 \text{ Tnf} + 156.67 \text{ Tnf}}{130.56 \text{ m}^2} = 4.86 \text{ Tnf/m}^2 = 0.49 \text{ kgf/cm}^2$$

Seguidamente se calculó el coeficiente D_o , según la Ec-14.

$$D_o = \frac{1 - 0.25}{1 - (0.5 \times 0.25)} \times 1.4 \text{ kgf/cm}^3 = 1.20 \text{ kgf/cm}^3$$

Luego se calculó el coeficiente C_x según la ecuación Ec-09 y los coeficientes de

C_z , $C_{\varphi x}$, $C_{\varphi y}$, según las ecuaciones Ec-10, Ec-11 y Ec-12 respectivamente.

$$C_x = 1.20 \text{ kgf/cm}^3 \left[1 + \frac{2(8.16\text{m} + 16.0\text{m})}{1\text{m}^{-1} \times 130.56 \text{ m}^2} \right] \cdot \sqrt{\frac{0.49 \text{ kgf/cm}^2}{0.20 \text{ kgf/cm}^2}} = 2.57345 \text{ kgf/cm}^3 = 2573.45 \text{ Tnf/m}^3$$

$$C_z = 1.4 \text{ kgf/cm}^3 \left[1 + \frac{2(8.16 \text{ m} + 16.0 \text{ m})}{1\text{m}^{-1} \times 130.56\text{m}^2} \right] \cdot \sqrt{\frac{0.49 \text{ kgf/cm}^2}{0.20 \text{ kgf/cm}^2}} = 3.00236 \text{ kgf/cm}^3 = 3002.36 \text{ Tnf/m}^3$$

$$C_{\varphi x} = 1.4 \text{ kgf/cm}^3 \left[1 + \frac{2(8.16\text{m} + (3 \times 16.0\text{m}))}{1\text{m}^{-1} \times 130.56\text{m}^2} \right] \cdot \sqrt{\frac{0.49 \text{ kgf/cm}^2}{0.20 \text{ kgf/cm}^2}} = 4.07655 \text{ kgf/cm}^3 = 4076.55 \text{ Tnf/m}^3$$

$$C_{\varphi y} = 1.4 \text{ kgf/cm}^3 \left[1 + \frac{2(16.0\text{m} + (3 \times 8.16\text{m}))}{1\text{m}^{-1} \times 130.56\text{m}^2} \right] \cdot \sqrt{\frac{0.49 \text{ kgf/cm}^2}{0.20 \text{ kgf/cm}^2}} = 3.55020 \text{ kgf/cm}^3 = 3550.20 \text{ Tnf/m}^3$$

Consecutivamente se determinó las rigideces K_x , K_y , K_z , $K_{\varphi x}$, $K_{\varphi y}$. según las ecuaciones Ec-05, Ec-06, Ec-07 y Ec-08 respectivamente.

$$K_x = K_y = 2573.45 \text{ Tnf/m}^3 \times 130.56\text{m}^2 = 335989.63 \text{ Tnf/m}$$

$$K_z = 3002.36 \text{ Tnf/m}^3 \times 130.56\text{m}^2 = 391988.12 \text{ Tnf/m}$$

$$K_{\varphi x} = 4076.55 \text{ Tnf/m}^3 \times \frac{8.16\text{m} \times (16.0 \text{ m})^3}{12} = 11354333.18 \text{ Tnf.m}$$

$$K_{\varphi y} = 3550.20 \text{ Tnf/m}^3 \times \frac{16.0\text{m} \times (8.16 \text{ m})^3}{12} = 2571947.11 \text{ Tnf.m}$$

Como se puede verificar que las ecuaciones de Barkan – Savinov, no cuenta con una ecuación que nos permita determinar el coeficiente de rigidez rotacional en Z, consecuentemente se restringirá el giro respecto al eje global ZZ.

5.6.4. Modelo dinámico de la Norma Rusa 2.02.05-87

Bajo el presente modelo, se inicia con el cálculo del C_z , con la Ec-20.

$$C_z = 1.0\text{m}^{-1} \times 2500 \text{ Tnf/m}^2 \left(1 + \sqrt{\frac{10 \text{ m}^2}{130.56 \text{ m}^2}} \right) = 3191.89 \text{ Tnf/m}^3$$

Seguidamente se calculó el coeficiente C_x , $C_{\varphi x}$, $C_{\varphi z}$, según las ecuaciones Ec-21, Ec-

22 y Ec-23 respectivamente.

$$C_x = 0.7 \times 3191.89 \text{ Tnf}/m^3 = 2234.32 \text{ Tnf}/m^3$$

$$C_{\varphi x} = C_{\varphi y} = 2 \times 3191.89 \text{ Tnf}/m^3 = 6383.78 \text{ Tnf}/m^3$$

$$C_{\psi z} = 3191.89 \text{ Tnf}/m^3$$

A través de las ecuaciones Ec-15, Ec-16, Ec-17, Ec-18 y Ec-19, se determinó los coeficientes de rigidez.

$$K_x = K_y = 2234.32 \text{ Tnf}/m^3 \times 130.56 \text{ m}^2 = 291712.82 \text{ Tnf}/m$$

$$K_z = 3191.89 \text{ Tnf}/m^3 \times 130.56 \text{ m}^2 = 416733.16 \text{ Tnf}/m$$

$$K_{\varphi x} = 6383.78 \text{ Tnf}/m^3 \times \frac{8.16 \text{ m} \times (16.0 \text{ m})^3}{12} = 17780614.76 \text{ Tnf} \cdot \text{m}$$

$$K_{\varphi y} = 6383.78 \text{ Tnf}/m^3 \times \frac{16.0 \text{ m} \times (8.16 \text{ m})^3}{12} = 4624737.90 \text{ Tnf} \cdot \text{m}$$

$$K_{\psi z} = 3191.89 \text{ Tnf}/m^3 \times \left(\frac{8.16 \text{ m} \times (16.0 \text{ m})^3}{12} + \frac{16.0 \text{ m} \times (8.16 \text{ m})^3}{12} \right) = 11202676.33 \text{ Tnf} \cdot \text{m}$$

5.6.5. Modelo dinámico de A.E. Sargsian

El modelo toma en cuenta que el terreno de fundación actúa de forma inercial elástico, homogéneo e isotrópico; para obtener la rigidez, en primer lugar se determinó la velocidad con la que se propaga las ondas primarias (longitudinales) y las ondas secundarias (transversales), según la ecuación Ec-29 y Ec-30.

$$C_1 = \sqrt{\frac{(1 - 0.25) 2500 \text{ Tnf}/m^2}{(1 + 0.25)(1 - 2 \times 0.25) \times 0.18912 \text{ Tnf s}^2/m^4}} = 125.95 \text{ m/s}$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{2500 \text{ Tnf}/m^2}{2 \times (1 + 0.25) \times 0.18912 \text{ Tnf s}^2/m^4}} = 72.72 \text{ m/s}$$

De seguida, se calculó los coeficientes de rigidez traslacionales y rotacionales según las ecuaciones Ec-24, Ec-25, Ec-26, Ec-27 y Ec-28.

$$K_x = K_y = \frac{28.8 \times 0.18912 \text{ Tnf s}^2/\text{m}^4 \times (72.72 \text{ m/s})^2}{\sqrt{\pi} \times (7 - 8 \times 0.25)} \times \sqrt{130.56 \text{ m}^2} = 37136.23 \text{ Tnf/m}$$

$$K_z = \frac{4 \times 0.18912 \text{ Tnf s}^2/\text{m}^4 \times (72.72 \text{ m/s})^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - 0.25)} \times \sqrt{130.56 \text{ m}^2} = 34385.40 \text{ Tnf/m}$$

$$K_{\varphi x} = \frac{8.52 \times 0.18912 \text{ Tnf s}^2/\text{m}^4 \times \left(72.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - 0.25)} \times \frac{8.16 \text{ m} \times (16.0 \text{ m})^3}{12 \sqrt{130.56 \text{ m}^2}} = 1562472.51 \text{ Tnf.m}$$

$$K_{\varphi y} = \frac{8.52 \times 0.18912 \text{ Tnf s}^2/\text{m}^4 \times \left(72.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - 0.25)} \times \frac{16.0 \text{ m} \times (8.16 \text{ m})^3}{12 \sqrt{130.56 \text{ m}^2}} = 406399.10 \text{ Tnf.m}$$

$$K_{\varphi z} = \frac{4 \times 0.18912 \text{ Tnf s}^2/\text{m}^4 \times \left(72.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\sqrt{\pi} \times (1 - 0.25)} \times \frac{8.16 \text{ m} (16.0 \text{ m})^3 + 16.0 \text{ m} (8.16 \text{ m})^3}{12 \sqrt{130.56 \text{ m}^2}} = 924352.87 \text{ Tnf.m}$$

5.6.6. Modelo dinámico de N.G. Shariya

Para dicho modelo primero se determinó los coeficientes (λ) y (x) según la tabla 4, para una relación de lado mayor y lado menor ($16.0\text{m}/8.16\text{m}=1.96$).

Interpolando se tiene:

$$\lambda = 0.88 + \left[\left(\frac{1.96 - 1}{3 - 1} \right) \times (0.84 - 0.88) \right] = 0.8608$$

$$x = 0.35 + \left[\left(\frac{1.96 - 1}{3 - 1} \right) \times (0.24 - 0.35) \right] = 0.2972$$

A partir de ello, se determina los coeficientes de rigidez mediante las siguientes ecuaciones Ec-31, Ec-32, Ec-33, Ec-34 y Ec-35.

$$K_x = K_y = \frac{0.18912 \text{ Tnf } s^2/m^4 \times (72.72 \text{ m/s})^2}{0.8608 \times (1 - 0.25^2)} \times \sqrt{130.56m^2} = 14160.44 \text{ Tnf/m}$$

$$K_z = \frac{(1 - 2 \times 0.25) \times 0.18912 \text{ Tnf } s^2/m^4 \times (125.95 \text{ m/s})^2}{0.8608 \times (1 - 0.25)^2} \times \sqrt{130.56m^2} = 35398.44 \text{ Tnf/m}$$

$$K_{\varphi x} = \frac{(1 - 2 \times 0.25) \times 0.18912 \text{ Tnf } s^2/m^4 \times (125.95 \text{ m/s})^2}{0.2972 \times (1 - 0.25)^2} \times \frac{8.16m \times (16.0 \text{ m})^3}{12 \times \sqrt{130.56m^2}} = 2187239.12 \text{ Tnf. m}$$

$$K_{\varphi y} = \frac{(1 - 2 \times 0.25) \times 0.18912 \text{ Tnf } s^2/m^4 \times (125.95 \text{ m/s})^2}{0.2972 \times (1 - 0.25)^2} \times \frac{16.0m \times (8.16 \text{ m})^3}{12 \times \sqrt{130.56m^2}} = 568900.90 \text{ Tnf. m}$$

$$K_{\varphi z} = \frac{(1 - 2 \times 0.25) \times 0.18912 \frac{\text{Tnf } s^2}{m^4} \times (125.95 \frac{m}{s})^2}{0.2972 \times (1 - 0.25)^2} \times \frac{8.16m \times (16.0m)^3}{12 \times \sqrt{130.56m^2}} + \frac{16.0m \times (8.16m)^3}{12} = 2756140.02 \text{ Tnf. m}$$

La tabla 39, presenta la síntesis de los cálculos que corresponde a la rigidez del suelo, determinados a partir de los cuatro modelos anteriormente señalados.

Tabla 39. Resultados de la rigidez del suelo.

Modelo	K_x (Tnf/m)	K_y (Tnf/m)	K_z (Tnf/m)	$K_{\varphi x}$ (Tnf. m)	$K_{\varphi y}$ (Tnf. m)	$K_{\varphi z}$ (Tnf. m)
Barkan	335989.63	335989.63	391988.12	11354333.18	2571947.11	--
N. Rusa	291712.82	291712.82	416733.16	17780614.76	4624737.9	11202676.33
Sargsian	37136.23	37136.23	34385.40	1562472.51	406399.10	924352.87
Shariya	14160.44	14160.44	35398.44	2187239.12	568900.90	2756140.02

5.7. Modelamiento de interacción suelo estructura

Para el procedimiento analítico de la ISE, la platea de cimentación fue modelada como un elemento altamente rígido y discretizado en áreas de aproximadamente 0.5m x 0.5m, las masas de la platea tanto trasnacionales como rotacionales fueron asignados directamente al modelo en su centro de gravedad de la platea, en ese sentido los datos que se asignaron fueron:

- ✓ Módulo de elasticidad $E_{\text{cimentación}} = 9 \times 10^8 \text{ Tnf/m}^2$
- ✓ Relación de Poisson $\nu_{\text{cimentación}} = 0.05$
- ✓ Peso específico del concreto = 0 Tnf/m^3

Las masas trasnacionales y rotacionales fueron asignados mediante la opción Assign/Joint/Additional Mass; donde se ingresó los valores mostrados en la (figura 48).

Joint Assignment - Additional Mass

Masses in Global Directions

Direction X, Y tonf-s²/m

Direction Z tonf-s²/m

Mass Moment of Inertia in Global Directions

Rotation about X tonf-m-s²

Rotation about Y tonf-m-s²

Rotation about Z tonf-m-s²

Options

Add to Existing Masses

Replace Existing Masses

Delete Existing Masses

Figura 48 . Asignación de masas trasnacionales y masas rotacionales.

Ahora para asignar rigidez de suelo que anteriormente fueron determinados (tabla 39), se tuvo que definir el vínculo elástico en el programa ETABS mediante la opción Define/Spring Properties/ Add New Property, el cual nos conduce a la ventana como se puede ver en la figura 49, 50, 51 y 52. Posteriormente se selecciona el nodo del centro de gravedad de la platea y se asigna dicho vínculo elástico que previamente fue definido; este procedimiento se realizó para los cuatro modelos tocados en la presente investigación.

E Point Spring Property Data ×

General Data

Property Name: BARKAN Y SAVINOV

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Spring Stiffness Options

User Specified/Link Properties Based on Soil Profile and Footing Dimensions

Simple Spring Stiffness in Global Directions

Translation X: 335989.63 tonf/m

Translation Y: 335989.63 tonf/m

Translation Z: 391988.12 tonf/m

Rotation about X-Axis: 11354333.18 tonf-m/rad

Rotation about Y-Axis: 2571947.11 tonf-m/rad

Rotation about Z-Axis: 0 tonf-m/rad

Single Joint Links at Point

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle

Add
Delete

OK Cancel

Figura 49. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , del modelo de Barkan – Savinov.

E Point Spring Property Data ×

General Data

Property Name: NORMA RUSA

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Spring Stiffness Options

User Specified/Link Properties Based on Soil Profile and Footing Dimensions

Simple Spring Stiffness in Global Directions

Translation X: 291712.82 tonf/m

Translation Y: 291712.82 tonf/m

Translation Z: 416733.16 tonf/m

Rotation about X-Axis: 17780614.7 tonf-m/rad

Rotation about Y-Axis: 4624737.90 tonf-m/rad

Rotation about Z-Axis: 11202676.33 tonf-m/rad

Single Joint Links at Point

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle

Add
Delete

OK Cancel

Figura 50. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , $K_{\psi z}$, del modelo Norma Rusa.

E Point Spring Property Data ×

General Data

Property Name:

Display Color: █

Property Notes:

Spring Stiffness Options

User Specified/Link Properties Based on Soil Profile and Footing Dimensions

Simple Spring Stiffness in Global Directions

Translation X: tonf/m

Translation Y: tonf/m

Translation Z: tonf/m

Rotation about X-Axis: tonf-m/rad

Rotation about Y-Axis: tonf-m/rad

Rotation about Z-Axis: tonf-m/rad

Single Joint Links at Point

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle

Figura 51. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , $K_{\psi z}$, del modelo Sargsian.

E Point Spring Property Data ×

General Data

Property Name:

Display Color: █

Property Notes:

Spring Stiffness Options

User Specified/Link Properties Based on Soil Profile and Footing Dimensions

Simple Spring Stiffness in Global Directions

Translation X: tonf/m

Translation Y: tonf/m

Translation Z: tonf/m

Rotation about X-Axis: tonf-m/rad

Rotation about Y-Axis: tonf-m/rad

Rotation about Z-Axis: tonf-m/rad

Single Joint Links at Point

Link Property	Axial Direction	Axis 2 Angle

Figura 52. Definición de la rigidez del suelo, K_x , K_y , K_z , K_{jx} , K_{jy} , $K_{\psi z}$, del modelo Shariya.

5.8. Resultados de la investigación

Luego de realizar las asignaciones de la rigidez del suelo y analizar mediante el registro sísmico de diseño Lima de 1974 caso 1 para la dirección de análisis XX, se continuo con la interpretación y extracción de los resultados los cuales se detalla.

Tabla 40. Periodos del modelo empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.

Modo de vibración	Modelo del edificio con disipadores				
	Empotrado	ISE. Barkan-Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
1 Modo	0.498	0.560	0.539	0.804	0.792

Tabla 41. Aceleración a nivel de diafragma (m/s²) en XX del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipador e ISE.

Nº de nivel	Modelo con disipadores tipo fluido viscoso				
	Base empotrado	ISE. Barkan-Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Aceleración de diafragma del último nivel	10.91	10.25	10.56	6.38	6.96

Tabla 42. Fuerzas en las columnas del modelo base empotrado con disipadores.

Col.	Fuerzas axiales (Tnf)				Fuerzas cortantes XX(Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	4.0	13.0	26.5	42.0	3.7	3.0	5.1	3.8	4.6	3.9	6.9	10.2
C3	11.0	31.4	59.2	89.1	2.7	4.8	8.2	4.5	3.3	5.8	11.4	11.0
C5	3.4	8.3	14.0	20.4	6.8	8.1	11.8	7.2	8.7	9.6	15.8	18.5
C6	2.6	5.2	7.1	8.1	4.7	7.0	11.1	7.3	6.4	7.9	14.7	19.3
C7	12.5	32.7	56.1	78.2	3.7	6.5	8.9	10.5	7.0	10.1	11.1	31.8
C8	7.0	17.4	27.4	34.7	4.0	6.5	8.9	10.5	7.2	10.2	11.1	31.7
C9	5.3	13.9	26.6	43.4	4.2	6.7	10.2	10.6	7.3	10.3	12.3	31.1
C11	13.2	31.8	51.8	70.6	25.4	22.4	26.3	11.5	29.5	29.8	38.4	32.6
C12	7.8	18.4	28.2	34.9	3.3	5.4	8.5	8.8	5.7	8.5	10.2	25.8
C13	4.6	16.5	36.6	58.2	5.7	8.5	13.3	6.2	6.8	10.9	18.5	14.3
C15	2.5	4.9	9.5	14.8	2.1	4.5	6.0	8.8	5.0	8.0	8.3	27.7
C16	8.4	21.1	36.3	51.4	3.6	6.1	7.9	9.8	6.9	9.6	10.2	26.7
C18	5.5	12.2	18.1	22.5	9.0	12.6	19.1	13.3	12.3	15.7	24.0	35.6
C19	7.2	20.4	36.6	52.2	8.7	12.6	18.9	13.2	11.9	15.6	24.7	35.5
C22	5.2	12.5	21.7	31.7	2.2	2.9	4.1	4.7	4.2	4.8	5.4	14.2

Tabla 43. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Barkan-Savinov.

Col.	Fuerzas axiales (Tnf)				fuerzas cortantes X-X (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	4.2	13.6	27.7	43.9	4.5	3.6	5.7	4.0	5.5	5.0	7.7	10.8
C3	11.5	32.8	61.8	93.1	3.4	5.5	9.0	4.9	4.1	6.7	12.5	11.9
C5	3.4	8.4	14.2	20.6	7.2	8.8	12.9	7.7	9.1	10.4	17.2	19.9
C6	2.7	5.8	8.5	9.9	5.1	7.5	11.5	7.7	6.9	9.1	15.3	20.3
C7	13.0	34.1	58.4	81.5	3.9	6.8	9.1	10.6	7.4	10.3	11.1	32.1
C8	8.3	21.0	34.1	44.6	4.1	6.9	9.2	10.6	7.7	10.4	11.2	32.2
C9	5.7	14.8	27.9	45.1	4.5	7.2	10.6	10.8	8.0	10.7	12.9	31.9
C11	14.4	35.0	57.5	78.9	26.2	23.1	27.1	11.7	29.4	30.7	39.7	33.2
C12	9.2	22.1	35.4	46.1	3.9	6.2	9.4	9.5	6.8	9.3	11.8	28.2
C13	4.8	17.0	37.6	64.0	6.2	9.0	13.8	6.4	7.4	11.6	19.2	14.8
C15	3.0	6.4	10.7	16.0	2.4	5.0	6.3	9.2	5.6	8.5	8.6	29.1
C16	8.7	21.8	37.6	52.9	4.0	6.5	8.2	10.0	7.5	10.0	10.5	30.8
C18	6.3	14.4	22.4	29.0	9.4	13.3	19.6	13.5	13.0	16.3	25.8	36.1
C19	7.6	21.3	38.2	54.5	9.2	13.2	19.3	13.4	12.7	16.1	25.4	35.9
C22	5.5	13.2	22.8	33.4	2.4	3.1	4.2	5.0	4.4	5.2	5.8	15.2

Tabla 44. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Norma Rusa.

Col.	Fuerzas axiales (Tnf)				fuerzas cortantes X-X (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	4.2	13.7	28.0	44.4	4.1	3.3	5.4	4.0	5.1	4.3	7.3	10.7
C3	11.6	33.1	62.6	94.1	3.2	5.3	8.9	4.8	3.8	6.4	12.3	11.8
C5	3.4	8.4	14.1	20.5	7.3	8.6	12.6	7.7	9.3	10.3	16.9	19.7
C6	2.6	5.3	7.6	8.3	4.9	7.3	11.2	7.7	6.8	8.9	15.0	20.2
C7	13.1	34.3	58.8	82.2	3.7	6.5	9.0	10.6	7.1	10.1	11.1	31.9
C8	7.4	18.7	29.6	38.0	4.1	6.6	9.0	10.6	7.4	10.2	11.2	32.0
C9	5.6	14.4	27.1	43.9	4.3	7.0	10.4	10.8	7.7	10.4	12.7	31.8
C11	13.9	30.9	54.9	75.0	26.0	22.8	26.8	11.7	31.9	30.4	39.2	31.7
C12	8.4	20.0	31.4	39.7	3.7	6.0	9.1	9.4	6.5	9.2	11.0	27.8
C13	4.8	17.2	38.1	64.9	6.0	8.8	13.6	6.4	7.8	11.3	18.8	14.7
C15	2.6	5.3	9.9	15.0	2.3	4.8	6.3	9.2	5.4	8.3	8.5	28.9
C16	8.8	22.1	38.1	53.7	3.8	6.3	8.1	10.0	7.3	9.8	10.4	30.7
C18	6.0	13.1	19.6	24.6	9.0	12.8	19.2	13.4	12.5	15.8	25.2	35.9
C19	7.6	21.5	38.6	55.2	8.8	12.7	19.0	13.3	12.2	15.7	24.8	35.8
C22	5.5	13.2	22.9	33.6	2.4	3.1	4.2	5.0	4.4	5.1	5.7	15.1

Tabla 45. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Sargsian.

Col.	Fuerzas axiales (Tnf)				fuerzas cortantes X-X (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	2.3	7.3	14.5	22.6	3.4	3.2	4.1	1.7	4.2	4.2	5.6	4.4
C3	6.9	18.2	31.9	47.2	1.8	2.8	4.1	2.0	2.1	3.5	5.8	5.1
C5	2.7	6.7	11.4	16.6	4.3	4.9	6.3	3.3	5.4	6.1	8.6	8.5
C6	2.4	5.4	8.6	11.4	3.9	4.2	5.4	3.1	4.8	5.3	7.5	8.4
C7	7.0	18.2	30.2	40.5	2.5	3.8	4.2	4.5	4.3	4.9	5.6	13.1
C8	8.3	21.4	36.3	50.1	2.7	3.9	4.3	4.4	4.5	5.0	5.6	13.2
C9	3.4	8.2	14.3	21.6	2.9	4.0	5.0	4.3	4.6	5.1	6.7	13.1
C11	12.1	29.8	49.7	69.3	21.8	19.6	23.3	10.8	26.9	25.0	33.6	30.2
C12	7.5	18.7	31.4	43.2	2.2	3.3	4.4	4.0	3.7	4.5	5.8	12.0
C13	3.0	9.7	20.5	33.3	3.6	4.7	6.3	2.6	4.4	6.2	8.8	6.1
C15	2.9	6.5	10.9	15.6	1.6	2.7	3.0	3.7	3.2	4.0	3.7	12.1
C16	4.6	11.5	19.6	27.1	2.5	3.6	3.9	4.0	4.2	4.8	4.9	12.7
C18	5.4	14.2	24.4	34.0	5.8	7.2	9.0	5.5	7.7	8.8	12.4	14.9
C19	5.1	12.1	19.5	26.4	5.7	7.1	8.9	5.5	7.5	8.7	12.2	14.8
C22	3.1	6.8	11.7	16.9	1.3	1.8	2.2	2.1	2.4	2.6	2.8	6.4

Tabla 46. Fuerzas en las columnas del modelo con disipadores e ISE. Shariya.

Col.	Fuerzas axiales (Tnf)				fuerzas cortantes X-X (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	1.9	6.4	13.3	21.3	2.4	2.5	3.5	1.8	3.0	3.1	4.8	5.0
C3	5.3	14.7	28.5	43.6	1.8	3.7	4.4	2.2	2.2	3.6	6.1	5.5
C5	1.9	4.8	8.3	12.3	4.1	4.8	6.5	3.6	5.2	5.9	8.9	9.3
C6	1.7	3.6	5.4	7.5	3.2	4.3	5.8	3.6	4.3	5.1	8.0	9.7
C7	5.6	14.7	25.6	36.2	2.6	4.1	4.8	5.1	4.6	5.6	6.1	15.6
C8	5.1	13.3	23.1	32.8	2.7	4.2	4.8	5.1	4.7	5.7	6.1	15.7
C9	3.5	9.0	16.1	24.7	2.9	4.3	5.5	5.1	4.8	5.8	7.2	15.4
C11	8.5	20.9	35.0	49.0	15.6	14.1	17.4	8.1	19.3	18.4	25.0	22.6
C12	5.1	12.6	21.7	31.1	2.2	3.4	4.6	4.3	3.7	4.7	5.9	12.9
C13	2.3	9.1	20.3	34.1	3.9	5.2	7.1	3.1	4.7	6.8	10.0	7.1
C15	1.9	4.6	7.9	11.7	1.6	2.9	3.2	4.3	3.3	4.4	3.8	13.7
C16	4.3	11.0	19.0	26.6	2.6	3.9	4.3	4.7	4.5	5.4	5.2	14.8
C18	3.8	9.0	15.3	22.0	6.0	7.9	10.2	6.5	8.0	9.4	13.9	17.6
C19	3.8	9.4	16.8	24.4	5.9	7.8	4.1	6.5	7.9	9.3	13.8	17.6
C22	2.4	6.0	10.6	15.7	1.2	1.7	2.2	2.3	2.2	2.7	2.7	7.1

Tabla 47. Fuerzas axiales (Tnf) en la columna C9 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipador e ISE.

Modelo con disipadores tipo fluido viscoso					
N° de nivel	Base empotrado	ISE. Barkan-Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Nivel 1	43.4	45.1	43.9	21.6	24.7
Nivel 2	26.6	27.9	27.1	14.3	16.1
Nivel 3	13.9	14.8	14.4	8.2	9.0
Nivel 4	5.3	5.7	5.6	3.4	3.5

Tabla 48. Fuerzas cortantes en XX (Tnf) en la columna C9 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipador e ISE.

Modelo con disipadores tipo fluido viscoso					
N° de nivel	Base empotrado	ISE. Barkan-Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Nivel 1	10.6	10.8	10.8	4.3	5.1
Nivel 2	10.2	10.6	10.4	5.0	5.5
Nivel 3	6.7	7.2	7.0	4.0	4.3
Nivel 4	4.2	4.5	4.3	2.9	2.9

Tabla 49. Momento flector (Tnf.m) en la columna C9 para el eje rotacional 3-3, del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.

Modelo con disipadores tipo fluido viscoso					
N° de nivel	Base empotrado	ISE. Barkan-Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Nivel 1	31.1	31.9	31.8	13.1	15.4
Nivel 2	12.3	12.9	12.7	6.7	7.2
Nivel 3	10.3	10.7	10.4	5.1	5.8
Nivel 4	7.3	8.0	7.7	4.6	4.8

Tabla 50. Fuerzas en las vigas del modelo base empotrado con disipadores.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	5.8	9.4	13.0	14.6	7.3	11.6	16.1	18.4
B2	7.5	14.9	22.1	22.8	5.6	11.1	16.4	18.3
B3	5.4	9.2	13.0	14.7	6.8	11.3	15.9	18.4
B4	5.2	8.4	11.2	11.5	6.9	11.0	14.1	16.4
B5	5.6	15.6	27.4	35.1	4.4	9.9	17.0	23.0

B7	5.7	9.7	13.8	17.6	7.5	13.3	18.9	24.9
B8	2.7	4.4	6.2	7.0	5.0	8.1	11.4	13.1
B11	3.4	5.5	7.1	7.6	4.6	8.0	11.2	12.4
B12	4.8	10.9	18.3	22.6	4.6	10.4	17.5	23.0
B17	4.3	7.7	11.2	14.2	5.7	10.5	15.3	20.2
B25	2.9	4.8	7.4	9.2	3.7	6.8	11.5	14.9
B45	3.6	5.9	7.6	8.4	6.6	10.7	13.9	15.8

Tabla 51. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Barkan – Savinov.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	6.0	10.0	13.5	15.0	7.6	12.3	16.7	18.9
B2	7.8	15.9	22.9	25.2	5.8	11.8	16.9	18.7
B3	5.8	9.7	15.0	15.0	6.5	11.9	16.5	18.7
B4	5.6	9.1	11.8	12.0	7.6	11.9	15.7	17.0
B5	6.1	16.5	28.4	35.9	4.8	10.5	17.7	23.6
B7	6.2	10.5	14.6	18.2	8.2	14.3	19.9	25.9
B8	3.0	4.9	6.7	7.5	5.7	8.9	12.3	14.0
B11	3.6	6.0	8.4	8.4	5.4	9.1	12.3	13.5
B12	6.0	12.7	20.3	24.7	5.8	12.2	19.4	25.1
B17	5.1	8.9	15.6	15.6	6.8	12.1	17.1	22.2
B25	3.6	5.0	7.6	9.4	4.6	7.8	11.7	15.2
B45	3.8	6.1	8.1	9.2	7.0	11.2	14.7	17.4

Tabla 52. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Norma Rusa.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	5.8	9.6	13.2	14.8	7.3	11.8	16.3	18.6
B2	7.5	15.3	22.3	24.9	5.6	11.3	16.5	18.4
B3	5.6	9.4	13.1	14.8	7.0	11.5	16.0	18.5
B4	5.4	8.8	11.5	11.8	7.3	11.5	15.3	16.8
B5	5.9	16.0	27.7	35.5	4.6	10.2	17.2	23.3
B7	6.0	10.1	14.2	18.0	7.9	13.8	19.4	25.5
B8	2.9	4.7	6.5	7.3	5.2	8.7	12.0	13.7
B11	3.7	6.0	7.7	8.2	5.2	8.8	12.1	13.2
B12	5.6	12.1	19.8	24.3	5.5	11.6	19.0	24.6
B17	4.9	8.6	12.3	15.3	6.5	11.7	16.7	21.7
B25	3.1	5.0	7.5	9.3	3.9	7.6	11.5	15.0
B45	3.8	6.2	8.0	9.0	7.0	11.4	14.6	17.0

Tabla 53. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Sargsian.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	3.6	5.5	6.7	6.6	4.5	6.8	8.3	8.3
B2	4.7	8.9	11.2	11.0	3.5	6.6	8.3	8.2
B3	3.4	5.4	6.6	6.6	4.3	6.6	8.1	8.2
B4	3.2	4.9	5.8	5.4	4.3	6.5	7.7	6.3
B5	4.5	9.5	13.3	15.2	3.0	5.7	8.4	10.0
B7	3.6	5.7	7.2	8.1	3.7	7.8	9.8	11.5
B8	1.8	2.7	3.3	3.4	3.3	4.9	6.0	6.2
B11	2.1	3.4	4.1	3.9	3.2	5.0	6.1	6.1
B12	3.1	6.6	9.6	10.8	3.1	6.3	9.2	7.5
B17	2.9	4.7	6.1	7.0	3.8	6.5	8.3	9.9
B25	3.8	5.4	5.9	6.3	5.0	7.2	8.4	8.8
B45	2.1	3.5	4.2	4.4	3.9	6.3	7.7	8.3

Tabla 54. Fuerzas en las vigas del modelo con disipadores e ISE. Shariya.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	3.7	5.9	7.4	7.6	4.7	7.3	9.2	9.5
B2	4.9	9.5	12.5	12.7	3.7	7.1	9.3	9.4
B3	3.6	5.8	7.4	7.6	4.5	7.1	9.1	9.5
B4	3.4	5.3	6.4	6.1	4.6	7.0	8.5	8.6
B5	4.2	10.1	15.3	17.8	3.2	6.4	9.6	9.5
B7	3.8	6.1	7.9	9.1	5.0	8.4	10.8	13.0
B8	1.8	2.8	3.6	3.7	3.4	5.1	6.5	6.9
B11	2.0	3.3	4.1	4.1	3.1	5.1	6.4	6.6
B12	3.3	6.9	10.2	11.8	3.2	6.5	9.8	8.1
B17	2.9	4.8	6.3	7.5	3.8	6.5	8.7	10.6
B25	2.4	3.7	4.6	5.0	3.1	5.1	5.7	7.6
B45	2.0	3.3	4.2	4.5	3.6	6.1	7.7	8.6

Tabla 55. Fuerzas cortantes (Tnf) de la viga B4 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.

N° de nivel	Base empotrado	Modelo con disipadores tipo fluido viscoso			
		ISE. Barkan – Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Nivel 1	11.54	12.03	11.88	5.40	6.08
Nivel 2	11.18	11.85	11.51	5.84	6.42
Nivel 3	8.42	9.10	8.80	4.94	5.29
Nivel 4	5.16	5.64	5.45	3.20	3.36

Tabla 56. Momento flector (Tnf. m) de la viga B4 del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.

N° de nivel	Base empotrado	Modelo con disipadores tipo fluido viscoso			
		ISE. Barkan – Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Nivel 1	16.35	17.02	16.76	6.30	8.56
Nivel 2	14.11	15.73	15.28	7.74	8.54
Nivel 3	11.03	11.91	11.53	6.47	6.95
Nivel 4	6.92	7.56	7.31	4.33	4.55

Tabla 57. Fuerza cortante en VX y momento flector en MY del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.

N° de nivel	Modelo con disipadores tipo fluido viscoso									
	Base empotrado		ISE. Barkan - Savinov		ISE. Norma Rusa		ISE. Sargsian		ISE. Shariya	
	Vx	My	Vx	My	Vx	My	Vx	My	Vx	My
Nivel 4	79.75	371.66	89.75	382.38	85.42	378.36	67.35	309.27	68.02	308.10
Nivel 3	175.13	763.05	186.75	814.34	183.01	790.19	112.00	543.50	118.67	554.57
Nivel 2	246.32	1343.85	254.28	1427.17	252.35	1396.49	124.36	803.66	137.30	855.49
Nivel 1	295.62	2537.35	311.60	2670.99	306.03	2625.43	130.70	1291.78	151.34	1417.77

Tabla 58. Deriva en XX del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.

N° de nivel	Base empotrado	Modelo con disipadores tipo fluido viscoso			
		ISE. Barkan – Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Nivel 1	0.00460	0.00579	0.00533	0.00484	0.00460
Nivel 2	0.00564	0.00683	0.00629	0.00553	0.00533
Nivel 3	0.00443	0.00569	0.00510	0.00525	0.00495
Nivel 4	0.00301	0.00423	0.00366	0.00466	0.00422

Tabla 59. Desplazamiento en XX del modelo base empotrado con disipadores vs. modelo con disipadores e ISE.

N° de nivel	Base empotrado	Modelo con disipadores tipo fluido viscoso			
		ISE. Barkan – Savinov	ISE. Norma Rusa	ISE. Sargsian	ISE. Shariya
Base	0.0000	0.0009	0.0012	0.0053	0.0089
Nivel 1	0.0197	0.0251	0.0232	0.0231	0.0281
Nivel 2	0.0349	0.0435	0.0402	0.0373	0.0424
Nivel 3	0.0468	0.0589	0.0539	0.0514	0.0558
Nivel 4	0.0548	0.0703	0.0638	0.0640	0.0672

5.9. Contrastación de resultados

Se realizó el proceso de contrastación de las hipótesis a través de la prueba estadística de independencia, más conocida como la prueba de chi cuadrado; el presente método estadístico se utilizó debido a que se busca si las dos variables dependiente e independiente están relacionadas o no. El chi cuadrado de prueba se determina mediante la ecuación 43, los resultados siempre darán positivo en vista que la ecuación es una suma de cuadrado, en tal sentido tales resultados darán resultados mayor o igual a cero:

$$X_p^2 = \sum \frac{(o - e)^2}{e} \quad \text{..... Ec-43}$$

Donde:

X_p^2 : Chi cuadrado de prueba.

O : Frecuencias observadas.

E : Frecuencias esperadas.

La siguiente ecuación ayuda a calcular el grado de libertad:

$$v = (N^{\circ} \text{ filas} - 1) \times (N^{\circ} \text{ columnas} - 1) \quad \text{..... Ec-44}$$

Para la presente investigación se eligió una significación $\alpha = 5\%$, es decir tener una confianza de 95%. Asimismo, es necesario conocer las frecuencias observadas y esperadas para obtener el chi cuadrado de prueba.

5.9.1. Contrastación de hipótesis general

Para obtener el chi cuadrado de prueba se tabuló los datos obtenidos que detalla las tablas 40 y 41, correspondiente a los periodos y aceleraciones a nivel de diafragma; consecuentemente las tabulaciones se muestran en las tablas 60 y 61.

Las tabulaciones se realizaron considerando si los modelos de ISE no influye en el comportamiento sísmico simplemente incrementando las propiedades dinámicas o influye;

se asignó la letra “I” cuando tales propiedades se incrementan respecto al modelo base empotrado y la letra “D” cuando disminuye.

Tabla 60. Influencia de la ISE en los periodos.

Modos de vibración	Modelos de ISE.			
	Barkan-Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
1 modo	I	I	I	I

Tabla 61. Influencia de la ISE en las aceleraciones a nivel de diafragma.

N° de nivel	Modelos de ISE.			
	Barkan-Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
Aceleración a nivel de diafragma	D	D	D	D

Con las tablas 60 y 61 se llegó a la tabla 62, frecuencias observadas.

Tabla 62. Frecuencias observadas.

	Modelos de ISE.				
	Barkan-Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya	Total
Incrementa periodo y aceleración	0	0	0	0	0
Incrementa periodo y disminuye aceleración	1	1	1	1	4
Total	1	1	1	1	4

Seguidamente se determinó la frecuencia esperada, como se muestran en la tabla 63.

Tabla 63. Frecuencias esperadas.

	Modelos de ISE.			
	Barkan-Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
Incrementa periodo y aceleración	$\frac{(1 \times 0)}{4} = 0$	$\frac{(1 \times 0)}{4} = 0$	$\frac{(1 \times 0)}{4} = 0$	$\frac{(1 \times 0)}{4} = 0$
Incrementa periodo y disminuye aceleración	$\frac{(1 \times 4)}{4} = 1$	$\frac{(1 \times 4)}{4} = 1$	$\frac{(1 \times 4)}{4} = 1$	$\frac{(1 \times 4)}{4} = 1$

Teniendo la tabla 62 y 63, se calculó el chi cuadrado de prueba con la ecuación 43.

$$X_p^2 = \frac{(0-0)^2}{0} + \frac{(0-0)^2}{0} + \frac{(0-0)^2}{0} + \frac{(0-0)^2}{0} + \frac{(1-1)^2}{1} + \frac{(1-1)^2}{1} + \frac{(1-1)^2}{1} + \frac{(1-1)^2}{1} = 0.00$$

Según la ecuación 44, el grado de libertad es $\nu = (2 - 1) \times (4 - 1) = 3$. El chi cuadrado crítico X_c^2 de acuerdo a la tabla 83 para una significancia de 5% y 1 grados de libertad es 7.815. En tal sentido, se verificó que el chi cuadrado de prueba llega por la zona de aceptación, por consiguiente se acepta la hipótesis nula.

5.9.2. Contrastación de hipótesis específica 01.

Se tabuló las tablas 43, 44, 45 y 46, respecto a la tabla 42, que corresponden a las columnas de concreto, los resultados se presentan en las tablas 64, 65, 66, y 67. De forma similar, se realizó la tabulación para las vigas, con las tablas 51, 52, 53 y 54 respecto a la tabla 50, los resultados se detallan mediante las tablas 69, 70, 71 y 72.

La tabulación fue desarrollada considerando si los modelos de ISE no influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales o influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales. Si la fuerza actuante con la ISE se incrementa respecto al modelo base empotrado se asigna la letra “I”, sin embargo, si hay una disminución se asigna letra “D”.

Tabla 64. Influencia de la ISE modelo Barkan-Savinov en las fuerzas de las columnas.

Col.	Fuerzas axiales (Tnf)				Fuerzas cortantes XX (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C3	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C5	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C6	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C7	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C8	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C9	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C11	I	I	I	I	I	I	I	I	D	I	I	I

C12	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C13	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C15	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C16	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C18	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C19	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C22	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla 65. Influencia de la ISE modelo Norma Rusa en las fuerzas de las columnas.

Col.	fuerzas axiales (Tnf)				Fuerzas cortantes XX (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C3	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C5	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C6	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C7	I	I	I	I	I	I	I	I	I	D	I	I
C8	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C9	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C11	I	D	I	I	I	I	I	I	I	I	I	D
C12	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C13	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C15	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C16	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C18	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C19	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
C22	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla 66. Influencia de la ISE modelo Sargsian en las fuerzas de las columnas.

Col.	Fuerzas axiales (Tnf)				Fuerzas cortantes XX (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	D	D	D	D	D	I	D	D	D	I	D	D
C3	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C5	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C6	D	I	I	I	D	D	D	D	D	D	D	D
C7	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C8	I	I	I	I	D	D	D	D	D	D	D	D
C9	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C11	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C12	D	I	I	I	D	D	D	D	D	D	D	D
C13	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C15	I	I	I	I	D	D	D	D	D	D	D	D

C16	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C18	D	I	I	I	D	D	D	D	D	D	D	D
C19	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C22	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

Tabla 67. Influencia de la ISE modelo Shariya en las fuerzas de las columnas.

COL.	Fuerzas axiales (Tnf)				Fuerzas cortantes XX (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
C2	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C3	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C5	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C6	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C7	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C8	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C9	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C11	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C12	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C13	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C15	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C16	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C18	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C19	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
C22	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

En vista que tabuló los datos correspondientes a las columnas se procedió a realizar el resumen (tabla 68).

Tabla 68. Resumen del número de incremento y disminución de las fuerzas actuantes en columnas al considerar ISE respecto al modelo empotrado.

Fuerzas	Condición	Modelos de ISE.			
		Barkan-Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
Axial	Incrementa (I)	60	59	17	0
	Disminuye (D)	0	1	43	60
Corte	Incrementa (i)	60	60	1	0
	Disminuye (D)	0	0	59	60
Momento	Incrementa (i)	59	58	1	0
	Disminuye (D)	1	2	59	60

Tabla 69. Influencia de la ISE modelo Barkan-Savinov en las fuerzas de las vigas.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	I	I	I	I	I	I	I	I
B2	I	I	I	I	I	I	I	I
B3	I	I	I	I	D	I	I	I
B4	I	I	I	I	I	I	I	I
B5	I	I	I	I	I	I	I	I
B7	I	I	I	I	I	I	I	I
B8	I	I	I	I	I	I	I	I
B11	I	I	I	I	I	I	I	I
B12	I	I	I	I	I	I	I	I
B17	I	I	I	I	I	I	I	I
B25	I	I	I	I	I	I	I	I
B45	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla 70. Influencia de la ISE modelo Norma Rusa en las fuerzas de las vigas.

VIGA	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	I	I	I	I	I	I	I	I
B2	I	I	I	I	I	I	I	I
B3	I	I	I	I	I	I	I	I
B4	I	I	I	I	I	I	I	I
B5	I	I	I	I	I	I	I	I
B7	I	I	I	I	I	I	I	I
B8	I	I	I	I	I	I	I	I
B11	I	I	I	I	I	I	I	I
B12	I	I	I	I	I	I	I	I
B17	I	I	I	I	I	I	I	I
B25	I	I	I	I	I	I	I	I
B45	I	I	I	I	I	I	I	I

Tabla 71. Influencia de la ISE modelo Sargsian en las fuerzas de las vigas.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	D	D	D	D	D	D	D	D
B2	D	D	D	D	D	D	D	D
B3	D	D	D	D	D	D	D	D
B4	D	D	D	D	D	D	D	D
B5	D	D	D	D	D	D	D	D
B7	D	D	D	D	D	D	D	D
B8	D	D	D	D	D	D	D	D
B11	D	D	D	D	D	D	D	D

B12	D	D	D	D	D	D	D	D
B17	D	D	D	D	D	D	D	D
B25	I	I	D	D	I	I	D	D
B45	D	D	D	D	D	D	D	D

Tabla 72. Influencia de la ISE modelo Shariya en las fuerzas de las vigas.

Viga	Fuerzas cortantes (Tnf)				Momento flector (Tnf.m)			
	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
B1	D	D	D	D	D	D	D	D
B2	D	D	D	D	D	D	D	D
B3	D	D	D	D	D	D	D	D
B4	D	D	D	D	D	D	D	D
B5	D	D	D	D	D	D	D	D
B7	D	D	D	D	D	D	D	D
B8	D	D	D	D	D	D	D	D
B11	D	D	D	D	D	D	D	D
B12	D	D	D	D	D	D	D	D
B17	D	D	D	D	D	D	D	D
B25	D	D	D	D	D	D	D	D
B45	D	D	D	D	D	D	D	D

En vista que se tabuló los datos correspondientes a las vigas se procedió a realizar el resumen (tabla 73).

Tabla 73. Resumen del número de incremento y disminución de las fuerzas actuantes en vigas al considerar ISE respecto al modelo empotrado.

Fuerzas	Condicion	Modelos ISE.			
		Barkan-Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
Axial	Incrementa (I)	0	0	0	0
	Disminuye (D)	0	0	0	0
Corte	Incrementa (I)	48	48	2	0
	Disminuye (D)	0	0	46	48
Momento	Incrementa (I)	47	48	2	0
	Disminuye (D)	1	0	46	48

Con las tablas 68 y 73 se obtuvo la tabla 74, frecuencias observadas.

Tabla 74. Frecuencias observadas.

	Axial	Corte	Momento	Total
No influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales	104	213	217	534
Influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales	136	219	215	570
Total	240	432	432	1104

Seguidamente se determinó la frecuencia esperada (tabla 75).

Tabla 75. Frecuencias esperadas.

	Axial	Corte	Momento
No influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales	$\frac{240 \times 534}{1104} = 116.09$	$\frac{432 \times 534}{1104} = 208.96$	$\frac{432 \times 534}{1104} = 208.96$
Influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales	$\frac{240 \times 570}{1104} = 123.91$	$\frac{432 \times 570}{1104} = 223.04$	$\frac{432 \times 570}{1104} = 223.04$

Teniendo la tabla 74 y 75, se calculó el chi cuadrado de prueba con la ecuación 43.

$$X_p^2 = \frac{(104 - 116.09)^2}{116.09} + \frac{(213 - 208.96)^2}{208.96} + \frac{(217 - 208.96)^2}{208.96} + \frac{(136 - 123.91)^2}{123.91} + \frac{(219 - 223.04)^2}{223.04} + \frac{(215 - 223.04)^2}{223.04} = 3.19$$

Según la ecuación 44, el grado de libertad es, $v = (2 - 1) \times (3 - 1) = 2$. El chi cuadrado crítico X_c^2 según la tabla 83 para una significancia de 5% y 2 grados de libertad es 5.991.

Se determinó que el chi cuadrado de prueba es 3.19, en efecto llega en el sector admisible, en tal sentido, se acoge la hipótesis nula.

5.9.3. Contrastación de hipótesis específica 02

Para obtener el chi cuadrado de prueba, se tabuló los datos que se encuentra en la tabla 57, dicha tabulación se muestra en la tabla 76. Las tabulaciones se realizaron considerando si

la incorporación del modelo de ISE, no influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y de los niveles de entrepisos o influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y de los niveles de entrepisos. Si la reacciones en los entrepisos con la ISE se incrementa respecto al modelo base empotrado se asigna la letra “I”, sin embargo, si hay una disminución se asigna letra “D”.

Tabla 76. Incremento y disminución de las fuerzas actuantes por nivel al considerar ISE respecto al modelo empotrado.

N° de nivel	Fuerzas	Modelos de ISE.			
		Barkan – Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
Nivel 1	corte	I	I	D	D
	momento	I	I	D	D
Nivel 2	corte	I	I	D	D
	momento	I	I	D	D
Nivel 3	corte	I	I	D	D
	momento	I	I	D	D
Nivel 4	corte	I	I	D	D
	momento	I	I	D	D

La tabla 76 permitio conducirnos a la tabla 77, frecuencias observadas el cual se muestra a continuación.

Tabla 77. Frecuencias observadas.

	Fuerza de corte	Fuerza de momento	Total
No influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entrepisos	8	8	16
Influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entrepisos	8	8	16
Total	16	16	32

Seguidamente se determinó la frecuencia esperada (tabla 78).

Tabla 78. Frecuencias esperadas.

	Fuerza de corte	Fuerza de momento
No influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos	$\frac{16 \times 16}{32} = 8$	$\frac{16 \times 16}{32} = 8$
Influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos	$\frac{16 \times 16}{32} = 8$	$\frac{16 \times 16}{32} = 8$

Teniendo la tabla 78, se calculó el chi cuadrado de prueba con la ecuación 43.

$$X_p^2 = \frac{(8-8)^2}{8} + \frac{(8-8)^2}{8} + \frac{(8-8)^2}{8} + \frac{(8-8)^2}{8} = 0.00$$

Según la ecuación 44, el grado de libertad es, $v = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1$. El chi cuadrado crítico X_c^2 de acuerdo a la tabla 83 para una significancia de 5% y 1 grados de libertad es 3.841. Se determinó que el chi cuadrado de prueba es 0.00, en efecto llega en el sector de admisión, consecuentemente se acoge la hipótesis nula.

5.9.4. Contrastación de hipótesis específica 03

Para obtener el chi cuadrado de prueba se tabuló los datos que se encuentra en la tabla 58 y 59 correspondientes a las derivas y desplazamientos, dicha tabulación se muestra en la tabla 79 y 80. Las tabulaciones se realizaron considerando si la incorporación de los modelos de ISE, no influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo o influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo. Si las derivas y/o desplazamientos con la ISE se incrementa respecto al modelo base empotrado se asigna la letra “I”; sin embargo, si hay una disminución se asigna letra “D”.

Tabla 79. Tabulación de incremento y disminución de las derivas al considerar ISE respecto al modelo empotrado.

N° de nivel	Modelos de ISE.			
	Barkan – Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
Nivel 1	I	I	I	D
Nivel 2	I	I	D	D
Nivel 3	I	I	I	I
Nivel 4	I	I	I	I

Tabla 80. Tabulación de incremento y disminución de los desplazamientos al considerar ISE respecto al modelo empotrado.

N° de nivel	Modelos de ISE.			
	Barkan – Savinov	Norma Rusa	Sargsian	Shariya
Base	I	I	I	I
Nivel 1	I	I	I	I
Nivel 2	I	I	I	I
Nivel 3	I	I	I	I
Nivel 4	I	I	I	I

Con las tablas 79 y 80 se obtuvo la tabla 81, frecuencias observadas.

Tabla 81. Frecuencias observadas.

	Desplazamiento	Deriva	Total
No influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo	0.00	3	3
Influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo	16	13	29
Total	16	16	32

Seguidamente se determinó la frecuencia esperada (tabla 82).

Tabla 82. Frecuencias esperadas.

	Desplazamiento	Deriva
No influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo	$\frac{16 \times 3}{32} = 1.5$	$\frac{16 \times 3}{32} = 15$
Influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo	$\frac{16 \times 29}{32} = 14.5$	$\frac{16 \times 29}{32} = 14.5$

Teniendo la tabla 82, se calculó el chi cuadrado de prueba con la ecuación 43.

$$X_p^2 = \frac{(0 - 1.5)^2}{1.5} + \frac{(3 - 1.5)^2}{1.5} + \frac{(16 - 14.5)^2}{14.5} + \frac{(13 - 14.5)^2}{14.5} = 3.31$$

Según la ecuación 44, el grado de libertad es $v = (2 - 1) \times (2 - 1) = 1$. El chi cuadrado crítico X_c^2 de acuerdo a la tabla 83 para una significancia de 5% y 1 grados de libertad es 3.841. Se determinó que el chi cuadrado de prueba es 3.31, en efecto recae en el sector de acogimiento, consecuentemente se acoge la hipótesis nula.

5.10. Discusión de resultados

El análisis convencional realizado al modelo sin disipador (figura 25), cumple con la deriva máxima indicada en la normativa E.030, donde las vigas tanto en el sentido XX como en YY son de 30cm x 35cm para todos los niveles; las columnas de color rojo son de 35cm x 50cm, de color azul son de 35cm x 35cm, de color gris son de 40cm x 40cm y la columna de color verde son de 35cm x 40cm; la losa aligerada tiene 20cm de peralte; finalmente los muros de concreto son de 20cm de espesor para la dirección YY y para la dirección XX son de 30cm de espesor.

La presente investigación se enfoca a la influencia de la interacción suelo – estructura, sobre el prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía fluido viscoso; por ello se efectuó el análisis tiempo historia mediante el registro sísmico Lima de 1974 caso 1 para el sentido XX y el registro sísmico Lima 1966 caso 2 para el sentido YY.

Se pudo determinar que las distorsiones de entrepiso para el sentido YY están ligeramente superior a la deriva 0.007 que la norma E.030 lo establece, además, el amortiguamiento viscoso objetivo (Bh) es 8.675%, en consecuencia no se dispuso de DFV ya que no es recomendable utilizar disipadores de fluido viscoso cuando Bh este fuera del rango de 20%

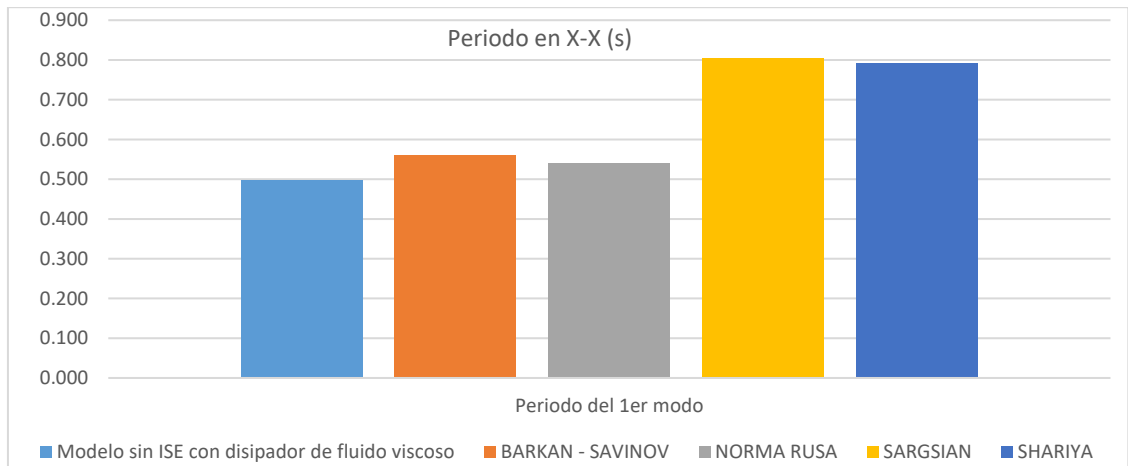
a 40%. Es por ello, que el estudio se enfocó netamente al análisis en la dirección XX, en vista que las derivas son superiores a la deriva permitida; asimismo, porque el amortiguamiento viscoso objetivo (Bh) es 27.791%, el cual es superior al 20%. Bajo dicho contexto, los resultados son únicamente para el sentido de análisis XX.

❖ **Propiedades dinámicas**

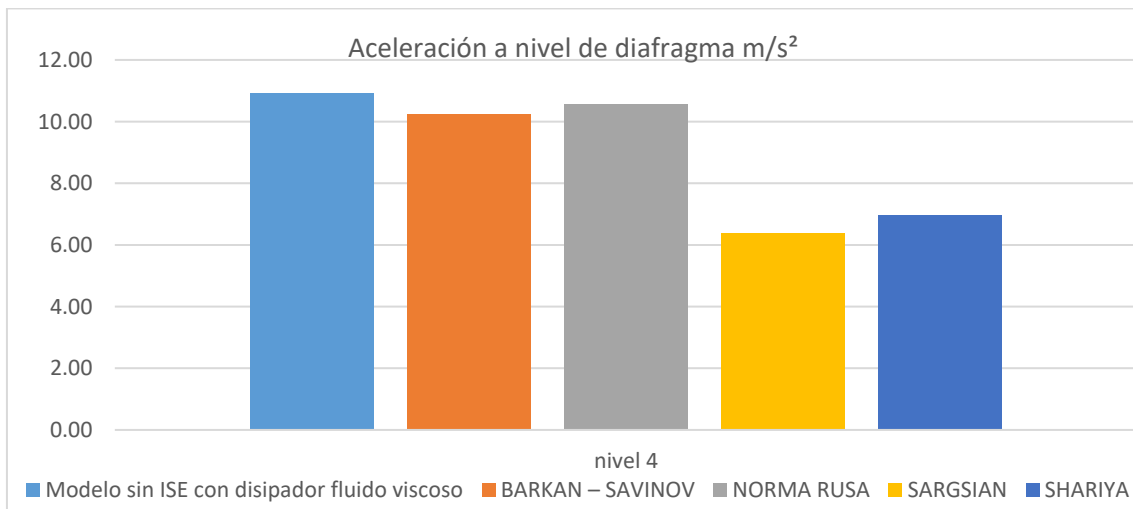
Al considerar la ISE bajo las ecuaciones de Barkan – Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya, los periodos del prototipo se incrementan, por ejemplo, para el primer modo de vibración el periodo se incrementa de 0.498s a 0.560s, 0.539s, 0.804s y 0.792s respectivamente (gráfica de barras 1); tales resultados concuerdan con la investigación de (CARHUAPOMA & PARODI, 2015) aunque en su prototipo no incluye los disipadores, no obstante, sus resultados del periodo para el primer modo de vibración se incrementaron alrededor de 8.98% bajo la ecuación de Barkan, 26.64% por Llichev, 31.78% por Sargsian y 10.75% por la Norma Rusa. Algo similar la investigación de (GRANDON, 2015) analizó la ISE bajo tres condiciones, cuando se apoya sobre un suelo tipo A (suelo bueno), C (suelo desfavorable) y E (suelo blando), evidenciando un aumento de los periodos en el orden de 8%, 40% y 213% en promedio respectivamente. Otras investigaciones también refieren algo similar, por ejemplo (GRAND, 2019), (LOPEZ, 2015) y (GARCIA, 2006).

Por otro lado, las aceleraciones de los diafragmas disminuyeron, tal es así que mediante la ecuación de Barkan - Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya, la aceleración del último nivel disminuyó de 10.91s a 10.25s, 10.56s, 6.38s y 6.96s respectivamente (gráfica de barras 02). Se deduce que a medida que los periodos

se incrementan la estructura demora más tiempo durante una oscilación, siendo razonable que la aceleración disminuya.



Grafica de barras 1. Periodos en XX.



Grafica de barras 2. Aceleración a nivel diafragma.

❖ **Fuerzas en los elementos estructurales de los cuatro niveles**

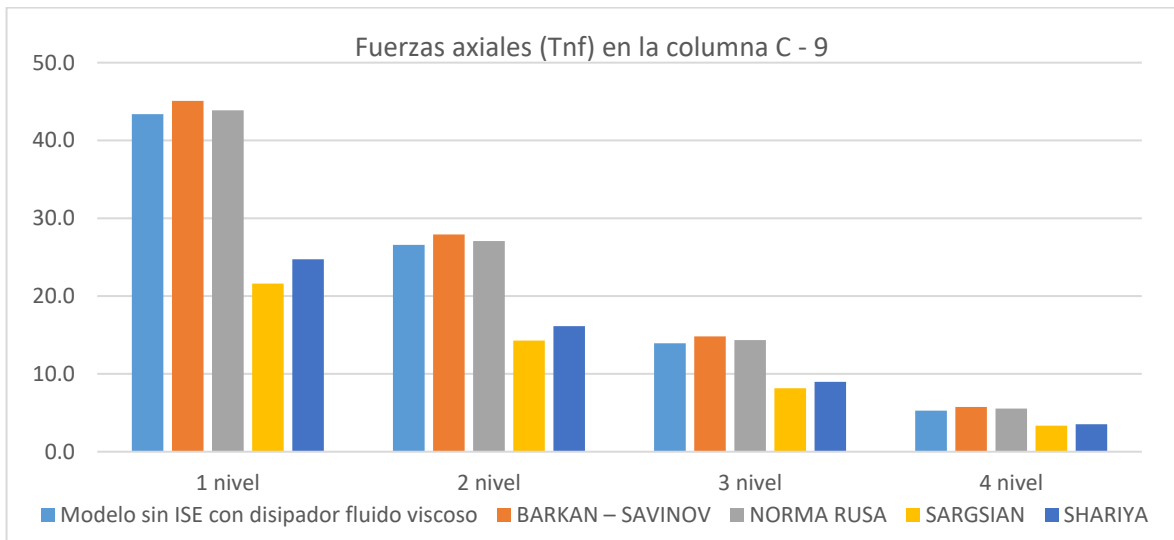
Se determinó que al considerar los modelos de ISE, genera cambios en disminución e incrementos en las fuerzas sobre los elementos estructurales del prototipo; tal es así que mediante las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa, la acción de fuerzas axiales sobre las columnas se incrementaron alrededor de 10.1% y 5.4% respectivamente, no obstante, para el modelo de Sargsian y modelo Shariya,

disminuyeron en un promedio de 18.6% y 37.9% respectivamente. Las fuerzas cortantes en las columnas bajo las ecuaciones de Barkan – Savinov y Norma Rusa, se incrementaron alrededor de 6.9% y 4.4% respectivamente; sin embargo, bajo los modelos de Sargsian y Shariya, se redujeron en un promedio de 41.2% y 41.3% respectivamente. Los momentos en las columnas se incrementaron bajo las ecuaciones de Barkan –Savinov y Norma Rusa, alrededor de 7.1% y 4.8% respectivamente; por lo contrario, en los modelos de Sargsian y Shariya se redujeron en un promedio de 42.5% y 42.0% respectivamente. Tales cambios se ilustran en la gráfica de barras 3, 4 y 5, simplemente para la columna C9.

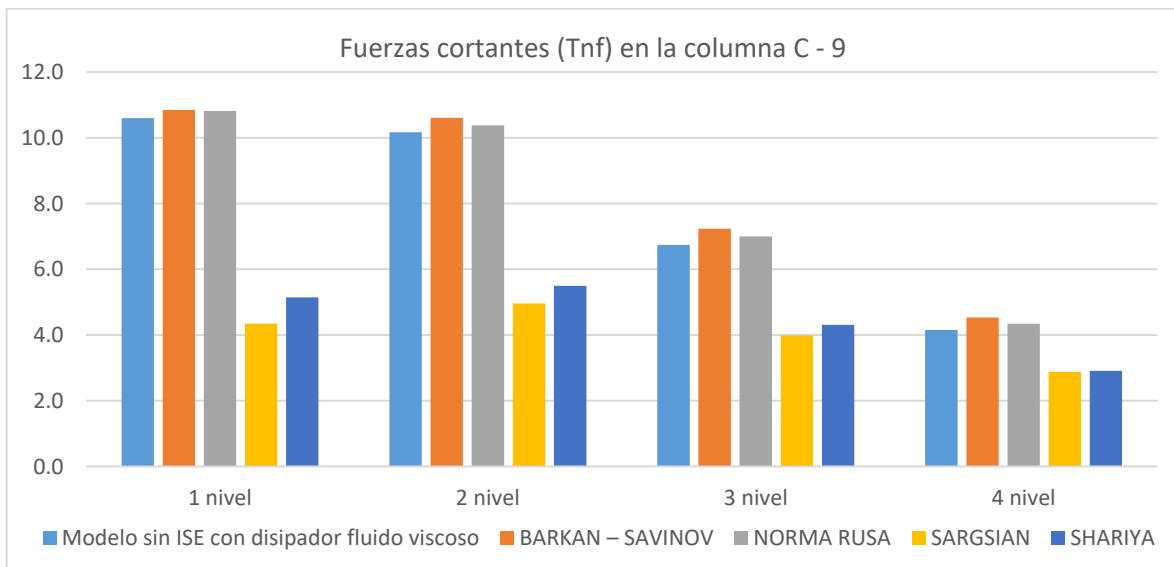
En cuanto a las vigas las fuerzas cortantes bajo las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa, se incrementaron alrededor de 9.0% y 5.0% respectivamente; sin embargo, bajo los modelos de Sargsian y Shariya se redujeron en un promedio de 40.4% y 39.9% respectivamente. Los momentos en las vigas se incrementaron según las ecuaciones de Barkan –Savinov y Norma Rusa, alrededor de 8.3% y 5.2% respectivamente; por lo contrario, en los modelos de Sargsian y Shariya se redujeron en un promedio de 41.8% y 40.7% respectivamente; tales cambios se ilustran en la gráfica de barras 6 y 7, simplemente para la viga B4.

Los resultados respecto a otras investigaciones varían ya que son dependientes de los modelos de ISE, del tipo de análisis, etc. La investigación de (LOPEZ, 2021) manifiesta que existe diferencias significativas en los resultados al considerar la rigidez del suelo, ya que las fuerzas máximas del cortante, momento y axial, disminuye dependiendo de la ecuación para determinar la rigidez del suelo. En cuanto a la investigación de (GARAY, 2017) la ISE género que las fuerzas

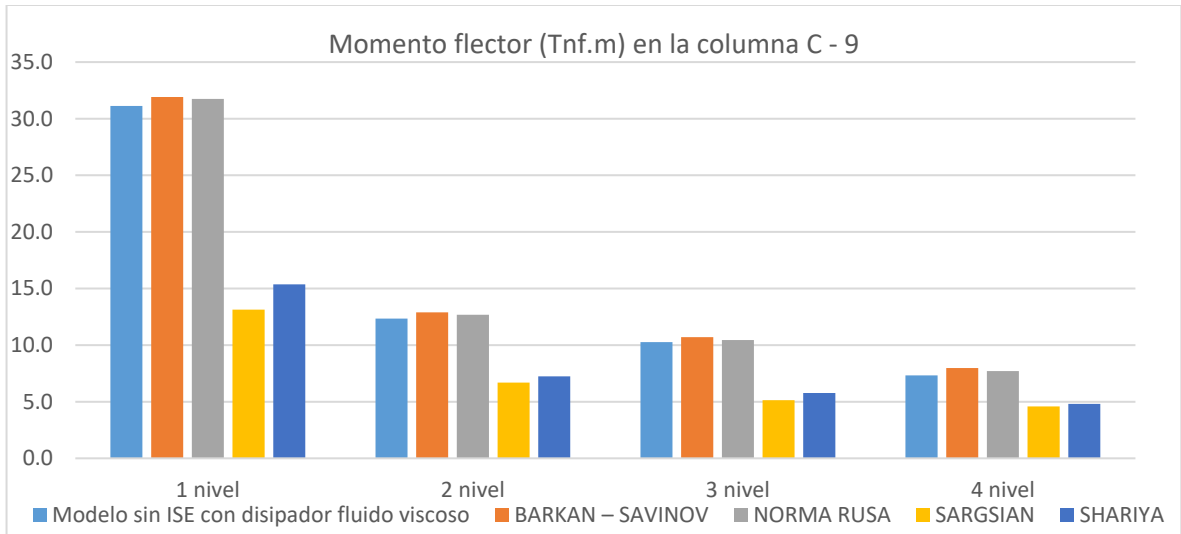
máximas en las columnas disminuyan, tanto para fuerzas axiales, cortante y momento flector en un 37.18%; 11.91% y 12.61% respectivamente; lo mismo se presentó en las vigas con la reducción de las fuerzas máximas de corte hasta un 14.92% y en el momento flectores máximos hasta 9.65%; para las placas ocurrió lo mismo, una reducción de la fuerza cortante y momento flector, hasta un 19.84%, y 34.67% respectivamente.



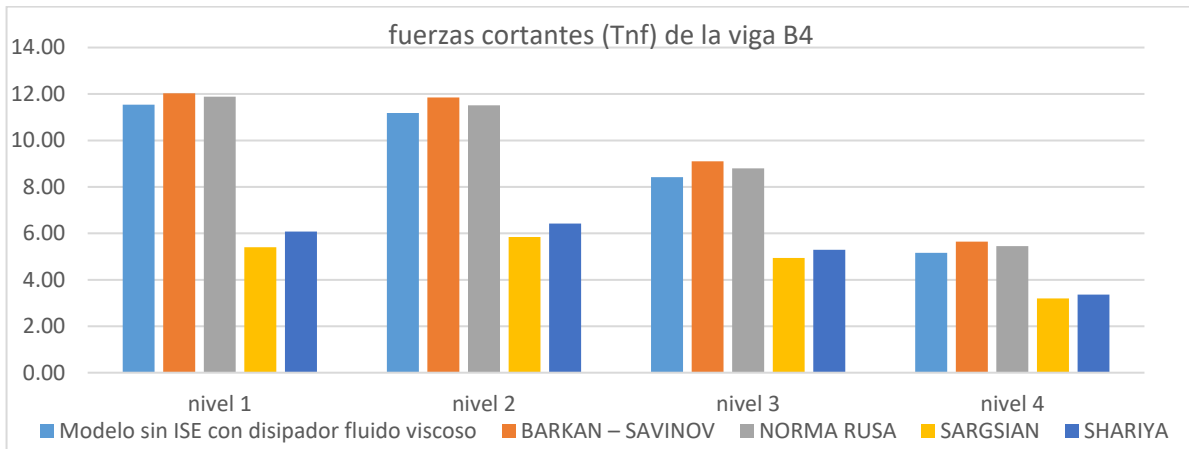
Grafica de barras 3. Fuerzas axiales en la columna C9.



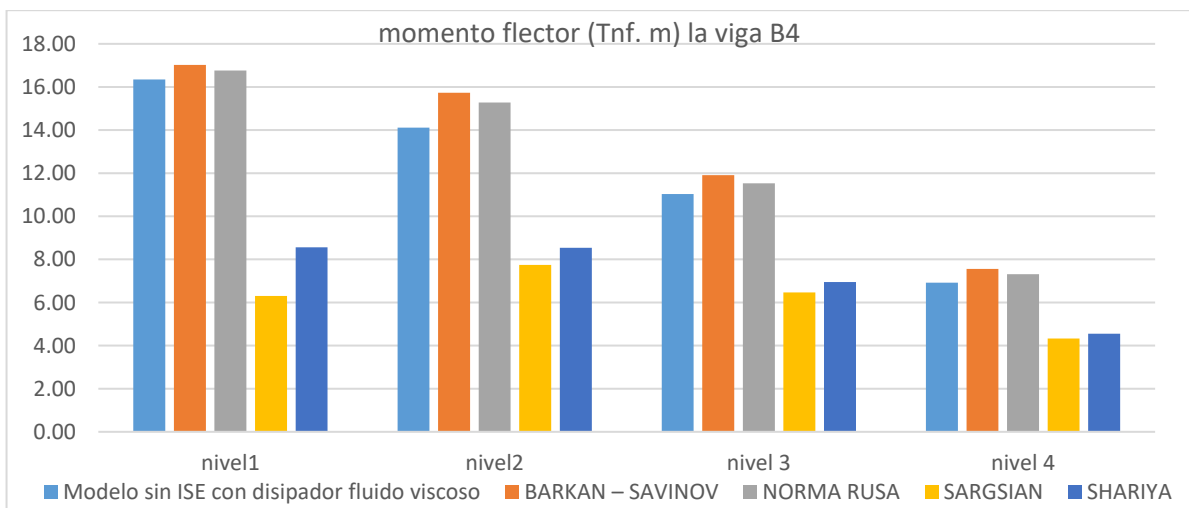
Grafica de barras 4. Fuerzas Cortantes en la columna C9.



Grafica de barras 5. Momento flector en la columna C9.



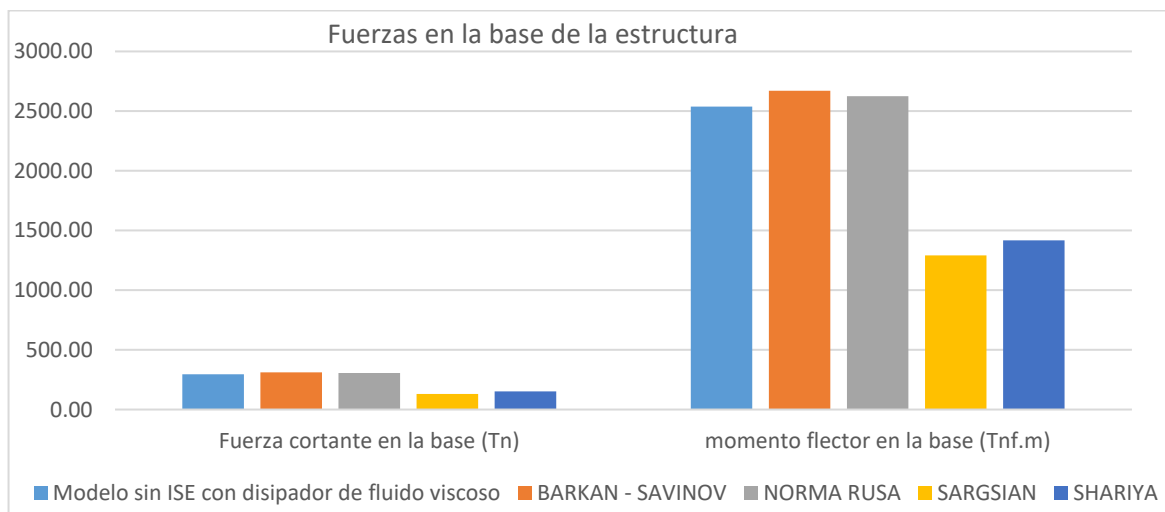
Grafica de barras 6. Fuerzas cortantes en la viga B4.



Grafica de barras 7. Momento flector en la viga B4.

❖ Reacciones en la base y entrepisos

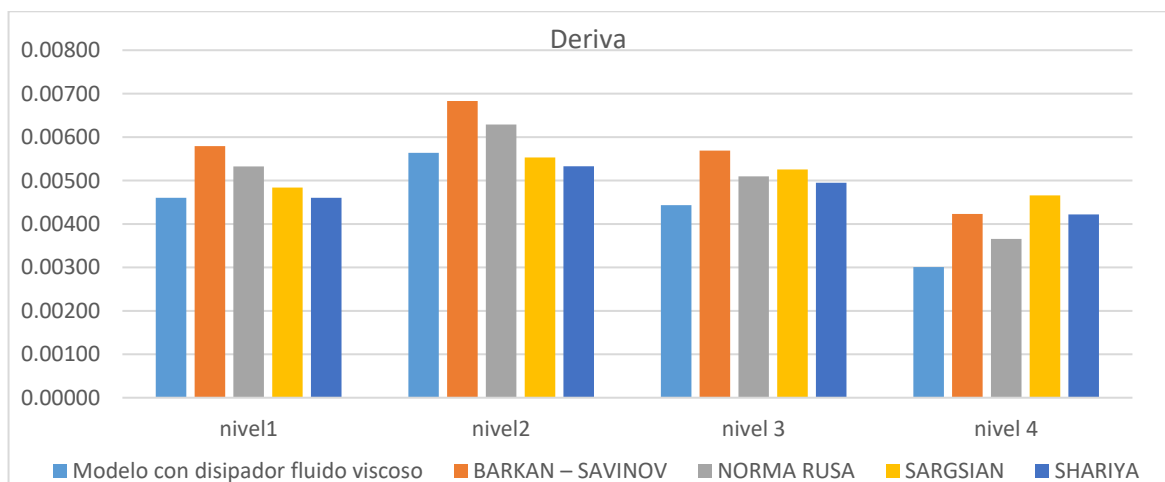
Luego de considerar la ISE en el prototipo, se determinó que las reacciones en la base y los entrepisos disminuyen e incrementan, por ejemplo, bajo las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa las fuerzas cortantes en la base se incrementaron en 5.41% y 3.52% respectivamente; no obstante, con las ecuaciones de Sargsian y Shariya, disminuyeron en un 55.79% y 48.81% respectivamente; de forma similar, los momentos se incrementaron según las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa en 5.27% y 3.47% respectivamente; no obstante, para las ecuaciones de Sargsian y Shariya, disminuyeron en 49.09% y 44.12% respectivamente. Los resultados respecto a las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa coinciden con la investigación de (DEEPASHREE et al., 2020), ya que se evidenció que el cortante y el momento en el piso se incrementa en condiciones de suelo blando para el sistema de ISE. Sin embargo, con las ecuaciones de Sargsian y Shariya no van en esa orientación, lo cual no es lógico puesto que la norma E.030 permite amplificar el cortante en la base para los suelos desfavorables.



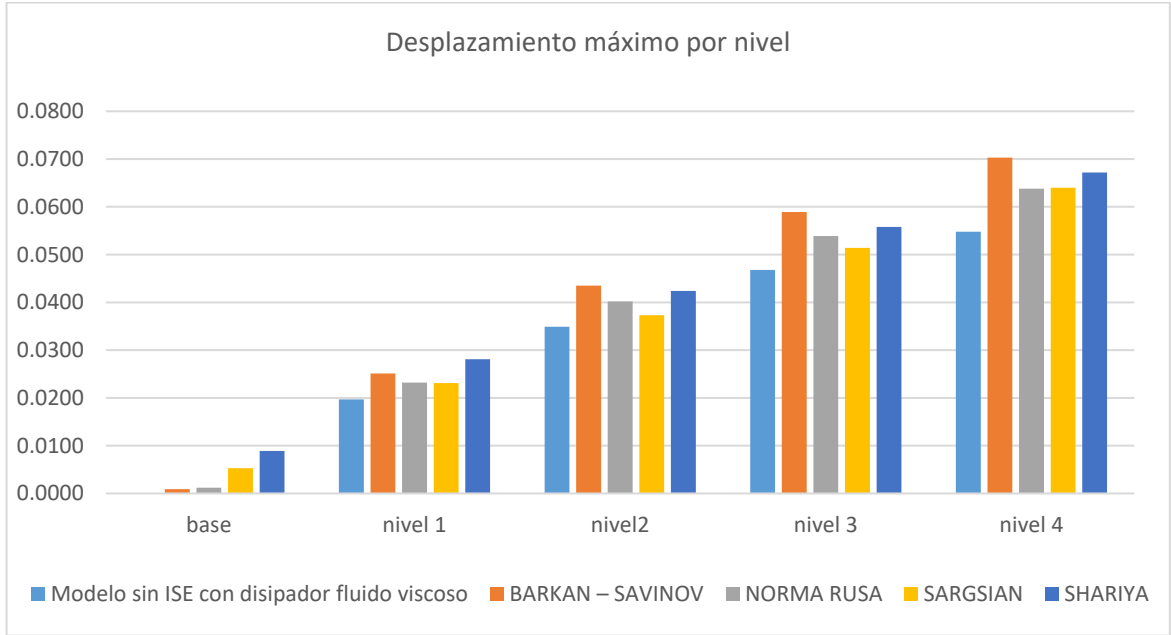
Grafica de barras 8. Fuerza cortante y momento en la base.

❖ Desplazamientos

Luego de incorporar la rigidez del suelo al prototipo mediante las ecuaciones de Barkan - Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya la distorsión de entrepiso se incrementaron en todos los niveles, no obstante, en el segundo nivel bajo las ecuaciones de Sargsian y Shariya la distorsión de entrepiso prácticamente se mantuvieron, aunque con una muy ligera disminución. En cuanto a los desplazamientos aumentaron para todos los niveles según las ecuaciones de Barkan – Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya el incremento fue de 0.0548m a 0.0703m, 0.0638m, 0.0640m y 0.0672m respectivamente; además, el hecho de asignar la rigidez del suelo determinados a partir de las ecuaciones de Barkan – Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya género que la base del prototipo se desplazó ligeramente en 0.0009m, 0.0012m, 0.0053m y 0.0089m respectivamente. Al respecto los resultados coinciden con otras investigaciones, por ejemplo, (ARQUÍÑEGO & VELASQUEZ, 2020) demostro que el efecto elástico del apoyo de la cimentación provoca incrementos en los desplazamientos y derivas, alrededor de 3.15% y 21.7519% respectivamente.



Grafica de barras 9. Deriva.



Grafica de barras 10. Desplazamiento máximo.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

6.1. Conclusión

6.1.1. Conclusión general

La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura no influye en el comportamiento sísmico simplemente incrementando las propiedades dinámicas del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021. Puesto que, para las ecuaciones de Barkan – Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya, los periodos del primer modo se incrementan de 0.498s a 0.560s, 0.539s, 0.804s y 0.792s respectivamente. No obstante, las aceleraciones de los diafragmas de los cuatro niveles disminuyeron, según las ecuaciones de Barkan – Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya, la aceleración máxima del último nivel disminuyó de 10.91s a 10.25s, 10.56s, 6.38s y 6.96s respectivamente.

6.1.2. Conclusiones específicas

- ✓ La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, no influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso; ya que bajo las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa, los axiales máximos de las columnas se incrementaron alrededor de 10.1% y 5.4% respectivamente, no obstante, para la ecuación de Sargsian y Shariya, disminuyeron en un promedio de 18.6% y 37.9% respectivamente; asimismo, las fuerzas cortantes máximas en las columnas bajo las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa, se incrementaron alrededor de 6.9% y 4.4%

respectivamente, sin embargo, bajo las ecuaciones de Sargsian y Shariya los cortantes se ven reducidos en el orden promedio de 41.2% y 41.3% respectivamente; de forma similar los momentos máximos en las columnas se incrementaron bajo las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa alrededor de 7.1% y 4.8% respectivamente; por lo contrario, en bajo las ecuaciones de Sargsian y Shariya los momentos máximos disminuyeron alrededor de 42.5% y 42.0% respectivamente. Respecto a las vigas las fuerzas cortantes máximas bajo las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa se incrementaron alrededor de 9.0% y 5.0% respectivamente; sin embargo, bajo las ecuaciones de Sargsian y Shariya se ven reducidos en un promedio de 40.4% y 39.9% respectivamente; así mismo, los momentos máximos se incrementaron bajo las ecuaciones de Barkan - Savinov y Norma Rusa en un promedio de 8.3% y 5.2% respectivamente; por lo contrario, bajo las ecuaciones de Sargsian y Shariya se redujeron en un promedio de 41.8% y 40.7% respectivamente.

- ✓ La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, no influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso; ya que bajo las ecuaciones de Barkan – Savinov y Norma Rusa la fuerza cortante a nivel de base se incrementó ligeramente en 5.41% y 3.52% respectivamente, no obstante, bajo las ecuaciones de Sargsian y Shariya la fuerza cortante de la base disminuyó en un 55.79% y 48.81% respectivamente. De forma similar, el momento en la base respecto al eje global YY se incrementaron bajo las ecuaciones de Barkan –Savinov y Norma Rusa en

5.27% y 3.47% respectivamente, sin embargo, para las ecuaciones de Sargsian y Shariya disminuyeron en 49.09% y 44.12% respectivamente.

- ✓ La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura, no influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso; ya que de acuerdo a las ecuaciones de Barkan – Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya la deriva se incrementaron en todos los niveles, sin embargo, en el segundo nivel según las ecuaciones de Sargsian y Shariya la deriva prácticamente se mantuvieron, aunque con una ligera disminución. En el caso de los desplazamientos aumentaron para todos los niveles, según las ecuaciones Barkan – Savinov, Norma Rusa, Sargsian y Shariya el desplazamiento máximo del prototipo se incrementó de 0.0548m a 0.0703m, 0.0638m, 0.0640m y 0.0672m respectivamente.

6.2. Recomendación.

- ✓ Se recomienda que en los análisis convencionales reforzados con disipadores fluido viscoso se consideren la rigidez del suelo, independientemente que tengamos resultados más próximos a comportamiento real, es posible que una estructura requeriría de más dispositivos de fluido viscoso al considerar las acciones de ISE.
- ✓ Se recomienda profundizar el campo de la interacción suelo estructura para distintos tipos de suelos y bajo distintas ecuaciones que determinan la rigidez del suelo y de esta forma identificar el modelo de ISE más adecuado para nuestro medio.

REFERENCIAS

- AIKEN, L., NIMS, D., & KELLY, J. (1992). Comparative study of four passive energy dissipation systems. *New Zealand Society For Earthquake Engineering*, pp. 175-192.
- ALVA, J. D., & CASTRO, K. P. (2017). *Análisis de diseño estructural en edificaciones implementando disipadores de energía viscoso Taylor*. Trujillo: Universidad Privada De Atenor De Orrego.
- ANYAIPOMA, H. A. (2019). *Análisis y diseño estructural de una edificación multifamiliar de concreto armado considerando la interacción suelo-estructura*. Palián. Huancayo. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- ARANCIBIA, D. A. (2020). *Estudio del efecto de la interacción suelo estructura en edificios bajos de albañilería*. Chile: Universidad de Chile.
- ARIAS, F. (2006). *El proyecto de investigación* (2012 ed.). Venezuela: Editorial Episteme.
- ARIAS, P. (2016). Interacción dinámica suelo-estructura aplicada a distintas geometrías de cimentación (vibración transmitida del suelo a la estructura). *tesis pregrado*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- ARQUIÑEGO, J. J., & VELASQUEZ, N. I. (2020). *Evaluación de la interacción suelo estructura en una edificación de 4 pisos en el distrito cercado de lima*. Lima: Universidad Tecnológica del Peru.
- BERNAL, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Educación.
- CARHUAPOMA, M. D., & PARODI, I. (2015). *Interacción sísmica suelo estructura en edificaciones aporticadas en el barrio de pueblo nuevo de la ciudad de Ircay*. huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- CHOPRA, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras*. Estado de México: Pearson Educación de México, S.A.
- CHRISTIE, M. J. (2017). *Estudio del fenómeno de interacción dinámica suelo – estructura y su influencia en la demanda sísmica estructural*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- CISMID. (2004). *Estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en Lima y Callao*. Lima.
- CONDORI, G. V. (2014). *Comparación del comportamiento sísmico lineal y no lineal, en el análisis y diseño estructural de un edificio alto, con disipadores de energía e interacción suelo estructura*. Arequipa: Universidad Católica De Santa María.
- CONSTANTINIOU, M. (1994). Passive Energy Dissipation Development in U.S. *CISM International Centre for Mechanical Sciences*, pp. 255- 269.
- CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, C. (2012). Protección Sísmica de Estructuras Sistema de Aislación Sísmica y Disipación de Energía. *Trama impresiones S.A.*, 43.
- CRISAFULLI, F. J. (2014). *Diseño sísmoresistente de construcciones de acero* (4 ed.). Mendoza, Argentina: Alacero.
- DEEPASHREE, R., KAVITHA, S., MAMATHA, P., & VISHAL, B. (2020, agosto 13-14). Evaluación de los efectos de la interacción suelo-estructura en un edificio rc de varios pisos. *Conference Series*, 1-12. doi:10.1088/1742-6596/1706/1/012136
- DELGADO, G. (2011). *Dinámica estructural*. Lima: Edicivil S.R.L.
- ESPEJEL, O. A. (2013). *Estudio analítico del comportamiento de una estructura reforzada con disipadores pasivos de energía*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma De México.

- FRANCO, J. (2015). *Procedimiento de diseño sísmico basado en desplazamientos y control de daño para marcos de concreto reforzado con disipación pasiva de energía*. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- GARAY, R. K. (2017). *Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento sísmico de un edificio de 7 niveles del proyecto “multifamiliar los Balcones del Valle” barrio Columbo-Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- GARCIA, J. A. (2006, Enero 2). *Iinteracción suelo - estructura en el análisis y diseño sísmico de estructuras de manposteria no reforzada*. México: Sociedad Mexicana De Ingenieria Estructural.
- GARCIA, L. E. (1998). *Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico*. Bogotá: Impreso en Colombia.
- GOYTIA, I. R., & VILLANUEVA, R. (2001). *Modernización de la enseñanza aprendizaje en la asignatura de ingeniería antisísmica*.
- GRAND, J. P. (2019). *Estudio de la interacción suelo-estructura de un puente carretero de chile central, considerando los efectos de sitio*. Chile: Universidad de Chile.
- GRANDON, I. O. (2015). *Estudio de la variación de la demanda sísmica debido a la interacción suelo – estructura en edificios regulares de mediana altura de hormigón armado*. Universidad del Bio - Bio.
- HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, R., & BAPTISTA, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- ISIDORO, C. (2016). *Interacción dinámica suelo-estructura*. Universidad Autónoma de México. Ciudad de México: Universidad Nacional Autonoma De México.
- KRAMER, S. L. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. New Jersey: Meg Weist.
- LOPEZ, D. S. (2015). *Análisis de la respuesta dinámica estructural considerando los efectos de la interacción suelo estructura limitada a los requisitos de la NEC-SE-DS-2015*. Universidad EAFIT.
- LÓPEZ, G., & Dias, D. (2022). Dynamic soil–structure interaction effects in buildings founded on vertical reinforcement elements. (P. Dangla, Ed.) *CivilEng*, 573–593. doi:<https://doi.org/10.3390/civileng3030034>
- LOPEZ, K. O. (2021). *La influencia de la rigidez del suelo en el comportamiento estructural en edificaciones educativas de la provincia de Huancayo, 2021*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- MEJIA, L. A. (2017). *Interacción suelo estructura*. México: Universidad Nacional Autonoma De México.
- MOLINARES, N. (2003). *Sistema de control pasivo y activos de aislamiento de base para edificios sometidos a acciones sísmicas*. Barranquilla, Colombia: Ingenieria u desarrollo.
- MORA, E. D., AGUILAR, R., & RODRIGUEZ , M. (2016). *Análisis sísmico de estructuras con disipadores de energía ADAS o TADAS*. Barcelona: Centro internacional de métodos numéricos en ingeniería.
- MRAD, C., TITIRLA, M., & LARBI, W. (2021). Comparison of Strengthening Solutions with Optimized Passive Energy Dissipation Systems in Symmetric Buildings. *Applied Sciences*, 10103-10124. doi:<https://doi.org/10.3390/app112110103>
- NSR-10. (2010). *Reglamento Colombiano De Constricción sismo resistente*. Bogotá.

- OVIEDO, R. R. (2004). *Análisis enelástico y control de la respuesta sísmica de edificios utilizando disipadores de energía*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima: Universidad Nacional De Ingeniería.
- PARDO, J. P. (2007). *Control de la respuesta dinámica de estructuras mediante el uso de disipadores de energía de fluido viscoso del tipo lineal*. Universidad Austral De Chile. Valdivia: Universidad Austral De Chile.
- PAZ, M. (1992). *Dinámica estructural teoría y cálculo*. New York: Reverté, S.A.
- PEREIRA, D., FERNANDEZ, A., & COBELO, W. (2021, enero - marzo). Influencia de la interacción suelo estructura en torre autosoportada sometida a carga dinámica de viento. *Revista ciencia y construcción*, pp. 63-74 vol. II.
- RECODER, I. (2011). *Diseño preliminar basado en desplazamientos de marcos momento - resistentes con amortiguadores viscosos*. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- SANTANA, R. (2013). *Ingeniería antisísmica*. Huancayo: International Star Student ISS-Perú.
- SIGAHER, A. N., & CONSTANTINOU, M. C. (2003). *Scissor Jack damper energy dissipation system* (Vol. 19). Buffalo: Earthquake Engineering Research Institute.
- SYMANS, M., & CONSTANTINOU, M. (1998). Passive fluid viscous damping Systems for seismic energy dissipation. *ISET Journal of earthquake technology*, pp. 185-206.
- TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa Noriega Editores.
- TAVERA, H., BERNAL, I., & GÓMEZ, J. (2009). *Zonificación sísmico - geotécnica para el centro histórico para el centro de Lima*. Lima: Cooperazione Internazionale - COOPI.
- VASQUEZ, W. D. (2017). *Estudio comparativo del comportamiento estructural de una edificación con y sin disipadores de energía considerando el efecto de la interacción suelo - estructura*. Cajamarca: Universidad Nacional De Cajamarca.
- VILLAREAL, G. (2013). *Ingeniería Sismo Resistente Practicas y Exámenes UPC*. Lima: Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- VILLAREAL, G., & LA ROSA, M. D. (2016). *Edificaciones con disipadores viscoso*. Lima, PERU: Editora e Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
- VILLAREAL, G., & OVIEDO, R. (2008). *Edificaciones con disipadores de energía*. Lima: ANR 2008.
- VILLARREAL, G. (2017). *Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con platea de cimentación*. Lima: Editora & imprenta gráfica norte S.R.L.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
<p>GENERAL:</p> <p>¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021?</p>	<p>GENERAL:</p> <p>Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura en el comportamiento sísmico del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021.</p>	<p>GENERAL:</p> <p>H₀: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura no influye en el comportamiento sísmico simplemente incrementando las propiedades dinámicas del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021. H₁: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura influye en el comportamiento sísmico simplemente incrementando las propiedades dinámicas del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso, Lima 2021.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>Modelo de interacción suelo estructura</p>	<p>a) K_z: Coeficiente de rigidez de compresión elástica uniforme. b) K_x, K_y: Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico uniforme. c) K_{ϕ_x}, K_{ϕ_y}: Coeficientes de rigidez de compresión elástica no uniforme. d) K_{ψ_z}: Coeficiente de rigidez de desplazamiento elástico no uniforme. e) Masas de la cimentación. f) Capacidad admisible de terreno. g) Coeficiente de balasto del suelo.</p>	<p>a) $K_z = \text{KN/m}$. b) $K_x, K_y = \text{KN/m}$. c) $K_{\phi_x}, K_{\phi_y} = \text{N.m}$. d) $K_{\psi_z} = \text{KN.m}$. e) Tonelada (Tn) f) Tonelada sobre centímetro cuadrado (Tn/cm²). g) Tonelada sobre metro cúbico (Tn/m³).</p>	<p>Método científico (Tamayo, 2003) nos dice que el método científico es el medio para descubrir las condiciones en que se presentan hechos específicos, dichos descubrimientos tienen que ser comprobados, bajo criterio lógico e información empírica.</p> <p>Tipo de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Según el nivel explicativa Según (Hernández, Fernández & Baptista, 2014) nos dice que los estudios explicativos responderían a preguntas como, ¿Qué efectos tiene? ¿A qué se debe estos efectos? ¿Qué variable mediatizan los efectos y de qué modo? ❖ Según el diseño experimental Según (Arias, 2006) la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente). ❖ Según el propósito aplicativa Según (Tamayo, 2003) refiere que la investigación aplicada está relacionada con la investigación pura ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. <p>Población – Muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Población: un proyecto de edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso. ❖ Muestra: elementos estructurales del edificio (columnas, vigas, losa aligerada y muros de concreto). <p>Técnicas e instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Técnica de recolección de datos: observación, según (Arias, 2006) “La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.69). ❖ Los instrumentos fueron, artículos de investigación, libros, tesis, normas, equipos de laboratorio de suelo y software como Excel, SeismoSignal, SeismoMatch, SAFE y ETABS. 	
<p>ESPECÍFICOS:</p> <p>a) ¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso?</p>	<p>ESPECÍFICOS:</p> <p>a) Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.</p>	<p>ESPECÍFICOS:</p> <p>H₀: La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, no influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso. H₁: La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, influye simplemente incrementando las fuerzas actuantes en los elementos estructurales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>Comportamiento sísmico</p>	<p>a) Periodo</p> <p>b) Aceleración</p> <p>c) Fuerza axial</p> <p>d) Fuerza cortante</p> <p>e) Momento flector</p> <p>f) Cortante basal</p> <p>g) Momento en la base</p> <p>h) Desplazamiento</p> <p>i) Derivas</p>	<p>a) Segundos (s)</p> <p>b) Metro sobre segundo (m/s)</p> <p>c) Tonelada (Tn)</p> <p>d) Tonelada (Tn)</p> <p>e) Tonelada metro (Tn.m)</p> <p>f) Tonelada (Tn)</p> <p>g) Tonelada metro (Tn.m)</p> <p>h) Centímetro (cm)</p> <p>i) Adimensional</p>		
<p>b) ¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso?</p>	<p>b) Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.</p>	<p>H₀: La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, no influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso. H₁: La incorporación del modelo de interacción suelo estructura, influye simplemente en incrementos de las reacciones en la base y los niveles de entresijos del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía tipo fluido viscoso.</p>					
<p>c) ¿Existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso?</p>	<p>c) Determinar si existe influencia de los modelos de interacción suelo estructura simplemente en incrementos de las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso.</p>	<p>H₀: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura, no influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso. H₁: La incorporación de los modelos de interacción suelo estructura, influye simplemente incrementando las derivas y los desplazamientos laterales del prototipo de un edificio de concreto armado con disipadores de energía de fluido viscoso.</p>					



Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils	(ASTM D4318-17e1)	GICA7924092021-SU03								
PETICIONARIOS :	JULCARIMA POMA GIMENA ESTEFANY - SOTO ROJAS ALFREDO JULIAN	N° DE REGISTRO :								
PROYECTO :	INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOZO.	MUESTREADO POR :								
UBICACION :	AV. 6 DE AGOSTO 4964 VILLA EL SALVADOR LIMA	CALICATA :								
FECHA DE RECEPCION :	lunes, 20 de Setiembre de 2021	MUESTRA N° :								
FECHA DE EMISION :	viernes, 24 de Setiembre de 2021	PROFUNDIDAD :								
		ESTRATO :								
LÍMITE LÍQUIDO										
ENSAYO N°	1	2	3							
N° de Golpes										
Tara N°										
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)										
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)										
Peso de agua (g.)										
Peso de Recipiente (g.)										
Peso de S. Seco (g.)										
% de Humedad	NP	NP	NP							
LÍMITE PLÁSTICO										
ENSAYO N°	1	2								
Tara N°										
Peso del Recipiente + Suelo Hum. (g.)										
Peso del Recipiente + Suelo Seco (g.)										
Peso de agua (g.)										
Peso de Recipiente (g.)										
Peso de S. Seco (g.)										
% de Humedad	NP	NP								
MÉTODO DE ENSAYO:										
<input checked="" type="checkbox"/> Método A	<input type="checkbox"/> Via Húmeda									
<input type="checkbox"/> Método B	<input type="checkbox"/> Via Seca									
EQUIPO DE PRUEBA EMPLEADO:										
LÍMITE LÍQUIDO	<input checked="" type="radio"/> Manual									
	<input type="radio"/> Mecánico									
LÍMITE PLÁSTICO	<input checked="" type="radio"/> Enrollado a Mano									
	<input type="radio"/> Enrollado Mecánico									
RAJADOR	<input type="radio"/> Metal									
	<input checked="" type="radio"/> Plástico									
DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO	CARTA DE PLASTICIDAD									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>RESULTADOS</th> <th>CASAGRANDE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Límite Líquido:</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>Límite Plástico:</td> <td>NP</td> </tr> <tr> <td>Índice de Plasticidad:</td> <td>NP</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>No plástico</i></p>	RESULTADOS	CASAGRANDE	Límite Líquido:	NP	Límite Plástico:	NP	Índice de Plasticidad:	NP	<p>IP = 0 → No plástico / 1 ≤ IP ≤ 5 → Ligeramente plástico 6 ≤ IP ≤ 10 → Plasticidad baja / 11 ≤ IP ≤ 20 → Plasticidad media 21 ≤ IP ≤ 40 → Plasticidad alta / IP > 40 → Muy plástico (según Burmister)</p>	
RESULTADOS	CASAGRANDE									
Límite Líquido:	NP									
Límite Plástico:	NP									
Índice de Plasticidad:	NP									
OBSERVACIONES:	EQUIPO UTILIZADO									
Muestras provista e identificada por el PETICIONARIO.	Cazuela de casagrande con contador de golpes: Estufa utilizada: Marca - A&A INSTRUMENTS, Modelo - STHX-2A, N° de Serie - 201034, Alcance - 50 °C a 300 °C, Calibrada por TEST & CONTROL S.A.C. (Certificado de Calibración N° TC - 07902 - 2022), Balanza Electrónica utilizada: Marca - OHAUS, Modelo - NV622, N° de Serie - 8341205546, Capacidad Máxima - 620gr, Calibrada por TEST & CONTROL S.A.C. (Certificado de Calibración N° TC-07895-2022)									
El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)										

Services Construction and Geotechnical Engineering
Tomán V. Inga Bonifacio
Tomán V. Inga Bonifacio
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Services Construction and Geotechnical Engineering
Ing. Adolfo E. Camayo Ginche
Ing. Adolfo E. Camayo Ginche
 Gerente de Geotecnia
 REG. CIP N° 153550

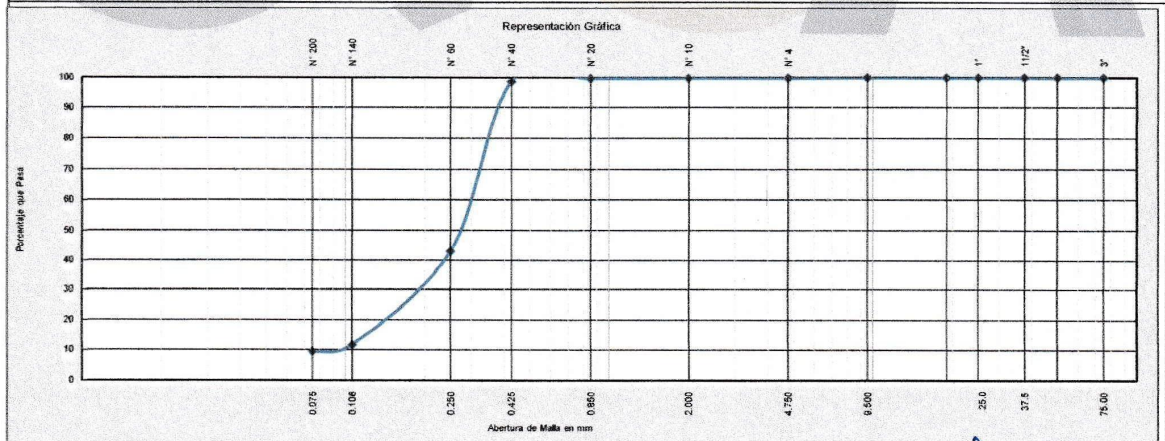


Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis	(ASTM D6913 / D6913M-17)	GICA7924092021-SU02
PETICIONARIOS	: JULCARIMA POMA GIMENA ESTEFANY - SOTO ROJAS ALFREDO JULIAN	N° DE REGISTRO : GICA7924092021-SU02
PROYECTO	: INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOZO.	MUESTREADO POR : EL PETICIONARIO
UBICACIÓN	: AV. 6 DE AGOSTO 4964 VILLA EL SALVADOR LIMA	CALICATA : C-01
FECHA DE RECEPCION	: lunes, 20 de Setiembre de 2021	MUESTRA N° : M-01
FECHA DE EMISION	: viernes, 24 de Setiembre de 2021	PROFUNDIDAD : 3.00 m
		ESTRATO : 2.40 m - 3.00 m

TAMIZ		PESOS		PORCENTAJES			DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
ASTM E11-17		Peso Individual Retenido (g)	Peso Acumulativo Retenido (g)	Porcentaje Individual Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Retenido (%)	Porcentaje Acumulativo Pasante (%)	Peso Total Seco (g)	1984.2		
Tamaño en (")	Tamaño en (mm)						Peso Fracción 3" (g)	1984.2		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	Constante < de 3"	0.0504		
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	Temperatura de Secado :	110°C		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0				
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0				
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0				
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0				
N° 4	4.750	4.0	4.0	0.2	0.2	99.8	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
N° 10	2.000	1.6	5.6	0.1	0.3	99.7	Grava (%)	0.2		
N° 20	0.850	1.8	7.4	0.1	0.4	99.6	Arena (%)	90.4		
N° 40	0.425	21.2	28.6	1.1	1.4	98.6	Pasante N° 200	9.4		
N° 60	0.250	1103.6	1132.2	55.6	57.1	42.9	OTROS VALORES DE GRANULOMETRÍA			
N° 140	0.106	620.2	1752.4	31.3	88.3	11.7	D60 (mm)	0.31	Cu	3.65
N° 200	0.075	46.2	1798.6	2.3	90.6	9.4	D30 (mm)	0.19	Cc	1.42
Fondo	0.000	185.6	1984.2	9.4	100.0	0.0	D10 (mm)	0.08		
TOTAL		1984.2								

EQUIPO UTILIZADO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: —

Estufa utilizada: Marca - A&A INSTRUMENTS, Modelo - STHX - 2A, N° de Serie - 201034, Alcance - 50 °C a 300 °C. Calibrada por TEST & CONTROL S.A.C. (Certificado de Calibración N° TC - 07902 - 2022). Balanza Electrónica utilizada: Marca - OHAUS, Modelo - SJX6201/E, N° de Serie - B923771518, Capacidad Máxima - 6200gr. Calibrada por TEST & CONTROL S.A.C. (Certificado de Calibración N° TC - 07897 - 2022)



Observaciones: Muestras provista e identificada por el PETICIONARIO. El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993).

Servises Construction and Geotechnical Engineering
[Signature]
Yonhán V. Inga Bonifacio
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Servises Construction and Geotechnical Engineering
[Signature]
Ing. Adolfo E. Canayo Ginche
 Gerente de Geotecnia
 REG. CIP N° 153550



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



INFORME N° GICA-SU-08-24092021-84
 PETICIONARIOS JULCARIMA POMA GIMENA ESTEFANY · SOTO ROJAS ALFREDO JULIAN
 PROYECTO/OBRA INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOSO.
 UBICACIÓN AV. 6 DE AGOSTO 4964 VILLA EL SALVADOR LIMA
 F. RECEPCIÓN lunes, 20 de Setiembre de 2021
 F. EMISIÓN viernes, 24 de Setiembre de 2021

Codigo : NTP 339.171:2002 (revisado el 2017)

(01 de 02)

Título : SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición. Reemplaza a la NTP 339.171:2002

Esfuerzo Normal (kPa)	0.28	1.11	2.22
Altura de caja de corte (cm)	1.32	1.32	1.32
Lado de la caja de corte (cm)	6.00	6.00	6.00
Densidad Humeda (g/cm ³)	1.857	1.857	1.857
Cont. Humedad (%)	4.40	4.40	4.40
Densidad Seca (g/cm ³)	1.779	1.779	1.779
Velocidad (mm/min)	0.07	0.07	0.07
Estado	Remoldado		

Calicata:	C-01
Prof. calicata	3.00 m
Estrato (m)	2.40 - 3.00

Angulo de Fricción Interna (°)	27.31
Cohesión (Kpa/str ²)	0.00

Carga Aplicada (kg)		
1	4	8

Esfuerzo Normal = 0.28 kg/cm ²			Esfuerzo Normal = 1.11 kg/cm ²			Esfuerzo Normal = 2.22 kg/cm ²		
Deformación (mm)	Esfuerzo de Corte	Esfuerzo Normal	Deformación (mm)	Esfuerzo de Corte	Esfuerzo Normal	Deformación (mm)	Esfuerzo de Corte	Esfuerzo Normal
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0.04	0.15	0.40	0.06	0.05	0.40	0.20	0.14
0.80	0.05	0.17	0.80	0.13	0.12	0.80	0.40	0.18
1.20	0.06	0.22	1.20	0.17	0.15	1.20	0.51	0.25
1.60	0.07	0.25	1.60	0.21	0.19	1.60	0.59	0.27
2.00	0.08	0.28	2.00	0.21	0.19	2.00	0.67	0.30
2.40	0.08	0.30	2.40	0.24	0.22	2.40	0.72	0.32
2.80	0.09	0.32	2.80	0.26	0.23	2.80	0.75	0.34
3.20	0.10	0.34	3.20	0.28	0.25	3.20	0.78	0.35
3.60	0.10	0.36	3.60	0.30	0.27	3.60	0.81	0.37
4.00	0.11	0.38	4.00	0.31	0.28	4.00	0.84	0.38
4.40	0.11	0.39	4.40	0.32	0.29	4.40	0.87	0.39
4.80	0.11	0.40	4.80	0.34	0.30	4.80	0.90	0.40
5.20	0.11	0.41	5.20	0.35	0.32	5.20	0.92	0.41
5.60	0.12	0.42	5.60	0.36	0.33	5.60	0.94	0.42
6.00	0.12	0.43	6.00	0.38	0.34	6.00	0.97	0.43
6.40	0.12	0.44	6.40	0.39	0.35	6.40	0.99	0.44
6.80	0.13	0.45	6.80	0.40	0.36	6.80	1.00	0.45
7.20	0.13	0.46	7.20	0.41	0.37	7.20	1.02	0.46
7.60	0.13	0.47	7.60	0.42	0.38	7.60	1.04	0.47
8.00	0.13	0.47	8.00	0.45	0.39	8.00	1.05	0.47
8.40	0.13	0.48	8.40	0.44	0.40	8.40	1.07	0.48
8.80	0.14	0.49	8.80	0.45	0.41	8.80	1.08	0.49
9.20	0.14	0.49	9.20	0.46	0.42	9.20	1.09	0.49
9.60	0.14	0.50	9.60	0.47	0.42	9.60	1.10	0.50
10.00	0.14	0.50	10.00	0.48	0.43	10.00	1.11	0.50
10.40	0.14	0.51	10.40	0.49	0.44	10.40	1.12	0.50
10.80	0.14	0.51	10.80	0.50	0.45	10.80	1.13	0.51
11.20	0.14	0.52	11.20	0.51	0.45	11.20	1.13	0.51
11.60	0.15	0.52	11.60	0.51	0.46	11.60	1.14	0.51
12.00	0.15	0.53	12.00	0.52	0.47	12.00	1.14	0.51
12.40	0.15	0.53	12.40	0.53	0.48	12.40	1.15	0.52
12.80	0.15	0.53	12.80	0.54	0.48	12.80	1.15	0.52
13.20	0.15	0.53	13.20	0.54	0.49	13.20	1.15	0.52
13.60	0.15	0.54	13.60	0.55	0.49	13.60	1.15	0.52
14.00	0.15	0.54	14.00	0.56	0.50	14.00	1.15	0.52
14.40	0.15	0.54	14.40	0.56	0.50	14.40	1.15	0.52
14.80	0.15	0.54	14.80	0.56	0.51	14.80	1.15	0.52
15.20	0.15	0.54	15.20	0.56	0.51	15.20	1.15	0.52
15.60	0.15	0.54	15.60	0.56	0.50	15.60	1.15	0.52
16.00	0.15	0.54	16.00	0.56	0.50	16.00	1.15	0.52
16.40	0.15	0.54	16.40	0.56	0.50	16.40	1.15	0.52
16.80	0.15	0.54	16.80	0.56	0.50	16.80	1.15	0.52
17.20	0.15	0.54	17.20	0.56	0.50	17.20	1.14	0.51
17.60	0.15	0.54	17.60	0.56	0.50	17.60	1.14	0.51
18.00	0.15	0.54	18.00	0.56	0.50	18.00	1.14	0.51
18.40	0.15	0.54	18.40	0.56	0.50	18.40	1.13	0.51
18.80	0.15	0.54	18.80	0.56	0.50	18.80	1.13	0.51
19.20	0.15	0.54	19.20	0.56	0.50	19.20	1.12	0.51
19.60	0.15	0.54	19.60	0.56	0.50	19.60	1.12	0.50
20.00	0.15	0.54	20.00	0.55	0.50	20.00	1.12	0.50

SERVICES CONSTRUCTION AND GEOTECHNICAL ENGINEERING
 Yonatan V. Inga Bonifacio
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

SERVICES CONSTRUCTION AND GEOTECHNICAL ENGINEERING
 Ing. Adolfo E. Camayo Ginche
 Gerente de Geotecnia
 REG. CIP N° 153950

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

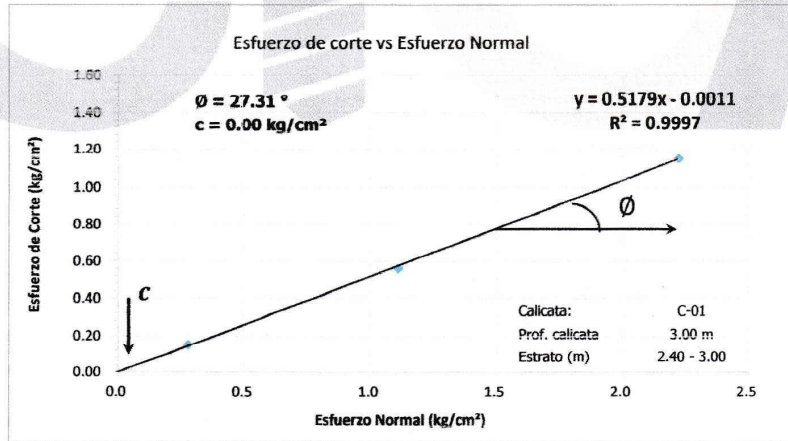
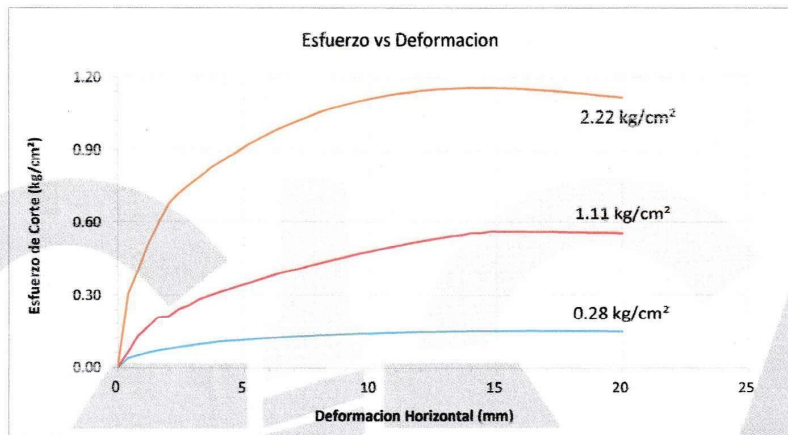


INFORME N° GICA-SU-08-24092021-84
 PETICIONARIOS JULCARIMA POMA GIMENA ESTEFANY - SOTO ROJAS ALFREDO JULIAN
 PROYECTO/OBRA INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOSO.
 UBICACIÓN AV. 6 DE AGOSTO 4964 VILLA EL SALVADOR LIMA
 F. RECEPCIÓN lunes, 20 de Setiembre de 2021
 F. EMISION viernes, 24 de Setiembre de 2021

Codigo : NTP 339.171:2002 (revisada el 2017)

(02 de 02)

Título : SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Edición. Reemplaza a la NTP 339.171:2002



EQUIPO UTILIZADO:

Máquina de Corte Directo: Marca - UTEST, Modelo - UTS 2060, N° de Serie - 20/000008, Carga Max. 5 kN (5000N), Carga Vertical Max. 500N aplicando 5000N usando el sistema de carga vertical 10:1. Calibrada por TEST & CONTROL S.A.C. (Certificado de Calibración N° TC-8254 - 2020)

Services Construction and Geotechnical Engineering
 Yonatan V. Puga Bonifacio
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Services Construction and Geotechnical Engineering
 Ing. Adolfo E. Camayo Ginche
 Gerente de Geotecnia
 REG. CIP N° 183850

INFLUENCIA DEL MODELO DE INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA EN EL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO CON DISIPADORES DE ENERGÍA FLUIDO VISCOSO.

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA

PLATEA DE CIMENTACION

CALICATA N° 01 - MUESTRA N°01

B =	7.00 m
L =	7.00 m
Df =	0.80 m
exc.B =	0.00 m
exc.L =	0.00 m

$\phi =$	27.31 °
$\delta =$	0.00 °
$\beta =$	0.00 °
$\eta =$	0.00 °
c =	0.0 kN/m ²

$\phi_c =$	18.99
$\gamma =$	18.2 kN/m ³
$q_v =$	0.0 kN/m ²
$q_h =$	0.0 kN/m ²
FS =	2.5

Hansen:

N _q	N _c	N _γ
5.79	13.93	2.40

Factor de inclinación		
ic = 1	iq = 1	ig = 1
F. inclin. Cimentación		
bc = 1	bq = 1	bg = 1

Fatt. d'inclin. Terreno	
gc = 1	gq = gg = 1

Dimensiones			Los factores de forma				Factores de profundidad		
B	L	Df	sc	sq	s _γ	D/B	dc	dq	dy
7.00	7.00	0.80	1.42	1.34	0.60	0.11	1.046	1.070	1.00
7.50	7.50	0.90	1.42	1.34	0.60	0.12	1.048	1.074	1.00
8.00	8.00	1.00	1.42	1.34	0.60	0.13	1.050	1.077	1.00
8.50	8.50	1.10	1.42	1.34	0.60	0.13	1.052	1.080	1.00
9.00	9.00	1.20	1.42	1.34	0.60	0.13	1.053	1.082	1.00
9.50	9.50	1.30	1.42	1.34	0.60	0.14	1.055	1.084	1.00
10.00	10.00	1.40	1.42	1.34	0.60	0.14	1.056	1.086	1.00
10.50	10.50	1.50	1.42	1.34	0.60	0.14	1.057	1.088	1.00
11.00	11.00	1.60	1.42	1.34	0.60	0.15	1.058	1.090	1.00
11.50	11.50	1.70	1.42	1.34	0.60	0.15	1.059	1.091	1.00
12.00	12.00	1.80	1.42	1.34	0.60	0.15	1.060	1.092	1.00
12.50	12.50	1.90	1.42	1.34	0.60	0.15	1.061	1.094	1.00

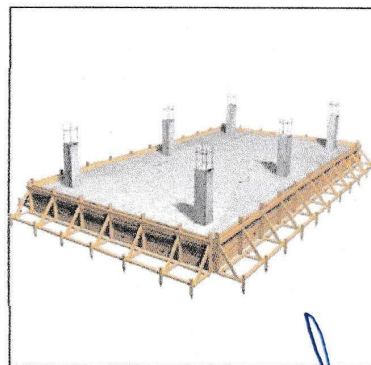
Capacidad portante según Hansen:

Formula General

$$q_h = Ck * N_c * dc * sc * ic * tc + q_{ok} * N_q * dq * sq * iq * tq + \frac{1}{2} * B * \gamma_k * N_\gamma * S_\gamma * i_\gamma * t_\gamma$$

Dimensiones

B (m)	Df (m)	Q _{ult} (kg/cm ²)	Q _{adm} (kg/cm ²)
7.00	0.80	1.35	0.54
7.50	0.90	1.52	0.61
8.00	1.00	1.69	0.68
8.50	1.10	1.86	0.74
9.00	1.20	2.03	0.81
9.50	1.30	2.19	0.88
10.00	1.40	2.36	0.95
10.50	1.50	2.53	1.01
11.00	1.60	2.70	1.08
11.50	1.70	2.87	1.15
12.00	1.80	3.04	1.22
12.50	1.90	3.21	1.28

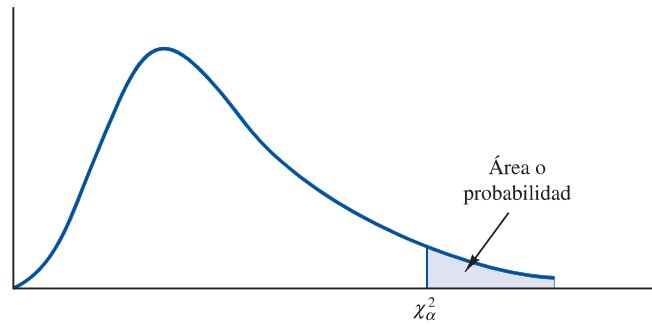


Para un calculo conservador se aplico la correccion por falla local, FS 2.5 a solicitud del Peticionario.

Services Construction and Geotechnical Engineering
Yonatan V. Inga Bonifacio
 JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Services Construction and Geotechnical Engineering
Adolfo E. Canayo Gutierrez
 Gerente de Geotecnia

Tabla 83. Chi Cuadrado



Las entradas que aparecen en la tabla dan los valores de χ_{α}^2 , donde α es el área o probabilidad en la cola superior de la distribución chi-cuadrada. Por ejemplo, para 10 grados de libertad y un área de 0.01 en la cola superior, $\chi_{0.01}^2 = 23.209$.

Grados de libertad	Áreas en la cola superior									
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.90	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.832	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.647	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.920	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	23.337	26.217	28.300
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.041	19.812	22.362	24.736	27.688	29.819
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	21.064	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32.000	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.260	9.591	10.851	12.443	28.412	31.410	34.170	37.566	39.997
21	8.034	8.897	10.283	11.591	13.240	29.615	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.260	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.980	45.558
25	10.520	11.524	13.120	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.160	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642	48.290
27	11.808	12.878	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278	50.994
29	13.121	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588	52.335

Grados de libertad	Áreas en la cola superior									
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.90	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
30	13.787	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892	53.672
35	17.192	18.509	20.569	22.465	24.797	46.059	49.802	53.203	57.342	60.275
40	20.707	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691	66.766
45	24.311	25.901	28.366	30.612	33.350	57.505	61.656	65.410	69.957	73.166
50	27.991	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	71.420	76.154	79.490
55	31.735	33.571	36.398	38.958	42.060	68.796	73.311	77.380	82.292	85.749
60	35.534	37.485	40.482	43.188	46.459	74.397	79.082	83.298	88.379	91.952
65	39.383	41.444	44.603	47.450	50.883	79.973	84.821	89.177	94.422	98.105
70	43.275	45.442	48.758	51.739	55.329	85.527	90.531	95.023	100.425	104.215
75	47.206	49.475	52.942	56.054	59.795	91.061	96.217	100.839	106.393	110.285
80	51.172	53.540	57.153	60.391	64.278	96.578	101.879	106.629	112.329	116.321
85	55.170	57.634	61.389	64.749	68.777	102.079	107.522	112.393	118.236	122.324
90	59.196	61.754	65.647	69.126	73.291	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299
95	63.250	65.898	69.925	73.520	77.818	113.038	118.752	123.858	129.973	134.247
100	67.328	70.065	74.222	77.929	82.358	118.498	124.342	129.561	135.807	140.170